

مجلة جامعة حمص

سلسلة العلوم الهندسية المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 47 . العدد 3

1447 هـ - 2025 م

الأستاذ الدكتور طارق حسام الدين رئيس جامعة حمص

المدير المسؤول عن المجلة

أ. د. وليد حمادة	رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الإنسانية
أ. د. درغام سلوم	رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية

عضو هيئة التحرير	د. محمد فراس رمضان
عضو هيئة التحرير	د. مضر سعود
عضو هيئة التحرير	د. ممدوح عبارة
عضو هيئة التحرير	د. موفق تلاوي
عضو هيئة التحرير	د. طلال رزوق
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الجاعور
عضو هيئة التحرير	د. الياس خلف
عضو هيئة التحرير	د. روعة الفقس
عضو هيئة التحرير	د. محمد الجاسم
عضو هيئة التحرير	د. خليل الحسن
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. أحمد حاج موسى

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة حمص

سورية . حمص . جامعة حمص . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

. موقع الإنترنت : www.homs-univ.edu.sy

. البريد الإلكتروني : journal.homs-univ.edu.sy

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
 - طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
 - إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :
يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
 - إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
 - يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1- مقدمة
 - 2- هدف البحث
 - 3- مواد وطرق البحث
 - 4- النتائج ومناقشتها .
 - 5- الاستنتاجات والتوصيات .
 - 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1. مقدمة.
- 2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
- 3. أهداف البحث و أسئلته.
- 4. فرضيات البحث و حدوده.
- 5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
- 6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
- 7. منهج البحث و إجراءاته.
- 8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
- 9. نتائج البحث.
- 10. مقترحات البحث إن وجدت.
- 11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:
 - أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
 - ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5 - يسار 2.5 سم
 - ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
 - ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي - العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج. يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.

10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة
11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام ورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة - الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة - سنة النشر - وتتبعها معترضة (-) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة - دار النشر وتتبعها فاصلة - الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة .
وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

— بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة — المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة — أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة.
مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News , Vol. 4. 20 – 60

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و التقيد بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (50000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (200000) ل.س مئة ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مننًا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (15000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
56-11	أحمد السيد د. عبد الرحمن عيسى	دراسة تجريبية لتأثير مدة الحريق و أنماط التبريد المختلفة على سلوك البلاطات اللاجانزية
96-57	د. أحمد عبده العمر	تقييم دقة بناء النماذج الرقمية كأساس لإنتاج الخرائط الطبوغرافية في تقنية المسح التصويري باستخدام الطائرات المسيرة- دراسة إحصائية تحليلية في ظروف سورية
126-97	رهف السيد د. معتز عبارة	مدجة أشكال الأسقف لرفع كفاءتها حرارياً في سوريا
170-127	حنان القنطار د. رولانا ربيع د. علي دياب	تقييم الأثر البيئي للمواقع المدمرة في الأحياء السكنية خلال مراحل مشروع إعادة الإعمار

دراسة تجريبية لتأثير مدة الحريق و أنماط التبريد المختلفة على سلوك البلاطات اللاجائزية

طالب الدكتوراه المهندس¹ احمد السيد
الأستاذ الدكتور² عبد الرحمن عيسى

ملخص البحث

تعد البلاطات الفطرية من الجمل الإنشائية الهامة عند إنشاء المباني المختلفة (الصناعية والمدنية والمستودعات وغيرها) وذلك ضمن مرحلة إعادة الإعمار في الجمهورية العربية السورية ، ومن هنا أصبحت مسألة الحفاظ على المنشآت البيتونية المسلحة القائمة أو المخطط إنشاؤها وحماية عناصرها الإنشائية المختلفة مثل البلاطات الفطرية من تأثير الحرائق على قدر كبير من الأهمية .

يهدف البحث لإجراء دراسة تأثير مدة الحريق على حمولة الانهيار والسهم في البلاطات اللاجائزية وفق أنماط تبريد مختلفة تجريبيا ، وبالتالي تحديد نمط التبريد الأكثر أمانا بالاستفادة من تجارب مخبرية .

أظهرت الدراسة زيادة في السهم وانخفاض واضح في قدرة التحمل للبلاطات الفطرية المعرضة للحريق والمبردة وفق الأنماط الثلاثة (تبريد هواء ، تبريد ماء ، بدون تبريد) مقارنة مع بلاطات مرجعية ، كما أظهرت الدراسة التجريبية أن نمط (التبريد بالهواء) يسمح للبيتون ولل فولاذ باستعادة جزء كبير من خواصهم على عكس نمط (التبريد بالماء) الذي سبب ضرراً واضحاً في البيتون مؤدياً إلى تدهور مقاومته مهما اختلفت مدة التعرض للحريق .

كلمات مفتاحية:

بلاطات فطرية - حريق - أنماط التبريد .

-
- 1- طالب دكتوراه - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث .
 - 2- المشرف العلمي - أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث .

Experimental study of the effect of fire duration and different cooling patterns on the behavior of Flat slabs

ABSTRACT

Flat slabs are among the critical structural systems used in constructing various types of buildings (industrial, civil, warehouses, etc.) during the reconstruction phase in the Syrian Arab Republic. Hence, the issue of preserving existing reinforced concrete structures or those planned for construction, as well as protecting their various structural elements, such as flat slabs, from the effects of fires, has become highly significant.

This research aims to experimentally study the impact of fire duration on the collapse load and deflection of flat slabs under different cooling methods. The goal is to identify the safest cooling method through laboratory experiments.

The study revealed an increase in deflection and a significant reduction in the load-bearing capacity of mushroom slabs exposed to fire and cooled using the three tested methods (air cooling, water cooling, and no cooling) compared to reference slabs. Moreover, the experimental study showed that the air-

cooling method allows concrete and steel to regain a significant portion of their properties, unlike the water-cooling method, which caused noticeable damage to the concrete, leading to a deterioration in its strength regardless of the fire exposure duration.

Key words : Flat slabs, fire , cooling patterns

1 - مقدمة البحث:

يعد الحريق من الأخطار ذات التأثير الكبير على المنشآت المختلفة ، وقد ينتج عنه انهيار جزئي أو كلي للمبنى المحترق ، يظهر تأثير الحرائق بشكل واضح على أبنية البلاد التي تعرضت للحروب والأعمال التخريبية مثل الجمهورية العربية السورية .

تعتبر البلاطات البيتونية المسلحة من أكثر العناصر الإنشائية تأثراً بالحريق وخصوصاً في حالة البلاطات الفطرية والتي تعتبر من أكثر أنواع البلاطات انتشاراً في أنظمة البناء الحديثة ، حيث يؤثر الحريق بشكل واضح على مكونات العناصر البيتونية المسلحة سواء البيتون أو التسليح الفولاذي ، وتعتمد مقاومة العناصر الإنشائية للحمولات بدرجة كبيرة على درجة حرارة الحريق وشدته .

2 - هدف البحث:

تُعد البلاطات الفطرية من الجمل الإنشائية المهمة لضرورة استخدامها في مرحلة إعادة الإعمار فهي تتناسب حاجات البناء المتزايدة في بلادنا، وباعتبار أن تأثير الحريق على

هذا النوع من البلاطات بحاجة إلى المزيد من الدراسة ، بالتالي تبرز أهمية هذا البحث في :

- دراسة تأثير مدة الحريق على حمولة الانهيار والسهام في البلاطات اللاجائزية وفق أنماط تبريد مختلفة .
- استنتاج طريقة التبريد الأمثل (تبريد بطيء بالهواء - تبريد سريع بالماء - بدون تبريد)

3- الدراسات المرجعية:

3-1- قوة القص الثاقب للبلاطات البيتونية المسلحة المسطحة والمعرضة للحريق على وجهها المشدود [1] :

“Punching shear strength of reinforced concrete flat slabs subjected to fire on their tension sides ” [1]

قام الباحثون (Hamed Salem, Heba Issa , Hatem Gheith, Ahmed Farahat) بدراسة تجريبية على بلاطات بيتونية مسطحة معرضة للحريق على الجهة المشدودة منها ولمدد زمنية مختلفة لدراسة تأثير تغير سماكة التغطية البيتونية على سلوك القص الثاقب نتيجة تحميل هذه البلاطات بعد تبريدها ، حيث أجروا التجارب على ثلاث مجموعات من البلاطات إحداها © مجموعة مرجعية والثانية (A) عبارة عن بلاطات ذات سماكة تغطية (25 mm) والمجموعة الثالثة (B) بلاطات ذات سماكة تغطية (10 mm) وكانت المتغيرات الأخرى هي مدة التعرض للحريق وهي (ساعة ، ساعتان ، ثلاث ساعات) استخدم الفولاذ بقطر 10mm كتسليح رئيسي للبلاطات المجربة وكان إجهاد خضوعه 410 Mpa ، وكانت المقاومة المميزة للبيتون المستخدم 25Mpa على عمر 28 يوم ، وأكبر قطر للحصويات المستخدمة 13mm .

ومن خلال مقارنة نتائج البلاطات المجربة يمكن تلخيص النتائج التي توصل لها الباحثون بما يلي :

- زيادة بنسبة %84 لدرجة الحرارة التي تتعرض لها قضبان التسليح عند انخفاض سماكة التغطية من 25mm إلى 10mm عند ذات العينة .
- زيادة مدة التعرض للحريق حتى 3 ساعات خفضت الحمولة اللازمة لحدوث الانهيار بالقص الثاقب حوالي %14 مقارنة بالبلاطات التي تعرضت للحريق لمدة ساعة واحدة بغض النظر عن سماكة الغطاء الخرساني.

3-2- سلوك البلاطات البيتونية المسلحة المسطحة المعرضة للحريق تجريبياً وعددياً باستخدام برنامج ANSYS [1] :

“ Behavior of Reinforced Concrete Flat Slab Exposed To Fire Experimentally And Numerically By (ANSYS)” [2]

قام الباحثون (Gouda Ghanem , Tarek Ali, Mohamed Nooman and) (Mohamed Kadry) بإجراء دراسة عددية و تجريبية لثمان بلاطات بيتونية مسطحة معرضة للحريق من الوجه السفلي وبدرجة حرارة أعظمية ثابتة لجميع البلاطات 600° ، وقسمت البلاطات لمجموعتين موضحتين في الجدول (2-3) وكانت متغيرات البحث تثبيت سماكة طبقة التغطية البيتونية (25mm) مع تغيير مدة التعرض للحريق من (1 الى 4) ساعات وذلك لبلاطات المجموعة (A) ، وتغيير سماكة التغطية البيتونية (30,35,40mm) مع تثبيت مدة التعرض للحريق والبالغة (4) ساعات .

ومن خلال مقارنة نتائج القياسات للبلاطات المجربة يمكن تلخيص النتائج التي توصل لها الباحثون بما يلي :

- إن زيادة مدة التعرض للنار من ساعة إلى أربع ساعات مع تثبيت سماكة التغطية والبالغة 25mm سبب تناقص قدرة التحمل التجريبية بنسب تراوحت بين (15.31%) إلى (36.63%) مقارنة مع البلاطة المرجعية S1 غير المعرضة للحريق وذات سماكة تغطية 25mm .

- إن زيادة سماكة الغطاء الخرساني بالقيم التالية (30 mm، 35، 40) تسبب زيادة حمولة الانهيار للبلاطات المعرضة للحريق لمدة ثابتة قدرها أربع ساعات بنسبة (24.16%، 43.17، 42.43) على التوالي مقارنة بالبلاطة S5(4,25) .
- تتقارب النتائج العددية مع التجريبية بنسبة تتراوح بين (% 7-1) ويبيد النموذج العددي نتائج أعلى من التجريبي.

4- العمل التجريبي المخبري:

تضمن البرنامج التجريبي اختبار أربعة عشر بلاطة فطرية بيتونية مسلحة حيث تم تحضيرها بنفس المواصفات (الأبعاد، التسليح الرئيسي والثانوي ، مقاومة البيتون) وفق مقاييس مناسبة ونماذج مصغرة عن الواقع ، تم تعريضها للهب الحريق في الفرن المخصص لمدد زمنية (ساعة ، ساعتين) ومن ثم تبريدها وفق احد الأنماط التالية (تبريد بطيء بالهواء ، تبريد سريع بالماء، بدون تبريد) و خضعت لظروف التحميل على شكل حمولة مركزة في الوسط حتى الانهيار واستخلصت منها النتائج التجريبية المطلوبة .

أجريت هذه التجارب في مخبر البيتون في كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث ، كما أجريت بعض الاختبارات على المواد في مخبر مواد البناء في كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث.

تم تقسيم العمل التجريبي إلى أربع مراحل رئيسية كما يلي :

- 1- تأمين وتجهيز المواد وإجراء الاختبارات اللازمة ، وتأمين القوالب المستخدمة لصب البلاطات مع العينات المرافقة.
- 2- تعريض البلاطات للهب الحريق في الفرن المخصص والموجود في مخبر البيتون في كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث.

- 3- تبريد البلاطات والعينات المراد اختبارها وفق انماط التبريد المقترحة .
4- التجهيز النهائي للبلاطات الفطرية وتزويدها بالحساسات وتحميلها حتى الانهيار ، واستخلاص النتائج منها .

- مواصفات البلاطات المجربة :

يتضمن البحث التجريبي إجراء اختبارات على سبع مجموعات مؤلفة من أربعة عشر بلاطة فطرية بيتونية مسلحة مربعة الشكل، وهذه البلاطات بسيطة الاستناد ومتماثلة بالأبعاد وبخواص المواد ، وأبعادها (1100*1100*100mm) والبعد بين المساند (L =1000mm) وسماكة التغطية البيتونية (c=20mm)

تم حساب حمولة الانهيار النظرية من علاقات الكود السوري :

تختلف الأنظمة العالمية في تحديد مكان المقطع الحرج بالنسبة لإجهادات القص في المنطقة المحيطة بالعمود ويشير الكود العربي السوري إلى أن المقطع الخطر بالنسبة لإجهادات القص الحرجة يكون على مسافة $d/2$ من وجه العمود بكل الاتجاهات .

ولحساب إجهادات القص في البلاطة نطبق العلاقة التالية :

$$\tau_u = \frac{Qu}{0.85 \times b_0 \times d} \leq \tau_{cu}$$

حيث :

b_0 : محيط الثقب غير المباشر المقاوم للقص الثاقب الذي يبعد عن أوجه العمود بمقدار $d/2$ في كل الاتجاهات ويعطى بالعلاقة :

$$b_0 = 2[(a + d) + (b + d)]$$

a : طول الضلع الأقصر لمساحة الحمل أو رد الفعل المركز (بعد العمود القصير).

b : طول الضلع الأطول لمساحة الحمل أو رد الفعل المركز (بعد العمود الكبير).

d : الارتفاع الفعال للبلاطة .

Qu : القوة المسببة للثقب غير المباشر

τ_{cu} : الإجهاد المماسي المسموح مقاومته بالخرسانة على القص ويعطى وفق الفقرة (9-2-8-4-ب) من الكود العربي السوري [110] كما يلي :

τ_{cu} تعطى بالعلاقات التالية :

$$-1 \quad f'_c \text{ مقدره} \quad \div \quad MPa$$

$$\tau_{cu} = \left(0.16 + \frac{a}{3b} \right) \cdot \sqrt{f'_c} \leq 0.31 \cdot \sqrt{f'_c} \quad (5-18)$$

$$-1 \quad f'_c \text{ مقدره} \quad \text{بالنظام المتري}$$

$$\tau_{cu} = \left(0.5 + \frac{a}{b} \right) \cdot \sqrt{f'_c} \leq \sqrt{f'_c} \quad (5-19)$$

الإجهاد المماسي الأعظمي $\tau_{cu} = \sqrt{f'_c}$ وباستخدام المقاومة الوسطية المميزة اعلى الضغط وباعتبار الارتفاع الفعال $d = 10 - 2 - \left(\frac{1.2}{2}\right) = 7.4cm$.

بالتالي تكون الحمولة المسببة لانتهيار نظريا

$$\frac{N}{0.85 \times 77.6 \times 7.4} = \sqrt{225} \rightarrow N = 73.2 Kn$$

سنقوم بتسليح هذه البلاطات بحيث تكون مقاومة للانعطاف ويحدث الانتهيار بالثقب .

يحسب العزم في البلاطات الفطرية حسب الكود السوري بالفقرة 7-3-6-4 والجدول 8-12 بعد تقسيم البلاطة الى شرائح مسندية وشرائح مجازية وبعد تحديد عزم الانحناء الكلي :

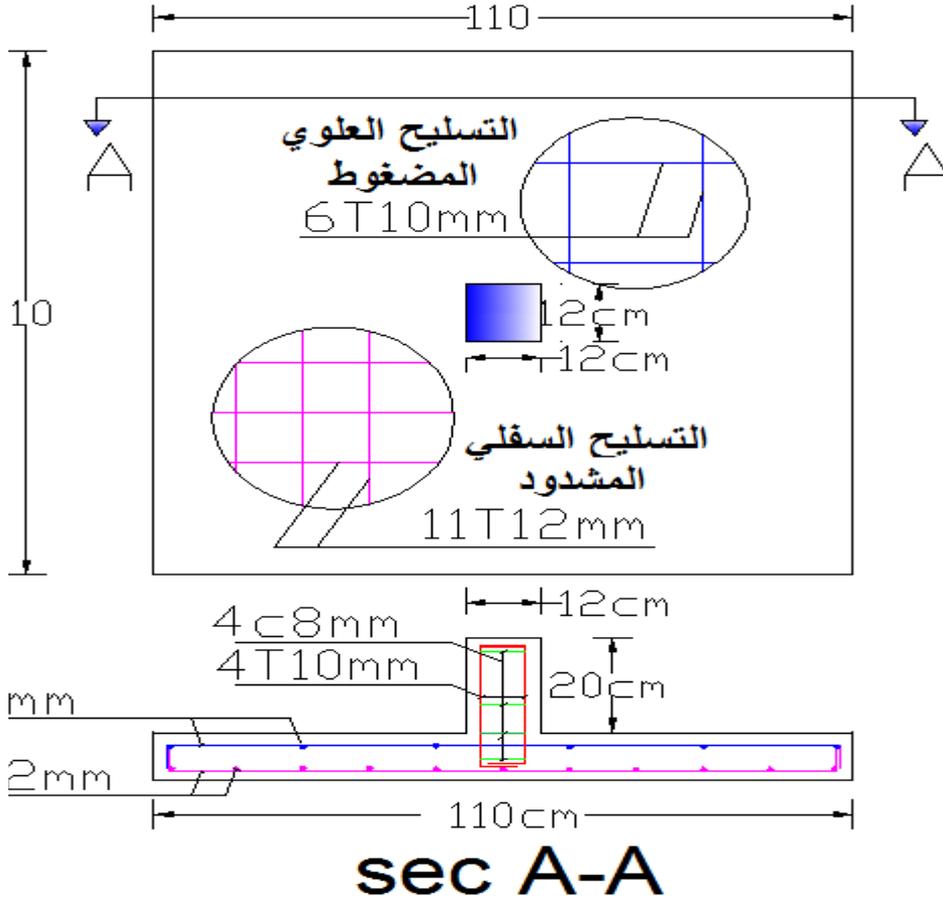
$$M_0 = \frac{W \times L_2}{8} \left[L_1 - \frac{2d}{3} \right]^2$$

L1 مجاز الشريحة بالاتجاه الأول ، L2 مجاز الشريحة بالاتجاه الثاني

$$M = 20.13 \text{ Kn.m} \quad L_2 \leftarrow$$

$$A_s = \frac{M_u / \Omega}{\gamma \cdot d \cdot f_y} = 839 \text{ mm}^2 = 8.4 \text{ cm}^2$$

سنختار التسليح السفلي للبلاطات في المنطقة المشدودة (11T12mm)، وبشبكة تسليح علوي إنشائي في المنطقة المضغوطة (6T8mm) ، وتتصل بالبلاطات أعمدة ذات مقطع مربع أبعادها (120*120mm) وبارتفاع من وجه البلاطة (200 mm) وهي مسلحة بتسليح طولي (4T10mm) وتسلح عرضي (Ø8mm/5cm) وذلك من أجل تأمين تطويق كافي للعمود لمنع حدوث انهيار موضعي أثناء تطبيق الحمولة قبل حدوث التقب ، ويبين الشكل (1) تفصيلات التسليح والمقطع العرضي للبلاطات المجربة .



الشكل (1) تفاصيل التسليح والأبعاد والمقطع العرضي للبلاطات المجربة

وتم تقسيم البلاطات وفقاً لمدة التعرض للهب الحريق وتبعاً لأسلوب التبريد الى سبع مجموعات كل منها يضم بلاطتين كما في الجدول (1) :

الجدول (1) مواصفات وأسماء البلاطات المختبرة

نمط التبريد	مدة الحريق (h)	رقم ورمز المجموعة	اسم البلاطة	تسلسل
بدون	بدون	مرجعية (RS)	RS1	1
			RS2	2
			FS1-1h-W	3

4	FS2-1h-W	1	ساعة واحدة	تبريد سريع (ماء)
5	FS1-2h-W	2	ساعتان	تبريد سريع (ماء)
6	FS2-2h-W	(FS-2-W)		
7	FS1-1h-A	3	ساعة واحدة	تبريد بطيء (هواء)
8	FS2-1h-A	(FS-1-A)		
9	FS1-2h-A	4	ساعتان	تبريد بطيء (هواء)
10	FS2-2h-A	(FS-2-A)		
11	FS1-1h-D	5	ساعة واحدة	تجريب مباشرة بدون تبريد
12	FS2-1h-D	(FS-1-D)		
13	FS1-2h-D	6	ساعتان	تجريب مباشرة بدون تبريد
14	FS2-2h-D	(FS-2-D)		

نموذج التحميل وأجهزة القياس :

أجريت التجارب في مخبر البيتون المسلح في كلية الهندسة المدنية بجامعة البعث، و باستخدام جهاز تجريب القساطل الموضح في الشكل (2) وهو جهاز إيطالي الصنع ذو طاقة تحمل (200 kN) ويتألف من مكبس هيدروليكي وذراع لتطبيق القوة وأجهزة استناد وهيكل معدني رئيسي و خلية حمولة تعطي قيمة القوة المطبقة.

طبقت حمولة مركزة في مركز العمود عن طريق استخدام صفيحة معدنية صلبة لتوزيع حمولة المكبس ومنع انهيار العمود موضعياً ، وتم أخذ القياسات عند كل حمولة ، كما تم متابعة تطور الشقوق .



الشكل (2) جهاز تجريب القساطل (بعد التعديل) في مخبر البيتون المسلح في كلية الهندسة المدنية بجامعة حمص

تم تأمين شروط الاستناد البسيط للبلاطة من حوافها الأربعة من خلال طاولة استناد فولاذية لها ذات أبعاد البلاطة وتوضع أسفل جهاز التحميل بحيث يبلغ عرض منطقة الاستناد المعدنية (50mm) من كل جانب كما هو موضح في الشكل (3).

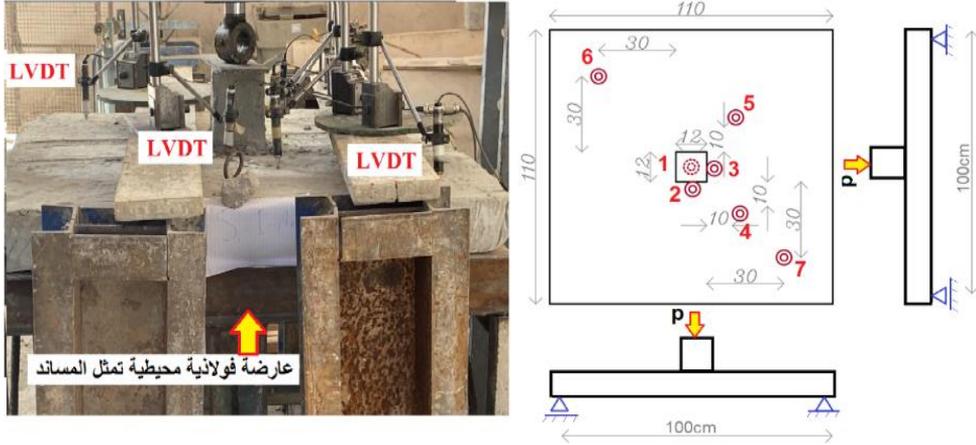


الشكل (3) طاولة الاستناد للبلاطات المجربة وعرض المساند

تم قياس السهم والانتقالات باستخدام الحساسات الالكترونية من النوع LVDT ، وذلك بوضع الحساس رقم (1) لرصد الانتقال مع تزايد الحمولة في منتصف البلاطة من الأسفل تحت العمود كما هو موضح في الشكل (4) بالإضافة لثلاث مجموعات من الحساسات كل منها مؤلف من حساسين وهي المجموعة (2,3) والمجموعة (4,5) والمجموعة (6,7) المتوضعة كما في الشكل (5) وذلك لمراقبة التطبيق الصحيح لشروط الاستناد والتحميل .



الشكل (4) موقع الحساس (1) والمساند المحيطية للبلاطة المجربة المجربة



الشكل (5) مواقع الحساسات (2 إلى 7) ونموذج التحميل للبلاطات المجربة

حرق البلاطات البيتونية المسلحة وحرق العينات البيتونية المرافقة :

استخدم الفرن المتوفر في مخبر البيتون في كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث كما هو موضح في الشكل (6) ، وهو فرن مكون من جدران فولاذية مزدوجة بينها طبقة من الصوف الحراري بسماكة 5 سم ويبلغ طوله 2 متر وعرضه الفارغ 115 سم وهو مفتوح من الأعلى ومن الأسفل ويكون مصدر اللهب السفلي من مصادر لهب قابلة للتحريك و يمكن التحكم بعددها وتباعداتها ، ويظهر الشكل (7) لهب الحريق المطبق على بعض هذه البلاطات أثناء وجودها في الفرن .



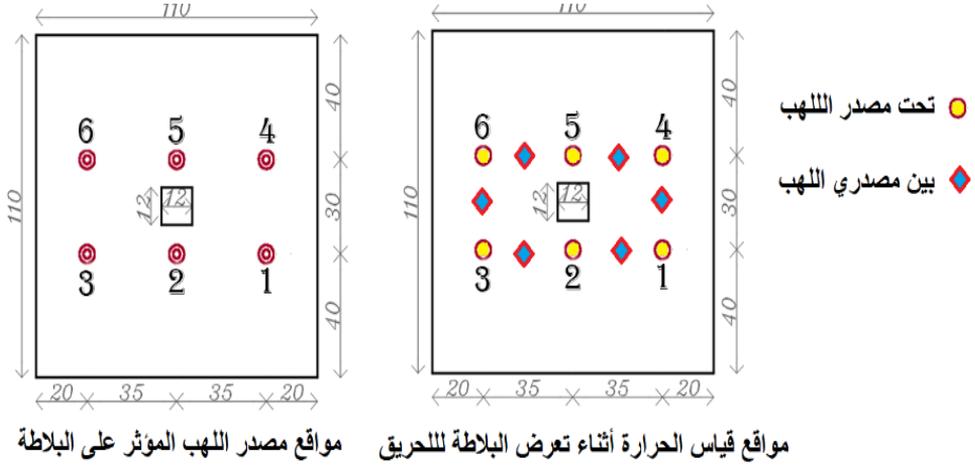
الشكل (6) الفرن المستخدم لحرق البلاطات الفطرية



الشكل (7) تطبيق لهب الحريق على احدى البلاطات في الفرن

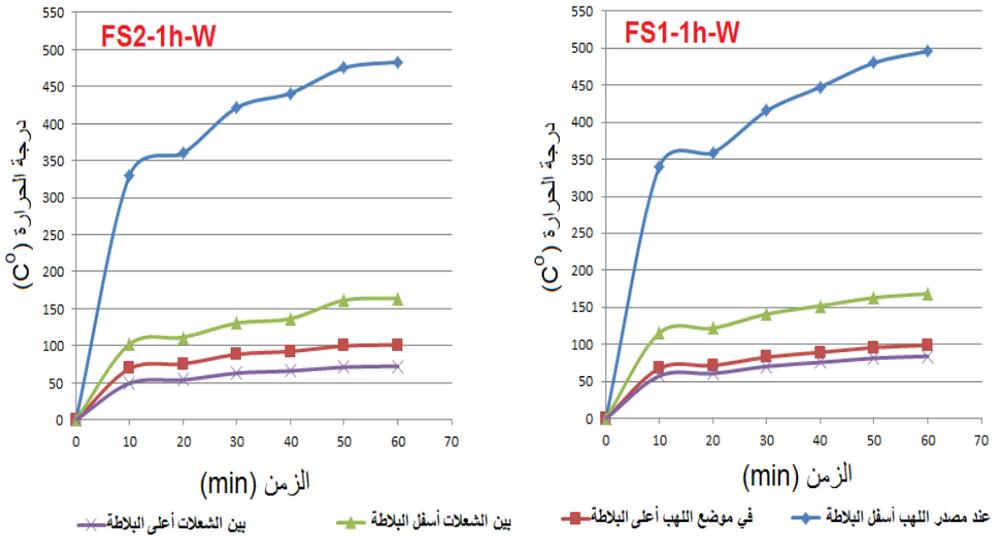
تم استخدام ستة مصادر للهب موزعة على الوجه السفلي المشدود للبلاطة الفطرية وفق التباعدات الموضحة في الشكل (8) ، وتم قياس الحرارة في النقاط المذكورة وفي منتصف المسافات بينها بتباعد زمني قدره $(T/6)$ حيث T زمن الحرق مقدراً بالدقائق حتى انتهاء عملية الحرق وتم أخذ وسطي القراءات كدليل على درجة حرارة السطح السفلي تحت اللهب وفي جواره، كما تم قياس الحرارة على النقاط المقابلة لهذه النقاط من الوجه العلوي للبلاطة غير المعرض للهب لمراقبة انتشار الحرارة عبر البلاطات .

دراسة تجريبية لتأثير مدة الحريق و أنماط التبريد المختلفة على سلوك البلاطات اللاجائزية

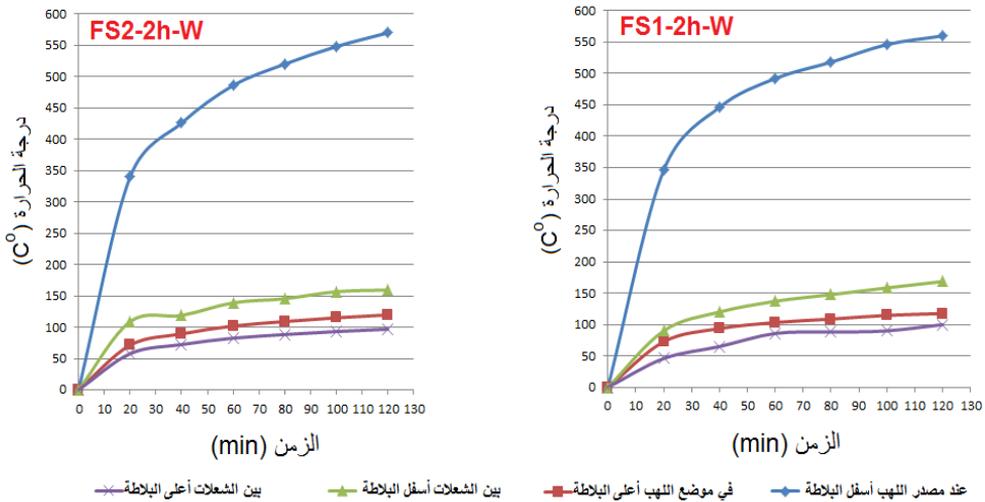


الشكل (8) مواقع مصدر اللهب ونقاط قياس الحرارة أثناء حرق البلاطات في الفرن (على الوجهين السفلي والعلوي للبلاطة)

وتوضح الأشكال من (9) الى (14) منحنيات التسخين لسطح البلاطات من جهة اللهب ومن الوجه المقابل عند نقاط القياس المختلفة .

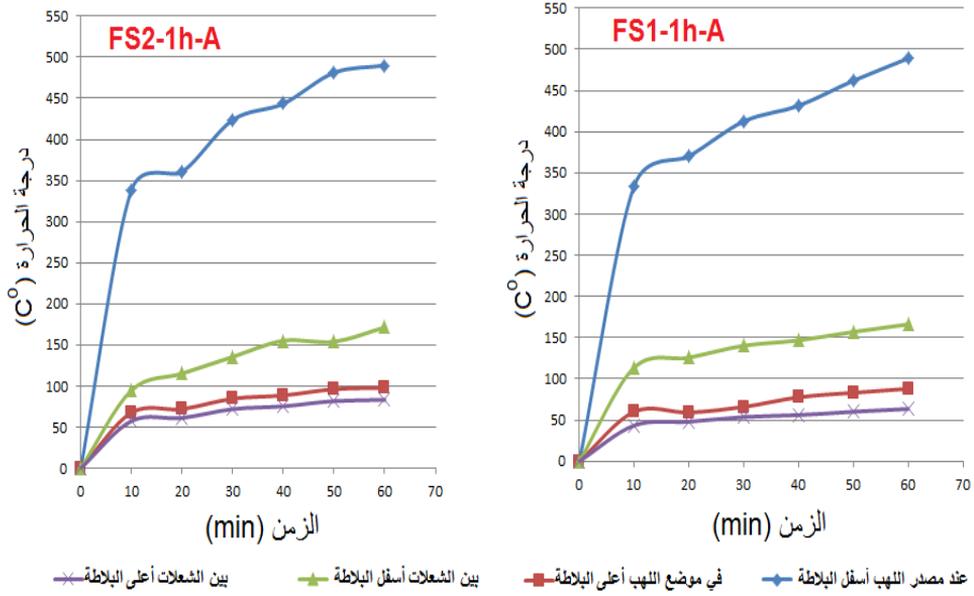


الشكل (9) منحنيات (درجة الحرارة - الزمن) الوسطية لسطح بلاطات المجموعة الأولى (FS-1-W) من جهة اللهب ومن الوجه المقابل عند نقاط القياس المختلفة

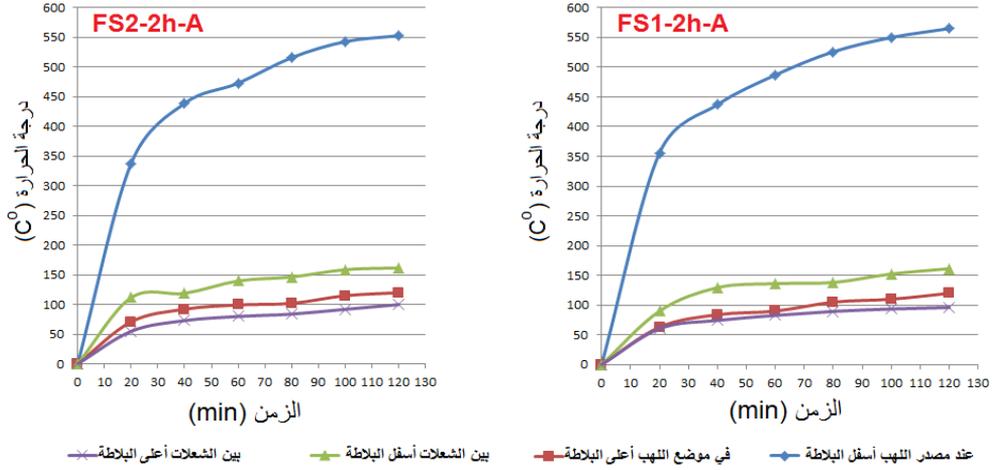


الشكل (10) منحنيات (درجة الحرارة - الزمن) الوسطية لسطح بلاطات المجموعة الثانية (FS-2-W) من جهة اللهب ومن الوجه المقابل عند نقاط القياس المختلفة

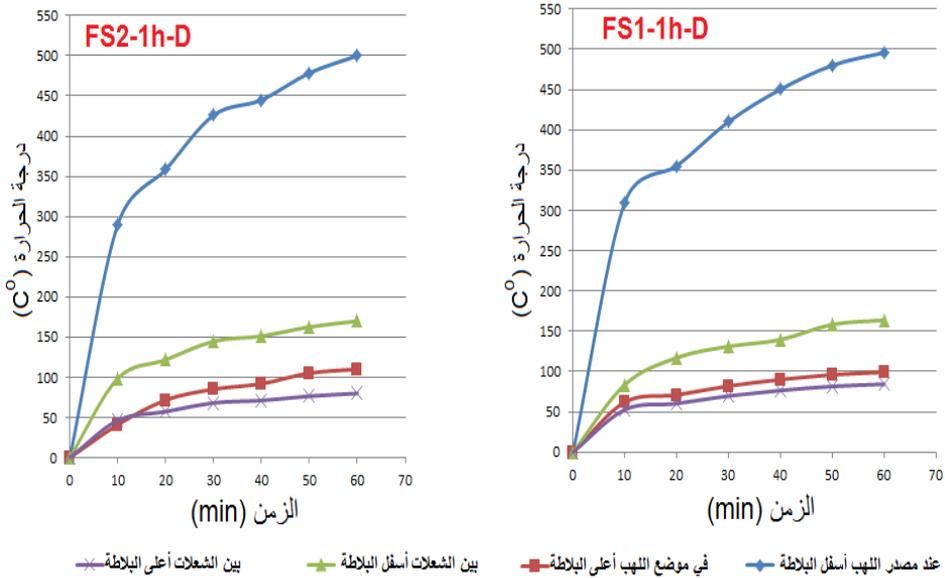
دراسة تجريبية لتأثير مدة الحريق و أنماط التبريد المختلفة على سلوك البلاطات اللاجائزية



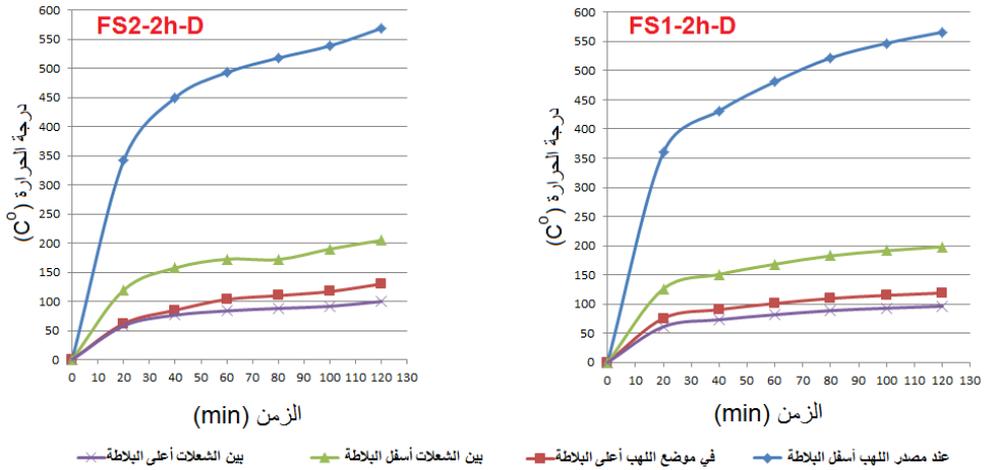
الشكل (11) منحنيات (درجة الحرارة - الزمن) الوسطية لسطح بلاطات المجموعة الثالثة (FS-1-A) من جهة اللهب ومن الوجه المقابل عند نقاط القياس المختلفة



الشكل (12) منحنيات (درجة الحرارة - الزمن) الوسطية لسطح بلاطات المجموعة الرابعة (FS-2-A) من جهة اللهب ومن الوجه المقابل عند نقاط القياس المختلفة



الشكل (13) منحنيات (درجة الحرارة - الزمن) الوسطية لسطح بلاطات المجموعة الخامسة (FS-1-D) من جهة اللهب ومن الوجه المقابل عند نقاط القياس المختلفة



الشكل (14) منحنيات (درجة الحرارة - الزمن) الوسطية لسطح بلاطات المجموعة السادسة (FS-2-D) من جهة اللهب ومن الوجه المقابل عند نقاط القياس المختلفة .

نلاحظ من الأشكال السابقة من الشكل (4-21) الى الشكل (4-26) والتي تمثل منحنيات (درجة الحرارة - الزمن) الوسطية لسطوح جميع البلاطات المعرضة للحريق من جهة اللهب ومن الوجه المقابل عند نقاط القياس المختلفة ما يلي :

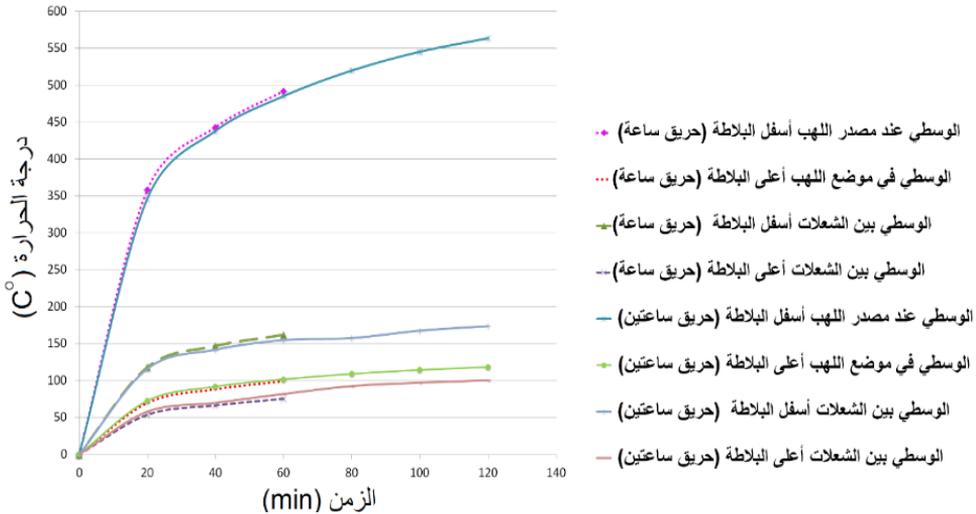
1- تطابقت حرارة السطح السفلي للبلاطات المعرضة للحريق في الدقيقة (60) في مواضع اللهب وبلغت أعلى قيمة مسجلة (500⁰) للبلاطة FS2-1h-D وأدنى قيمة مسجلة (476⁰) للبلاطة FS2-2h-A ، وبلغ الفرق بين القيمتين (5.04%) مقارنة مع حرارة البلاطة FS2-2h-A .

2- تقاربت حرارة السطح السفلي للبلاطات في الدقيقة (60) في المواضع المتوسطة لأماكن اللهب وبلغت أعلى قيمة مسجلة (170⁰) للبلاطة FS2-1h-A وأدنى قيمة مسجلة (156⁰) للبلاطة FS1-2h-W ، وبلغ الفرق بين القيمتين (8.8%) مقارنة مع حرارة البلاطة FS1-2h-W .

3- تقاربت حرارة السطح العلوي للبلاطات المعرضة للحريق في الدقيقة (60) في المواضع المقابلة لمنطقة تطبيق اللهب وبلغت أعلى قيمة مسجلة (103.6°) للبلاطة FS1-2h-W وأدنى قيمة مسجلة (98.2°) للبلاطة FS1-1h-A، وبلغ الفرق بين القيمتين (5.5%) مقارنة مع حرارة البلاطة FS1-1h-A.

4- تقاربت حرارة السطح العلوي للبلاطات المعرضة للحريق في الدقيقة (60) في المواضع المقابلة بين أماكن تطبيق اللهب وبلغت أعلى قيمة مسجلة (80.1°) للبلاطة FS1-2h-W وأدنى قيمة مسجلة (74°) للبلاطة FS1-1h-A، وبلغ الفرق بين القيمتين (8.24%) مقارنة مع حرارة البلاطة FS1-1h-A.

يوضح الشكل (15) مقارنة مخطط (درجة الحرارة - الزمن) الوسطي لسطح بلاطات المجموعات المختلفة المعرضة للحريق لمدة ساعة واحدة ولمدة ساعتين وتلاحظ تشابه مخططات (درجة الحرارة - زمن) عند النقاط الزمنية المشتركة لجميع البلاطات في جميع نقاط القياس التي تم أخذ القراءات الحرارية عندها مما يدل على التوزيع الصحيح للحرارة عند المصادر الحرارية وضمن البلاطة خلال مرحلة الحرق.



الشكل (15) مقارنة مخطط (درجة الحرارة - الزمن) الوسطي لسطح بلاطات المجموعات

المختلفة المعرضة للحريق لمدة ساعة واحدة ولمدة ساعتين في نقاط القياس

إن درجة حرارة السطح المعرض للهب ترتفع بشكل كبير في مواضع الشعلات وفيما بينها سواء على الوجه المعرض أو البعيد خلال العشرين دقيقة الأولى ثم تميل الحرارة للتوزع والزيادة بشكل أبطأ مع مرور الزمن حيث تبدأ البلاطة بامتصاص كمية أكبر من الحرارة وتتقارب درجة سطح البلاطة لمختلف الحالات قيم الحرارة الوسطية الأعظمية لمجموعات البلاطات المختلفة عند نهاية الحريق وذلك على السطح السفلي والعلوي للبلاطة و الموضحة في الجدول (2).

الجدول (2) قيم لحرارة الوسطية الأعظمية على سطح البلاطات عند نهاية الحريق

المجموع ة حسب مدة التعرض	زمن التعر ض للحريق	الحرارة الوسطية الأعظمية عند مصادر اللهب		الحرارة الوسطية الأعظمية بين مصادر اللهب	
		على الوجه السفلي المعرض	على الوجه العلوي غير	على الوجه السفلي المعرض للهب	على الوجه العلوي غير المعرض للهب
ساعة	60	492	99	162	78
ساعتان	60	485	103	158	82
	120	564	118	174	101

4-6- نتائج الاختبارات:

بعد إنهاء التجارب المخبرية تم رصد القيم التالية لكل بلاطة :

- 1- وصف نمط التشقق ونموذج الانهيار للبلاطات المختلفة .
- 2- تحديد حمولة ظهور أول شق وحمولة الثقب التي حدث عندها الانهيار.

3- تحديد ورسم منحنيات (حمولة - سهم) وسط البلاطات عند الحساس رقم 1 كما ورد سابقاً (تحت مركز العمود) وتحديد السهم الأعظمي عند الانهيار.

4-6-1- أشكال التشققات وآلية الانهيار للبلاطات المختبرة:

4-6-1-1- بلاطات المجموعة المرجعية (RS) :

❖ البلاطة RS1

لوحظ ظهور أول شق وسط البلاطة عند الحمولة (19.32 kN) وتطورت الشقوق مع زيادة الحمولة إلى أن حدث الانهيار بالتقرب عند حمولة (85.64 kN) ، وحدث تكسر موضعي في العمود قبل الانهيار بقليل وبعد اختراق العمود للبلاطة .

❖ البلاطة RS2

لوحظ ظهور أول شق وسط البلاطة عند الحمولة (22.02 kN) وتطورت الشقوق مع زيادة الحمولة إلى أن حدث الانهيار بالتقرب عند حمولة (87.32 kN) وظهرت قضبان التسليح الرئيسية، وحدث تكسر موضعي في رأس العمود مع اختراق واضح للعمود ضمن البلاطة ، ويبين الشكل (16) نمط التشققات أسفل البلاطة المرجعية RS2 بعد الانهيار .



الشكل (16) نمط التشققات للبلاطة واختراق العمود للبلاطة المرجعية RS2

4-6-1-2 - بلاطات المجموعة الأولى (FS-1-W) المعرضة للحريق لمدة ساعة واحدة ومبردة بالماء :

❖ البلاطة FS1-1h-W :

لوحظ ظهور أول شق وسط البلاطة عند الحمولة (13.88 kN) وتطورت الشقوق مع زيادة الحمولة إلى أن حدث الانهيار بالتقرب عند حمولة (67.22 kN) .

❖ البلاطة FS2-1h-W :

لوحظ ظهور أول شق وسط البلاطة عند الحمولة (14.671kN) وتطورت الشقوق مع زيادة الحمولة إلى أن حدث الانهيار بالتقرب عند حمولة (70.72 kN) ، ويبين الشكل (17) آلية التحميل و نمط التشققات أسفل البلاطة FS2-1h-W بعد الانهيار .



الشكل (17) نمط التشققات واختراق العمود للبلاطة FS2-1h-W

4-6-1-3- بلاطات المجموعة الثانية (FS-2-W) المعرضة للحريق لمدة ساعتين
ومبردة بالماء :

❖ البلاطة FS1-2h-W :

لوحظ ظهور أول شق وسط البلاطة عند الحمولة (11.41 kN) وتطورت الشقوق مع زيادة الحمولة إلى أن حدث الانهيار بالثقب عند حمولة (59.4 kN) ، ولوحظ اختراق العمود للبلاطة عند الانهيار وتكشف لفولاذ التسليح مع تقشر البيتون أسفل البلاطة.

❖ البلاطة FS2-2h-W :

لوحظ ظهور أول شق وسط البلاطة عند الحمولة (12.87 kN) وتطورت الشقوق مع زيادة الحمولة إلى أن حدث الانهيار بالثقب عند حمولة (63.02 kN) وظهرت قضبان التسليح الرئيسية مع تفتت في البيتون ، مع اختراق واضح للعمود ضمن البلاطة ، ويبين الشكل (18) اختراق العمود ونمط التشققات أسفل البلاطة FS2-2h-W بعد الانهيار .



الشكل (18) نمط التشققات واختراق العمود للبلاطة FS2-2h-W

4-1-6-4 - بلاطات المجموعة الثالثة (FS-1-A) المعرضة للحريق لمدة ساعة واحدة ومبردة بالهواء :

❖ البلاطة FS1-1h-A :

لوحظ ظهور أول شق وسط البلاطة عند الحمولة (18.54 kN) وتطورت الشقوق مع زيادة الحمولة إلى أن حدث الانهيار بالثقب عند حمولة (79.45 kN) .

❖ البلاطة FS2-1h-A :

لوحظ ظهور أول شق وسط البلاطة عند الحمولة (16.66 kN) وتطورت الشقوق مع زيادة الحمولة إلى أن حدث الانهيار بالثقب عند حمولة (74.21 kN) مع اختراق واضح للعمود ضمن البلاطة ، ويبين الشكل (19) اختراق العمود و نمط التشققات أسفل البلاطة FS2-1h-A بعد الانهيار .



الشكل (19) نمط التشققات للبلاطة واختراق العمود للبلاطة FS2-1h-A

4-1-6-4 -5 - بلاطات المجموعة الرابعة (FS-2-A) المعرضة للحريق لمدة ساعتين ومبردة بالهواء :

❖ البلاطة FS1-2h-A:

لوحظ ظهور أول شق وسط البلاطة عند الحمولة (15.87 kN) وتطورت الشقوق مع زيادة الحمولة إلى أن حدث الانهيار بالتقرب عند حمولة (71.34 kN) ، ولوحظ تكسر في بيتون العمود مترافق مع اختراقه للبلاطة عند الانهيار.

❖ البلاطة FS2-2h-A:

لوحظ ظهور أول شق وسط البلاطة عند الحمولة (13.85 kN) وتطورت الشقوق مع زيادة الحمولة إلى أن حدث الانهيار بالتقرب عند حمولة (68.94 kN)، ويبين الشكل (20) الية التحميل واختراق بسيط للعمود ونمط التشققات أسفل البلاطة FS2-2h-A بعد الانهيار .



الشكل (20) نمط التشققات للبلاطة واختراق العمود للبلاطة FS2-2h-A

4-6-1-6-6- بلطات المجموعة الخامسة (FS-1-D) المعرضة للحريق لمدة ساعة واحدة بدون تبريد :

❖ البلاطة FS1-1h-D:

لوحظ ظهور أول شق وسط البلاطة عند الحمولة (10.67 kN) وتطورت الشقوق مع زيادة الحمولة إلى أن حدث الانهيار بالثقب عند حمولة (54.72 kN) .

❖ البلاطة FS2-1h-D :

لوحظ ظهور أول شق وسط البلاطة عند الحمولة (11.87 kN) وتطورت الشقوق مع زيادة الحمولة إلى أن حدث الانهيار بالثقب عند حمولة (56.96 kN) وظهرت قضبان التسليح الرئيسية على مساحة كبيرة من البلاطة ، مع اختراق واضح للعمود ضمن البلاطة ، ويبين الشكل (21) اختراق العمود و نمط التشققات أسفل البلاطة FS2-1h-D بعد الانهيار .



الشكل (21) نمط التشققات للبلاطة واختراق العمود للبلاطة FS2-1h-D

4-6-1-7 - بلاطات المجموعة السادسة (FS-2-D) المعرضة للحريق لمدة ساعتين بدون تبريد :

❖ البلاطة FS1-2h-D :

لوحظ ظهور أول شق وسط البلاطة عند الحمولة (7.97kN) وتطورت الشقوق مع زيادة الحمولة إلى أن حدث الانهيار بالثقب عند حمولة (47.12 kN).

❖ البلاطة FS2-2h-D:

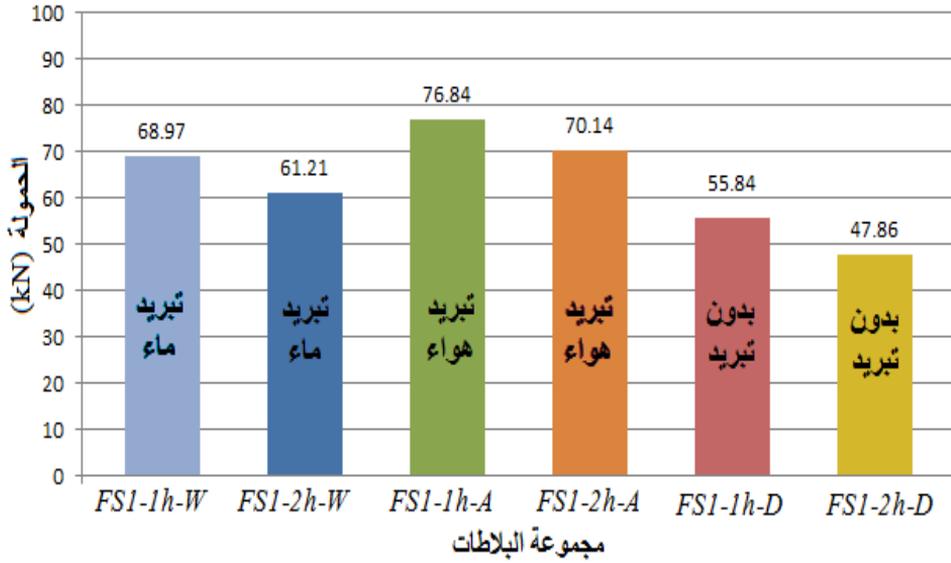
لوحظ ظهور أول شق وسط البلاطة عند الحمولة (8.31 kN) وتطورت الشقوق مع زيادة الحمولة إلى أن حدث الانهيار بالثقب عند حمولة (48.60 kN) مع اختراق واضح للعمود ضمن البلاطة ، ويبين الشكل (22) نمط التشققات أسفل البلاطة FS2-2h-D بعد الانهيار .



الشكل (22) نمط التشققات للبلاطة واختراق العمود للبلاطة FS2-2h-D

- دراسة تأثير تغير مدة الحريق على حمولة الانهيار للبلاطات المجربة وفق أنماط التبريد المختلفة :

يظهر الشكل (23) مقارنة حمولة الانهيار الوسطية لمجموعات البلاطات المعرضة للحريق لمدة ساعة واحدة مقارنة مع المعرضة للحريق لمدة ساعتين والمبردة وفق ذات نمط التبريد .



الشكل (23) مقارنة حمولات الانهيار الوسطية لمجموعات البلاطات وفق أنماط التبريد المختلفة تبعاً لتغير مدة تعرضها للحريق

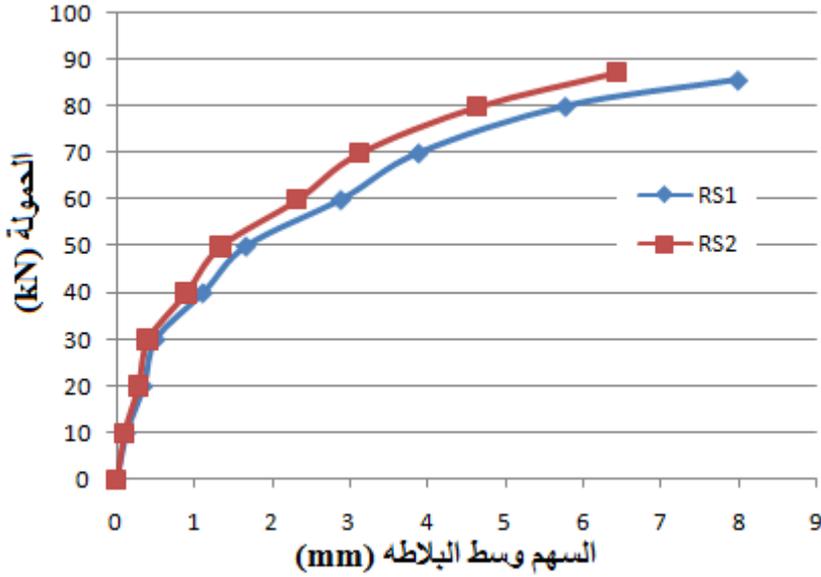
من الشكل (23) نستنتج مايلي:

- انخفض وسطي حمولة الانهيار لبلاطات المجموعة الثانية (FS-2-W) المبردة بالماء والمعرضة للحريق لمدة ساعتين بنسبة (11.25%) مقارنة مع بلاطات المجموعة الأولى (FS-1-W) المبردة بالماء والمعرضة للحريق لمدة ساعة واحدة.
- انخفض وسطي حمولة الانهيار لبلاطات المجموعة الرابعة (FS-2-A) المبردة بالهواء والمعرضة للحريق لمدة ساعتين بنسبة (8.72%) مقارنة مع بلاطات المجموعة الثالثة (FS-1-A) المبردة بالهواء والمعرضة للحريق لمدة ساعة واحدة.
- انخفض وسطي حمولة الانهيار لبلاطات المجموعة السادسة (FS-2-D) المبردة بالهواء والمعرضة للحريق لمدة ساعتين بنسبة (14.29%) مقارنة مع بلاطات المجموعة الخامسة (FS-1-D) المبردة بالهواء والمعرضة للحريق لمدة ساعة واحدة.

- علاقة الحمولة - سهم :

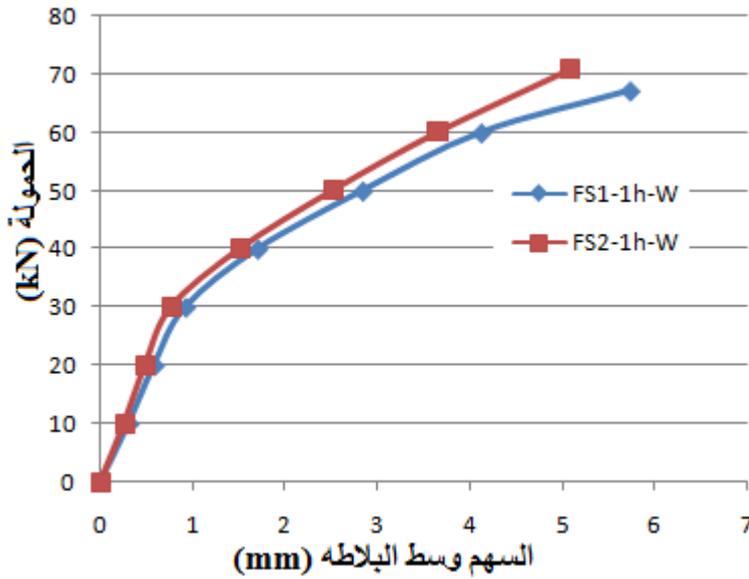
تم قياس السهم في وسط البلاطة عند كل مرحلة تحميل باستخدام حساس الانتقال ، وتم رسم منحنيات (الحمولة-سهم) للبلاطات المختبرة تحت مركز العمود من جهة الوجه السفلي المعرض للحريق وكانت النتائج كما يلي:

- مخطط (الحمولة - سهم) لبلاطات المجموعة المرجعية (RS):



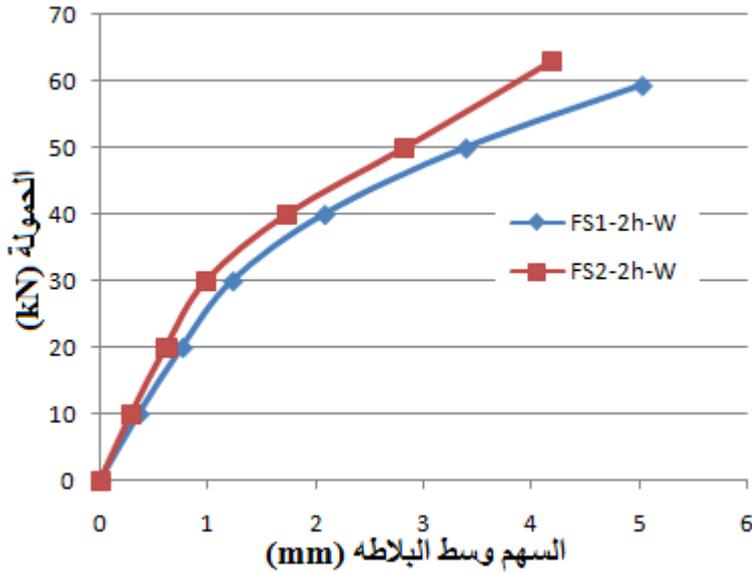
الشكل (24) مخطط (الحمولة - سهم) وسط البلاطة لبلاطات المجموعة المرجعية

- مخطط (الحمولة - سهم) لبلاطات المجموعة الأولى (FS-1-W):



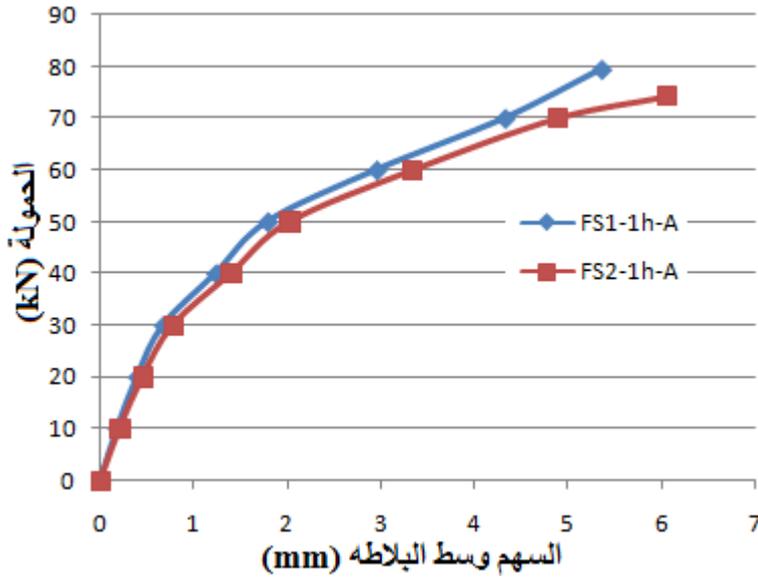
الشكل (25) مخطط (الحمولة - سهم) وسط البلاطة لبلاطات المجموعة الأولى (FS-1-W)

- مخطط (الحمولة - سهم) لبلاطات المجموعة الثانية (FS-2-W):



الشكل (26) مخطط (الحمولة - سهم) وسط البلاطة لبلاطات المجموعة الثانية (FS-2-W)

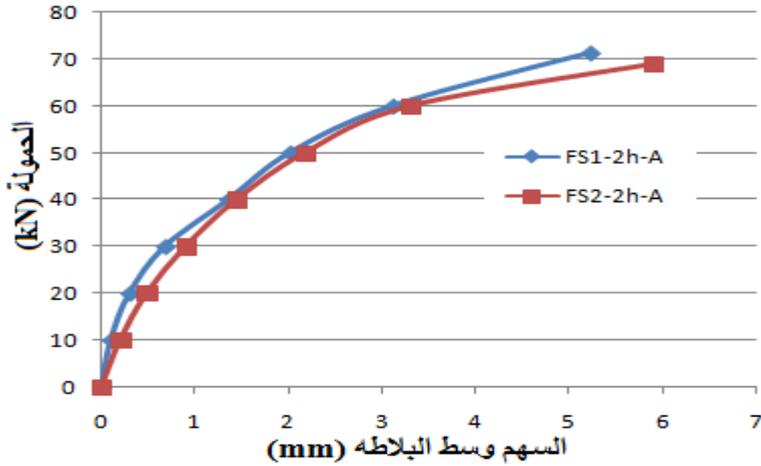
- مخطط (الحمولة - سهم) لبلاطات المجموعة الثالثة (FS-1-A):



الشكل (27) مخطط (الحمولة - سهم) وسط البلاطة لبلاطات المجموعة الثالثة (FS-1-A)

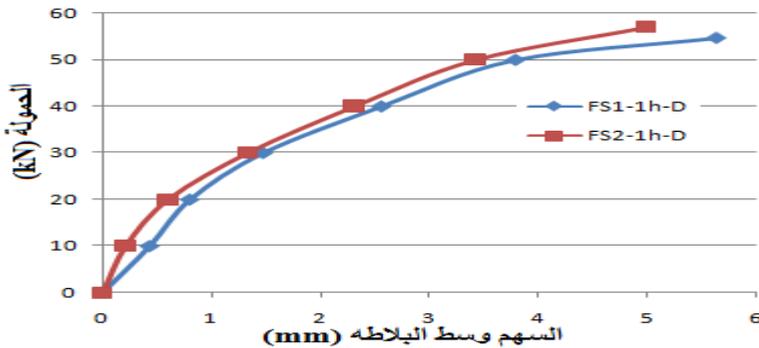
A)

- مخطط (الحمولة - سهم) لبلاطات المجموعة الرابعة (FS-2-A):



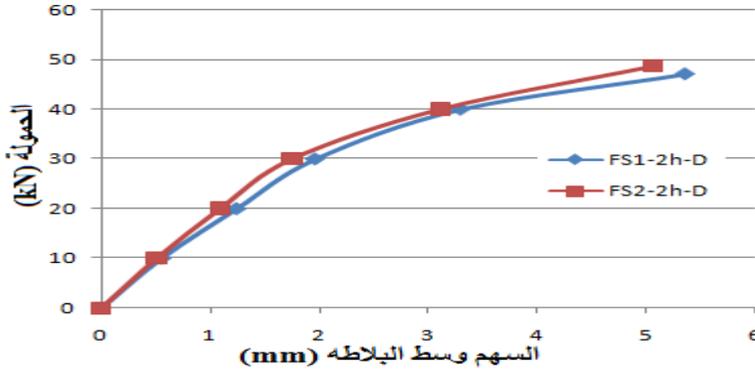
الشكل (28) مخطط (الحمولة - سهم) وسط البلاطة لبلاطات المجموعة الرابعة (FS-2-A)

- مخطط (الحمولة - سهم) لبلاطات المجموعة الخامسة (FS-1-D):



الشكل (29) مخطط (الحمولة - سهم) وسط البلاطة لبلاطات المجموعة الخامسة (FS-1-D)

- مخطط (الحمولة - سهم) لبلاطات المجموعة السادسة (FS-2-D):



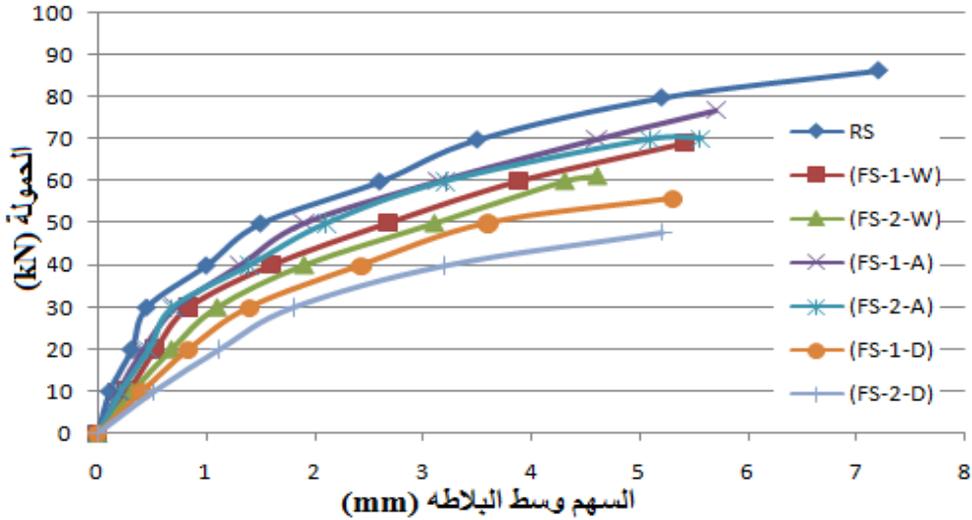
الشكل (30) مخطط (الحمولة - سهم) وسط البلاطة لبلاطات المجموعة الخامسة (FS-2-D)

تم ترتيب النتائج التجريبية للسهم وسط البلاطة للبلاطات المختلفة عند الانهيار وعند الحمل المشترك (40kN) كما هو موضح في الجدول (3) ، وبأخذ وسطي السهم لبلاطات كل مجموعة خلال مراحل التحميل نحصل على الشكل (31) والذي يوضح مقارنة مخططات (الحمل - السهم) لبلاطات المجموعات المختلفة .

الجدول (3) النتائج التجريبية للسهم وسط المجاز لبلاطات المجموعات المجربة

اسم العينة	المجموعة	حمولة الانهيار kN	السهم (mm) وسط البلاطة عند الانهيار	وسطي السهم (mm) وسط البلاطة عند الانهيار	السهم (mm) وسط البلاطة عند الحمل المشترك (40kN)	وسطي السهم (mm) عند الحمل المشترك (40kN)	نسبة الازدياد في وسطي السهم (mm) عند الحمل المشترك (40kN) مقارنة بالمرجعية %

RS1	RS	85.64	7.99	7.22	1.02	0.94	0.00
RS2		87.32	6.44		0.86		
FS1-1h-W	(FS-1-W)	67.22	5.72	5.40	1.69	1.60	70.21
FS2-1h-W		70.72	5.08		1.51		
FS1-2h-W	(FS-2-W)	59.40	5.01	4.60	2.07	1.90	102.13
FS2-2h-W		63.02	4.19		1.73		
FS1-1h-A	(FS-1-A)	79.45	5.36	5.70	1.23	1.27	35.11
FS2-1h-A		74.21	6.04		1.31		
FS1-2h-A	(FS-2-A)	71.34	5.23	5.56	1.36	1.38	46.81
FS2-2h-A		68.94	5.89		1.40		
FS1-1h-D	(FS-1-D)	54.72	5.62	5.30	2.55	2.43	158.51
FS2-1h-D		56.96	4.98		2.31		
FS1-2h-D	(FS-2-D)	47.12	5.36	5.20	3.29	3.20	239.89
FS2-2h-D		48.60	5.04		3.10		



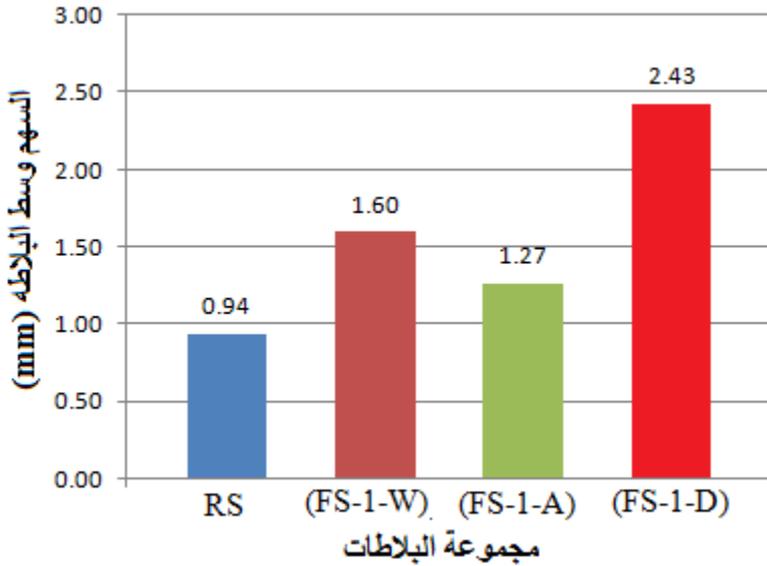
الشكل (31) مقارنة مخططات (الحمولة - السهم) لبلاطات المجموعات المختلفة .

- مقارنة نتائج السهم التجريبية للبلاطات المختبرة :

من أجل معرفة تأثير تغير مدة الحريق ونمط التبريد على قيمة السهم وسط البلاطات المعرضة للحريق ، وسنقوم بإجراء المقارنات للسهم عند الحمولة المشتركة للبلاطات (40kN)، ومن النتائج في الجدول السابق (2) نستطيع أن ندرس مايلي:

- دراسة تأثير تغير نمط التبريد للبلاطات المعرضة للحريق لمدة ساعة واحدة على السهم وسط البلاطة :

تم تمثيل نتائج وسطي السهم التجريبي عند الحمولة المشتركة للبلاطات المعرضة للحريق لمدة ساعة والواردة في الجدول (3) بيانيا كما هو مبين في الشكل (32).



الشكل (32) مقارنة وسطي السهم وسط البلاطة عند الحمولة المشتركة التجريبية (40 kN) لمجموعات البلاطات المعرضة للحريق لمدة ساعة واحدة تبعاً لطريقة تبريدها مع مجموعة البلاطات المرجعية

من الشكل (32) نستنتج مايلي:

1- ازداد وسطي السهم تحت العمود عند الحمولة (40 kN) لبلاطات المجموعة الخامسة (FS-1-D) غير المبردة بنسبة (158.51%) مقارنة مع بلاطات المجموعة

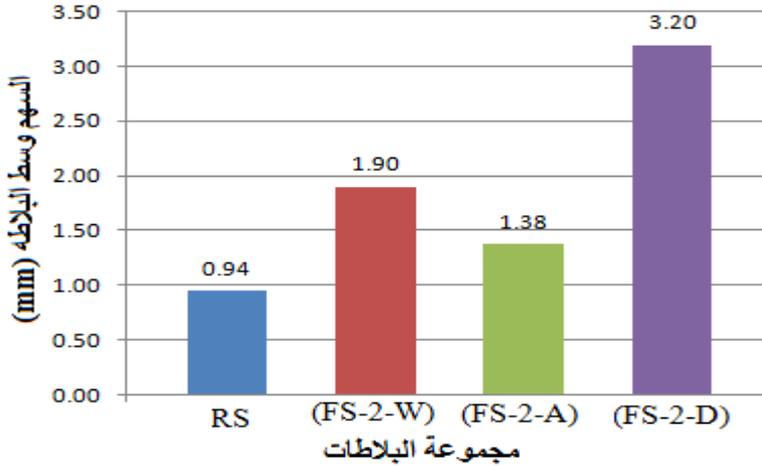
المرجعية (RS) ، وازداد بنسبة (51.88%) مقارنة مع بلاطات المجموعة الأولى المبردة بالماء (FS-1-W) ، وازداد بنسبة (91.34%) مقارنة مع بلاطات المجموعة الثالثة المبردة بالهواء (FS-1-A) .

2- ازيد وسطي السهم تحت العمود عند الحمولة (40 kN) لبلاطات المجموعة الأولى (FS-1-W) المبردة بالماء بنسبة (70.21%) مقارنة مع بلاطات المجموعة المرجعية (RS) ، وازداد بنسبة (25.98%) مقارنة مع بلاطات المجموعة الثالثة المبردة بالهواء (FS-1-A) .

3- ازيد وسطي السهم تحت العمود عند الحمولة (40 kN) لبلاطات المجموعة الثالثة (FS-1-A) المبردة بالهواء بنسبة (35.11%) مقارنة مع بلاطات المجموعة المرجعية (RS) .

- دراسة تأثير تغير نمط التبريد للبلاطات المعرضة للحريق لمدة ساعتين على السهم وسط البلاطة :

تم تمثيل نتائج وسطي السهم التجريبي عند الحمولة المشتركة للبلاطات المعرضة للحريق لمدة ساعتين والواردة في الجدول (3) بيانيا كما هو مبين في الشكل (33).



الشكل (33) مقارنة وسطي السهم وسط البلاطة عند الحمولة المشتركة التجريبية (40 kN) لمجموعات البلاطات المعرضة للحريق لمدة ساعتين تبعاً لطريقة تبريدها مع مجموعة البلاطات المرجعية

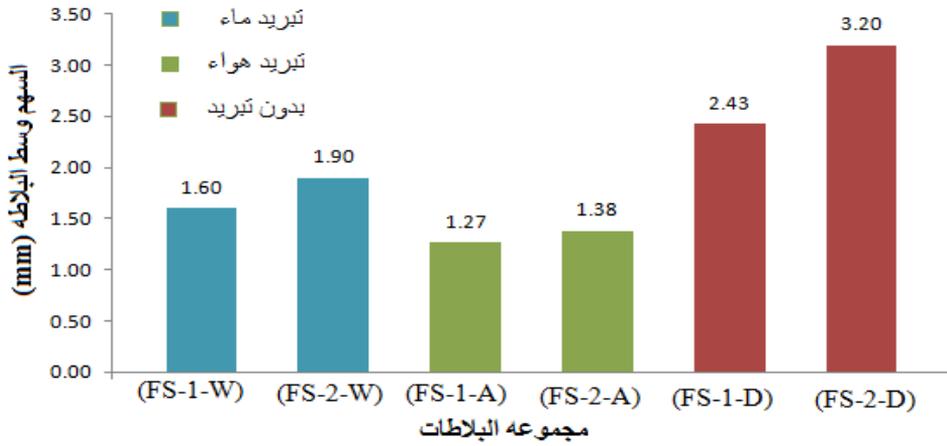
من الشكل (25) نستنتج مايلي:

1- ازداد وسطي السهم تحت العمود عند الحمولة (40 kN) لبلاطات المجموعة السادسة (FS-2-D) غير المبردة بنسبة (240.43%) مقارنة مع بلاطات المجموعة المرجعية (RS) ، وازداد بنسبة(68.42%) مقارنة مع بلاطات المجموعة الثانية المبردة بالماء (FS-2-W) ، وازداد بنسبة (131.88%) مقارنة مع بلاطات المجموعة الرابعة المبردة بالهواء (FS-2-A) .

2- ازداد وسطي السهم تحت العمود عند الحمولة (40 kN) لبلاطات المجموعة الثانية (FS-2-W) المبردة بالماء بنسبة (102.13%) مقارنة مع بلاطات المجموعة المرجعية (RS) ، وازداد بنسبة (37.68%) مقارنة مع بلاطات المجموعة الرابعة المبردة بالهواء (FS-2-A) .

3- ازداد وسطي السهم تحت العمود عند الحمولة (40 kN) لبلاطات المجموعة الرابعة (FS-2-A) المبردة بالهواء بنسبة (46.81%) مقارنة مع بلاطات المجموعة المرجعية (RS).

- دراسة تأثير تغير مدة الحريق على السهم وسط البلاطات ذات نمط التبريد المتماثل:
تم تمثيل نتائج وسطي السهم التجريبي عند الحمولة المشتركة للبلاطات المجربة والواردة في الجدول (3) ببيانيا.



الشكل (34) مقارنة وسطي السهم وسط البلاطة عند الحمولة المشتركة التجريبية (40 kN) لمجموعات البلاطات المعرضة للحريق لمدة ساعتين تبعاً لطريقة تبريدها مع مجموعة البلاطات المرجعية

من الشكل (34) نستنتج مايلي:

1- ازداد وسطي السهم وسط البلاطة لبلاطات المجموعة الثانية (FS-2-W) المبردة بالماء والمعرضة للحريق لمدة ساعتين بنسبة (18.75%) مقارنة مع بلاطات المجموعة الأولى (FS-1-W) المبردة بالماء والمعرضة للحريق لمدة ساعة واحدة.

2- ازداد وسطي السهم وسط البلاطة لبلاطات المجموعة الرابعة (FS-2-A) المبردة بالهواء والمعرضة للحريق لمدة ساعتين بنسبة (8.66%) مقارنة مع بلاطات المجموعة الثالثة (FS-1-A) المبردة بالهواء والمعرضة للحريق لمدة ساعة واحدة.

3- ازداد وسطي السهم وسط البلاطة لبلاطات المجموعة السادسة (FS-2-D) غير المبردة والمعرضة للحريق لمدة ساعتين بنسبة (31.69%) مقارنة مع بلاطات المجموعة الخامسة (FS-1-D) غير المبردة والمعرضة للحريق لمدة ساعة واحدة.

النتائج والتوصيات :

النتائج :

استنادا للدراسة التجريبية المجراة ، يمكننا استخلاص الاستنتاجات التالية:

1- أظهرت الدراسة التجريبية انخفاض واضح في قدرة التحمل للبلاطات الفطرية المعرضة للحريق والمبردة وفق الأنماط الثلاثة (تبريد هواء ، تبريد ماء ، بدون تبريد) بنسبة تراوحت بين (11.15% إلى 35.43%) مقارنة مع بلاطات المجموعة المرجعية عند التعرض للحريق لمدة ساعة واحدة ، وبنسبة تراوحت بين (18.89% إلى 44.66%) مقارنة مع بلاطات المجموعة المرجعية عند التعرض للحريق لمدة ساعتين .

2- أظهرت الدراسة التجريبية انخفاض في حمولة ظهور أول شق للبلاطات الفطرية المعرضة للحريق والمبردة وفق الأنماط الثلاثة (تبريد هواء ، تبريد ماء ، بدون تبريد) بنسبة تراوحت بين (14.85% إلى 45.48%) مقارنة مع بلاطات المجموعة المرجعية عند التعرض للحريق لمدة ساعة واحدة ، وبنسبة تراوحت بين (28.11% إلى 60.62%) مقارنة مع بلاطات المجموعة المرجعية عند التعرض للحريق لمدة ساعتين .

3- أظهرت الدراسة التجريبية زيادة واضحة في سهم البلاطات الفطرية المعرضة للحريق والمبردة وفق الأنماط الثلاثة (تبريد هواء ، تبريد ماء ، بدون تبريد) بنسبة تراوحت بين (35.11% إلى 158.51%) مقارنة مع بلاطات المجموعة المرجعية

عند التعرض للحريق لمدة ساعة واحدة ، وبنسبة تراوحت بين (46.81% إلى 240.43%) مقارنة مع بلاطات المجموعة المرجعية عند التعرض للحريق لمدة ساعتين.

4- أظهرت الدراسة التجريبية أن نمط (التبريد بالهواء) يسمح للبيتون والفلوذا استعادة جزء كبير من خواصهم على عكس نمط (التبريد بالماء) الذي يسبب ضرراً واضحاً في البيتون مما يسبب تدهور مقاومته مهما اختلفت مدة التعرض للحريق .

5- ان تبريد البلاطات بالماء يسبب ظهور شقوق عميقة حيث حدث فيها تبخر سريع للمياه نتيجة الحرارة الشديدة المختزنة في البلاطة كما يسبب تفتت في البيتون وتسليخ في الأطراف حيث ظهرت قضبان التسليخ ، بالتالي ان تبريد البلاطات بالماء يضعف قدرة تحمل البلاطة ويزيد من سهمها مهما كانت مدة الحريق .

التوصيات :

- 1- يوصى بدراسة بلاطات فطرية خاضعة للتحميل بحمولة استثمارية قبل الحرق حيث أنه عند حدوث الحريق تكون البلاطات بحالة الاستثمار .
- 2- يوصى بدراسة تأثير درجات الحرارة المرتفعة على البلاطات الفطرية (-600) 700-800 .
- 3- دراسة سلوك البلاطات الفطرية تحت تأثير مدد زمنية أطول .
- 4- اجراء دراسة تحليلية اعتمادا على النتائج التجريبية للوصول الى علاقة تعبر عن تأثير تغير مدة الحريق ونمط التبريد على حمولة الانهيار والسهم وسط المجاز .

REFERENCES

المراجع

الأجنبية

- [1]- Hamed Salem, Heba Issa , Hatem Gheith, Ahmed Farahat ,(2012), “Punching Shear Strength Of Reinforced Concrete Flat Slabs Subjected To Fire On Their Tension Sides” Housing and Building National Research Center (HBRC) Journal (2012) 8, 36–46 .
- [2]- Gouda Ghanem , Tarek Ali, Mohamed Nooman and Mohamed Kadry ,(2016), “Behavior of Reinforced Concrete Flat Slab Exposed To Fire Experimentally And Numerically By (ANSYS)” IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE) e-ISSN: 2278-1684,p-ISSN: 2320-334X, Volume 13, Issue 6 Ver. VII (Nov. - Dec. 2016), PP 25-42.
- [3]- Emmanuel Annerel and Luc Taerwe,(2018), " Design Considerations For Shear Failure Of Flat Concrete Slabs Exposed To

Fire Fire ". research funded by IWT Flanders through the SBO project 080010: 'Fundamental design approaches for improvement of the fire safety in car parks', Ghent University Academic Bibliography(2018).

[4]- Pasindu Weerasinghe, Priyan Mendis, Maurice Guerrieri and Kate Nguyen , (2020), “ Importance Of Support Conditions On The Fire Resistance Of Concrete Flat Slabs” SFPE EUROPE,2020,ISSUE 19.

[5]- International Organization for Standardization, ISO 834-1 :"Fire-resistance tests - Elements of building construction - Part 1: General requirements", (1999).

6] Standards Australia, AS 1530.4:" Methods for fire tests on building materials, components and structures–Part 4: Fire-resistance test of elements of construction", (2014).

[7]- Smith, H.K., T.J. Stratford, and L.A. Bisby. "Punching shear of restrained reinforced concrete slabs under fire conditions". in 8th International Conference on Structures in Fire. 2014.

المراجع العربية :

[3] - " الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة" الطبعة الرابعة ، نقابة المهندسين - الجمهورية العربية السورية ، دمشق 2012 .

[- أ.د.منير محمد كمال " تأثير الحريق على المنشآت البيتونية " جامعة المنوفية - 1999.

[104]- أ.د.حاتم غيث - أ.د.حمدي شاهين " تأثير الحريق على البلاطات البيتونية المسلحة " المركز القومي لبحوث الإسكان القاهرة 2009.

تقييم دقة بناء النماذج الرقمية كأساس لإنتاج الخرائط الطبوغرافية في تقنية المسح التصويري باستخدام الطائرات المسييرة - دراسة إحصائية تحليلية في ظروف سورية

الدكتور المهندس أحمد عبده العمر-أستاذ مساعد- قسم الهندسة الطبوغرافية- كلية الهندسة
المدنية-جامعة حمص

ملخص

تُستخدم في سوريا مختلف الأساليب والتقنيات المتنوعة، سواء منها الأرضية أو الجوية أو الفضائية، لاستحواذ البيانات المكانية و ذلك بهدف إنتاج الخرائط الطبوغرافية، لا سيما الكبيرة منها (المقياس 1/1000 أو أكبر).

لاقى تطبيق تقنية المسح التصويري باستخدام الطائرات دون طيار (الطائرات المسييرة- الدرونات) في إنجاز العديد من مشاريع الرفع الطبوغرافي في السنوات الأخيرة نجاحاً كبيراً، و أثبت تفوقاً ملفتاً على الأساليب التقليدية في معايير الأداء من زمن و كلف و ملاءة فنية. يعرض البحث دراسة تحليلية إحصائية تهدف إلى تقييم دقة المخرجات الرقمية المكانية لتقنية المسح التصويري باستخدام الطائرات المسييرة (Drone Photogrammetry)، كغمائم النقاط (Point clouds) والنماذج الرقمية للارتفاعات (DTMs) و خرائط الصور المصححة عمودياً (Orthomosaic)، و التحقق من مدى توافقها مع معايير الدقة المعمول بها عالمياً و ملاءمتها للاستجابة اللاحقة لشروط وضع الخرائط الطبوغرافية في سورية، و ذلك باستخدام عينة رصينة من الأعمال التي قام الباحث بتنفيذها لأحد أحياء مدينة الرستن في محافظة حمص.

من خلال دراسة العينة، و بتحليل فروق إحدائيات نقاط التحكم (Ground Control Points) إحصائياً، أعطى البحث دقة أفقية تعادل 0.04 من قيمة مسافة الاعتیان الأرضية و دقة ارتفاعية تعادل 0.03 من مسافة الاعتیان.

تقييم دقة بناء النماذج الرقمية كأساس لإنتاج الخرائط الطبوغرافية في تقنية المسح التصويري باستخدام الطائرات المسييرة- دراسة إحصائية تحليلية في ظروف سورية

من خلال تحليل فروق إحداثيات نقاط التحقق (Check Points) إحصائياً أعطى البحث دقة أفقية تعادل 0.54 من قيمة مسافة الاعتيان الأرضية و دقة ارتفاعية تعادل 1.1 من مسافة الاعتيان.

أظهرت النتائج استجابة فائقة للمعايير المنصوص عليها في الكثير من الأدبيات العالمية ذات الصلة، الأمر الذي يدعم صلاحية و أفضلية المخرجات الرقمية لهذه التقنية كأساس لإنجاز المخططات الطبوغرافية بمقاييس كبيرة في سورية.

دلل البحث على فعالية و جدوى و موثوقية توطين التقنية و لزوم العمل على تطوير معايير وطنية للعمل بها تلائم شروط و متطلبات العمل المساحي في سورية.

كلمات مفتاحية: طائرات دون طيار، تثلث جوي، النماذج الرقمية، الدقة المكانية، مسافة الاعتيان الأرضية.

Accuracy Assessment of Digital Model Construction as a Basis for Topographic Mapping in Drone Photogrammetry- An Analytical Study in Syrian Conditions

Dr. Eng. Ahmad AlOumar - Associate Professor - Department of Topographic Engineering - Faculty of Civil Engineering - Al-Baath University.

Abstract

In Syria, a variety of methods and techniques—terrestrial, aerial, and satellite—are employed for spatial data acquisition to produce topographic maps across multiple scales, with particular emphasis on larger scales (1:1000 or greater).

The recent adoption of drone photogrammetry for topographic and other mapping purposes has been highly successful, demonstrating significant superiority over traditional methods in performance metrics such as time, cost, and technical adequacy.

This research presents an analytical statistical study aiming to evaluate the accuracy of digital spatial outputs of Drone Photogrammetry, such as Point Clouds, Digital Terrain Models (DTMs), and Orthomosaic, and verifying their compliance with internationally recognized accuracy standards and their suitability for subsequent topographic mapping requirements in Syria, using a robust sample of projects executed by the researcher for a neighborhood of AlRastan city in Homs governorate.

Studying the sample and statistically analyzing the coordinate differences of Ground Control Points (GCPs), the research yielded a horizontal accuracy equivalent to 0.04 of the Ground Sampling Distance (GSD) and a vertical accuracy equivalent to 0.03 of the GSD.

Through statistical analysis of the coordinate differences of Check Points (CPs), the research provided a horizontal accuracy equivalent to 0.54 of the GSD and a vertical accuracy equivalent to 1.1 of the GSD.

The results highlighted an exceptional compliance with the standards adopted in many relevant international literatures, thus supporting the validity and superiority of the digital outputs of this technology as a basis for producing large-scale topographic maps in Syria.

The research demonstrated the effectiveness, feasibility, and reliability of embracing the technology and the necessity of developing national standards for its use that suit the conditions and requirements of surveying work in Syria.

Keywords: Drones/UAVs, Phototriangulation, Digital Models, Spatial Accuracy, Ground Sampling Distance (GSD).

منذ بداية العقد الأول من القرن الواحد والعشرين، يشهد استخدام الطائرات دون طيار (UAV- الطائرات المسيرة-الدرونات) منخفضة التكلفة، طيعة الأداء في استحواد البيانات المكانية، نمواً متسارعاً. تمثل الطائرات المسيرة منصة رشيقة يجري تشغيلها والتحكم بها عن بعد ويمكنها حمل طيف من المستشعرات يتراوح بين الكاميرات الرقمية المدمجة والكاميرات الطيفية والحرارية والمساحات الليزرية ومستشعرات الليزر وغيرها، ويعتمد استخدام أي من هذه المستشعرات على الغاية المرجوة من وراء استحواد البيانات [1, 2, 4, 5].

تحقق تقنية المسح التصويري باستخدام هذه المركبات الصغيرة مكاسب أساسية منها: خفض الكلفة الأولية للاستثمار، انخفاض تكلفة التشغيل والاستخدام، والتقليل الحاد في الزمن اللازم لاستحواد ومعالجة البيانات [6-7]، ويمكنها الإسهام بإنتاج طيف واسع من المخرجات الرقمية المتطورة كالخرائط الشعاعية و مخططات الصور المصححة عمودياً، والخرائط الموضوعية، والنماذج ثلاثية الأبعاد للمعالم، والنماذج الرقمية للأسطح والتضاريس وغيرها.

يعد إنجاز أعمال المسح و إنتاج الخرائط الطبوغرافية، كبيرة المقياس منها على وجه الخصوص، أحد أكثر تطبيقات هذه التقنية أهمية للمجتمعات الهندسية و التنموية. لإنتاج المخططات الطبوغرافية بالمقاييس المطلوبة في هذه التقنية، يتم استيراد مخططات الصور المصححة عمودياً إلى أي من بيئة الرسم بمعونة الحاسب (Auto CAD) أو نظم المعلومات الجغرافية (GIS) كخلفية لتعقب المعالم المستوية و تمثيلها بالطريقة والرموز المعتمدة، و يتم استخدام نماذج الارتفاعات الرقمية (DTM) لاستقراء مناسيب مصفوفة عريضة من نقاط الأرض الطبيعية المميزة والمنتقاة بما يؤمن تمثيلاً صادقاً لتضاريس المكان [8, 9].

تعتمد جودة المنتجات الرقمية للمنطقة المدروسة على عدة عوامل أهمها التخطيط السليم لمهام استحواد الصور، بما يلبي المعايير الموسومة في المنتج المطلوب، و الإدارة الناجحة لأعمال التصوير و التأسيس المتين و الموثوق لشبكة النقاط الأرضية المرجعية بما يؤمن مقدرات أمثلية لعناصر توجيهه و إرجاع النماذج الرقمية من خلال تنفيذ عملية التثليث

الضوئي (Phototriangulation) بالتعديل الحزمي (Bundle Adjustment) في بيئة رؤية حاسوبية (Computer Vision) مختارة لمعالجة الصور المستحوذة [5, 10, 11, 12].

مع تزايد الاهتمام المهني و البحثي باستخدام تقنية المسح باستخدام الطائرات المسيرة، و ثبوت جدوى اعتمادها في سورية كأداة لجمع البيانات بغرض إنتاج النماذج المكانية لمختلف الأغراض الهندسية [9, 1]، تبرز الحاجة ملحة إلى دراسة مدى استجابة مخرجات هذه التقنية لمتطلبات الدقة المطلوبة في المعايير العالمية و إمكانية تلبيتها لاشتراطات الدقة المعمول بها وطنياً وفق منهجية علمية تحليلية موثوقة.

2. أهمية و أهداف البحث:

تتمثل أهمية البحث في الربط بين المعايير الأساسية في التخطيط لمهام التصوير و المفاهيم و الإجراءات المرتبطة بأعمال استحواذ و معالجة الصور الرقمية، و بين متطلبات الدقة المكانية للمخرجات و النماذج الرقمية المكانية، و التحقق بمنهجية إحصائية تحليلية من مدى تلبية مخرجات العمل في سورية لمعايير الدقة المعمول بها عالمياً تمهيداً لدراسة و بيان انسجامها مع متطلبات الدقة المعمول بها وطنياً لأعمال الرفع الطبوغرافي بمقاييس كبيرة.

يهدف البحث إلى:

- عرض و مناقشة العلاقة بين مسافة الاعتيان الأرضية (Ground Sampling Distance-GSD) و بين سوية الدقة المرجوة في المخرجات الرقمية المطلوبة (الغمائم النقطية ثلاثية الأبعاد -خرائط الصورة المصححة عمودياً-النماذج الرقمية للارتفاعات) و علاقة ذلك كله بمحددات مهام الطيران.
- مناقشة آلية تحليل و تقييم دقة بناء المخرجات الرقمية من خلال إيجاد مقدرات المؤشرات الإحصائية التي تصف دقة التثليث الضوئي و تعديل الحزم باستخدام طريقة التربيعة الصغرى، و مدى استجابة سوية دقة النماذج الرقمية للمعايير العالمية المعروفة لمثل هذه الأنواع من المخرجات، و اقتراح المنهجيات و المعايير الموافقة و المناسبة للاعتماد وطنياً.

- تهيئة الأرضية البحثية و التقنية لتقييم دقة الخرائط الطبوغرافية المستنبطة من المخرجات الرقمية لبرامج الرؤية الحاسوبية المتوفرة، و التحقق من مدى تلبيتها للشروط المعمول بها في سورية لأعمال الرفع الطبوغرافي بمقياس أساسي 1/1000، وذلك وفق منهجية عملية إحصائية موثوقة.

3. طرائق البحث، مواد و منهجيته:

3.1 الإطار النظري:

3.1.1 النقاط المرجعية الأرضية، الإرجاع و التحقق المكاني:

يقصد بالنقاط المرجعية الأرضية (Ground Reference Points) نقاط التحكم أو الضبط (Control Points) و نقاط التحقق (Check Points).
نقاط التحكم و التحقق نقاط مختارة و موزعة على أرجاء الموقع المستهدف بشكل



مدرس.

إرجاع و ضبط
النماذج مكانياً،
يجري تعيين و
تثبيت و طلاء
النقاط المرجعية
في الموقع قبل
البدء بتنفيذ مهام

شكل رقم/1 - نموذج لصورة رقمية للموقع تظهر فيها نقطة مرجعية

الطيران و التقاط الصور، و بما يضمن ظهورها بوضوح في الصور الملتقطة. يتم قياس شبكة نقاط التحكم و التحقق بدقة عالية باتباع الأساليب الأرضية التقليدية (كاستخدام محطات الرصد المتكاملة Total Stations وأجهزة التسوية Levels) أو باستخدام أجهزة التموضع الشامل GPS، و يتم حساب و تعديل الإحداثيات الثلاثية للنقاط باستخدام طريقة

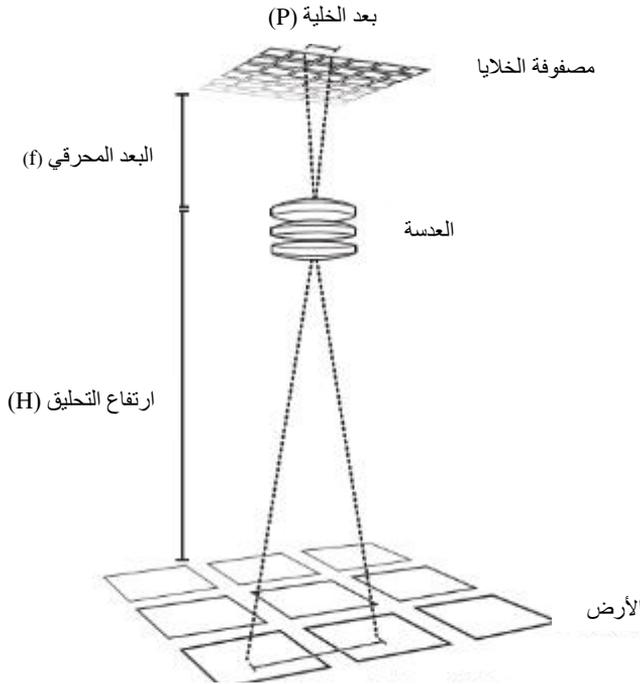
التربيعات الصغرى، لتشكل الإحداثيات مدخلات لعملية معالجة الصورة في مرحلة ما بعد تنفيذ التثليث الضوئي.

3.1.2 تخطيط مهام الطيران، مسافة الاعتيان الأرضي و جودة المنتج:

يعتبر التخطيط المسبق لمهام الطيران (Mission Planning) خطوة مؤسسية لإنجاح أعمال التصوير و تحديد جودة المخرجات الرقمية. تشترك عملية التخطيط جملة من المعاملات كالبعد المحرقي لعدسة آلة التصوير (f) و أبعاد المستشعر الرقمي و عدد الخلايا (Pixels) في كل من بعدي المستشعر (الطول و العرض) و بالتالي دقة تمييز المستشعر (Resolution) و بعد الخلية الواحدة (p) في المستشعر، و كذلك كل من علو الطيران (H) و مسافة الاعتيان الأرضية (GSD)، إضافة إلى نسب التداخل الأمامية و الجانبية (Forward & Lateral Overlaps).

يساعد التداخل الأمامي والجانبى للصور ببرنامج المعالجة اللاحقة في تحديد النقاط المشتركة، أو ما يعرف بنقاط الربط (Tie Points)، بينها. لا يوجد معيار تداخل معتمد عالمياً، فهذه النسب تختلف باختلاف طبيعة الموقع المستهدف و نسبة احتوائه على المعالم المميزة. توصي العديد من المصادر باعتماد نسبة تداخل أمامي قدرها (80%) و جانبى قدرها (70%)، و يذهب بعضها إلى تبني نسبة قدرها (80%) لكل من التداخل الأمامي و الجانبى. [4, 5, 12, 13]

تمثل مسافة الاعتیان الأرضية طول المسافة على الأرض المقابلة لطول خلية واحد في الصورة. كلما كانت قيمة GSD أقل، كانت الصورة أكثر تفصيلاً و أكثر جودة. على



العكس من ذلك، فكلما كانت قيمة مسافة الاعتیان الأرضية أكبر كلما قلت تفاصيل الصورة و ساءت جودتها. [4, 5, 13] يمكن التعبير عن مسافة الاعتیان الأرضية من خلال العلاقة التحليلية:

شكل رقم 2/- مسافة الاعتیان الأرضية (GSD)

$$GSD = \frac{H \times P}{f} \quad (1)$$

أو:

$$GSD = \frac{H \times S}{I \times f} \quad (2)$$

حيث S: عرض المستشعر مقدراً بالمليمتر؛ I: عرض الصورة مقدراً بعدد الخلايا (Pixels).

تسمح العلاقتان (1 و 2) بتعيين قيمة مسافة الاعتیان الأرضية بالاستناد إلى مواصفات آلة التصوير و دقة تمييز المستشعر الرقمي و كذلك علو الطيران، كما تمكن من تحديد علو الطيران (H) الموافق لقيمة مسافة اعتیان معطاة و ذلك بالعلاقة البسيطة:

$$H = \frac{f \times GSD}{P}$$

3.1.3 التثليث الضوئي، تعديل الحزم و دقة النماذج الرقمية:

يعرف التثليث الضوئي بأنه عملية تهدف إلى تحديد الإحداثيات ثلاثية الأبعاد للنقاط على سطح الأرض من خلال معالجة مجموعة من الصور المتداخلة التي تم التقاطها للمكان من زوايا ومواقع مختلفة. يعتمد المبدأ الأساسي للتثليث الضوئي على إعادة تشكيل الحزم الضوئية المولدة للصور من خلال تأمين تقاطع خطوط الرؤية (Sightlines) التي تمتد من مواقع الكاميرا إلى مواقع تمثيل النقاط المعنية على الصور المتداخلة، بحيث تلتقي هذه الخطوط في مواقع تلك النقاط على الطبيعة. يتم تحقيق ذلك هندسياً عن طريق إعادة تجسيد مواقع الكاميرات و توجيه الصور عند التقاطها، مما يؤدي إلى تشكيل مثلثات فراغية بين مواقع الكاميرا والنقاط الأرضية.

يربط التثليث الضوئي مصفوفات الإسقاط لآلة التصوير (Camera Projection Matrices) و الإحداثيات ثنائية البعد للصورة بالإحداثيات الثلاثية للنقاط في الواقع من خلال العلاقة الأساسية التالية (من أجل صورتين متداخلتين): [18, 19, 20, 21]

$$P_1 X = \lambda_1 x_1$$

$$P_2 X = \lambda_2 x_2$$

حيث:

- P_1 ، P_2 مصفوفات الإسقاط لآلة التصوير.
- $X = (X, Y, Z, 1)^T$ الإحداثيات الثلاثية للنقطة في الفضاء.
- $x_1 = (x_1, y_1, 1)^T$ و $x_2 = (x_2, y_2, 1)^T$ هي الإحداثيات ثنائية البعد للنقطة على الصورتين.
- λ_1 و λ_2 معاملات مقياس تتعلق بالعمق (المسافة بين النقطة وآلة التصوير أو مستوى الإسقاط).

يلعب التثليث الضوئي (phototriangulation) دوراً حاسماً في بناء النماذج الرقمية للمكان، فهو يسمح بتعيين الإحداثيات المكانية (X,Y,Z) لمواقع آلة التصوير و كذلك لكل

من نقاط الربط (Tie Points)، الأمر الذي يؤدي إلى توليد غمامة النقاط (Point Cloud) كأول صيغة من صيغ النماذج الرقمية للموقع المدروس.

يعرف تعديل الحزم (Bundle Adjustment) على أنه عملية حساب و تعديل القيم المثلى لمعاملات التثليث الضوئي من خلال جعل الفرق بين الاحداثيات المقاسة من الصور للنقاط و بين القيم النهائية المقدرة لإحداثيات مواقع تلك النقاط في جملة إحداثيات الجسم أصغرياً، باعتماد مبدأ التربيعات الصغرى. يتمثل المبدأ الأساسي لتعديل الحزم بالصيغة التحليلية:

$$\operatorname{argmin}_{XP} \sum_{i,j} \|x_{ij} - \pi(P_i, X_j)\|^2$$

حيث:

- X_j : هي الإحداثيات ثلاثية البعد للنقطة j في الطبيعة.
- P_i : هي مصفوفة معاملات آلة التصوير i .
- x_{ij} : الإحداثيات ثنائية البعد (x, y) المقاسة على الصورة رقم i للنقطة رقم j .
- $\pi(P_i, X_j)$: تابع الإسقاط الذي يسمح بتمثيل النقطة ثلاثية الإحداثيات X_j على مستوي الصورة باستخدام معاملات آلة التصوير P_i . يسهم التثليث الضوئي في تحديد دقة النماذج الرقمية، إذ يتوقف مدى مصداقية و تماسك تمثيل النماذج الرقمية للخصائص و المعالم الجغرافية للمكان المدروس على سوية دقة تحديد مواقع واتجاهات آلة التصوير أثناء التقاط الصور. [22, 23, 24]

يلعب تعديل الحزم دوراً مركزياً في تحسين دقة و تماسك عملية التثليث الضوئي، و رفع سوية دقة تعيين المواقع ثلاثية الأبعاد لنقاط الموقع، و بالتالي توفير خرائط طبوغرافية و غيرها من النماذج المكانية الرقمية بسوية دقة عالية.

3.1.4 نقاط التحكم و التحقق و دورها في تحديد و تحليل دقة بناء النماذج الرقمية:

تلعب نقاط التحكم (GCPs) و نقاط التحقق (CPS) الأرضية دوراً محورياً في بناء النماذج الرقمية و تقييم الدقة المكانية لهذه النماذج.

تستخدم نقاط التحكم الأرضية كمرجع لتوجيه و ضبط النموذج الرقمي من خلال محاذاة المواقع ثلاثية الأبعاد للنقاط في الصور مع المواقع و الإحداثيات المقابلة على الأرض. تتوقف دقة توجيه و محاذاة النماذج الرقمية الناتجة عن معالجة الصور على عدد من

العوامل كشرط النقاط الصور و جودة تمثيل المعالم عليها و تباين تضاريس المكان، غير أن دقة تحديد و قياس و تعيين نقاط التحكم الأرضية تبقى المؤثر الأبرز في تحديد سوية دقة توجيه و محاذاة النموذج.

تشير قيمة الخطأ المتوسط التربيع (RMSE) لنقاط التحكم الأرضية الحاصلة بنتيجة عملية التثليث الضوئي إلى مدى تطابق نقاط النموذج الرقمي مع مواقع نقاط التحكم الأرضية، و هي تصف دقة انسجام الاحداثيات المستقاة لنقاط التحكم من النموذج الرقمي مع الإحداثيات المقابلة على الأرض، و تسمح بالتالي بتقييم مدى انسجام تلك النقاط و دقة تعيينها على الأرض و كذلك تماسك (Consistency) النموذج الرقمي و دقة محاذاته لنقاط التحكم الأرضية. كلما كانت القيمة المطلقة للخطأ المتوسط التربيع أصغر كلما دل ذلك على سوية أعلى في دقة محاذاة النموذج الرقمي للنقاط المرجعية في أرض الواقع و بالتالي جودة المنتج التصويري، و على العكس من ذلك، إذا كانت قيمة الخطأ المتوسط التربيع مرتفعة دل ذلك على وجود عيوب في تعداد أو توزيع أو تحديد نقاط التحكم الأرضية أو حتى في عملية استحواد و معالجة الصور الرقمية. [21, 23, 25]

تستخدم نقاط التحقق للتقييم المستقل للنماذج الرقمية، و يعتبر الخطأ المتوسط التربيع (RMSE) لهذه النقاط مقياساً جوهرياً للجودة الشاملة للنماذج و دقتها النهائية، كونها نقاط مستقلة لم يجر استخدام إحصائياتها في توجيه و محاذاة النموذج. كلما كانت قيمة الخطأ المتوسط التربيع لهذه النقاط أصغر كلما كانت دقة النموذج في تمثيل الإحداثيات الفعلية لنقاطه أكبر و كلما أمكن الاعتماد عليه أكثر في التمثيل المكاني خارج نطاق نقاط التحكم الأرضية.

تتطلب التطبيقات عالية الدقة، كمشاريع الرفع الطبوغرافي و مشاريع التخطيط العمراني، قيوداً تربط بين قيم الخطأ المتوسط التربيعي المستوية و الرأسية لنقاط التحكم و بين قيمة مسافة الاعتيان الأرضية. طبقاً لتلك المحددات فإن الخطأ المتوسط التربيع لنقاط التحقق في المستوي يجب ألا يزيد عن ضعفي قيمة مسافة الاعتيان الأرضية، في حين أن الخطأ المتوسط التربيع الرأسي لتلك النقاط يجب أن لا يتجاوز ثلاثة أضعاف مسافة الاعتيان الأرضية [20, 25, 27]:

$$RMSE_{XY} = [1 - 2] \times GSD$$

$$RMSE_Z = [1 - 3] \times GSD$$

من المفترض أن تتبع فروق إحدائيات نقاط التحقق التوزيع الطبيعي (Gaussian/Normal Distribution)، الأمر الذي يعني خلو القياسات من الأخطاء النظامية (Systematic Errors) و الأغلط (Blunder Errors) و يعزز من الثقة في دقة النماذج الرقمية. إذا تبين من خلال التحليل الإحصائي وجود نقاط تحكم شاذة عن التوزيع الطبيعي، ناتجة عن عيوب في تموضع أو دقة تعيين النقاط التحكم أو التقدير غير الأمثل لمعاملات إرجاع الصور خلال التثليث الضوئي أو حتى الطبيعة المعقدة لتضاريس الموقع، تطلب الأمر استقصاء و تصويب مصادر الأخطاء غير العشوائية وإلا تعين استبعاد النقاط الشاذة و إعادة معالجة النموذج لتحسين تماسكه و دقته [18, 19, 20, 25].

3.2 منطقة الدراسة و مواد البحث:

تمثلت مواد البحث بعينة رصينة هي الصور الرقمية الناتجة عن أعمال المسح التصويري لرقعة مساحتها 31/ هكتاراً.



تقع منطقة الدراسة في مدينة الرستن بمحافظة حمص بين خطي طول $36^{\circ}43'45''E$ و $36^{\circ}44'19''E$ ، و عرض خطي $34^{\circ}55'23''N$ و $34^{\circ}55'46''N$ (شكل رقم 3/). كان الهدف من إجراء المسح

التصويري وضع خرائط شكل رقم 3/ - موقع منطقة الدراسة في مدينة الرستن مساحية بمقياس أساسي $\frac{1}{1000}$ لأغراض التنظيم العمراني و الإفراز العقاري.

3.3 منهجية البحث:

3.3.1 الأعمال الأرضية و استحواذ الصور:

للتحضير لأعمال التصوير تم، بشكل مدروس، اختيار و تثبيت و طلاء شبكة مؤلفة من 45/ نقطة مرجعية أرضية تراعي، من حيث التباعد و التجانس في التوزيع و التموضع، التوصيات العالمية (مواصفات ASPRS مثلاً)، مشكلة شبكة مضلعات (Traverses) جرى رصدها باستخدام محطات رصد متكاملة (Total Stations) و أجهزة تسوية رقمية (Digital Levels) و بما يتوافق مع متطلبات دفاتر الشروط الفنية المعمول بها لدى وزارة الأشغال العامة و الإسكان في سورية.

بعد التحقق من خلو الأرصاد من الأغلط و الأخطاء النظامية، تمت معالجة عناصر الشبكتين المستوية و الارتفاعية باعتماد مبدأ التريعات الصغرى (Least Squares Adjustment) و باستخدام برنامج (StarNet). تم حساب و تعديل الإحداثيات المستوية لنقاط الشبكة المرجعية في الاسقاط الستيريوجرافي السوري القاطع، مركزه النقطة $(39.15^{\circ}E ; 34.2^{\circ}N)$ ، على الإهليلج (Clarke 1880 Ellipsoid)، في حين تم حساب و تعديل الارتفاعات الأرثومتريّة (Orthometric Heights) منسوبة إلى مستوي سطح البحر. [27]

استخدمت في أعمال التصوير طائرة مسيرة من نوع Phantom 4 Pro مزودة بكاميرا



شكل رقم 4/- Phantom 4 Pro.

دمجة FC6310 بعدها المحرقي $f = 8.8 \text{ mm}$ (شكل رقم 4/)

تم إجراء التصوير بعلو طيران قدره 60/ متراً وبدقة تمييز فعلية 17.7MP وأبعاد بكسل قدرها $2.61\mu \times 2.61\mu$ باستخدام

العلاقة رقم 1/ نجد:

$$GSD = \frac{6000 \times 2.61 \times 10^{-4}}{8.8 \times 10^{-1}} = 1.78 \text{ cm} \quad (1)$$

لتغطية كامل منطقة العمل، و باعتماد نسب تداخل 80% أمامية و 70% جانبية، تم التقاط 2462/ صورة رقمية. شكلت الصور الملتقطة مادة أولية للمعالجة باستخدام إحدى

برمجيات الرؤية الحاسوبية و التحقق من مدى استجابة دقة بناء المخرجات للمعايير المعتمدة عالمياً.

3.3.2 معالجة الصور و مخرجاتها:

لمعالجة الصور تم استخدام إحدى برمجيات الرؤية الحاسوبية المعروفة عالمياً - Agisoft Metashape. أدخلت جميع الصور و تم توجيهها جميعاً بنجاح و بسوية دقة عالية (High Accuracy). بفضل نسب التداخل الكبيرة، تمكنت البرمجية من تمييز /1325263/ نقطة ربط (Tie Point)، استخدمت في تنفيذ التثليث الضوئي و شكلت غمامة نقاط مبعثرة

جدول رقم 2/- فروق إحداثيات نقاط التحكم

No.	P	ΔX cm	ΔY cm	ΔZ cm
1	G2	0.101	0.043	0.027
2	K2	-0.011	-0.021	0.082
3	A5	0.043	0.006	-0.086
4	E5	0.039	-0.016	0.117
5	A7	0.050	0.055	-0.064
6	C7	-0.042	-0.045	-0.064
7	A8	0.094	0.032	0.001
8	E1	-0.051	0.053	0.056
9	J2	-0.001	0.003	0.031
10	C4	0.075	-0.054	0.015
11	B8	-0.132	-0.051	0.001
12	E4	-0.156	-0.132	-0.032
13	C5	-0.005	0.011	-0.005
14	G1	-0.075	0.010	-0.065
15	B6	0.041	0.172	0.001

(Sparse Point Cloud)، كأول صيغة من صيغ النماذج الرقمية. بعد الحصول على غمامة النقاط المبعثرة، تم استيراد النقاط الأرضية المرجعية مع إحداثياتها لاستخدامها في عملية الضبط و الإرجاع المكاني (Georeferencing) و كذلك في عملية التحقق، حيث تم اختيار /15/ نقطة منها، موزعة بشكل مدروس لتغطي بتجانس منطقة العمل، كنقاط تحكم و تم استخدام النقاط المتبقية (عددها /30/ نقطة) كنقاط تحقق مستقل. تم تمييز نقاط التحكم باللون الأحمر و نقاط التحقق باللون الأخضر (أنظر شكل /3/).

يبين الجدول رقم 2/ أسماء نقاط التحكم الأرضية و الفروق بين الإحداثيات المقاسة و المعدلة (كبيانات مرجعية) لتلك النقاط و بين إحداثياتها الناتجة بعد القيام بعملية الإرجاع المكاني.

3.3.3 التحليل الإحصائي و تقييم دقة التثليث الضوئي:

3.3.3.1 الإطار الإحصائي النظري:

في المساحة التصويرية، تتبع الفروقات (الرواسب) بين الإحداثيات المرجعة والمقاسة لنقاط التحكم و التحقق الأرضية تتبع توزيعاً طبيعياً (Gaussian distribution) حول القيمة الصفرية. يعود ذلك إلى أن هذه الرواسب غالباً ما تنشأ من أخطاء قياس عشوائية، تكون موزعة طبيعياً حول القيمة الصفرية استناداً إلى نظرية النهاية المركزية، الأمر الذي يبرر حساب و اعتماد الخطأ المتوسط التربيع (جذر التباين) لهذه الرواسب كمعيار إحصائي للحكم على الدقة المكانية للنماذج الرقمية. [28 , 29]

بالرغم من قبول فرضية أن رواسب النقاط المرجعية الأرضية تتبع توزيعاً طبيعياً، إلا أنه لا بد من اختبار البيانات الفعلية للتحقق من هذا الافتراض في كل حالة بذاتها. [29, 31]

للتحقق من فرضية التوزيع الطبيعي (Normality hypothesis) و التثبيت إحصائياً من خضوع بيانات محددة للتوزيع الطبيعي، يمكن استخدام اختبارات إحصائية مثل اختبار Shapiro-Wilk أو Anderson-Darling أو الفحص البصري من خلال مخططات Q-Q و غيرها. [30]

يُعتبر اختبار شابيرو-ويلك من أكثر الاختبارات موثوقة للتحقق من خضوع بيانات مدروسة للتوزيع الطبيعي، خاصة عندما يكون حجم العينة صغيراً، و يستخدم الاختبار معايير Test Statistics (إحصائية الاختبار) و P-Value (القيمة الاحتمالية) في التحقق من الفرضية الصفرية (Null Hypothesis).

إحصائية الاختبار (Test Statistics) قيمة رقمية تقع بين (0) و (1) يتم حسابها من البيانات و تُستخدم في تقييم مدى توافق توزيع البيانات مع التوزيع الطبيعي. كلما اقتربت القيمة من 1، كان توزيع البيانات أقرب إلى التوزيع الطبيعي، و كلما كانت القيمة بعيدة عن 1، دلّ ذلك على انحراف البيانات عن التوزيع الطبيعي.

إذا كانت القيمة الاحتمالية (P-Value) بنتيجة الاختبار أكبر من ($P \geq 0.05$) دل ذلك على عدم وجود مبرر لرفض الفرضية الصفرية، وبالتالي يمكن اعتبار البيانات تتبع التوزيع الطبيعي. إذا كانت القيمة أقل من أو تساوي 0.05 ($P \leq 0.05$) هذا يعني أننا نرفض الفرضية الصفرية، وبالتالي لا يمكن اعتبار البيانات تتبع التوزيع الطبيعي.

يستخدم اختبار **T-Test** للتحقق من فرضية أن المتوسط الحسابية للعينة تساوي الصفر. تمثل قيمة T-Test (يرمز لها أيضاً بالرمز W) المدى، المتمثل بعدد أضعاف الخطأ المتوسط التربيع للعينة، الذي تبتعد فيه متوسطة العينة عن المتوسط المفترضة (القيمة صفر). كلما كانت القيمة المطلقة للمعيار الإحصائي T أكبر كلما ابتعدت المتوسط الحسابية للعينة عن الصفر، و كلما كانت هذه القيمة أقل كلما دل ذلك على اقتراب متوسطة العينة من القيمة صفر.

تدخل القيمة الإحصائية T في تعيين قيمة احتمالية **P-Value** و تستخدم القيمة الاحتمالية في تقرير ما إذا كانت الفرضية الصفرية مقبولة أو مرفوضة. كلما كانت القيمة الإحصائية T أكبر كلما كانت القيمة الاحتمالية **P-Value** أصغر ما يعني دليلاً أقوى على رفض الفرضية الصفرية. إذا كانت القيمة الإحصائية T كبيرة بما يكفي لإعطاء قيمة احتمالية تساوي أو أقل من مستوي الدلالة (Significance level) المختار (0.05 مثلاً) أدى ذلك إلى رفض الفرضية الصفرية.

يفيد مخطط Q-Q Test في الفحص البصري لمدى انسجام عناصر العينة مع التوزيع الطبيعي و تشخيص الشاذ منها.

تحسب كل من متوسطة العينة $\bar{\Delta X}$ و الخطأ المتوسط التربيع RMSE على الترتيب بالعلاقتين:

$$\bar{\Delta X} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i}{n} ; \quad RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n}} \quad (5)$$

حيث:

Δx_i : عنصر العينة ذو الترتيب (i).

n : عدد عناصر العينة.

يفيد تحليل رواسب الإحداثيات و تقدير الخطأ المتوسط التربيع لنقاط التحكم في اختبار متانة الإرجاع المكاني للنماذج الرقمية و دقة التثليث الضوئي و ملائمة القيم المرجعة لإحداثيات نقاط التحكم مع إحداثياتها الواقعية (المقاسة و المعدلة في الواقع). [16]

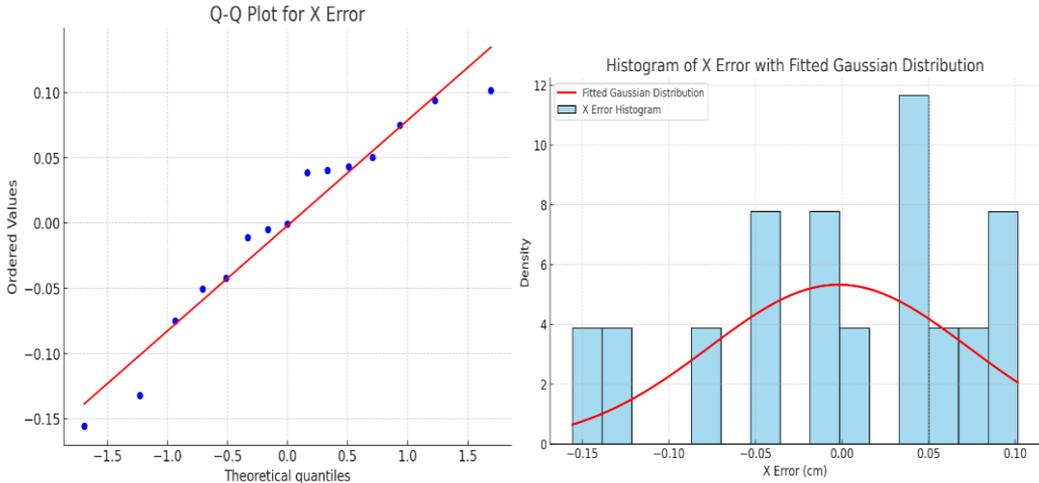
3.3.3.2 اختبار رواسب الإحداثيات X لنقاط التحكم على التوزيع الطبيعي بسوية دلالة (0.05):

أعطى اختبار شابيرو- ويلك النتائج التالية:

$$W=0.943$$

$$P\text{-Value}=0.425$$

نرى أن قيمة إحصائية الاختبار W أقرب إلى القيمة (1) و أن قيمة الاحتمال P-Value أكبر من 0.05 الأمر الذي يعني قبول فرضية أن الرواسب في X تتبع التوزيع الطبيعي. يبين الشكل a-/5/ منحنى التوزيع التكراري، و يبين الشكل b-/5/ مخطط توزيع Q-Q



لرواسب الاحداثي X.

شكل a-/5/ منحنى التوزيع التكراري للرواسب Δx_i شكل b-/5/ مخطط توزيع Q-Q للرواسب Δx_i باستخدام العلاقتين (5) نجد:

$$\bar{X} = -0.002 \text{ cm}$$

$$RMSE_X = 0.075 \text{ cm}$$

للتحقق من فرضية أن متوسطة رواسب X تساوي إحصائياً الصفر قمنا بتطبيق اختبار T-Test، حيث وجدنا:

$$T\text{-statistic} = -0.098$$

$$P\text{-value} = 0.923$$

نلاحظ بوضوح أن القيمة الإحصائية T صغيرة إلى درجة كبيرة أدت إلى الحصول على قيمة احتمالية P-value أكبر كثيراً من القيمة 0.05، الأمر الذي يعني قبول فرضية أن متوسطة العينة تساوي إحصائياً القيمة صفر، و بالتالي نكون قد تحققنا من أن رواسب X تتبع التوزيع الطبيعي حول القيمة (0).

من خلال فحص منحنى توزيع Q-Q و بتطبيق اختبار النطاق بين الربعين (IQR)، تبين عدم وجود دلالة كبيرة للقيم الشاذة عن منحنى التوزيع الطبيعي في عينة رواسب X.

3.3.3.3 اختبار رواسب الإحداثيات Y لنقاط التحكم على التوزيع الطبيعي بسوية دلالة (0.05):

أعطى اختبار شايبيرو- ويلك النتائج التالية:

$$W = 0.939$$

$$P\text{-Value} = 0.371$$

نرى أن قيمة إحصائية الاختبار W كبيرة (قريبة من القيمة 1) و أن قيمة الاحتمال P-Value أكبر من 0.05 ما يعني قبول فرضية أن الرواسب في Y تتبع التوزيع الطبيعي.

يبين الشكل a-/6- منحنى التوزيع التكراري، و يبين الشكل b-/6- مخطط توزيع Q-Q لرواسب الاحداثي Y.

باستخدام العلاقتين (5) نجد:

$$\bar{Y} = 0.004 \text{ cm}$$

$$RMSE_Y = 0.065 \text{ cm}$$

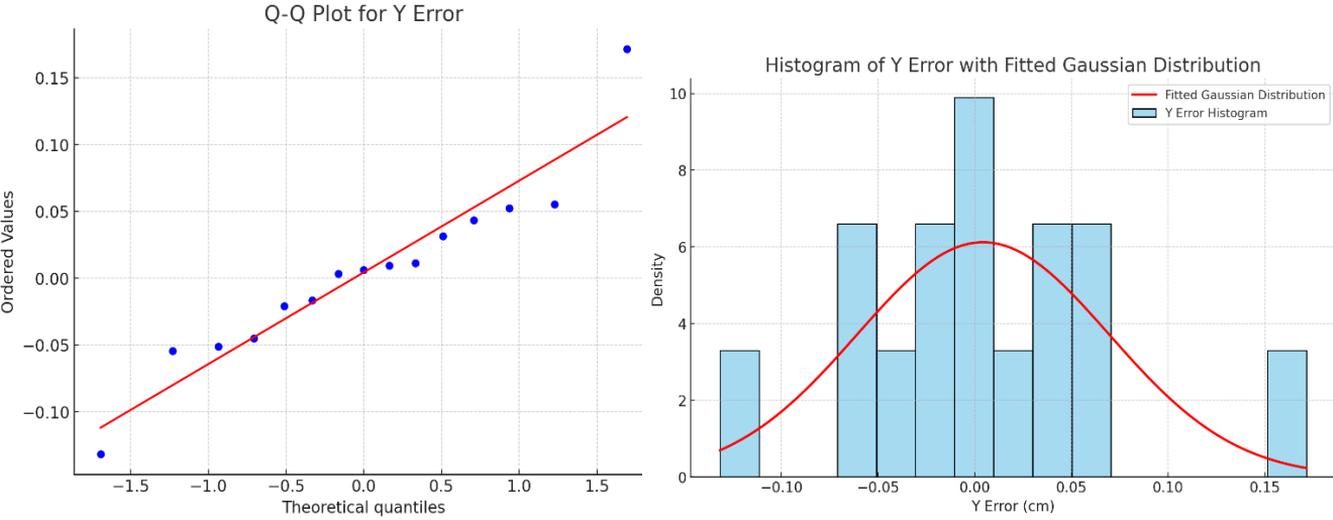
للتحقق من فرضية أن متوسطة رواسب Y تساوي إحصائياً الصفر قمنا بتطبيق اختبار T-Test، حيث وجدنا:

$$T\text{-statistic}=0.250$$

$$P\text{-value}=0.806$$

نلاحظ أن القيمة الإحصائية T صغيرة إلى درجة أدت إلى الحصول على قيمة احتمالية P -value أكبر كثيراً من القيمة 0.05 ، الأمر الذي يعني قبول فرضية أن متوسطة العينة تساوي إحصائياً القيمة صفر، و بالتالي نكون قد تحققنا من أن رواسب Y تتبع التوزيع الطبيعي حول القيمة (0) .

شكل a -/6/ منحنى التوزيع التكراري للرواسب Δy_i شكل b -/6/ مخطط توزيع Q - Q للرواسب Δy_i



من خلال الاختبار و فحص منحنى توزيع Q - Q تبين وجود قيمة شاذة وحيدة هي القيمة 0.1715 cm (تعود للنقطة الأرضية B_6).

3.3.3.4 اختبار رواسب الإحداثيات Z لنقاط التحكم على التوزيع الطبيعي بسوية دلالة **(0.05):**

أعطى اختبار شابيرو- ويلك النتائج التالية:

$W = 0.958$

P-Value= 0.664

نرى أن قيمة إحصائية الاختبار W قريبة من القيمة (1) و أن قيمة الاحتمال P-Value أكبر كثيراً من 0.05 الأمر الذي يسمح بقبول فرضية أن الرواسب في Z تتبع التوزيع الطبيعي. يبين الشكل a-/7/ منحنى التوزيع التكراري، و يبين الشكل b-/7/ مخطط توزيع Q-Q لرواسب الاحداثي Z .

باستخدام العلاقتين (5) نجد:

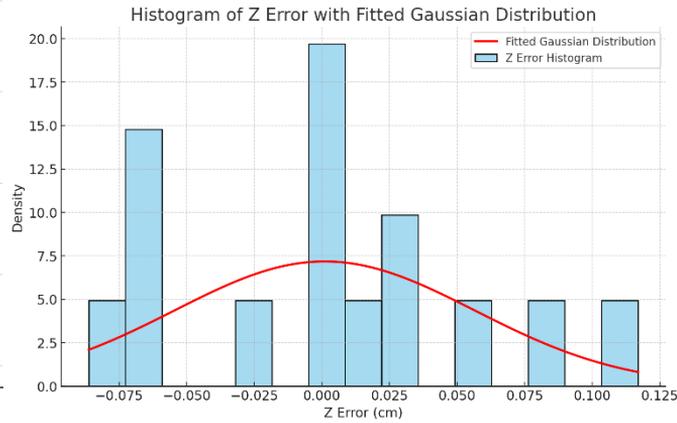
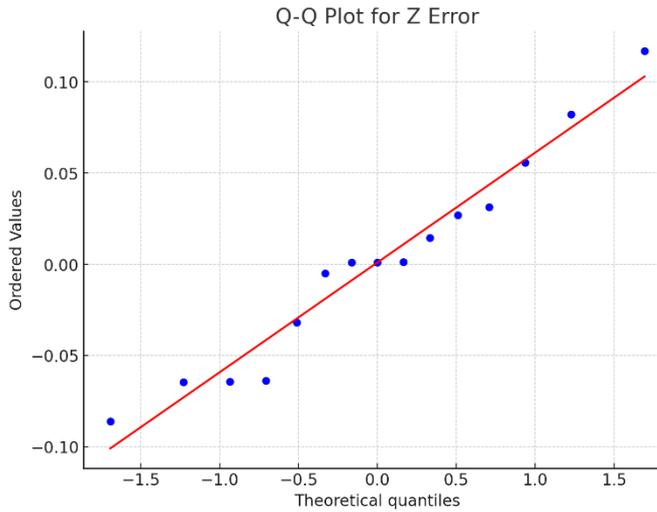
$\bar{Z} = 0.001 \text{ cm}$

$RMSE_z = 0.056 \text{ cm}$

للتحقق من فرضية أن متوسطة رواسب Z تساوي إحصائياً الصفر قمنا بتطبيق اختبار T-Test، حيث وجدنا:

T-statistic= 0.070

P-value= 0.945



شكل b-/7/ مخطط Δz_i

شكل a-/7/ منحنى التوزيع التكراري للرواسب

توزيع Q-Q للرواسب Δz_i

نلاحظ أن القيمة الإحصائية T صغيرة إلى درجة كبيرة أدت إلى الحصول على قيمة احتمالية P -value أكبر كثيراً من القيمة 0.05 ، الأمر الذي يعني قبول فرضية أن متوسطة العينة تساوي إحصائياً القيمة صفر، و بالتالي نكون قد تحققنا من أن رواسب Z تتبع التوزيع الطبيعي حول القيمة (0) .

من خلال فحص منحنى توزيع $Q-Q$ و بتطبيق اختبار النطاق بين الربعين (IQR) ، تبين عدم وجود دلالة كبيرة للقيم الشاذة لم نجد أية قيم شاذة عن منحنى التوزيع الطبيعي في عينة رواسب Z .

إن وجود قيم شاذة عن التوزيع الطبيعي في رواسب إحدائيات نقاط التحكم والتحقق قد يكون ناتجاً عن عدة أسباب. من الأسباب المحتملة وجود أخطاء في القياسات (بشرية أو بيئية أو تقنية) أثناء تثبيت و قياسات شبكة النقاط المرجعية الأرضية، أو عدم كفاية في نقاط التحكم أو سوء في توزيعها أو أسباب ناجمة عن أعمال التصوير أو عيوب في الصور أو قصور في تعيين و تحديد نقاط التحكم على الصور المتداخلة و غيرها من الأسباب المحتملة. [29 , 31]

عند وجود نقاط شاذة ينصح باستقصاء الأسباب وراء شذوذ تلك القيم و العمل على تلافي تلك المسببات و إعادة عملية الإرجاع و المحاذاة، وذلك قبل اللجوء إلى استبعاد النقاط الشاذة من المشاركة في عملية الضبط و بناء النموذج الرقمي (كحل أخير) تجنباً لحرمان العمل من إحدى درجات حرته أو أكثر. بعد تحري و استقصاء السبب وراء وجود قيمة شاذة وحيدة (هي ترتيب النقطة B_6) في رواسب Y في العينة، تبين أن ذلك يعود إلى قصور في تحديد النقطة على إحدى الصور المتداخلة. تم تصويب موقع النقطة و تلافي الخطأ (النظامي) في ترتيب النقطة و تمت إعادة عملية المحاذاة و الإرجاع المكاني.

يبين الجدول رقم $3/$ قيم الرواسب في إحدائيات نقاط التحكم بعد تصحيح موقع النقطة الشاذة.

تقييم دقة بناء النماذج الرقمية كأساس لإنتاج الخرائط الطبوغرافية في تقنية المسح التصويري باستخدام الطائرات المسيرة- دراسة إحصائية تحليلية في ظروف سورية

تم إخضاع رواسب إحدائيات نقاط التحكم الأرضية إلى سلسلة الاختبارات الإحصائية ذاتها التي تم وفقها معالجة و اختبار الفرضيات الصفرية على إحدائيات النقاط قبل تصحيح شذوذ ترتيب النقطة B_6 .

3.3.3.5 اختبار رواسب الإحدائيات X لنقاط التحكم على التوزيع الطبيعي بعد تصويب الشذوذ بسوية دلالة (0.05):

أعطى اختبار شايبرو- ويلك النتائج جدول رقم /3- رواسب إحدائيات نقاط التحكم بعد التصويب التالية:

No.	P	ΔX cm	ΔY cm	ΔZ cm
1	G2	0.0484	0.0389	0.0243
2	K2	-0.0133	-0.0222	0.0821
3	A5	0.0291	-0.0136	-0.0867
4	E5	0.0374	-0.0178	0.1168
5	A7	0.0498	0.0589	-0.0650
6	C7	-0.0540	-0.0372	-0.0648
7	A8	0.0837	0.0354	0.0016
8	E1	-0.0582	0.0600	0.0549
9	J2	-0.0110	0.0004	0.0303
10	C4	0.0683	-0.0585	0.0139
11	B8	-0.0859	-0.0509	0.0030
12	E4	-0.0692	0.0116	-0.0313
13	C5	-0.0130	-0.0061	-0.0038
14	G1	-0.0772	0.0130	-0.0647
15	B6	0.0357	0.0531	0.0049

W=0.925

P-Value=0.425

نرى أن قيمة إحصائية الاختبار W

أقرب إلى القيمة (1) و أن قيمة

الاحتمال P-Value أكبر من 0.05

الأمر الذي يعني قبول فرضية أن

الرواسب في X تتبع التوزيع الطبيعي

بسوية دلالة ($\alpha=0.05$). يبين

الشكل /8- a منحنى التوزيع التكراري،

و يبين الشكل /8- b مخطط توزيع

Q-Q لرواسب الاحدائي X بعد

تصويب شذوذ العينة.

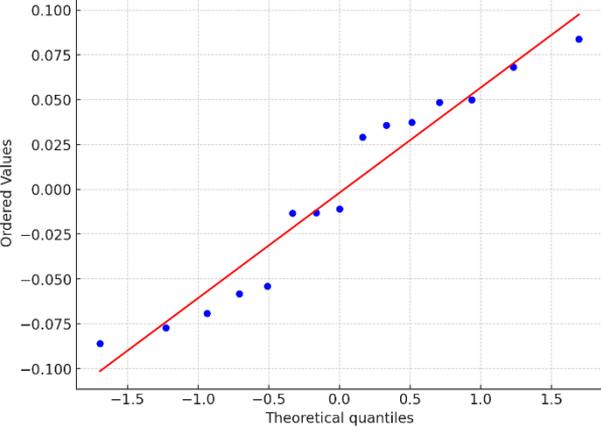
يُظهر مخطط Q-Q للرواسب X (المعروض أعلاه) أن معظم النقاط البيانية تتبع الخط

الطبيعي بشكل وثيق، الأمر الذي يدعم الاستنتاج بأن البيانات تتبع التوزيع الطبيعي.

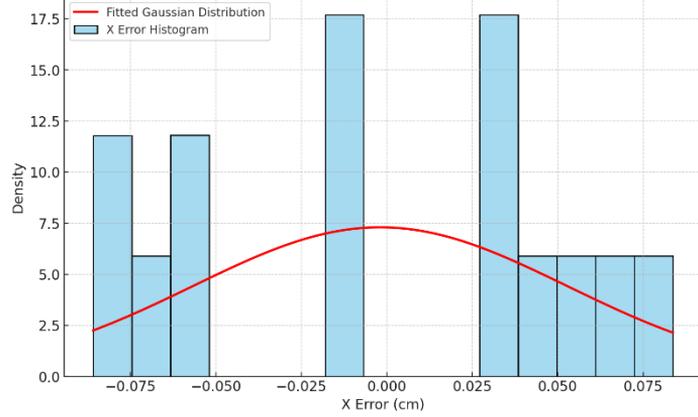
بتطبيق اختبار النطاق بين الربعين (IQR) ، تبين عدم وجود دلالة ملحوظة للقيم الشاذة في

بيانات رواسب X.

Q-Q Plot for X Error



Histogram of X Error with Fitted Gaussian Distribution



شكل Δx_i / 8- b_خط

شكل Δx_i / 8- a_منحني التوزيع التكراري للرواسب

توزيع Q-Q للرواسب Δx_i

باستخدام العلاقتين (5) نجد:

$$\bar{X} = -0.002 \text{ cm}$$

$$RMSE_x = 0.055 \text{ cm}$$

للتحقق من فرضية أن متوسطة رواسب X تساوي إحصائياً الصفر قمنا بتطبيق اختبار T-Test، حيث وجدنا:

$$T\text{-statistic} = -0.134$$

$$P\text{-value} = 0.895$$

نلاحظ بوضوح أن القيمة الإحصائية T صغيرة إلى درجة أدت إلى الحصول على قيمة احتمالية P-value أكبر كثيراً من القيمة 0.05، الأمر الذي يعني قبول فرضية أن متوسطة العينة تساوي إحصائياً القيمة صفر، و بالتالي نكون قد تحققنا من أن رواسب X بعد تصويب شذوذ العينة تتبع التوزيع الطبيعي حول القيمة (0).

3.3.3.6 اختبار رواسب الإحداثيات Y لنقاط التحكم على التوزيع الطبيعي بعد تصويب الشذوذ بسوية دلالة (0.05):

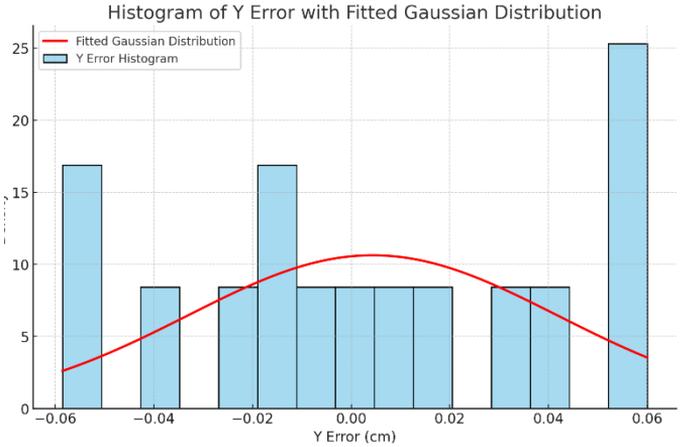
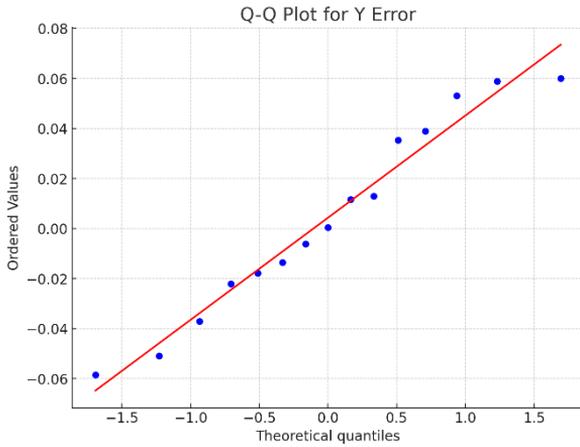
أعطى اختبار شايبرو- ويلك النتائج التالية:

$$W=0.951$$

$$P\text{-Value}=0.535$$

نرى أن قيمة إحصائية الاختبار W أقرب إلى القيمة (1) و أن قيمة الاحتمال $P\text{-Value}$ أكبر من الأمر 0.05 الذي يعني قبول فرضية أن الرواسب في Y تتبع التوزيع الطبيعي بسوية دلالة ($\alpha=0.05$).

يبين الشكل a-/9- منحنى التوزيع التكراري، و يبين الشكل b-/9- مخطط توزيع Q-Q لرواسب الاحداثي Y بعد تصويب شذوذ العينة.



شكل b-/9- مخطط توزيع Δy_i

شكل a-/9- منحنى التوزيع التكراري للرواسب

Q-Q للرواسب Δy_i

يُظهر مخطط Q-Q للرواسب في Y أن معظم النقاط البيانية تتبع الخط الطبيعي بشكل وثيق، الأمر الذي يدعم الاستنتاج بأن البيانات تتبع التوزيع الطبيعي.

بتطبيق اختبار النطاق بين الربعين (IQR) ، تبين عدم وجود دلالة ملحوظة للقيم الشاذة في بيانات رواسب X .

باستخدام العلاقتين (5) نجد:

$$\bar{Y} = 0.004 \text{ cm}$$

$$RMSE_Y = 0.038 \text{ cm}$$

للتحقق من فرضية أن متوسطة رواسب Y تساوي إحصائياً الصفر قمنا بتطبيق اختبار T-Test، حيث وجدنا:

$$T\text{-statistic} = 0.434$$

$$P\text{-value} = 0.671$$

نلاحظ بوضوح أن القيمة الإحصائية T صغيرة بشكل أدى إلى الحصول على قيمة احتمالية P-value أكبر كثيراً من القيمة 0.05، الأمر الذي يعني قبول فرضية أن متوسطة العينة تساوي إحصائياً القيمة صفر، و بالتالي نكون قد تحققنا من أن الرواسب في Y بعد تصويب شذوذ العينة تتبع التوزيع الطبيعي حول القيمة (0).

3.3.3.7 اختبار رواسب الإحداثيات Z لنقاط التحكم على التوزيع الطبيعي بعد تصويب الشذوذ بسوية دلالة (0.05):

أعطى اختبار شايبرو- ويلك النتائج التالية:

$$W = 0.957$$

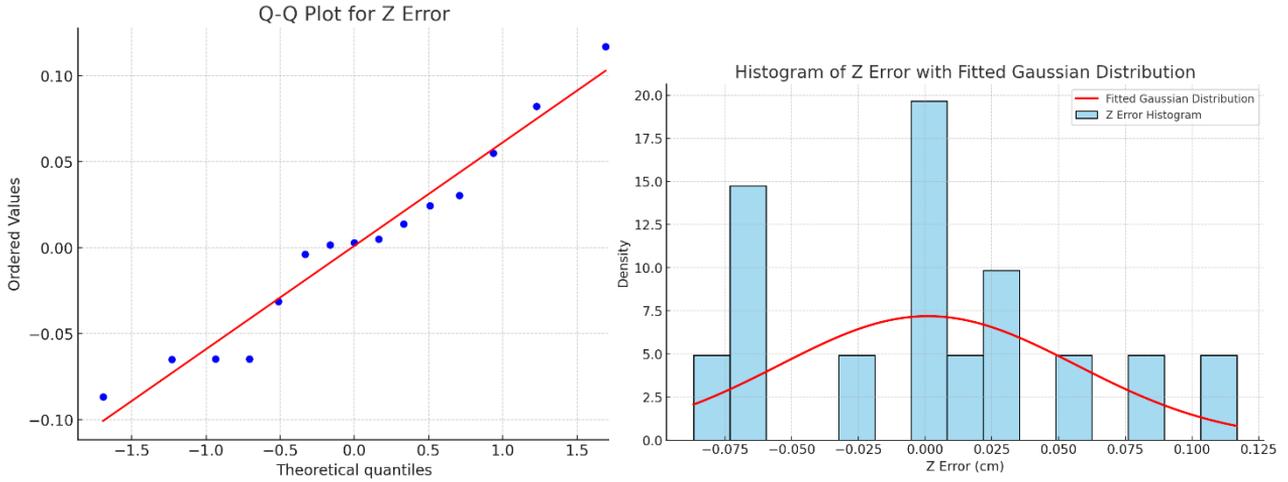
$$P\text{-Value} = 0.642$$

نرى أن قيمة إحصائية الاختبار W أقرب إلى القيمة (1) و أن قيمة الاحتمال P-Value أكبر من 0.05 الأمر الذي يعني قبول فرضية أن الرواسب في Z تتبع التوزيع الطبيعي بسوية دلالة ($\alpha = 0.05$). يبين الشكل a-/10/ منحنى التوزيع التكراري، و يبين الشكل b-/10/ مخطط توزيع Q-Q لرواسب الاحداثي Z بعد تصويب شذوذ العينة. يُظهر مخطط Q-Q للرواسب Z أن معظم النقاط البيانية تتبع الخط الطبيعي بشكل وثيق، الأمر الذي يدعم الاستنتاج بأن البيانات تتبع التوزيع الطبيعي. بتطبيق اختبار النطاق بين الربعين (IQR)، تبين عدم وجود دلالة ملحوظة للقيم الشاذة في بيانات رواسب Z.

باستخدام العلاقتين (5) نجد:

$$\bar{Z} = 0.001 \text{ cm}$$

$$RMSE_Z = 0.056 \text{ cm}$$



شكل 10/ـa_ منحني التوزيع التكراري للرواسب Δz_i شكل 10/ـb_ مخطط توزيع Q-Q للرواسب Δz_i

للتحقق من فرضية أن متوسطة رواسب Z تساوي إحصائياً الصفر قمنا بتطبيق اختبار T-Test، حيث وجدنا:

T-statistic= 0.070

P-value= 0.945

نلاحظ بوضوح أن القيمة الإحصائية T صغيرة إلى درجة أدت إلى الحصول على قيمة احتمالية P-value أكبر كثيراً من القيمة 0.05، الأمر الذي يعني قبول فرضية أن متوسطة العينة تساوي إحصائياً القيمة صفر، و بالتالي نكون قد تحققنا من أن رواسب Z بعد تصويب شذوذ العينة تتبع التوزيع الطبيعي حول القيمة (0).

3.3.3.8 اختبار الترابط بين الرواسب في كل من X و Y بسوية دلالة (0.05) و التعليق على النتائج:

بإجراء تحليل الانحدار (Regression analysis) على الرواسب في الإحداثيات X و Y تبين ما يلي:

R-squared= 0.041.

P-value for X error= 0.472.

Coefficient for X error=0.1381.

الأمر الذي يشير إلى وجود علاقة ترابط ضعيفة وغير ذات دلالة إحصائية بين رواسب الإحداثيات X و Y. استناداً إلى ذلك، يمكن إعطاء الخطأ المتوسط التربيع المكاني $RMSE_{XY}$ بالعلاقة:

$$RMSE_{XY} = \sqrt{RMSE_X^2 + RMSE_Y^2}$$

حيث نجد:

$$RMSE_{XY} = \sqrt{0.055^2 + 0.038^2} = 0.067 \text{ cm}$$

من كل ما سبق نجد:

$$\frac{RMSE_{XY}}{GSD} = \frac{0.067}{1.78} = 0.04 \quad ; \quad \frac{RMSE_Z}{GSD} = \frac{0.056}{1.78} = 0.03$$

يشير تدني النسب الميمنة أعلاه بين كل من الأخطاء المتوسطة التربيع المكانية و الارتفاعية و بين مسافة الاعتیان الأرضية إلى:

- كفاية و جودة توزيع نقاط التحكم الأرضية و دقة تحديدها و رصدها.
- دقة و انسجام نقاط التحكم الأرضية في الإحداثيات الثلاثية، و مدى ملاءمة تلك الإحداثيات للإحداثيات الناتجة عن التثليث الضوئي لتلك النقاط.
- تماسك النموذج الرقمي الناتج (الغمامة النقطية) و دقة عملية التثليث الضوئي بتعديل الحزم.
- دقة إرجاع و محاذاة النموذج الرقمي الناتج مع نقاط التحكم الأرضية المستخدمة.

3.3.4 تقييم دقة النماذج الرقمية:

لإجراء تقييم مستقل لدقة النماذج الرقمية (الغمامة النقطية الكثيفة، النموذج الرقمي للارتفاعات، مخطط الصور المعدلة عمودياً) و الحكم على مدى الدقة المكانية و الرأسية لهذه النماذج، تم إخضاع رواسب نقاط التحقق (عددها 30 نقطة) للتحليل الإحصائي المناسب، كون تلك النقاط لم تشارك في عملية التثليث الضوئي و الإرجاع المكاني. يشار هنا إلى أن جميع النقاط المرجعية (نقاط التحكم و نقاط التحقق) نقاط أرضية و ذلك توكيماً لتحقق يتسم بالمصادقية خصوصاً فيما يتعلق بالدقة الرأسية. يبين الجدول رقم 4/ أسماء و رواسب إحداثيات نقاط التحقق المستخدمة.

جدول رقم 4/- أرقام و أسماء و فروق إحداثيات نقاط التحقق

No.	P	ΔX cm	ΔY cm	ΔZ cm
1	H1	-0.6638	0.7721	-1.5549
2	C2	1.2878	-0.4213	-3.0559
3	D5	-0.3858	1.1671	1.5194
4	A6	-0.7997	0.2358	-2.6425
5	D1	0.0889	-0.4676	-1.7399
6	A2	-1.1496	0.2931	-0.6806
7	I2	-0.7828	-0.9007	3.0783
8	B3	-0.1175	-0.1474	-1.5758
9	B4	0.1511	1.1905	0.8702
10	F1	-0.0777	0.1015	-1.9303
11	A1	0.8721	0.3813	2.3075
12	B1	-0.5900	-0.5662	1.4151
13	C1	-0.2490	0.3063	0.7446
14	I1	-1.5867	1.1394	-2.3913
15	B2	0.3802	0.2374	-0.9636

No.	P	ΔX cm	ΔY cm	ΔZ cm
16	D2	-0.2125	0.0008	-0.8829
17	E2	-0.0411	0.3178	0.5677
18	F2	0.4193	-0.6209	2.7197
19	H2	-0.3432	-0.2246	1.3040
20	L2	-1.1651	-0.1481	0.0966
21	A3	0.2444	0.4240	-2.1843
22	C3	-1.1057	-0.4595	2.4215
23	A4	-0.8230	0.0684	-2.9731
24	D4	0.7936	0.3601	0.1177
25	B5	0.1679	-0.5636	-2.4528
26	F5	1.6372	-0.1949	-0.2673
27	C6	-0.9745	1.2287	2.7996
28	D6	-0.0293	0.5987	3.0516
29	B7	-0.9176	-0.3268	-2.8811
30	D7	0.5427	-0.0369	0.0418

3.3.4.1 اختبار رواسب الإحداثيات X لنقاط التحقق على التوزيع الطبيعي بسوية دلالة (0.05):

بإجراء اختبار شايبرو- وبلك حصلنا على النتائج التالية:

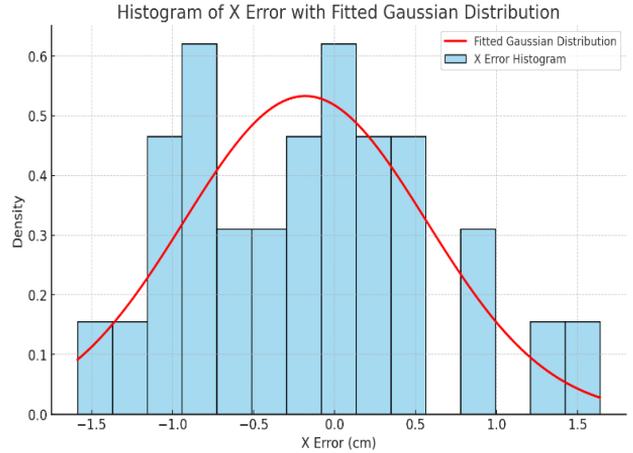
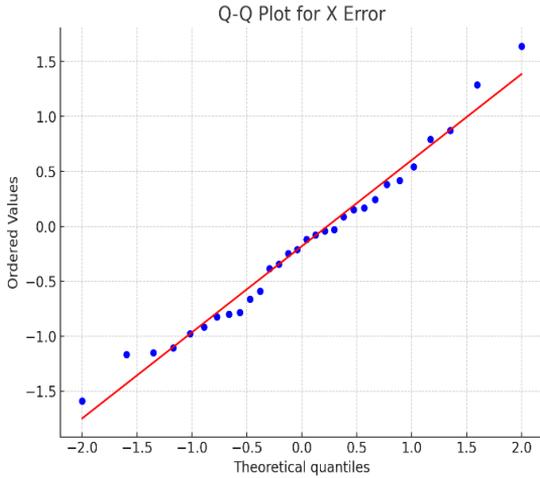
$$W = 0.980$$

$$P\text{-Value} = 0.815$$

إن قيمة إحصائية الاختبار W أقرب إلى القيمة (1) و قيمة الاحتمال $P\text{-Value}$ أكبر كثيراً من 0.05 الأمر الذي يعني قبول فرضية أن الرواسب في X تتبع التوزيع الطبيعي بسوية دلالة ($\alpha=0.05$). يبين الشكل a-/11/ منحنى التوزيع التكراري، و يبين الشكل b-/11/ مخطط توزيع Q-Q لرواسب الاحداثي X .

يُظهر مخطط Q-Q للرواسب X أن معظم النقاط البيانية تتبع الخط الطبيعي بشكل وثيق، الأمر الذي يدعم الاستنتاج بأن البيانات (الرواسب) تتبع التوزيع الطبيعي.

بتطبيق اختبار النطاق بين الربعين (IQR) ، تبين عدم وجود دلالة كبيرة للقيم الشاذة في بيانات رواسب X .



باستخدام العلاقتين (5) نجد:

$$\bar{X} = -0.181 \text{ cm}$$

$$RMSE_X = 0.770 \text{ cm}$$

شكل a- /11/ منحنى التوزيع التكراري للرواسب Δx_i شكل /11/ -
b_ مخطط توزيع Q-Q للرواسب Δx_i

للتحقق من فرضية أن متوسطة رواسب X تساوي إحصائياً الصفر قمنا بتطبيق اختبار T-Test، حيث وجدنا:

$$T\text{-statistic} = -1.302$$

$$P\text{-value} = 0.203$$

نلاحظ أن القيمة الاحتمالية P-value أكبر من القيمة 0.05، الأمر الذي يعني قبول فرضية أن متوسطة العينة تساوي إحصائياً القيمة صفر، و بالتالي نكون قد تحققنا من أن رواسب X تتبع التوزيع الطبيعي حول القيمة (0).

3.3.4.2 اختبار رواسب الإحداثيات Y لنقاط التحقق على التوزيع الطبيعي بسوية دلالة (0.05):

أعطى اختبار شابيرو- ويلك النتائج التالية:

$$W = 0.953$$

$$P\text{-Value} = 0.201$$

نرى أن قيمة إحصائية الاختبار W أقرب إلى القيمة (1) و أن قيمة الاحتمال P-Value أكبر من 0.05 الأمر الذي يعني قبول فرضية أن الرواسب في Y تتبع التوزيع الطبيعي بسوية دلالة ($\alpha = 0.05$). يبين الشكل a- /12/ منحنى التوزيع التكراري، و يبين الشكل b- /12/ مخطط توزيع Q-Q لرواسب الاحداثي Y.

يُظهر مخطط Q-Q للرواسب في Y أن معظم النقاط البيانية تتبع الخط الطبيعي بشكل وثيق، الأمر الذي يدعم الاستنتاج بأن البيانات تتبع التوزيع الطبيعي.

بتطبيق اختبار النطاق بين الربعين (IQR) ، تبين عدم وجود دلالة كبيرة للقيم الشاذة في بيانات رواسب Y.
باستخدام العلاقتين (5) نجد:

$$\bar{Y} = 0.125 \text{ cm}$$

$$RMSE_Y = 0.580 \text{ cm}$$

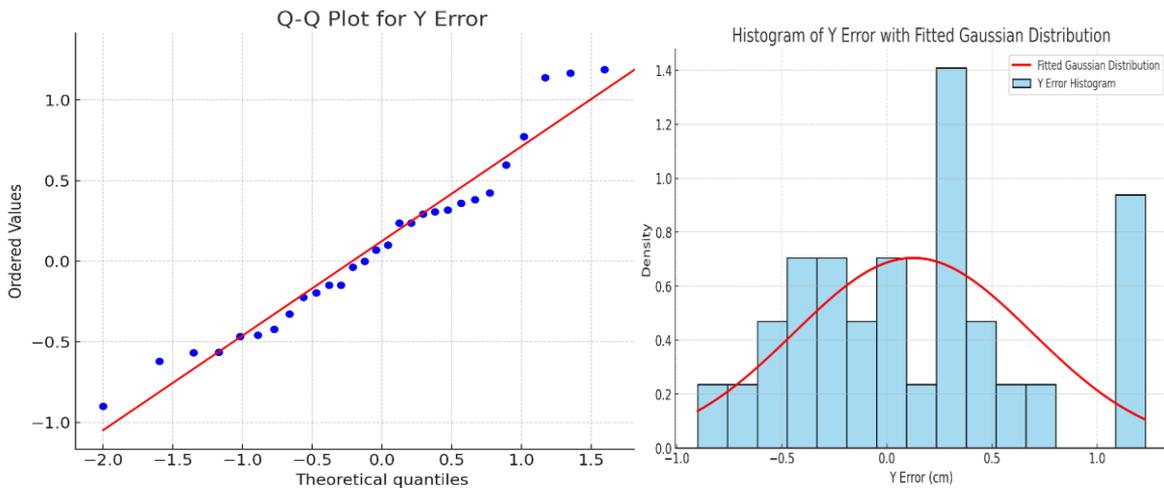
شكل /12- a_ منحني التوزيع التكراري للرواسب Δy_i شكل /12- b_ مخطط توزيع Q-Q للرواسب Δy_i

للتحقق من فرضية أن متوسطة رواسب Y تساوي إحصائياً الصفر قمنا بتطبيق اختبار T-Test ، حيث وجدنا:

$$T\text{-statistic} = 1.187$$

$$P\text{-value} = 0.245$$

إن القيمة الاحتمالية P-value أكبر من القيمة 0.05، الأمر الذي يعني قبول فرضية أن متوسطة العينة تساوي إحصائياً القيمة صفر، و بالتالي فالرواسب في Y تتبع التوزيع الطبيعي حول القيمة (0).



3.3.4.3 اختبار رواسب الإحداثيات Z لنقاط التحكم على التوزيع الطبيعي بسوية دلالة (0.05):

أعطى اختبار شابيرو- ويلك النتائج التالية:

$$W = 0.936$$

$$P\text{-Value} = 0.072$$

إن القيمة الاحتمالية P-Value أكبر من 0.05 الأمر الذي يعني قبول فرضية أن الرواسب في Z تتبع التوزيع الطبيعي بسوية دلالة ($\alpha=0.05$). يبين الشكل a-/13- منحني التوزيع التكراري، ويبين الشكل b-/13- مخطط توزيع Q-Q لرواسب الاحداثي Z.

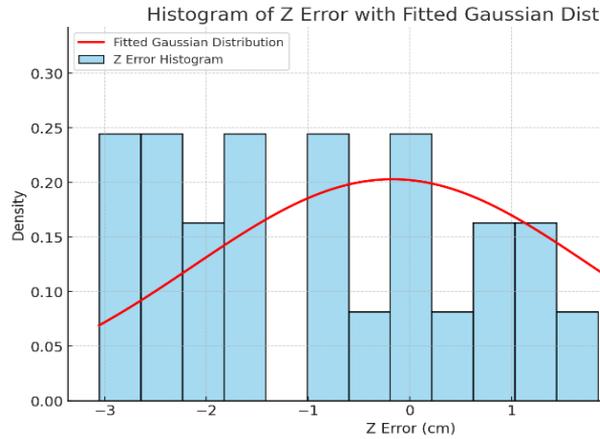
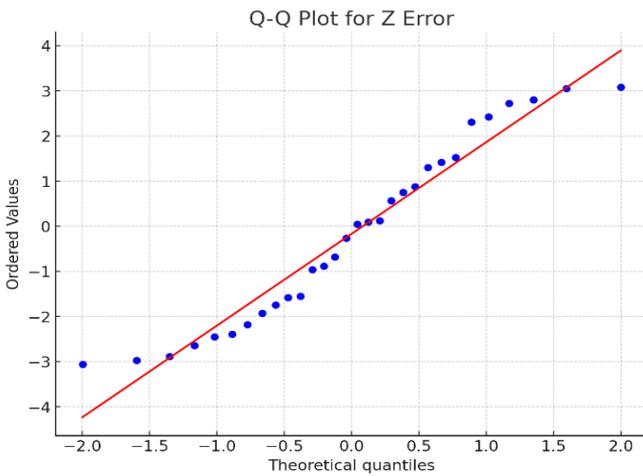
يُظهر مخطط Q-Q للرواسب Z أن معظم النقاط البيانية تتبع الخط الطبيعي بشكل وثيق، الأمر الذي يدعم الاستنتاج بأن البيانات تتبع التوزيع الطبيعي.

بتطبيق اختبار النطاق بين الربعين (IQR)، تبين عدم وجود دلالة كبيرة للقيم الشاذة في بيانات رواسب Z.

باستخدام العلاقتين (5) نجد:

$$\bar{Z} = -0.171\text{cm}$$

$$RMSE_Z = 1.973 \text{ cm}$$



شكل 12/a- منحنى التوزيع التكراري للرواسب Δz_i شكل 12/b- مخطط
توزيع Q-Q للرواسب Δz_i

للتحقق من فرضية أن متوسطة العينة تساوي إحصائياً الصفر قمنا بتطبيق اختبار T-
Test، حيث وجدنا:

$$T\text{-statistic} = -0.468$$

$$P\text{-value} = 0.643$$

نلاحظ أن القيمة الاحتمالية P-value أكبر كثيراً من القيمة 0.05، الأمر الذي يعني قبول
فرضية أن متوسطة العينة تساوي إحصائياً القيمة صفر، و بالتالي فرواسب Z تتبع التوزيع
الطبيعي حول القيمة (0).

**3.3.4.4 اختبار الترابط بين الرواسب في كل من X و Y بسوية دلالة (0.05) و التعليق
على النتائج:**

بإجراء تحليل الانحدار (Regression analysis) على الرواسب في الإحداثيات X و
Y تبين ما يلي:

$$R\text{-squared} = 0.029.$$

$$P\text{-value for X error} = 0.370.$$

$$\text{Coefficient for X error} = -0.1285.$$

هذه النتائج تشير إلى وجود علاقة ترابط ضعيفة وغير ذات دلالة إحصائية بين رواسب
الإحداثيات X و Y. استناداً إلى ذلك، يمكن إعطاء الخطأ المتوسط التربيع المكاني
بالعلاقة: $RMSE_{XY}$

$$RMSE_{XY} = \sqrt{RMSE_X^2 + RMSE_Y^2}$$

حيث نجد:

$$RMSE_{XY} = \sqrt{0.770^2 + 0.580^2} = 0.964 \text{ cm}$$

من كل ما سبق نجد:

سلسلة العلوم الهندسية المدنية والمعمارية د. أحمد عبده العمر	مجلة جامعة حمص المجلد 47 العدد 3 عام 2025
$\frac{RMSE_{XY}}{GSD} = \frac{0.964}{1.78} = 0.54$ $= 1.10$	$\frac{RMSE_Z}{GSD} = \frac{1.973}{1.78}$

تشير النسب المبينة أعلاه بين كل من الأخطاء المتوسطة التربيع، المكانية و الارتفاعية، و بين مسافة الاعتيان الأرضية إلى:

- دقة و انسجام النقاط الأرضية المرجعية (نقاط التحكم و التحقق) في الإحداثيات الثلاثية، و مدى ملاءمة تلك الإحداثيات للإحداثيات الناتجة عن التثليث الضوئي لتلك النقاط.
- تماسك النموذج الرقمي الناتج (الغمامة النقطية) و دقة عملية التثليث الضوئي بتعديل الحزم.
- سوية دقة مكانية و ارتفاعية عالية للنماذج الرقمية الناتجة الأمر الذي يدعم ملاءمتها لتكون أساساً متيناً لإنتاج الخرائط الطبوغرافية بمقاييس كبيرة ($1/1000$).

4. النتائج و التوصيات:

استناداً إل كل ما تقدم، يمكن استخلاص النتائج و التوصيات التالية:

1. يمكن لتقنيات استحواد البيانات المكانية باستخدام الطائرات المسيرة أن تقدم في سورية حلاً رائدة تتفوق في كل معايير الجودة في ميادين الدراسة و التخطيط التي تتطلب إجراء مسوحات طبوغرافية بمقاييس كبيرة.
2. إن التخطيط الناجح لأعمال المسح التصويري باستخدام الطائرات المسيرة، بما في ذلك الاختيار و التوزيع المدروس للنقاط المرجعية الأرضية، و الذي يتمتع بالكفاية و التجانس و عدم التحيز و مراعاة تفاصيل الموقع المستهدف، إضافة إلى الرصد و الحساب الدقيق لشبكة النقاط هذه و إظهارها بما يكفي من وضوح على الصور الملتقطة، مع الانتقاء السليم لمتحولات عملية التصوير و ضمان نسب تداخل جيدة بين الصور، كفيل بإعادة تشكيل الحزم الضوئية المولدة للصور و إجراء عملية

- التثليث الضوئي بالتعديل الحزمي و إنتاج نماذج رقمية بسوية دقة عالية تستجيب بكفاءة متميزة للمعايير العالمية المعروفة في هذا المجال (ASPRS مثلاً).
3. يجب القيام بالتحليل و الحكم إحصائياً على نتائج معالجة الصور باستخدام برمجيات الرؤية الحاسوبية و التأكد من اتباع فروق إحدائيات النقاط الأرضية للتوزيع الطبيعي حول القيمة الصفرية و التحقق من خلو الفروق من النقاط الشاذة، لتعقب مصادر الشذوذ و تلافئها- عند وجودها- و إعادة عملية التثليث الضوئي و المحاذاة، قبل اتخاذ أي قرار باستبعاد القيم الشاذة من المعالجة و ذلك لتجنب حرمان النماذج الناتجة من أي درجة حرية.
4. من خلال القيام بالتخطيط طبقاً لما ذكر أعلاه، و اختيار نسب تداخل مناسبة (80% أمامية و 70% جانبية) و الإجراء الناجح لأعمال الطيران و معالجة الصور المستحوذة و تشخيص العناصر الشاذة و تصويبها، توصل البحث إلى دقة متميزة في تنفيذ التثليث الضوئي بتعديل الحزم و بناء النماذج الرقمية (الغمامة النقطية- النموذج الرقمي للارتفاعات- مخطط الصور المصححة عمودياً) لمنطقة الدراسة.
5. من خلال تحليل فروق إحدائيات نقاط التحكم (GCPs) إحصائياً أعطى البحث دقة أفقية تعادل 0.04 من قيمة مسافة الاعتيان الأرضية و دقة ارتفاعية تعادل 0.03 من مسافة الاعتيان، أي أن:

$$\frac{RMSE_{XY}}{GSD} = \frac{0.067}{1.78} = 0.04 \quad ; \quad \frac{RMSE_Z}{GSD} = \frac{0.056}{1.78} = 0.03$$

و هو ما يشير إلى جودة عالية في التخطيط و التحضير لأعمال الطيران و استحواذ الصور و تماسك النموذج الرقمي الناتج و ملاءمة و محاذاة مواقع نقاط التحكم فيه مع مواقعها على الأرض، الأمر الذي أعطى دقة فائقة في تنفيذ التثليث الضوئي بتعديل الحزم.

6. من خلال تحليل فروق إحداثيات نقاط التحقق (CPS) إحصائياً أعطى البحث دقة أفقية تعادل 0.54 من قيمة مسافة الاعتيان الأرضية و دقة ارتفاعية تعادل 1.1 من مسافة الاعتيان، أي أن:

$$\frac{RMSE_{XY}}{GSD} = \frac{0.964}{1.78} = 0.54 \quad ; \quad \frac{RMSE_Z}{GSD} = \frac{1.973}{1.78} = 1.10$$

و هو ما شكل تقييماً مستقلاً لجودة و دقة النماذج الرقيمة الناتجة، و ما يشير إلى جودة توزيع و انسجام و تجانس الشبكة الأرضية المرجعية و سوية الدقة (المستوية و الارتفاعية) الرفيعة التي تتمتع بها المخرجات الرقيمة، و التي تتفوق على المعايير و الحدود المنصوص عليها في الكثير من الأدبيات التقنية الموافقة، الأمر الذي يدعم صلاحية و أفضلية تلك المخرجات لتكون أساساً لإنجاز المخططات الطبوغرافية بمقاييس كبيرة و تمثل بديلاً ثورياً لأعمال الرفع الطبوغرافي بالأساليب التقليدية المتبعة في سورية لإنتاج خرائط بمقاييس كبيرة، و هو ما سيتم في أبحاث قادمة اختباره و العمل فيه على بيان مدى المقاييس التي يمكن الوصول إليها.

7. بين البحث ضرورة العمل على تطوير المعايير و الحدود التي تتسجم مع تجربتنا الوطنية و عدم الاكتفاء أو الاعتماد على المعايير المعمول بها عالمياً في هذا المجال و التي وضعت لتلائم ظروف و شروط العمل لبلدان المنشأ.

8. أكدت النتائج، مع الأخذ بعين الاعتبار نتائج أبحاث سابقة، كفاءة التقنية المختبرة و تلبيةها لمعايير الجودة من زمن و كلفة و ملاءة فنية و سوية رفيعة في الدقة المستوية كما الدقة الارتفاعية.

5. قائمة المراجع المستخدمة:

1- الدكتور المهندس أحمد العمر، المساحة التصويرية باستخدام الطائرات المسيرة لأغراض التخطيط العمراني في سوريا- دراسة مقارنة، بحث علمي منشور في مجلة جامعة أبحاث البعث لعام 2023.

- 2- الدكتور المهندس وسيم موسى، التطورات الحالية في المساحة التصويرية باستخدام الطائرة بدون طيار مع أمثلة تطبيقية، بحث علمي منشور في مجلة أبحاث جامعة البعث لعام 2020.
- 3- الدكتور المهندس أحمد العمر، كتاب الاحتمالات و نظرية أخطاء القياسات، منشورات جامعة البعث، 1997.
- 4- Eisenbeiss, H. (2009). UAV photogrammetry. ETH Zurich.
- 5- Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 92, 79-97.
- 6- Nex, F., & Remondino, F. (2014). UAV for 3D mapping applications: A review. Applied Geomatics, 6(1), 1-15.
- 7- Asner, G. P., & Martin, R. E. (2009). Airborne spectranomics: Mapping canopy chemical and taxonomic diversity in tropical forests. Frontiers in Ecology and the Environment, 7(5), 269-276.
- 8- Turner, D., Lucieer, A., & Watson, C. (2012). An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution UAV imagery. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 72, 24-35.
- 9- Jaakkola, A., Hyypä, J., Kukko, A., Yu, X., Litkey, P., Hyypä, H., & Ahokas, E. (2010). A low-cost multi-sensoral mobile mapping system and its feasibility for environmental mapping. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 65(6), 514-528.
- 10-Forlani, G., Pinto, L., Re, C., & Scaioni, M. (2015). Terrestrial photogrammetry in archaeological applications. Applied Geomatics, 7(1), 3-15.
- 11-Remondino, F., & Fraser, C. (2006). Digital camera calibration methods: considerations and comparisons. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Sciences, 36(5), 266-272.
- 12-Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., & Reynolds, J. M. (2012). 'Structure-from-Motion'

- photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300-314.
- 13-Kraus, K. (2007). *Photogrammetry: Geometry from Images and Laser Scans*. Walter de Gruyter.
- 14-GIM International Articles on Photogrammetric Accuracy and Control Points.
- 15-Wolf, P. R., & Dewitt, B. A. (2000). *Elements of Photogrammetry with Applications in GIS (3rd Edition)*. McGraw-Hill:
- 16-Kraus, K. (2007). *Photogrammetry: Geometry from Images and Laser Scans (2nd Edition)*. Walter de Gruyter:
- 17-McGlone, J. C. (2013). *Manual of Photogrammetry (6th Edition)*.
- 18-Hartley, R., & Zisserman, A. (2004). *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Cambridge University Press.
- 19-Faugeras, O., & Luong, Q.-T. (2001). *The Geometry of Multiple Images: The Laws that Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications*. MIT Press.
- 20-Triggs, B., McLauchlan, P. F., Hartley, R. I., & Fitzgibbon, A. W. (2000). Bundle Adjustment – A Modern Synthesis. In *Vision Algorithms: Theory and Practice* (pp. 298-372). Springer.
- 21-Szeliski, R. (2010). *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer.
- 22-Ma, Y., Soatto, S., Kosecka, J., & Sastry, S. S. (2004). *An Invitation to 3-D Vision: From Images to Geometric Models*. Springer.
- 23-ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data.
- 24-Pix4D Documentation, Ground Sampling Distance (GSD) and Photogrammetric Accuracy.
- 25-Agisoft Metashape User Manual: Accuracy assessment and GCPs management.
- 26-Gini, R., Passoni, D., Pinto, L., & Sona, G. (2014). Use of unmanned aerial systems for multispectral survey and digital

surface model generation. Environmental Engineering and Management Journal, 13(10), 2541-2548.

27- تقرير السيد كميل دورافور (M. C. DURAFFOURD) ، مقدم بمناسبة انعقاد الاجتماع العام الرابع لقسم الجيوديزيا للاتحاد العالمي للجيوديزيا و الجيوفيزياء-استكهولم 11-23 آب 1930، المديرية العامة للمساحة، سورية.

28-American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) (1990). Accuracy Standards for Large-Scale Maps.

29-Mikhail, E. M., Bethel, J. S., & McGlone, J. C. (2001). Introduction to Modern Photogrammetry. John Wiley & Sons.

30-Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. Remote Sensing of Environment, 80(1), 185-201.

31-Wolf, P. R., & Ghilani, C. D. (2006). *Adjustment Computations: Spatial Data Analysis*. John Wiley & Sons.

نموذجة أشكال الأسقف لرفع كفاءتها حرارياً في

سوريا

أ.د.م. معتز عبارة

م. رهف السيد

الملخص:

يدرس البحث أشكال الأسقف (المستوي والمائل والقبة والهرم)، وآلية عمل كل شكل من هذه الأشكال لتحقيق بيئة حرارية مناسبة من خلال دراسة العوامل المؤثرة على الراحة الحرارية (درجة حرارة الهواء، والرطوبة النسبية، درجة الحرارة المشعة ودرجة حرارة التشغيل)، باختلاف المناخ السائد في المنطقة المدروسة، من خلال بناء نماذج افتراضية وتثبيت كافة المعطيات مع تغيير شكل السقف، وباستخدام برنامج نمذجة وتحليل الحرارة والاستدامة design builder، تم التوصل إلى أن أفضل شكل للسقف في المنطقة ذات المناخ الرطب هو الشكل الهرمي و كذلك في المنطقة ذات المناخ الجاف، أما المنطقة ذات المناخ شبه الجاف فإن أفضل شكل للسقف هو الشكل المستوي.

الكلمات المفتاحية: سقف، راحة حرارية، درجة حرارة الهواء، رطوبة نسبية، شكل

Modeling Roof Shapes to Increase their Thermal Efficiency in Syria

Prof. Dr. Ar. Moataz Abbara

Ar. Rahaf Al-Sayed

:Abstract

The research studies the shapes of roofs (flat, inclined, dome, and pyramid), and the mechanism of action of each of these shapes to achieve a suitable thermal environment by studying the factors affecting thermal comfort (Air temperature, relative humidity, radiant temperature and operative temperature), depending on the prevailing climate in the studied area, By building virtual models and installing all the data while changing the shape of the roof, and using the program for modeling and analyzing heat and sustainability, Design Builder, it was concluded that the best shape of the roof in the region with a humid climate is the pyramidal shape, as well as in the region with a dry climate, while in the region with a semi-climatic climate Dry, the best shape for the roof is flat.

Keywords: roof, thermal comfort, air temperature, relative humidity, shape

1. المقدمة:

تعاني معظم المؤسسات والمباني العامة من ارتفاع درجات الحرارة داخل فراغاتها صيفاً، وانخفاضها شتاءً، مما يؤثر على أداء الموظفين والعاملين نتيجةً لانخفاض الراحة الحرارية، ويزداد الطلب على استخدام وسائل التدفئة والتبريد الميكانيكية؛ فيزداد استهلاك الطاقة. وفي ظل التغيرات المناخية والاحتباس الحراري والسعي المستمر لجعل المباني أقل تأثيراً على البيئة، من خلال معالجة مواد البناء والعزل، كان لا بد من دراسة عنصر السقف كونه أحد العناصر المهمة، فكمية الحرارة المنقلة إلى داخل المبنى عبر السقف تساوي 25%. إلا أنه يمكن التقليل من كمية الحرارة المنقلة عبره من خلال دراسة مادة إنشائية، ومواد عازلة، وكذلك شكله فقد تعددت أشكال الأسقف المستخدمة في تسقيف المباني في العصر الحالي وكما هو معروف سابقاً أن الشكل المائل استخدم في المناطق التي تكثر فيها الأمطار ويزداد الميل والانحدار بازدياد غزارة الأمطار والثلوج، ويقبل الانحدار إلى أن يصبح مستوياً بشكل كامل تقريباً في المناطق الحارة. ولكن هذه الأشكال المستخدمة كانت تتكامل مع مواد البناء المحلية، أما الآن فالمواد المستخدمة هي الإسمنت والحديد وهي لا تتوافق مع جميع البيئات، وكذلك استخدام الأشكال الحديثة للأسقف حتى ولو لم تتوافق مع المناخ. من هنا تأتي أهمية البحث في دراسة الكفاءة الحرارية لأشكال الأسقف من أجل تحقيق الراحة الحرارية.

2. هدف البحث:

يهدف البحث إلى الوصول لأفضل شكل للسقف يحقق الراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية، في كل من المناخ (الجاف، وشبه الجاف، الرطب) في سوريا.

3. منهجية البحث:

المنهج الوصفي التحليلي: من خلال تقديم شرحاً تمهيدياً لمفهوم الراحة الحرارية وأهم المتغيرات المؤثرة على الأداء الحراري للسقف لكل من الأشكال (المستوي، المائل،

المقبيب). المنهج التجريبي والمقارنة: من خلال إجراء تجربة لعدة نماذج افتراضية تختلف من حيث شكل السقف، ثم مقارنة هذه النماذج مع بعضها لمعرفة أفضل شكل للسقف يحقق الراحة الحرارية بحسب المناخ في المنطقة المدروسة.

4. تعريف الراحة الحرارية: بأنها حالة الجهاز العصبي، الذي يؤدي إلى إحساس الإنسان بالراحة في بيئته وهي تقسم إلى راحة فيزيولوجية، وراحة نفسية. ويقصد بالراحة الفيزيولوجية بأنها محافظة الجسم على درجة حرارته، دون حدوث تعرق أو الحاجة إلى مؤثر لعودة الجسم إلى حرارته الطبيعية.[1]

1.4 العوامل المؤثرة على الراحة الحرارية للإنسان:

يوجد عدة عوامل تؤثر على الراحة الحرارية وهي تقسم إلى:
أ-عوامل مرتبطة بوضعية جسم الإنسان ونشاطه: وهي معدل الأيض، عزل الملابس.
ب-العوامل البيئية المحيطة: درجة حرارة الهواء، الرطوبة النسبية، سرعة الهواء، درجة الحرارة المشعة.[2]

5. المتغيرات المؤثرة على الأداء الحراري للسقف:

1.5 الإشعاع الشمسي: ويتوقف الاكتساب الحراري للسقف من الأشعة الشمسية على:

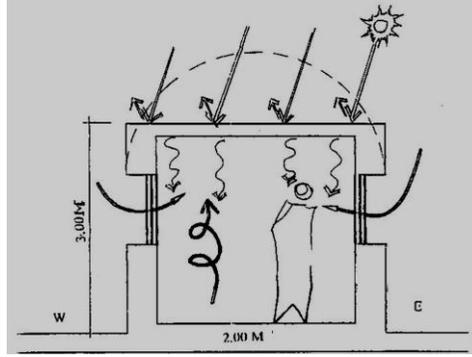
- زوايا سقوط الأشعة الشمسية.
- مساحة السطح المعرض لإشعاع.
- شدة الإشعاع الشمسي.
- معامل مواجهه السقف للأشعة الشمسية.[3]

2.5 الموقع: يقصد بالموقع مجموعة العناصر المناخية لهذه القطعة من الأرض وما تشمل من تضاريس سطحية كالجبال، والسهول، والمحيطات، والغابات وما إلى ذلك، وتتفاعل هذه العناصر مع المعالم الطبيعية لتشكل ما يسمى (بالمناخ الموضعي).

أهم العناصر المؤثرة على انتقال الحرارة عبر السقف في الموقع هي: زوايا ارتفاع الشمس، سرعة الرياح، الرطوبة النسبية، والأبنية المجاورة ونوع المواد المستخدمة في إكساء الأسطح والواجهات المجاورة، ووجود مسطحات خضراء. [4]

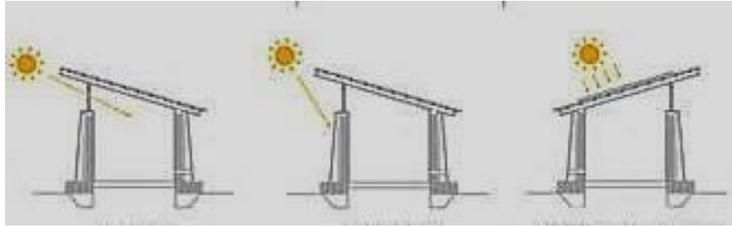
3.5 شكل السقف: للأسقف أشكال عديدة جميعها يرجع للشكل (المستوي، القبة، المائل) ويعود اختيار شكل السقف من أجل تقليل تأثير التباين بين عوامل المناخ الخارجي و البيئة الداخلية، عبر وحدة المساحة. آلية عمل الأشكال التالية:

1.3.5 السقف المستوي: في فصل الصيف يستقبل السقف كمية كبيرة من الأشعة الشمسية، فتكون كمية الطاقة الحرارية المنقولة إلى داخل المبنى أكبر، نتيجة للمساحة السطحية الواسعة المعرضة للإشعاع الشمسي. كما في الشكل (1) أما في فصل الشتاء، يلاحظ انخفاض زاوية سقوط الأشعة الشمسية، فيعمل السقف المستوي على خفض درجة حرارة المبنى نتيجة تسرب الحرارة إلى الخارج وبشكل أسرع من الجدران.



الشكل (1) استقبال شكل السقف المستوي للإشعاع الشمسي صيفاً. المصدر: [5]

2.3.5 السقف المائل: تكون مساحة السطح أكبر بالنسبة إلى مسقطه الأفقي، فنقل شدة الإشعاع على وحدة المساحة لانتشارها على مساحة أوسع وبالتالي تقل الحرارة المنقولة إلى الداخل. يختلف الكسب الحراري الناتج، بحسب زاوية الميل المختارة واتجاه الميل ونتيجة لهذا الميل تختلف الأجزاء المعرضة للشمس والأقل تعرضاً. أما في فصل الشتاء عندما تنخفض أشعة الشمس، فيكون التعرض للإشعاع الشمسي أقل. [3] كما هو مبين في الشكل (2)

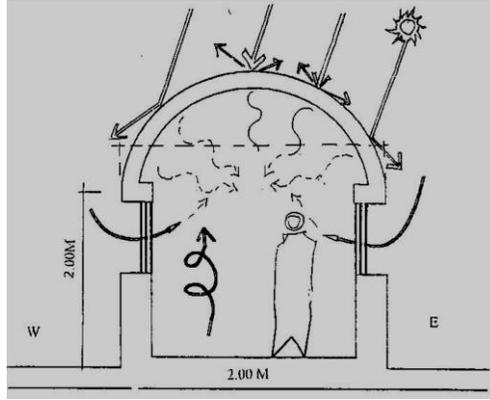


الشكل (2) اختلاف زوايا الأشعة الساقطة على السقف المائل باختلاف الفصول واتجاه السقف. المصدر:

<https://www.archdaily.com/162116/split-bathroom-bao-architects>

3.3.5 السقف المقبب: في فصل الصيف: تكون كمية الإشعاع المكتسبة في ساعات الذروة قليلة لأن الجزء الذي يكون معرض لهذه الأشعة تكون هي قمة القبة والتي تكون مساحته قليلة.

يعمل السطح الداخلي للقبة على تجميع الأشعة في مركز القبة، أما السطح الخارجي للقبة يقوم بعكس الأشعة الشمسية الساقطة بحسب مادة الاكساء. أما فصل الشتاء: تكون زاوية ميل الشمس منخفضة، فتكون أشعة الشمس ذات تأثير أكبر وفترات أطول على بقية أجزاء القبة دون الجزء المدبب، مما يكسب السقف كمية حرارة أكبر خلال النهار. كما في الشكل (3).



الشكل (3) اكتساب الحرارة عبر السقف المقبب من الأشعة الشمسية المصدر: [5]

وهناك عوامل أخرى تتعلق بشكل السقف وتؤثر على انتقال الحرارة:

4.5 ارتفاع السقف: يلعب ارتفاع السقف دوراً مهماً في استهلاك الطاقة للتدفئة و التبريد، كما يؤثر على التنظيم الحراري الديناميكي خاصة في الأبنية التي تضم عدداً كبيراً من المستخدمين. ولارتفاع السقف دور كبير في تحقيق الراحة الحرارية ويتوقف تحديد ارتفاع السقف على عدة أمور كمنح المنطقة، ونوع المبنى، ودرجة حرارة المصباح الجاف، والرطوبة. [7]

5.5 وجود الفتحات في السقف: إن وجود نوافذ في السقف يساعد على تحريك الهواء داخل الفراغ، وبالتالي التخلص من الهواء الساخن الموجود في المناطق العليا من الغرفة، أو المحافظة على درجة الحرارة في الأيام الباردة، خاصة إذا تكامل التصميم و التوجيه الصحيح للنوافذ. [8]

6.5 وجود بروزات في السقف: وهي امتداد في أجزاء من السقف تعمل ككاسرات تؤمن زيادة الظلال في بعض أجزاء من السقف للحماية من شدة الإشعاع الشمسي. [8]

6. نمذجة أشكال الأسقف:

سيتم ذلك عن طريق دراسة الأشكال الأساسية التي استخدمها الإنسان، مستخدمين مواد الإنشاء الأكثر شيوعاً في وقتنا الحالي. ودراسة هذه الأشكال تبني عليها باقي الأشكال الحديثة المشتقة منها، وذلك لأن دراسة كافة الأشكال أمر يصعب فعله لكثرة الأشكال المشتقة، ولكثرة الاحتمالات التي يمكن أن تنتج من شكل واحد. ولمعرفة الشكل الأمثل للسقف في سوريا يجب تحديد:



1.6 مناخ المنطقة: قسمت سوريا بحسب كوبن (Koppen) إلى الأقاليم التالية:

مناخ جاف يقسم إلى (مناخ جاف حار، مناخ جاف مائل للبرودة)، مناخ شبه جاف ويقسم إلى (مناخ شبه جاف حار، مناخ شبه جاف مائل للبرودة)، مناخ رطب (مناخ رطب ذو صيف حار، مناخ رطب ذو صيف معتدل). تم اختيار المناخات الأكثر انتشاراً في البلاد وهي:

1.1.6 مناخ مدينة تدمر: يغطي المناخ الجاف مساحة تزيد عن 40% من مساحة سوريا وتصنف مدينة تدمر التي تقع وسط سوريا تقريباً بحسب كوبن إلى مناخ جاف حار.

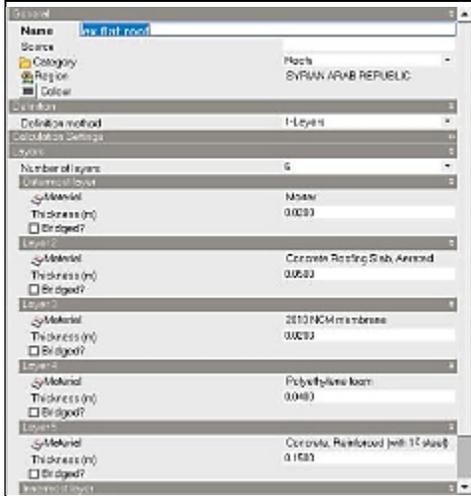
1.2.6 مناخ مدينة حماه: يغطي المناخ شبه الجاف قرابة 40% من مساحة سوريا وتتمتع بحسب كوبن بمناخ شبه جاف مائل للبرودة.

1.3.6 مناخ مدينة اللاذقية: تقع شمال غرب سوريا تطل على البحر الأبيض المتوسط، تتمتع بمناخ رطب ذو صيف معتدل بحسب كوبن. [6]

2.6 مواصفات النموذج الافتراضي: تم بناء نموذج افتراضي بأبعاد 15*15 متر وبارتفاع 4 متر، وافترض أن الفراغ صالة مطعم مؤلف من طابق واحد.

- تم اختيار أربعة أشكال للأسقف وهي: المستوي، القبة، الشكل المائل باتجاهين الجملوني بزواوية 30 درجة، الشكل الهرمي، مائل بزواوية 30 درجة.

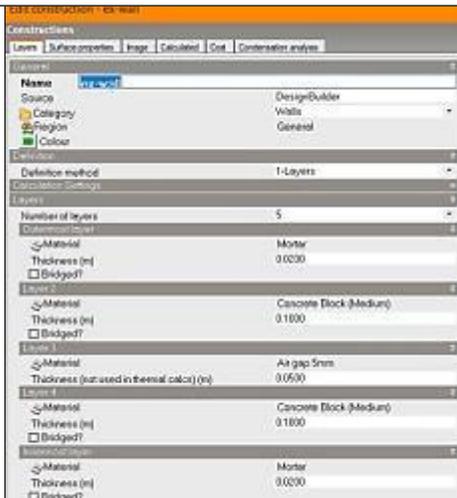
الجدول (1) مواصفات نماذج الاختبار. المصدر: الباحثة.



أما طبقات السقف يتكون من الطبقات التالية من الداخل إلى الخارج مونة اسمنتية 1.5 سم، 15 سم خرسانة مسلحة، 4 سم عزل حراري مادة (البولي يوريثين)، عزل رطوبة مادة (بيتومين)، 5 سم بيتون حماية، 2 سم مونة اسمنتية. كما في الشكل (4)

مواد
إنشاء
السقف

الشكل (4) بيانات السقف المدخلة إلى برنامج design builder. المصدر: الباحثة



سماكة جدران 25 سم تتكون من الطبقات التالية من الداخل إلى الخارج بلوك اسمنتي سماكة 10 سم، وفراغ هوائي 5 سم، بلوك اسمنتي سماكة 10 سم، مونة اسمنتية سماكة 2 سم. كما في الشكل (5).

مواد
إنشاء
الجدران

الشكل (5) بيانات الجدران المدخلة إلى برنامج design builder. المصدر: الباحثة

لا يؤثر اختيار

لا يؤثر اختيار

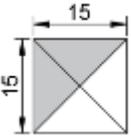
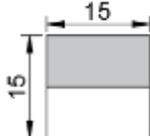
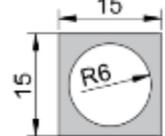
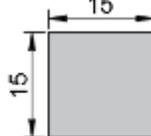
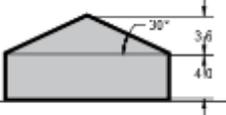
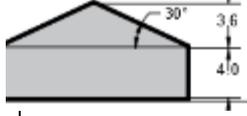
توجيه
السقف

الهرمي بالاتجاه
الشمالي.

الجملوني بالاتجاه
الشمالي.

على الحرارة المكتسبة
من الأشعة الشمسية
للسقف المقبب.

الاتجاه على الحرارة
المكتسبة من الأشعة
الشمسية للسقف
المستوي.

مسقط السقف			
			
مسقط السقف الهرمي	مسقط السقف الجملوني	مسقط السقف لقبة قطاعية	مسقط السقف المستوي
ارتفاع السقف			
			
مقطع السقف الهرمي	مقطع السقف الجملوني	مقطع السقف المقبب	مقطع السقف المستوي
			

3.6 البرامج المستخدمة: من أجل دراسة النماذج تم استخدام البرامج التالية:

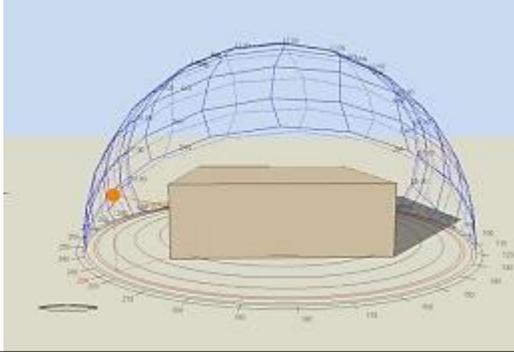
- موقع Energy Plus للحصول على بيانات متكاملة حول المناخ.
- برنامج نمذجة معلومات المناخ وفقاً لمناطق الدراسة واستخراج الرسومات البيانية التفصيلية Climate Consultant.
- باستخدام برنامج design builder وهو برنامج استدامة وتحليل بيئي.

4.6 حدود الراحة الحرارية: درجة حرارة الهواء (Air temperature) داخل الفراغ تكون مقبولة ضمن (20-27) درجة، الرطوبة النسبية (Relative humidity) يجب أن تتراوح (30-70%)، و (Radiant temperature) الحرارة المنقلة بالإشعاع عبر الأسطح و هي الحرارة الناتجة عن التبادل بين الإنسان و الوسط المحيط، (operative temperature) هي درجة حرارة التشغيل وهي مجموع متوسط درجة الحرارة المشعة و متوسط درجة حرارة التشغيل و المشعة يجب تكون ضمن (15.6-29.4)، (Fanger PMV) وهو مقياس يحدد مدى شعور شاغلي الفراغ بالراحة يتراوح من 3 إلى -3 حيث يشير -3 إلى شديد البرودة، و 3 إلى شديد الحرارة والدرجة المعتدلة هي 0.9 [9].

7. القسم التطبيقي:

1.7 نمذجة معلومات شكل السقف المستوي:

أ. المناخ الجاف (مدينة تدمر): من المخطط (1) وجد أن:

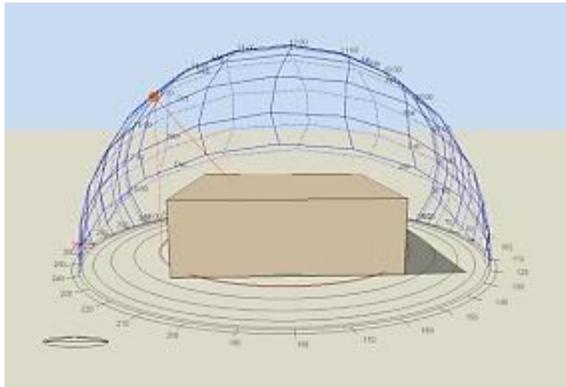


الشكل (6) حركة الشمس في شهر كانون الثاني لنموذج السقف المستوي،
المصدر: الباحثة

خلال فصل الشتاء في شهر كانون الثاني:
وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) منخفضة عن الحد المقبول بمقدار 10 درجات، وكذلك الحرارة المنقلة بالإشعاع والتشغيل (operative-Radiant temperature) منخفضة عن الحد المسموح بقدر 5.5 درجة، أما بالنسبة للرطوبة النسبية

(Relative humidity) فهي ضمن الحد المسموح بنسبة، و بالنسبة (Fanger PMV) نجد أن الراحة الحرارية غير مناسبة. فدرجة الحرارة شديدة البرودة -3.20 . يوضح الشكل (6) حركة الشمس وارتفاعها خلال شهر كانون الثاني.

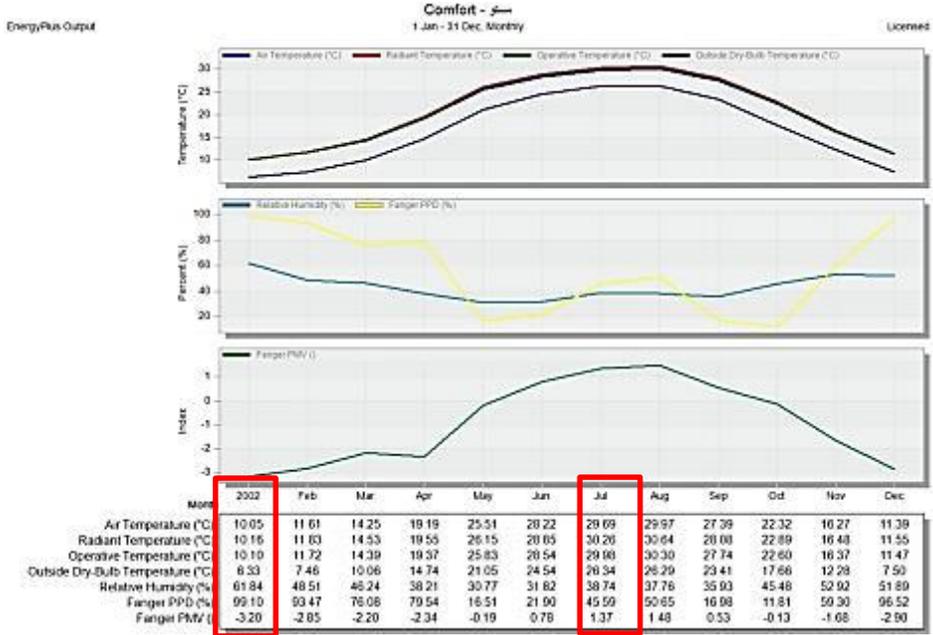
- خلال فصل الصيف في شهر تموز: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) تزيد بمقدار 2.7 درجة، وكذلك الحرارة المنقلة بالإشعاع و التشغيل (operative-Radiant temperature) تزيد عن الحد المسموح به بمقدار 0.8،



الشكل (7) حركة الشمس في شهر تموز لنموذج السقف المستوي، المصدر:
الباحثة

أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحدود المسموح بها، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أنه (حار جداً) 1.37. يوضح الشكل (7) حركة الشمس وارتفاعها خلال شهر تموز.

نمذجة أشكال الأسقف لرفع كفاءتها حرارياً في سوريا

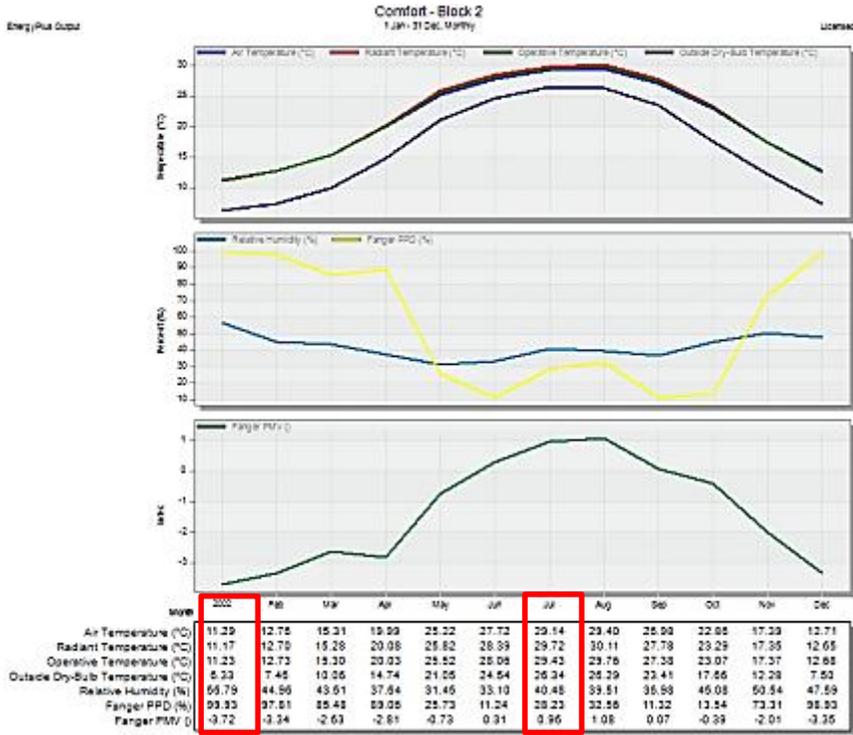


المخطط (1) مخطط درجات الحرارة والراحة الحرارية، والرطوبة، للسقف المستوي في المنطقة الجافة، المصدر: الباحثة

ب. المناخ شبه الجاف (مدينة حماه): من المخطط (2) وجد أن:

- خلال فصل الشتاء في شهر كانون ثاني: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) منخفضة عن الحد المقبول بمقدار 9.7 درجات، وكذلك الحرارة المنقلة بالإشعاع والتشغيل (Radiant temperature-operative) منخفضة عن الحد المسموح بمقدار 4.4 درجة، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحد المسموح بنسبة ، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أن الراحة الحرارية غير مناسبة فدرجة الحرارة شديدة البرودة -3.72

- خلال فصل الصيف في شهر تموز: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) تزيد بمقدار 2.1 درجة، وكذلك الحرارة المنقلة بالإشعاع والتشغيل (Radiant temperature-operative) تزيد عن الحد المسموح به بمقدار 0.3، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحدود المسموح بها، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أن الراحة الحرارية مناسبة فدرجة الحرارة مقبولة إلى حد ما (حار) 0.96.



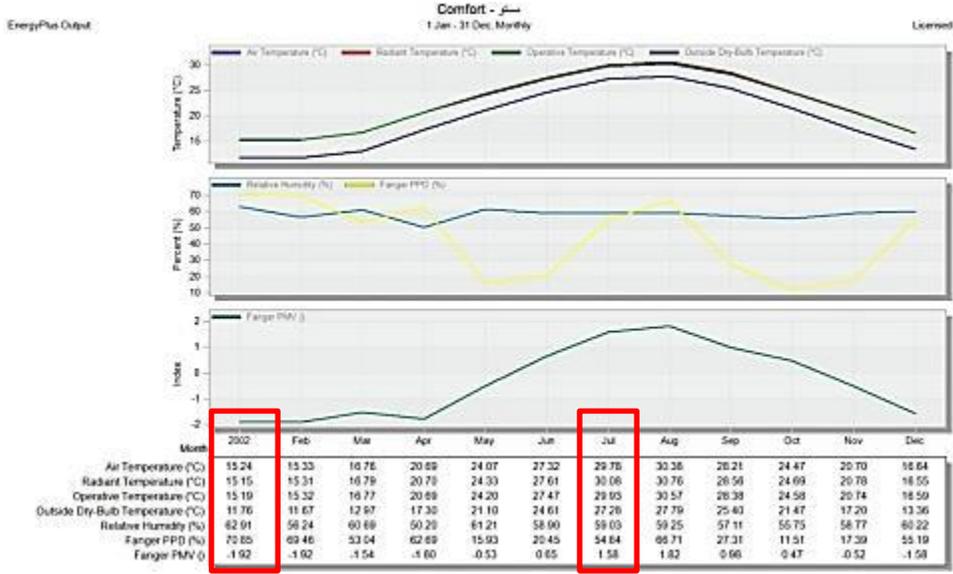
المخطط (2) مخطط درجات الحرارة و الراحة الحرارية، والرطوبة، للسقف المستوي في المنطقة شبه الجافة، المصدر: الباحثة

ج. المناخ الرطب (مدينة اللاذقية): من المخطط (3) وجد أن:

- خلال فصل الشتاء في شهر كانون الثاني: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) منخفضة عن الحد المقبول بمقدار 4.8 درجات، وكذلك الحرارة المنتقلة بالإشعاع والتشغيل (Radiant temperature-operative) منخفضة عن الحد المسموح بقدر نصف درجة، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحد المسموح بنسبة، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أن الراحة الحرارية (باردة جداً) -1.92.

- خلال فصل الصيف في شهر تموز: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) تزيد بمقدار 2.8 درجة، وكذلك الحرارة المنتقلة بالإشعاع و التشغيل (Radiant temperature-operative) تزيد عن الحد المسموح به بمقدار 0.6 تقريباً عن الحد المسموح به، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحدود المسموح بها، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أنه (حار) 1.58.

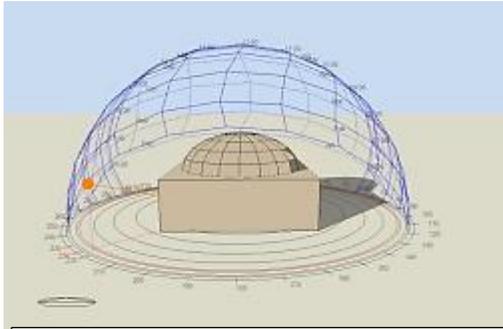
نمذجة أشكال الأسقف لرفع كفاءتها حرارياً في سوريا



المخطط (3) مخطط درجات الحرارة والراحة الحرارية، والرطوبة، وللأسقف المستوي في المنطقة الرطبة، المصدر: الباحثة

2.7 نمذجة معلومات شكل الأسقف المقبب:

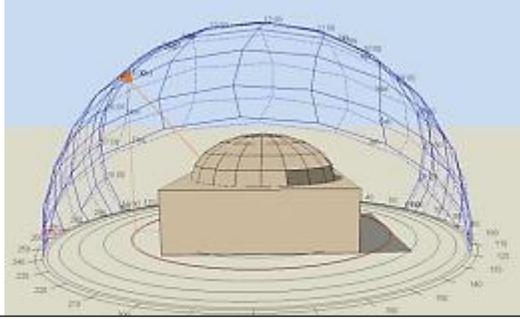
أ. المناخ الجاف (مدينة تدمر): من المخطط (4) وجد أن:



الشكل (8) حركة الشمس في شهر كانون الثاني لنموذج السقف المقبب، المصدر: الباحثة

خلال فصل الشتاء في شهر كانون الثاني: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) منخفضة عن الحد المقبول بمقدار 9.2 درجات، وكذلك الحرارة المنتقلة بالإشعاع والتشغيل (operative - Radiant temperature) منخفضة عن الحد المسموح بقدر 4.7 درجة، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحد المسموح

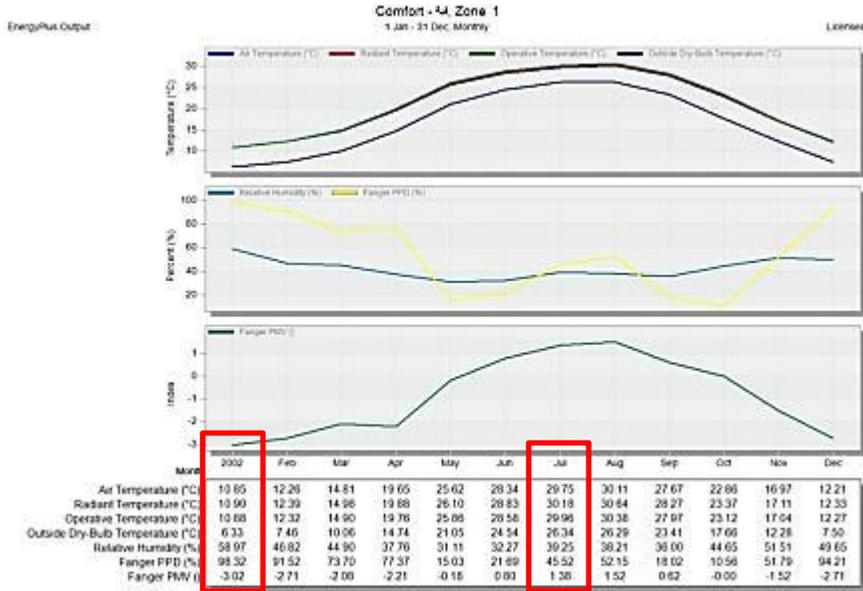
بنسبة، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أن الراحة الحرارية غير مناسبة فدرجة الحرارة شديدة البرودة -3.02 يوضح الشكل (8) حركة الشمس وارتفاعها خلال شهر كانون الثاني.



الشكل (9) حركة الشمس في شهر تموز لنموذج السقف المقبب،
المصدر: الباحثة

الشكل (9) حركة الشمس وارتفاعها خلال شهر تموز. فهي ضمن الحدود المسموح بها، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد انه (حار) 1.38. يوضح

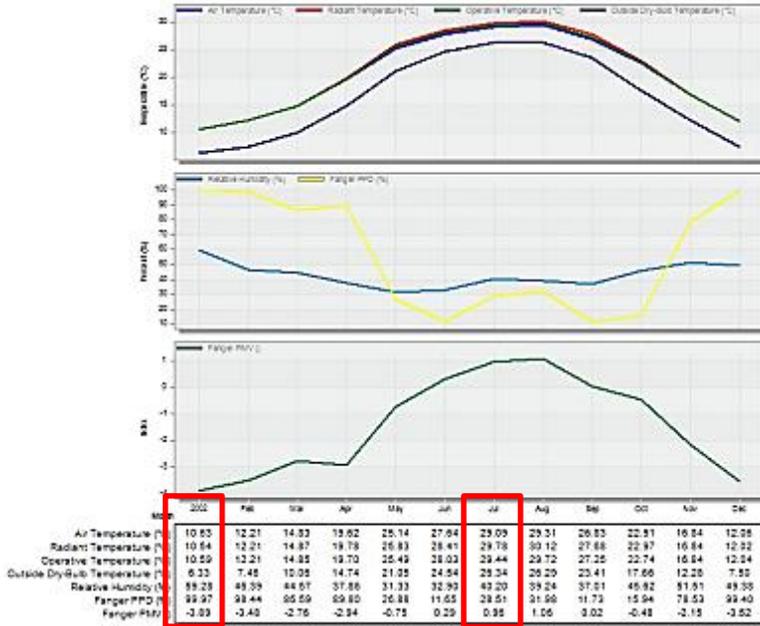
- خلال فصل الصيف في شهر تموز: وجد أن درجة حرارة الهواء (temperature) (Air) تزيد بمقدار 2.7 درجة، وكذلك الحرارة المنتقلة بالإشعاع والتشغيل (Radiant operative-temperature) تزيد عن الحد المسموح به بمقدار 0.6، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحدود المسموح بها، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد انه (حار) 1.38. يوضح



المخطط (4) مخطط درجات الحرارة و الراحة الحرارية، والرطوبة، للسقف المقبب في المنطقة الجافة، المصدر: الباحثة
ب. المناخ شبه الجاف (مدينة حماه): من المخطط (5) وجد أن:

- خلال فصل الشتاء في شهر كانون ثاني: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) منخفضة عن الحد المقبول بمقدار 9.4 درجات، وكذلك الحرارة المنتقلة بالإشعاع والتشغيل (Radiant temperature-operative) منخفضة عن الحد المسموح بمقدار 5 درجات، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحد المسموح بنسبة ، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أن الراحة الحرارية غير مناسبة فدرجة الحرارة تزيد عن شديدة البرودة -3.89.

- خلال فصل الصيف في شهر تموز: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) تزيد بمقدار 2 درجة، وكذلك الحرارة المنتقلة بالإشعاع والتشغيل (Radiant temperature-operative) ضمن الحد المسموح به تقريباً فدرجة الإشعاع تزيد 0.3، و التشغيل ضمن الحد ، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحدود المسموح بها، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أن الراحة الحرارية مناسبة فدرجة الحرارة مقبولة إلى حد ما (حار) 0.96.

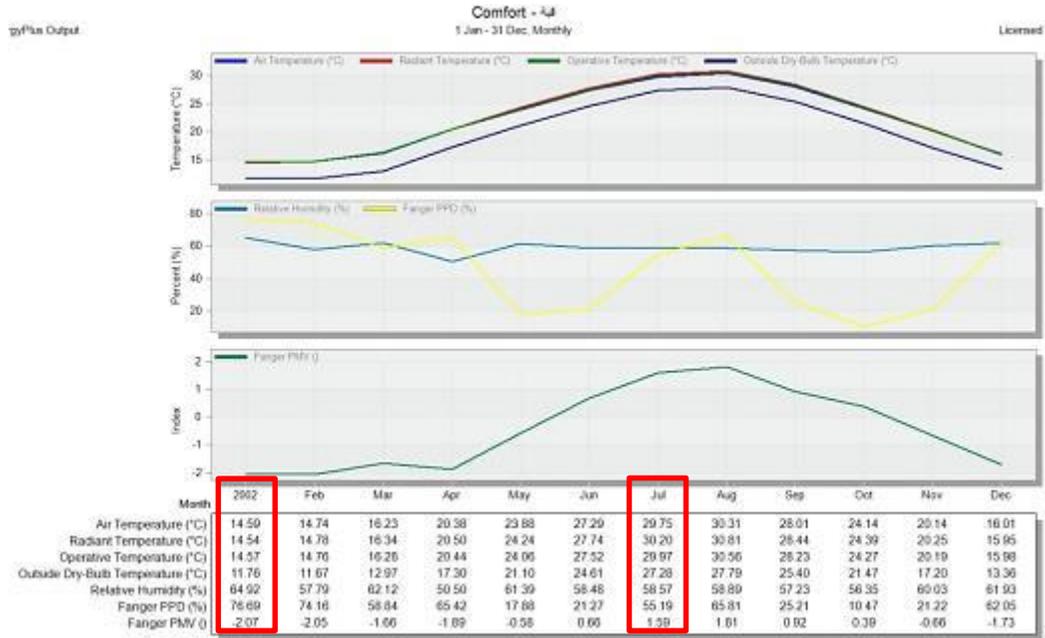


المخطط (5) مخطط درجات الحرارة و الراحة الحرارية، والرطوبة، للسقف المقبب في المنطقة شبه الجافة، المصدر: الباحثة

ج. المناخ الرطب (مدينة اللاذقية): من المخطط (6) وجد أن:

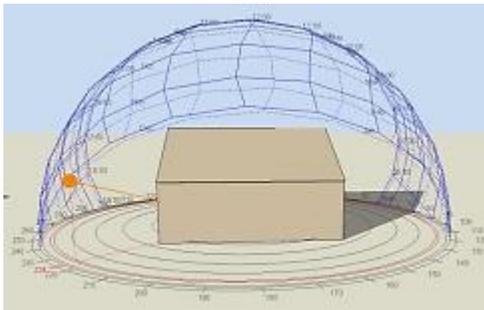
- خلال فصل الشتاء في شهر كانون الثاني: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) منخفضة عن الحد المقبول بمقدار 5.4 درجات، وكذلك الحرارة المنتقلة بالإشعاع والتشغيل (Radiant temperature-operative) منخفضة عن الحد المسموح بقدر درجة، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحد المسموح بنسبة، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أن الراحة الحرارية (باردة جداً) -2.07.

- خلال فصل الصيف في شهر تموز: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) تزيد بمقدار 2.7 درجة، وكذلك الحرارة المنقلة بالإشعاع و التشغيل (-Radiant temperature-operative) تزيد عن الحد المسموح به بمقدار 0.6 تقريباً عن الحد المسموح به، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحدود المسموح بها، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أنه (حار) 1.59.



المخطط (6) مخطط درجات الحرارة و الراحة الحرارية، والرطوبة، للسقف المقبب في المنطقة الرطبة، المصدر: الباحثة

3.7 نمذجة معلومات شكل السقف المائل (الجميلوني):

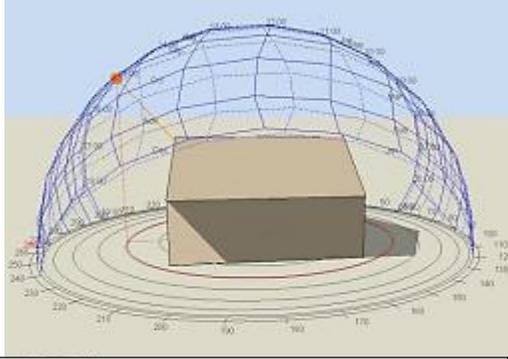


الشكل (8) حركة الشمس في شهر كانون الثاني لنموذج السقف المائل، المصدر: الباحثة

أ. المناخ الجاف (مدينة تدمر): من المخطط (8) وجد أن:

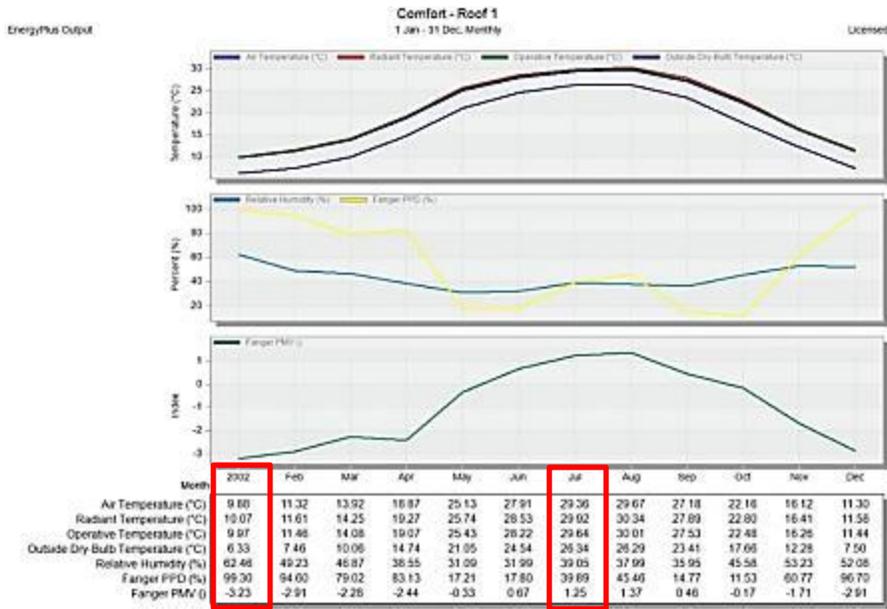
خلال فصل الشتاء في شهر كانون الثاني: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) منخفضة عن الحد المقبول بمقدار 9.1 درجات، وكذلك الحرارة المنقلة بالإشعاع والتشغيل)

(operative–Radiant temperature) منخفضة عن الحد المسموح بقدر 5.6 درجة، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحد المسموح بنسبة، وبالنسبة (Fanger PMV) وجد أن الراحة الحرارية غير مناسبة فدرجة الحرارة شديدة البرودة -3.23 يوضح الشكل (2-57) حركة الشمس وارتفاعها خلال شهر كانون الثاني.



الشكل (9) حركة الشمس في شهر تموز لنموذج السقف المائل، المصدر: الباحثة

و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أنه (حار) 1.25. يوضح الشكل (9) حركة الشمس وارتفاعها خلال شهر تموز.

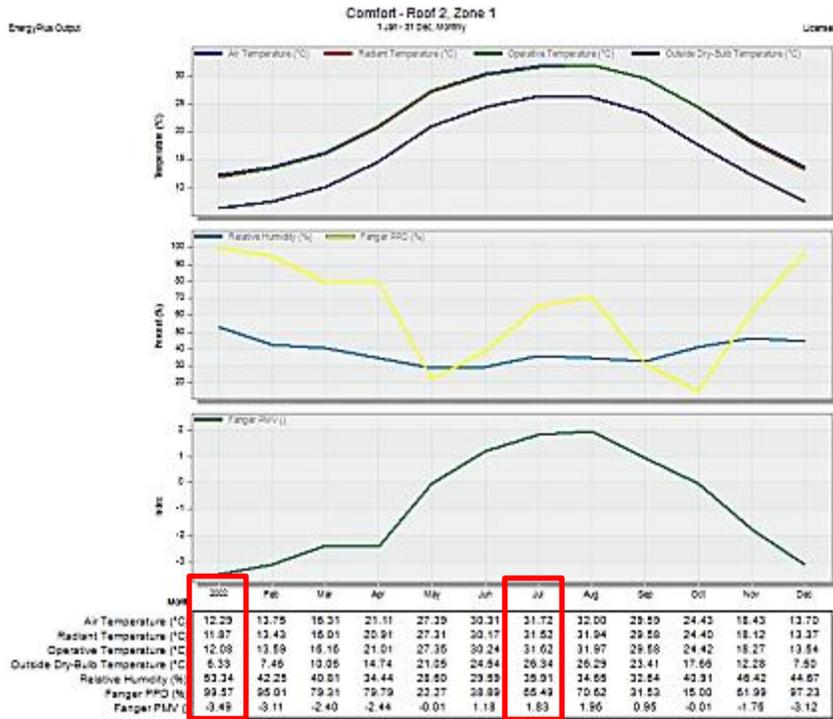


المخطط (7) مخطط درجات الحرارة و الراحة الحرارية، والرطوبة، للسقف المائل في المنطقة الجافة، المصدر: الباحثة

ب. المناخ شبه الجاف (مدينة حماه): من المخطط (8) وجد أن:

- خلال فصل الشتاء في شهر كانون ثاني: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) منخفضة عن الحد المقبول بمقدار 7.7 درجات، وكذلك الحرارة المنتقلة بالإشعاع والتشغيل (Radiant temperature-operative) منخفضة عن الحد المسموح بمقدار 3.6 درجات، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحد المسموح بنسبة ، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أن الراحة الحرارية غير مناسبة فدرجة الحرارة تزيد عن شديدة البرودة -3.49.

- خلال فصل الصيف في شهر تموز: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) تزيد بمقدار 4.7 درجة، وكذلك الحرارة المنتقلة بالإشعاع والتشغيل (Radiant temperature-operative) ضمن تزيد عن الحد المسموح به 2 درجة تقريباً، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحدود المسموح بها، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أن مقدار الراحة الحرارية (حار جداً) 1.83.



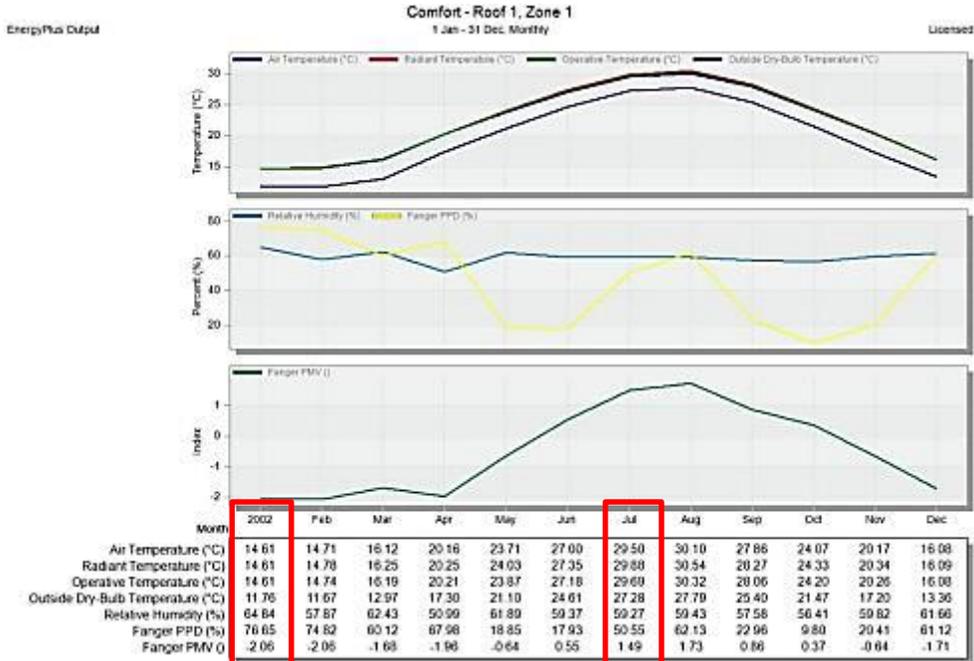
المخطط (8) مخطط درجات الحرارة و الراحة الحرارية، والرطوبة، للسقف المائل في المنطقة شبه الجافة، المصدر:

الباحثة

ج. المناخ الرطب (مدينة اللاذقية): من المخطط (9) وجد أن:

- خلال فصل الشتاء في شهر كانون الثاني: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) منخفضة عن الحد المقبول بمقدار 5.4 درجات، وكذلك الحرارة المنتقلة بالإشعاع والتشغيل (Radiant temperature-operative) منخفضة عن الحد المسموح بقدر درجة، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحد المسموح بنسبة، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أن الراحة الحرارية (باردة جداً) -2.06.

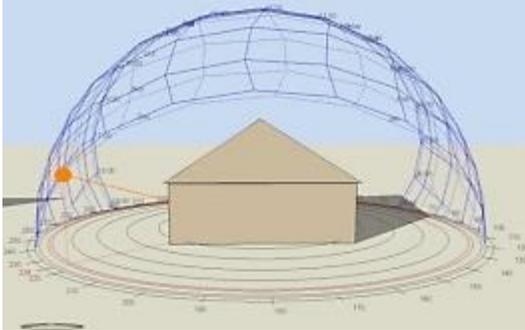
- خلال فصل الصيف في شهر تموز: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) تزيد بمقدار 2.5 درجة، وكذلك الحرارة المنتقلة بالإشعاع و التشغيل (Radiant temperature-operative) تزيد عن الحد المسموح به بمقدار 1.1 تقريباً عن الحد المسموح به، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحدود المسموح بها، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أنه (حار) 1.49.



المخطط (9) مخطط درجات الحرارة و الراحة الحرارية، والرطوبة، للسقف المائل في المنطقة الرطبة، المصدر: الباحثة

4.7 نمذجة معلومات شكل السقف الهرمي:

أ. المناخ الجاف (مدينة تدمر): من المخطط (10) وجد أن:

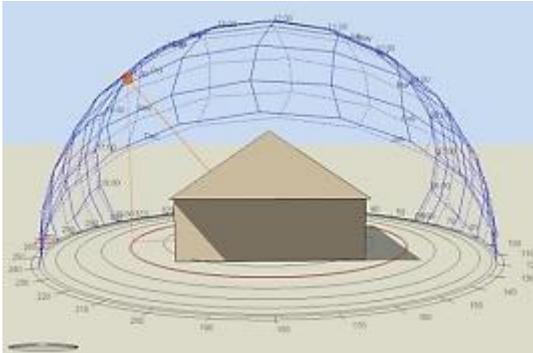


الشكل (10) حركة الشمس في شهر كانون الثاني لنموذج الهرمي،
المصدر: الباحثة

خلال فصل الشتاء في شهر كانون الثاني:
وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) منخفضة عن الحد المقبول بمقدار 9.8 درجات، وكذلك الحرارة المنقولة بالإشعاع والتشغيل (Radiant operative -temperature) منخفضة عن الحد المسموح بقدر 5.2 درجة، أما السقف بالنسبة للرطوبة النسبية

(humidity Relative) فهي ضمن الحد المسموح، و بالنسبة (Fanger PMV) نجد أن الراحة الحرارية (شديدة البرودة) -3.15. يوضح الشكل (10) حركة الشمس وارتفاعها خلال شهر كانون الثاني.

- خلال فصل الصيف في شهر تموز: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) تزيد

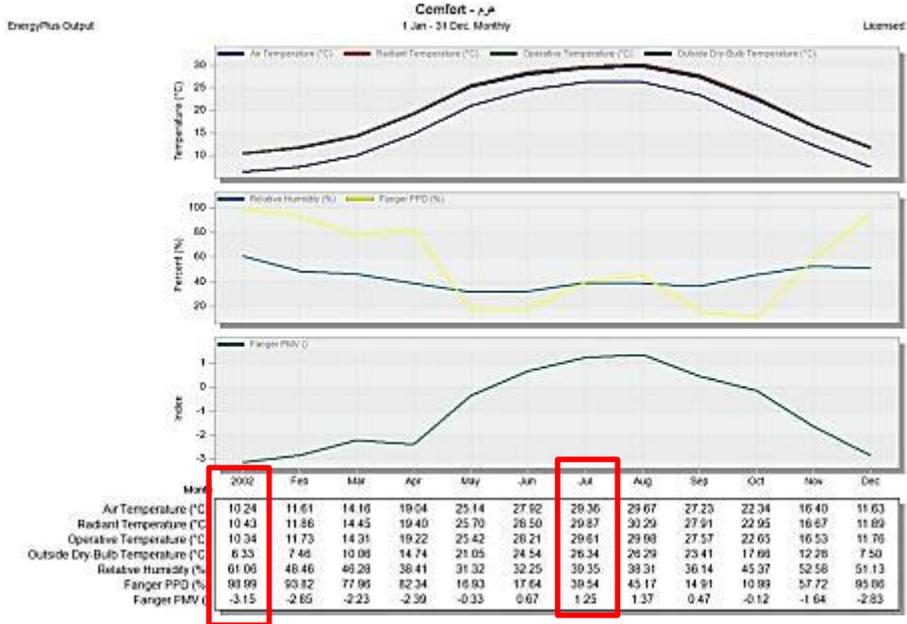


الشكل (11) حركة الشمس في شهر تموز لنموذج السقف
الهرمي، المصدر: الباحثة

بمقدار 2.3 درجة، وكذلك الحرارة المنقولة بالإشعاع و التشغيل (Radiant operative -temperature) تزيد عن الحد المسموح به بمقدار 0.3 تقريباً، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحدود المسموح بها، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أنه

(حار) 1.25. يوضح الشكل (11) حركة الشمس وارتفاعها خلال شهر تموز.

نمذجة أشكال الأسقف لرفع كفاءتها حرارياً في سوريا

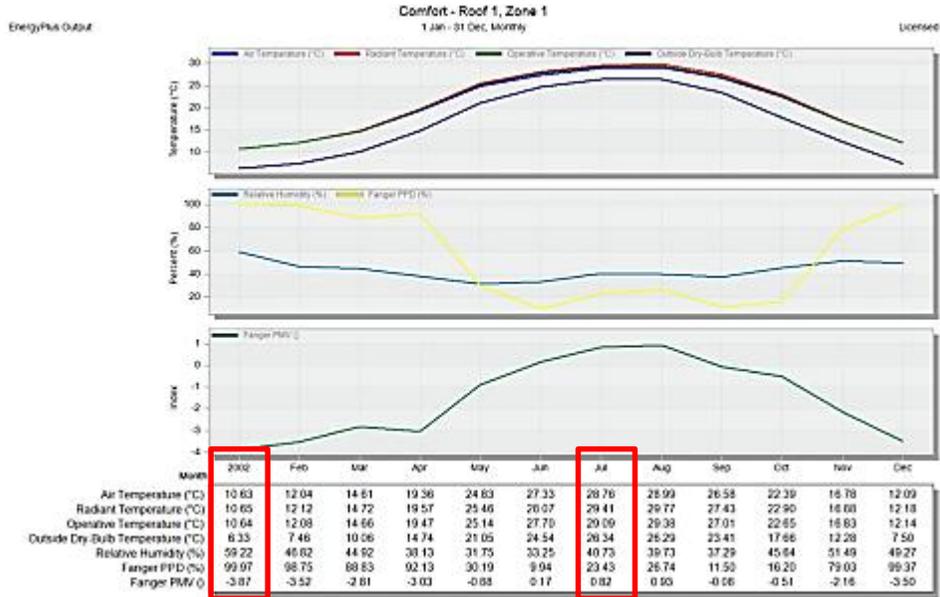


المخطط (10) مخطط درجات الحرارة و الراحة الحرارية، والرطوبة، للسقف الهرمي في المنطقة الجافة، المصدر: الباحثة

ب. المناخ شبه الجاف (مدينة حماه): من المخطط (11) وجد أن:

- خلال فصل الشتاء في شهر كانون ثاني: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) منخفضة عن الحد المقبول بمقدار 9.4 درجات، وكذلك الحرارة المنقلة بالإشعاع والتشغيل (Radiant temperature-operative) منخفضة عن الحد المسموح بمقدار 5 درجات، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحد المسموح بنسبة ، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أن الراحة الحرارية غير مناسبة فدرجة الحرارة تزيد عن (شديدة البرودة) -3.87.

- خلال فصل الصيف في شهر تموز: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) تزيد بمقدار 1.7 درجة تقريباً، أما الحرارة المنقلة بالإشعاع والتشغيل (Radiant temperature-operative) ضمن الحد المسموح به، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحدود المسموح بها، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أن مقدار الراحة الحرارية (حار) 0.82.



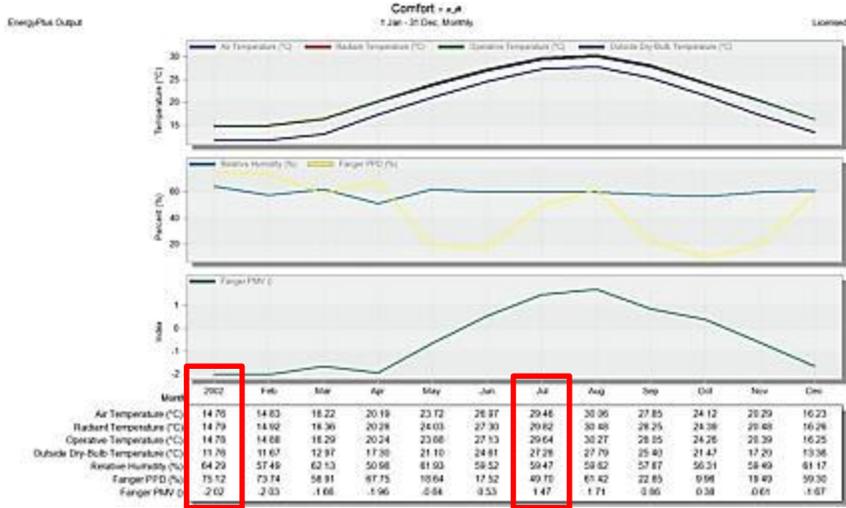
المخطط (11) مخطط درجات الحرارة والراحة الحرارية، والرطوبة، للسقف الهرمي في المنطقة شبه الجافة، المصدر: الباحثة

ج. المناخ الرطب (مدينة اللاذقية): من المخطط (12) وجد أن:

- خلال فصل الشتاء في شهر كانون الثاني: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) منخفضة عن الحد المقبول بمقدار 5.3 درجات، وكذلك الحرارة المنتقلة بالإشعاع والتشغيل (Radiant temperature-operative) منخفضة عن الحد المسموح بمقدار 0.8 درجة، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحد المسموح بنسبة، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أن الراحة الحرارية (باردة جداً) -2.02.

- خلال فصل الصيف في شهر تموز: وجد أن درجة حرارة الهواء (Air temperature) تزيد بمقدار 2.4 درجة، وكذلك الحرارة المنتقلة بالإشعاع والتشغيل (Radiant temperature-operative) تزيد عن الحد المسموح به بمقدار 0.3 تقريباً عن الحد المسموح به، أما بالنسبة للرطوبة النسبية (Relative humidity) فهي ضمن الحدود المسموح بها، و بالنسبة (Fanger PMV) وجد أنه (حار) 1.47.

نمذجة أشكال الأسقف لرفع كفاءتها حرارياً في سوريا

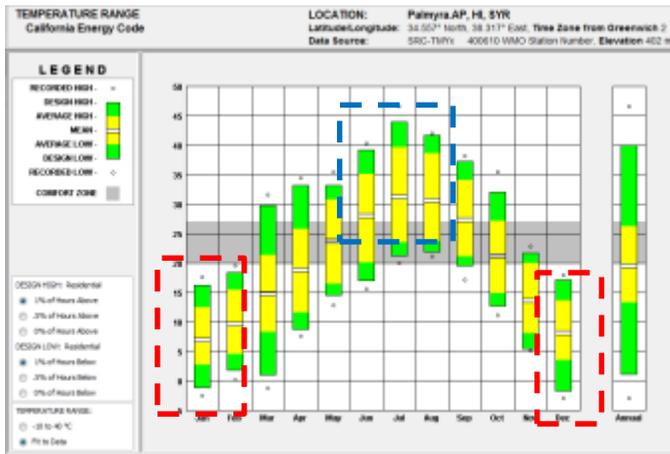


المخطط (12) مخطط درجات الحرارة و الراحة الحرارية، والرطوبة، للسقف الهرمي في المنطقة الرطبة، المصدر: الباحثة

5.7 نتائج الدراسة التطبيقية: بالمقارنة بين أشكال الأسقف الأربعة نستنتج:

أ. المناخ الجاف (مدينة تدمر):

من خلال استخدام برنامج climate consultant وهو برنامج يعطي القراءات المناخية للمنطقة، يوضح المخطط (13) أن أعلى درجة حرارة تصل في فصل الشتاء تكون دون حدود الراحة الحرارية بمقدار 4 درجات تقريباً، بينما في فصل الصيف يلاحظ أن الأشهر الصيفية يكون متوسط درجة الحرارة أعلى من حد الراحة الحرارية من درجة إلى 4 درجات. و وجد أن الأشهر الشتوية لا تتحقق فيها الراحة الحرارية بينما تتحقق الراحة الحرارية بشكل جزئي في فصل الصيف.



المخطط (13) معدل درجات الحرارة خلال السنة التي تحقق الراحة الحرارية في مدينة تدمر، المصدر: الباحثة برنامج climate consultant

من المخطط (14) وجد أن أفضل شكل يحقق الراحة الحرارية في كل من فصلي الصيف والشتاء في المناخ الجاف هو السقف الهرمي كما هو موضح بالجدول (2).



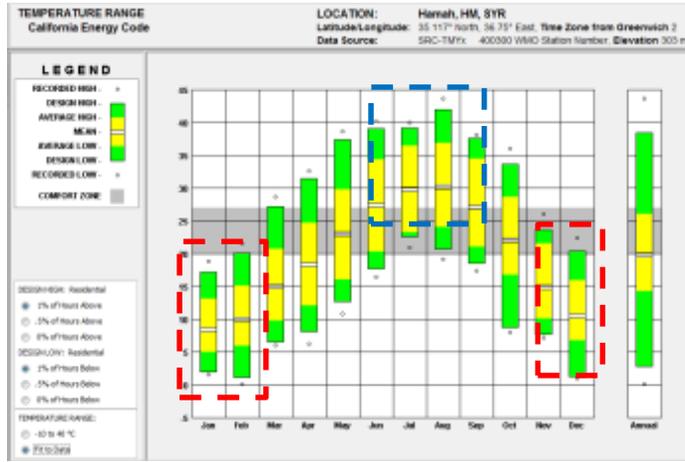
المخطط (14) المقارنة بين أشكال الأسقف التي تحقق الراحة الحرارية (صيفاً، شتاءً) لمدينة حماه، المصدر: الباحثة

الجدول (2) المقارنة بين أشكال الأسقف التي تحقق الراحة الحرارية في المناخ الجاف
المصدر: الباحثة.

السقف الهرمي	السقف المقبب	السقف المائل	السقف المستوي
في الشتاء حقق الراحة الحرارية بشكل أفضل من المستوي والمائل، أما في الصيف حقق الراحة الحرارية بشكل أفضل من باقي الأشكال.	في الشتاء حقق الراحة الحرارية مقارنة بباقي الأشكال، أما في الصيف لم يحقق الراحة الحرارية.	في الشتاء لم يحقق الراحة الحرارية مقارنة بباقي الأشكال، أما في الصيف حقق الراحة الحرارية بشكل أفضل من المستوي و القبة.	في فصل الشتاء حقق الراحة الحرارية بشكل أفضل من المائل، أما في الصيف حقق الراحة الحرارية بشكل أفضل من القبة و الهرم.

ب. المناخ شبه الجاف (مدينة حماه):

يوضح المخطط (15) أن أعلى درجة حرارة تصل في فصل الشتاء تكون دون ضمن حدود الراحة الحرارية ما عدا شهر كانون الثاني تكون أعلى درجة حرارة أقل من الحد بمقدار 3 درجات تقريباً، بينما في فصل الصيف يلاحظ أن الأشهر الصيفية يكون متوسط درجة الحرارة أعلى من حد الراحة الحرارية من درجة إلى 3 درجات تقريباً. و وجد أن الأشهر الشتوية لا تتحقق فيها الراحة الحرارية بينما تتحقق الراحة الحرارية بشكل جزئي في فصل الصيف.



المخطط (15) معدل درجات الحرارة خلال السنة التي تحقق الراحة الحرارية في مدينة حماه، المصدر: الباحثة برنامج climate consultant

من المخطط (16) وجد أن أفضل شكل يحقق الراحة الحرارية في كل من فصلي الصيف والشتاء في المناخ شبه الجاف هو السقف المستوي كما هو موضح بالجدول (3).



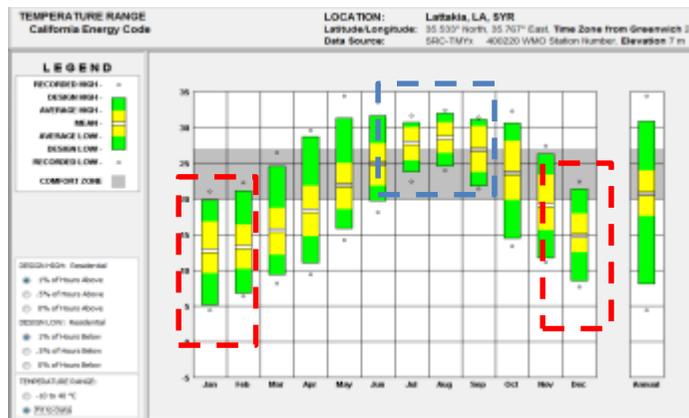
المخطط (16) المقارنة بين أشكال الأسقف التي تحقق الراحة الحرارية (صيفاً، شتاءً) لمدينة حماه، المصدر: الباحثة

الجدول (3) المقارنة بين أشكال الأسقف التي تحقق الراحة الحرارية في المناخ شبه الجاف المصدر: الباحثة.

السقف الهرمي	السقف المقبب	السقف المائل	السقف المستوي
في الشتاء حقق الراحة الحرارية بشكل أفضل من القبة، أما في الصيف حقق الراحة الحرارية بشكل أفضل من باقي الأشكال.	في الشتاء لم يحقق الراحة الحرارية مقارنة بباقي الأشكال، أما في الصيف حقق الراحة الحرارية بشكل أفضل من مستوي و المائل.	في الشتاء حقق الراحة الحرارية مقارنة بباقي الأشكال، أما في الصيف لم يحقق الراحة الحرارية.	في فصل الشتاء حقق الراحة الحرارية بشكل أفضل من القبة والهرم، أما في الصيف حقق الراحة الحرارية بشكل أفضل من المائل.

ج. المناخ الرطب (مدينة اللاذقية):

يوضح المخطط (17) أن أعلى درجة حرارة تصل في فصل الشتاء تكون دون ضمن حدود الراحة الحرارية، بينما في فصل الصيف يلاحظ أن الأشهر الحارة يكون متوسط درجة الحرارة ضمن حدود الراحة الحرارية ما عدا شهر تموز وآب يزيد متوسط درجات الحرارة عن حد الراحة الحرارية بمقدار درجة إلى درجتين تقريباً. و وجد أن الأشهر الصيفية يتحقق فيها الراحة الحرارية إلى حدٍ ما مقارنة بالأشهر الباردة.



المخطط (17) معدل درجات الحرارة خلال السنة التي تحقق الراحة الحرارية في مدينة اللاذقية، المصدر: الباحثة برنامج

climate consultant

نمذجة أشكال الأسقف لرفع كفاءتها حرارياً في سوريا



المخطط (18) المقارنة بين أشكال الأسقف التي تحقق الراحة الحرارية (صيفاً، شتاءً) لمدينة اللاذقية، المصدر: الباحثة

من المخطط (18) وجد أن أفضل شكل يحقق الراحة الحرارية في كل من فصلي الصيف والشتاء في المناخ الرطب هو السقف الهرمي كما هو موضح بالجدول (4).

الجدول (4) المقارنة بين أشكال الأسقف التي تحقق الراحة الحرارية في المناخ الرطب المصدر: الباحثة.

السقف الهرمي	السقف المقرب	السقف المائل	السقف المستوي
في الشتاء حقق الراحة الحرارية بشكل أفضل من القبة والمائل، أما في الصيف حقق الراحة الحرارية بشكل أفضل باقي الأشكال.	في الشتاء لم يحقق الراحة الحرارية مقارنة بباقي الأشكال، أما في الصيف حقق الراحة الحرارية بشكل أفضل من المستوي.	في الشتاء حقق الراحة الحرارية بشكل أفضل من القبة، أما في الصيف حقق الراحة الحرارية بشكل أفضل من المستوي و القبة.	يلاحظ أن الشكل المستوي حقق الراحة الحرارية بشكل أفضل من باقي الأشكال شتاءً، أما في الصيف لم يحقق الراحة الحرارية مقارنة بباقي الأشكال.

8. النتائج العامة:

- الشكل الهرمي للأسقف يحقق الراحة الحرارية في كل من المناخ الجاف والرطب، لتساوي الأجزاء المعرضة للأشعة الشمسية والمظللة للأسقف الهرمي الموجه بالاتجاه الشمالي.

- الشكل المستوي للأسقف يعد الشكل الأفضل الذي يحقق الراحة الحرارية في المناخ شبه الجاف.

- الشكل المائل والمقرب لا يحقق الراحة الحرارية في (المناخ الجاف، وشبه الجاف، والرطب) وتختلف كمية الحرارة المنتقلة عبر الأسقف المقببة باختلاف مقدار انحناء السقف.

- الزيادة في ارتفاع السقف تزيد من الراحة الحرارية في فصل الصيف نتيجة التدرج الحراري للهواء.

9. التوصيات:

- أن يراعي المصممون أثناء تصميمهم دراسة الكفاءة الحرارية لشكل السقف، من المراحل الأولية للعملية التصميمية، وذلك من خلال استخدام برامج المحاكاة البيئية والحرارية، وذلك لتحقيق الاستفادة القصوى من كل عنصر من عناصر المبنى، وتحقيق الراحة الحرارية بأقل قدر ممكن من استخدام وسائل التكييف والتبريد الميكانيكية.

المراجع:

1. الدميني، عبد الحق؛ حلبوني، غسان. 2009- معايير الراحة الحرارية للأبنية السكنية في عدد من المدن اليمنية. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، المجلد 2(25)، ص 399-430. ص 401.
2. يامين، داليه محمد. 2016- تعديل تصميم المباني السكنية القائمة في فلسطين لتتكيف مع بيئتها في ظل ظاهرة التغير المناخي. رسالة ماجستير، جامعة النجاح الوطنية، فلسطين. ص 189. ص 16,17.
3. السوداني، جمال عبد الواحد. 2009- أثر الشكل الهندسي للسقف على كفاءة الأداء الحراري (مدينة بغداد حالة دراسية). المجلة العراقية للهندسة المعمارية، المجلد 16، ص 168-183. ص 172,181.
4. خاطر، دينا عيد سعيد. 2014- الأسطح الخضراء في الإسكان دراسة لزارعة أسطح المباني القائمة في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية. رسالة ماجستير، قسم التخطيط والتصميم البيئي، جامعة القاهرة. ص 26,27.
5. محمد، نجلاء؛ بكر، وجدي 2003- الكفاءة الحرارية للسقوف ذات الأقبية للتبريد الخامل صيفاً في الأبنية الواطنة. مجلة جامعة الملك عبد العزيز: العلوم الهندسية، (14)1، ص 61-86. ص 63,67,68.
6. علي، موسى. مناخ سوريا، دمشق، مطبعة الحجاز. ص 169,170,171,172.
7. GHAFARI, Fatemeh; MIRRAHIMI, Seyedeh Zahra; HEIDARI, Shahin. 2018- Influence of Ceiling Height on Heating Energy Consumption in Educational Building. In: *Proceedings of the 15th International Conference on Civil and Architecture Engineering, Pattaya, Thailand*. p. 25-26.
8. NGUYEN, Anh Tuan; REITER, Sigrid. 2011- The effect of ceiling configurations on indoor air motion and ventilation flow rates. *Building and Environment*, (46)5: 1211-1222.
9. Muhammad, M. A., Al-kady, A., & Abdulaziz, M. 2021- SPACES TO IMPROVE ENVIRONMENTAL QUALITY INDICATORS. *Journal of Al-Azhar University Engineering Sector*, 16(60), 972-984.p977.

تقييم الأثر البيئي للمواقع المدمرة في الأحياء

السكنية خلال مراحل مشروع إعادة الإعمار

طالبة الدكتوراه: م. حنان القنطار - كلية الهندسة المدنية جامعة حمص

إشراف: د.م. علي دياب مشرف مشارك: د.م. رولانا ربيع

ملخص:

قبل البدء بإعادة إعمار الأحياء المدمرة بسبب الحروب لابد أن يكون التفكير مركزاً على ضرورة توفير أحياء محسنة ومريحة وقابلة للعيش لاسيما وأن هنالك فرصة لتصحيح الأخطاء في التخطيط العمراني للحي من خلال الاستفادة من المواقع المدمرة لتعويض النقص في الخدمات أو لإعادة توزيع هذه الخدمات بحيث يتم تلافي المشاكل التي كان يعاني منها سكان الحي بما يضمن لهم الراحة في ممارسة نشاطاتهم المختلفة في الحي، ولكن من الضروري أيضاً عند اختيار أماكن لتلك الخدمات اختيار المواقع المدمرة التي يكون أثرها السلبي على البيئة خلال مراحل مشروع إعادة الإعمار الثلاث (الهدم وترحيل الأنقاض، والتنفيذ، والاستثمار) هو الأقل ضرراً على البيئة، ولذلك وحتى يتم اختيار المواقع المناسبة للخدمات غير الموجودة في الحي أو الموجودة ولكنها مدمرة لابد من القيام بإجراء تقييم للأثر البيئي للمواقع المدمرة خلال مراحل مشروع إعادة الإعمار الثلاث (الهدم وترحيل الأنقاض، والتنفيذ، والاستثمار) واختيار المواقع ذات الأثر البيئي السلبي الأقل وذلك اعتماداً على مجموعة من المعايير البيئية وعلى طرق اتخاذ القرار متعدد المعايير بما يحقق استدامة الحي.

الكلمات المفتاحية:

أثر بيئي، معايير بيئية، تقييم، تخطيط عمراني، اتخاذ القرار متعدد المعايير.

Environmental Impact Assessment of the Destroyed Sites in the Residential Zones Through the Stages of the Reconstructed Project

Abstract:

Before starting of reconstructing the destroyed zones due to wars, the thinking should focus on the necessity of having able to live, comfortable and improved zones, where there is a chance to repair the fault in the urban planning of the zone through profit of the destroyed sites to complete the lack in services or redistribute these services to be suitable to solving the problems that were caused suffering of the people in the zones, where they will be able to assure the comfort to practice their different activities, but it is necessary when choose places for those services to choose destroyed sites that have the lowest negative impact on the environment through the three stages of the reconstructed project (destruction and transferring the rack, reconstruction, and operation), so that an evaluation of the environmental impact of the destroyed sites should be done to choose the suitable sites for the inexistent or destroyed existent services in the zone through the three stages of the reconstructed project, then select the sites that have the lowest negative environmental impact according to group of environmental criteria and using the methods of multi-criteria decision support that achieves the sustainable of the zone.

Key words: environmental impact, environmental criteria, evaluation, urban planning, multi -criteria decision support.

1- مقدمة:

ت تعاني بعض الأحياء والمدن من نقص في خدماتها أو من سوء في توزيع تلك الخدمات مما يتسبب في خلق مشاكل كثيرة فيها، وعندما تتعرض هذه الأحياء أو المدن إلى حروب يتم تدمير جزء منها مما يزيد من تلك المشاكل، ولكن بعد انتهاء الحروب وعند انطلاق عملية إعادة الإعمار فإنه تتوفر فرصة لإيجاد حلول لتلك المشاكل ولتصحيح الأخطاء الناجمة عن سوء توزيع الخدمات في هذه الأحياء من خلال إيجاد المكان الأفضل لكل خدمة من الخدمات، ونظراً لأهمية الجانب البيئي في التخطيط العمراني للأحياء من حيث

أنه يؤمن مكان سكن أفضل وأكثر راحة للسكان ويحقق استدامة للحي لذلك فإنه يجب اختيار المواقع المدمرة ذات الأثر السلبي على البيئة الأقل خلال مراحل مشروع إعادة الإعمار الثلاث (الهدم وترحيل الأنقاض، والتنفيذ، والاستثمار) لتكون مكاناً مناسباً لتلك الخدمات. من هنا لا بد من إجراء تقييم للأثر البيئي للمواقع المدمرة في الحي اعتماداً على مجموعة من المعايير البيئية وعلى طرق اتخاذ القرار متعدد المعايير لتحديد المواقع ذات الأثر البيئي السلبي الأقل ليتم توضع الخدمات الضرورية غير الموجودة في الحي أو الخدمات الموجودة فيه لكنها مدمرة في هذه المواقع.

2- هدف البحث:

تختلف المواقع المدمرة عن بعضها بأثرها على البيئة خلال مراحل مشروع إعادة الإعمار الثلاث (الهدم وترحيل الأنقاض، والتنفيذ، والاستثمار)، حيث يسبب بعضها ضجيجاً أو ارتجاجاً أو وحلاً أو أكثر من غيره.

يهدف البحث إلى تقييم هذه الآثار على البيئة وبالتالي تصنيف هذه المواقع من حيث سلبيتها على البيئة والذي يؤثر على اقتراح حلول إعادة الإعمار للموقع.

3- منهجية البحث: اعتمد البحث لتحقيق أهدافه على:

- **المنهج النظري:** الذي اشتمل على دراسة نظرية تتعلق بالتخطيط العمراني وأبعاده ومبادئه وأهمية البعد البيئي بالنسبة للتخطيط العمراني المستدام، واستخلاص أهم المعايير البيئية التي ستساعد في إجراء التقييم للأثر البيئي للمواقع المدمرة في الأحياء المدمرة بفعل الحروب.

- **المنهج التحليلي التطبيقي:** من خلال تطبيق طرائق اتخاذ القرار متعدد المعايير لإجراء التقييم للأثر البيئي على نموذج لحي سكني (حي جب الجندي)، ومن ثم استخلاص النتائج وتحليلها للحصول على التوصيات التي تساعد في الاستفادة من محنة الدمار وتحويلها إلى فرصة لتحسين واقع الأحياء السكنية المدمرة.

4- الدراسات المرجعية:

4-1- دراسة بعنوان "أثر تصميم شوارع المشاة على استدامة المناطق العمرانية- حالة دراسية (مركز مدينة خان يونس)"، إعداد م. وفاء ناجي الأسطل، أطروحة ماجستير- الجامعة الإسلامية- غزة- فلسطين 2015 [2].

عرفت الدراسة التخطيط بشكل عام وحددت عدة مستويات للتخطيط تبدأ من التخطيط العالمي الشامل فالتخطيط الإقليمي الدولي وصولاً إلى التخطيط الحضري (المحلي) على مستوى المدينة والقرية.

وعرفت الدراسة التخطيط العمراني بأنه التخطيط الجيد للبيئة والاستفادة من مواردها الطبيعية بصورة فطرية بهدف تهيئة المناخ الذي يسمح للتجمعات بإيجاد الوسائل الضرورية لتحقيق إطار معيشي ملائم لسكانها، تتوفر فيه أسباب الراحة والرفاهية داخل المدن ويلبي الاحتياجات الاجتماعية والاقتصادية والسياسية للسكان.

كما عرفت التخطيط العمراني المستدام بأنه يشمل كل أسس التخطيط العمراني الكلاسيكي التقليدي، بالإضافة إلى الاهتمام أكثر بالنواحي البيئية والمناخية والخصائص المحلية للمنطقة بكل محتوياتها الثقافية والاجتماعية وبما يضمن أفضل استغلال لمواردها وإمكاناتها المتاحة.

وركزت الدراسة على مفهوم العمران الجديد وحددت المبادئ الأساسية له وهي: المشي، الربط، الاستعمالات المتعددة والتنوع، مزيج المساكن، تميز التصميم المعماري والحضري، البناء التقليدي للمجاورة، كثافة عالية، النقل الذكي، الاستدامة، ونوعية الحياة، وأن من أهم أهداف هذا الاتجاه الحد من استخدام السيارة والاعتماد على المشي والدراجات الهوائية من خلال إيجاد مجاورات سكنية فيها كثافة عالية تحتوي على الخدمات اللازمة للمواطن من مدارس وعمل ومحلات تجارية وغيرها، وعلى بعد مناسب للوصول إليها سيراً.

4-2- دراسة بعنوان "البيئة العمرانية في الحي السكني في سوريا بهدف تحقيق التكامل الوظيفي الأمثل"، إعداد م. ميسون رشيد أحمد، أطروحة ماجستير، جامعة البعث- كلية الهندسة المعمارية، 2013 [4].

استعرضت الدراسة مفهوم التنمية المستدامة وأبعادها الثلاثة البيئي والاجتماعي والاقتصادي، واستعرضت المبادئ التخطيطية والتصميمية للمدن المستدامة وهي: التضام، النقل المستدام، الكثافة، خط استعمال الأراضي، تنوع السكن، التنوع الثقافي، التصميم الشمسي الذاتي، التخضير. وركزت الدراسة على أن المبادئ السابقة قادرة على تحقيق أهداف التشكيل العمراني المستدام في توفير الاحتياجات العمرانية وتأمين البنية الأساسية وتقليل حجم المرور، وتوفير الأمن والأمان والانتماء الاجتماعي، والظروف البيئية الملائمة وتحقيق الاكتفاء الذاتي بما يتوافق مع احتياجات الإنسان الوظيفية.

4-3- دراسة بعنوان "المعايير التخطيطية المعاصرة لإعداد المخططات التنظيمية المستدامة للمدن (دراسة حالة مدينة اللاذقية في سورية)"، إعداد م. صفاء ميا، إشراف د.م. محمد يسار عابدين و د.م. رولا ميا، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية- سلسلة العلوم الهندسية، المجلد (35)، العدد (8)، 2013 [6].

انطلق البحث من مسألة تطوير معايير معاصرة من أجل إعداد مخطط تنظيمي مستدام يحقق شروط الاستدامة، وذلك بعد أن بحث في الإشكاليات التي تعاني منها المخططات التنظيمية في المدن السورية، واستعرضت الدراسة بعض المفاهيم التخطيطية المرتبطة بمجال التنمية الحضرية المستدامة ومبادئها والمخططات التنظيمية المجسدة لتلك المبادئ، واعتبرت أن التنمية الحضرية تتطوي على إجراء تحسين شامل لجميع جوانب التنمية البيئية والاقتصادية والاجتماعية والمكانية والإدارية للمجتمع الحضري ويتم تجسيدها عند إعداد المخطط التوجيهي والتنظيمي. وتوصلت إلى أن التكامل بين استعمالات الأراضي والنقل والتصميم الحضري يعتبر مكوناً من مكونات إعداد المخطط التنظيمي المستدام للمدن. وتمكنت الباحثة في هذه الدراسة من تطوير معايير لتقييم المخطط التنظيمي لمدينة اللاذقية على أساسها وتعلق هذه المعايير بالأبعاد البيئية والاجتماعية والسكنية والاقتصادية والإدارية وسنستعرض فيما يلي المعايير التي تتعلق بالبعد البيئي وهي موضحة في الجدول (1) التالي:

جدول (1) المعايير التي تتعلق بالبعد البيئي للتصديق على وثيقة المخطط التنظيمي [6]

السياسات	المعايير	الأبعاد
<p>- تخفيض استهلاك الطاقة، وتحسين إمكانية الإنتاج المحلي والإقليمي والتوجيه الصحيح لتحسين استهلاك الطاقة الشمسية.</p> <p>- التكيف مع التغير المناخي والعمل على تقليل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون.</p>	<p>حفظ الطاقة وحماية المناخ</p>	<p>البيئية</p>
<p>- دراسة سياسات حالة الهواء والضجيج ومصادر المياه وتأثيرات كل منها على التنمية.</p> <p>- تخفيض استعمال السيارة الخاصة وتشجيع وسائل نقل بديلة (المشي والدراجات الهوائية) وتقليل فترات التوقف للسيارات.</p> <p>- إدارة المصادر الحضرية، والحماية من فيضان مياه الأمطار والصرف الصحي.</p>	<p>نوعية الهواء والمياه</p>	

بعد استعراضنا للدراسات السابقة وغيرها لاحظنا التركيز على الاهتمام بالنواحي البيئية عند تخطيط وتصميم المجاورات السكنية التي تشكل الوحدات الأساسية لتخطيط الأحياء السكنية ومن ثم تخطيط المدن، وذلك بهدف تحسين جودة ونوعية الحياة من خلال التقليل والحد من مسببات الضرر البيئي واستخدام التقنيات الصديقة للبيئة وكفاءة استخدام الطاقة، لذلك وجدنا أنه من الضرورة بمكان القيام بإجراء تقييم للأثر البيئي لمواقع الأبنية المدمرة التي سيعاد تشييدها في الأحياء السكنية خلال مراحل مشروع إعادة الإعمار الثلاث (الهدم وترحيل الأنقاض، والتنفيذ، والاستثمار)، ومن ثم تحديد أي من هذه المواقع هو الأفضل بيئياً (ذو الأثر البيئي السلبي الأقل) ليتم توضع الخدمات الضرورية غير الموجودة أو الخدمات الموجودة لكنها مدمرة فيها ونذكر فيما يلي الخدمات العامة الواجب تواجدها في المدن والأحياء:

- مرافق عامة: شبكات مياه حلوة، وصرف صحي، وكهرباء، وهاتف.....
- خدمات تعليمية: حضانات، روضة، مدارس (ابتدائية، إعدادية، ثانوية)، معهد، جامعة.

- خدمات صحية: مشفى، مستوصف، مختبرات أشعة وتحاليل، عيادات، صيدليات، عيادة طبيب أسنان....
- خدمات تجارية: سوبر ماركت كبير، سوبر ماركت صغير، بقالية، محل بيع خضروات، محل بيع لحوم، محلات بيع ملابس، حلاق، محل بيع مشتقات الحليب، محل بيع مواد تجميلية، محل بيع أحذية، محل بيع دواجن، محل بيع مواد منزلية، محل بيع بيض، محل بيع معجنات وحلويات، مطاعم شعبية، أفران، مولات، محل بيع أثاث منزلي، محل بيع أدوات صحية وكهربائية.....
- خدمات ثقافية: مكتبة لبيع الكتب، مكتبة للمطالعة، قاعة للدراسة zoon study
- خدمات دينية: جامع، كنيسة.
- خدمات ترفيهية: مطاعم، مسابح، نوادي رياضية، ملاعب رياضية، حدائق، مساحات خضراء، كافيتريات، مقاهي، صالات ألعاب للأولاد، فنادق، ساحات مكشوفة (مواقف سيارات)
- خدمات إدارية: مخفر شرطة، مباني بلدية، محاكم، مطافئ، مباني تابعة لمؤسسات حكومية أو خاصة، بنوك.....

5- المعايير البيئية:

من أهم المعايير البيئية التي سنستخدمها في عملية تقييم المواقع المدمرة في الأحياء السكنية خلال مراحل مشروع إعادة الإعمار الثلاث:

- 1- تلوث الهواء.
- 2- تلوث التربة.
- 3- التلوث بالضجيج.
- 4- التأثير بالارتجاج.
- 5- تلوث المياه - التأثير على المياه السطحية.
- 6- تلوث المياه - التأثير على المياه الجوفية.
- 7- التلوث بالوحل.
- 8- التأثير على الغطاء النباتي.
- 9- التأثير على الغطاء الحيواني.
- 10- التلوث بالنفايات.

5-1- **تلوث الهواء:** يعرف تلوث الهواء بأنه وجود مواد سائلة أو غازية أو صلبة في

الهواء بكميات تؤدي إلى حدوث العديد من الأضرار الحيوية والاقتصادية [9][3].

أ - أسباب تلوث الهواء في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض [9][3]:

- 1^{اً} - انبعاثات عوادم آليات الهدم والترحيل (انبعاثات غاز ثاني أوكسيد الكربون).
- 2^{اً} - الغبار الناتج عن قص البيتون. 3^{اً} - الغبار الناتج عن ترحيل الأنقاض.

العوامل المؤثرة في عملية تقييم معيار تلوث الهواء في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض:

حجم المادة المهذومة (كمية الهدم)، الفصل الذي يتم فيه تنفيذ الهدم وترحيل الأنقاض، أدوات الهدم (أدوات يدوية، أدوات آلية).

وبعد إجراء تحليل هرمي لتلوث الهواء في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض اعتماداً على العاملين السابقين المؤثرين في عملية تقييم معيار تلوث الهواء في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض نحصل على الجدول (2) التالي الذي يبين درجة تلوث الهواء وقيمة هذا المعيار في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض:

الجدول (2) درجة تلوث الهواء وقيمة معيار تلوث الهواء في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض (المصدر: إعداد الباحث)

العوامل المؤثرة			قيمة المعيار	درجة تلوث الهواء
الفصل الذي يتم فيه الهدم	أدوات الهدم	حجم الهدم		
صيف	آلية	كبير	0.2	قوي
صيف	آلية	وسط		
شتاء	آلية	كبير	0.5	وسط
صيف	يدوية	كبير		
شتاء	يدوية	كبير		
صيف	آلية	وسط		
صيف	يدوية	وسط		
صيف	آلية	صغير		
شتاء	آلية	صغير		
صيف	يدوية	صغير		

شتاء	يدوية	وسط	0.8	ضعيف
شتاء	يدوية	صغير أو معدوم		

ب - أسباب تلوث الهواء في مرحلة التنفيذ [9][3]:

- 1- انبعاثات عوادم آليات التنفيذ (حفارة، جباله، مضخة، تركس، ...).
- 2- الغبار الناتج عن عمليات الصب في الموقع (جبل البيتون، وحركة الآليات، ...).
- 3- الغبار الناتج عن عمليات الحفر.
- 4- الغبار الناتج عن عملية قص وإزالة البيتون في حال وجود عناصر بيتونية مصبوبة يجب إزالتها لاستكمال عملية التنفيذ لا سيما في المنشآت التي تحتاج إلى ترميم.

العوامل المؤثرة في عملية تقييم معيار تلوث الهواء في مرحلة التنفيذ:

- 1- حجم الحفر: يصنف إلى (حجم كبير إذا كان حجم الحفر أكثر من $600m^3$ ، متوسط، وصغير إذا كان حجم الحفر أقل من $600m^3$) (بافتراض مساحة الأرض $200m^2$ مع قبو بارتفاع 3m).
- 2- طريقة جبل البيتون: حيث يتم جبل البيتون إما باستخدام (مجلب جاهز، أو باستخدام مجلب في الورشة)، يستخدم مجلب جاهز إذا كانت كمية البيتون أكبر أو تساوي $2000m^3$ ، أما إذا كانت أقل فالجبل بالمكان (ورشة) يكون أوفر شريطة توفر مكان يسمح بالجبل وإلا فالمجلب الجاهز أفضل (المجلب الجاهز أقل تلويثاً للهواء من المجلب في الورشة).
- 3- الفصل الذي تتم فيه عملية التنفيذ (صيف، شتاء).

وبعد القيام بتحليل هرمي لتقييم معيار تلوث الهواء في مرحلة التنفيذ اعتماداً على العوامل السابقة نحصل على الجدول (3) التالي الذي يبين درجة تلوث الهواء وقيمة هذا المعيار في مرحلة التنفيذ:

الجدول (3) درجة تلوث الهواء وقيمة معيار تلوث الهواء في مرحلة التنفيذ (المصدر: إعداد الباحث)

تقييم الأثر البيئي للمواقع المدمرة في الأحياء السكنية خلال مراحل مشروع إعادة الإعمار

العوامل المؤثرة			قيمة المعيار	درجة تلوث الهواء
الفصل الذي يتم فيه التنفيذ	طريقة الجبل	حجم الحفر		
صيف	مجبل ورشة	كبير	0.2	قوي
صيف	مجبل ورشة	وسط		
شتاء	مجبل ورشة	كبير	0.5	وسط
صيف	مجبل جاهز	كبير		
شتاء	مجبل ورشة	وسط		
صيف	مجبل جاهز	وسط		
صيف	مجبل ورشة	صغير		
شتاء	مجبل ورشة	صغير	0.8	ضعيف
صيف	مجبل جاهز	صغير		
شتاء	مجبل جاهز	كبير		
شتاء	مجبل جاهز	وسط		
شتاء	مجبل جاهز	صغير		

ج- أسباب تلوث الهواء في مرحلة الاستثمار:

- 1- الغبار الناتج عن حركة السيارات ووسائل النقل.
- 2- انبعاثات عوادم السيارات ووسائل النقل.
- 3- انبعاثات عوادم المحروقات في المباني من تدفئة وغيرها.

العوامل المؤثرة في عملية تقييم معيار تلوث الهواء في مرحلة الاستثمار:

- 1- الفصل الذي يتم فيه استثمار المبنى.
- 2- الازدحام المروري.
- 3 - كثافة السكان في المبنى.
- 4- كثافة سكانية حول المبنى كوجود مدارس، جامعات، مباني تجارية، مباني مأهولة بشكل كثيف.
- 5- وجود أشجار أو حدائق حول المبنى.

ولكن نظراً لأن كامل الحي يتعرض لتلوث الهواء بسبب الازدحام المروري، وعوادم السيارات، ووقود التدفئة بنفس المستوى، وهذا يسبب تلوث محيطي ولا علاقة لموقع المبنى (المنشأة)

بالتسبب بهذا التلوث لذلك لن يتم أخذ عامل تلوث الهواء في مرحلة الاستثمار بعين الاعتبار.

5-2- تلوث التربة:

تلوث التربة هو اختلال مكونات التربة نتيجة اختلاط مواد غير مألوفة مع المكونات الطبيعية للتربة مما يؤثر سلباً عليها [9][3].

وينفس الأسلوب الذي اتبعناه في دراسة معيار تلوث الهواء لتحديد درجة التلوث وقيمة المعيار خلال مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض، ندرس معيار تلوث التربة خلال مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض من تحديد أسباب تلوث التربة في هذه المرحلة [9][3]، ومن تحديد للعوامل المؤثرة في عملية تقييم معيار تلوث التربة في هذه المرحلة، ومن ثم إجراء تحليل هرمي للوصول إلى درجة تلوث التربة وقيمة معيار تلوث التربة خلال مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض، ويوضح الجدول (4) التالي درجة تلوث التربة وقيمة هذا المعيار في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض:

الجدول (4) درجة تلوث التربة وقيمة معيار تلوث التربة في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض (المصدر: إعداد الباحث)

العوامل المؤثرة			قيمة المعيار	درجة تلوث التربة
موقع البناء على المقسم	عمر الآلية	حجم الأنقاض		
داخل المقسم	قديمة	كبير	0.2	قوي
داخل المقسم	وسط	كبير		
داخل المقسم	قديمة	وسط		
على طرف المقسم	قديمة	كبير	0.5	وسط
على طرف المقسم	وسط	كبير		
داخل المقسم	جديدة	كبير		
على طرف المقسم	جديدة	كبير		
على طرف المقسم	قديمة	وسط		
داخل المقسم	وسط	وسط		

تقييم الأثر البيئي للمواقع المدمرة في الأحياء السكنية خلال مراحل مشروع إعادة الإعمار

وسط	وسط	على طرف المقسم		
وسط	جديدة	داخل المقسم		
صغير	قديمة	داخل المقسم		
صغير	قديمة	على طرف المقسم		
صغير	وسط	داخل المقسم		
صغير	جديدة	داخل المقسم		
وسط	جديدة	على طرف المقسم	0.8	ضعيف
صغير	وسط	على طرف المقسم		
صغير	جديدة	على طرف المقسم		

وينفس الأسلوب الذي اتبعناه في دراسة معيار تلوث الهواء لتحديد درجة التلوث وقيمة المعيار خلال مرحلة التنفيذ، ندرس معيار تلوث التربة خلال التنفيذ من تحديد أسباب تلوث التربة في هذه المرحلة [9][3]، ومن تحديد للعوامل المؤثرة في عملية تقييم معيار تلوث التربة في هذه المرحلة، ومن ثم إجراء تحليل هرمي للوصول إلى درجة تلوث التربة وقيمة معيار تلوث التربة خلال مرحلة التنفيذ، ويوضح الجدول (5) التالي درجة تلوث التربة وقيمة هذا المعيار في مرحلة التنفيذ:

الجدول (5) درجة تلوث التربة وقيمة معيار تلوث التربة في مرحلة التنفيذ (المصدر: إعداد الباحث)

العوامل المؤثرة				قيمة المعيار	درجة تلوث التربة
موقع البناء على المقسم	عمر الآلية	طريقة الجبل	حجم المشروع		
داخل المقسم	قديمة	جاهز	كبير	0.2	قوي
داخل المقسم	جديدة	ورشة	كبير		
داخل المقسم	متوسطة العمر	ورشة	كبير		
على طرف المقسم	قديمة	ورشة	كبير		
داخل المقسم	قديمة	ورشة	كبير		
داخل المقسم	متوسطة العمر	ورشة	وسط		
داخل المقسم	قديمة	ورشة	وسط		
داخل المقسم	قديمة	ورشة	صغير		

كبير	جاهز	جديدة	داخل المقسم	0.5	وسط
كبير	جاهز	متوسطة العمر	على طرف المقسم		
كبير	جاهز	متوسطة العمر	داخل المقسم		
كبير	جاهز	قديمة	على طرف المقسم		
كبير	ورشة	جديدة	على طرف المقسم		
كبير	ورشة	متوسطة العمر	على طرف المقسم		
وسط	جاهز	جديدة	داخل المقسم		
وسط	جاهز	متوسطة العمر	داخل المقسم		
وسط	جاهز	قديمة	على طرف المقسم		
وسط	جاهز	قديمة	داخل المقسم		
وسط	ورشة	جديدة	على طرف المقسم		
وسط	ورشة	جديدة	داخل المقسم		
وسط	ورشة	متوسطة العمر	على طرف المقسم		
وسط	ورشة	قديمة	على طرف المقسم		
صغير	جاهز	متوسطة العمر	داخل المقسم		
صغير	جاهز	قديمة	داخل المقسم		
صغير	ورشة	قديمة	على طرف المقسم		
صغير	ورشة	جديدة	داخل المقسم		
صغير	ورشة	متوسطة العمر	على طرف المقسم		
صغير	ورشة	متوسطة العمر	داخل المقسم		
صغير	ورشة	قديمة	داخل المقسم	0.8	ضعيف
كبير	جاهز	جديدة	على طرف المقسم		
وسط	جاهز	جديدة	على طرف المقسم		
وسط	جاهز	متوسطة العمر	على طرف المقسم		
صغير	جاهز	جديدة	على طرف المقسم		
صغير	جاهز	جديدة	داخل المقسم		
صغير	جاهز	متوسطة العمر	على طرف المقسم		
صغير	جاهز	قديمة	على طرف المقسم		
صغير		جديدة	على طرف المقسم		

ج- أسباب تلوث التربة في مرحلة الاستثمار:

1- التسرب من شبكات الصرف الصحي وهو مرتبط بعمر شبكة الصرف الصحي (شبكة جديدة، جزء جديد وآخر قديم، شبكة قديمة).

2- التلوث بالقمامة: وهو مرتبط بعدد السكان.

3- التلوث بالنفايات الطبية أو الكيميائية وهو أخطر من النفايات المنزلية (القمامة) وهو مرتبط بوجود مركز صحي (مستوصف، مشفى) أو معمل (صابون مثلاً، ...).

ونظراً لأنه يتم جمع القمامة من قبل البلدية بسيارات القمامة أو تجميعها في حاويات ثم تفريغها في سيارات القمامة فلن يكون لها تأثير على تلوث التربة، وكذلك الأمر بالنسبة للنفايات الطبية أو الكيميائية لذلك سيتم إهمال هذين العاملين.

وبالتالي فإن العامل الوحيد المؤثر على تلوث التربة في مرحلة الاستثمار هو التسرب من شبكات الصرف الصحي وفق ما هو موضح في الجدول (6) التالي:

الجدول (6) درجة تلوث التربة وقيمة معيار تلوث التربة في مرحلة الاستثمار (المصدر: إعداد الباحث)

العامل المؤثر	قيمة المعيار	درجة تلوث التربة
عمر الشبكة		
شبكة قديمة كلها	0.2	تلوث قوي
ربع الشبكة جديدة وثلاثة أرباع الشبكة قديمة		
نصف الشبكة جديدة ونصفها قديمة	0.5	تلوث وسط
ثلاثة أرباع الشبكة جديدة وربعها قديم	0.8	تلوث مقبول
الشبكة جديدة كلها	1	لا يوجد تلوث

وكذلك بالنسبة لعامل التسرب من شبكات الصرف الصحي سيكون له ذات التأثير على كامل الحي لأنه يتبع لعدد السكان، وهو سيكون ذاته سواء كان السكان في المباني السكنية أو انتقلوا إلى الأماكن العامة أو العمل في الحي أي أنه لن يتعلق بموقع المبنى (المنشأة) المدروس لذلك سيتم إهمال تأثير معيار تلوث التربة في مرحلة الاستثمار.

5-3 - التلوث بالضجيج [10][3]:

يقصد به الأصوات المفرطة وغير المرغوبة التي تؤثر على صحة الإنسان وعلى جودة البيئة. ويرتبط التلوث بالضجيج بالتطور الصناعي، وأنشطة البناء، ووسائل النقل المستخدمة.

أ - أسباب التلوث بالضجيج في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض:

من أهم أسباب التلوث بالضجيج في هذه المرحلة، الضجيج الناتج عن آليات الهدم وترحيل الأنقاض كالبدوزر والتركس والمثقاب الكهربائي والشاحنات والجرافات، ...

العوامل المؤثرة في عملية تقييم معيار التلوث بالضجيج في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض:

1- مدة التعرض للضجيج: وهي تتبع لحجم المشروع (حجم الهدم والأنقاض) وتصنف إلى مدة (طويلة، متوسطة، قصيرة)، حيث تعتبر طويلة إذا استمر المشروع لأكثر من ثلاثة أشهر، وقصيرة إذا استمر الضجيج مدة أقل من شهر، ومتوسطة بينهما.

2- درجة (مستوى) الضجيج: يصنّف الضجيج حسب تردد الصوت الناتج عن الآليات (آليات الهدم وترحيل الأنقاض، وآليات الحفر والتنفيذ،) أي أنها تتبع لنوع الآلية المستخدمة المسببة للضجيج وتصنّف إلى ضجيج (عادي، مقبول، مزعج، مؤذي). والجدول (7) التالي يوضح تردد الصوت الناتج عن آليات التنفيذ:

الجدول (7) تردد الصوت الناتج عن آليات التنفيذ [3]

نوع الضجيج	التوصيف
عادي	DB (50 - 65)
مقبول	DB (65 - 85)
مزعج	DB (85 - 100)
مؤذي	DB (100 - 110)

ويمكن تصنيف الآليات حسب مستوى الضجيج الذي تسببه إلى [5]:

- آليات تسبب ضجيجاً قوياً مثل آليات الرص بالطرق.
- آليات تسبب ضجيجاً متوسطاً (مقبول للسكان): مثل التركس، البلدوز، الريبر، السكربير، الكريد، الحفارات الآلية، السير الناقل، المداحي بأنواعها.
- آليات تسبب ضجيجاً ضعيفاً أو غير ملحوظ (عادي): مثل السيارة القلاب، السيارة الجبال، المضخة، الرافعة، آليات الرج، آليات ثقب وتركيب بعض المواد وآليات رفع المواد، ...

3- المسافة بين المبنى المدروس مصدر الضجيج والمباني التي تتطلب الهدوء:

تصنّف المباني حسب طبيعة الناس المتواجدين فيها ودرجة تأثرهم بالضجيج إلى منشآت تتطلب هدوء كالمستشفيات والمراكز الصحية ودور العجزة والروضات والمدارس، وهناك منشآت تتأثر بالضجيج ولكن يعتبر مقبول بالنسبة لها، وهناك منشآت تكون هي مصدر للضجيج وتؤثر على المنشآت (المباني) المجاورة.

ويمكن تقييم المسافة بين المبنى (المنشأة) مصدر الضجيج والمباني المجاورة كما في الجدول (8) التالي:

الجدول (8) تقييم المسافة بين المبنى (المنشأة) مصدر الضجيج والمباني المجاورة [5]

المسافة	تقييم المسافة
أصغر أو تساوي 40m	قريبة
أكبر من 40m وأصغر من 200m	متوسطة
أكبر أو تساوي 200m	بعيدة

4- وجود حدائق أو عازل بين مصدر الضجيج والمبنى (المنشأة) التي تتطلب الهدوء فقد (يوجد، أو لا يوجد) حدائق أو عازل بينهما.

وبإجراء تحليل هرمي لتقييم معيار التلوث بالضجيج في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض اعتماداً على العوامل السابقة نحصل على الجدول (9) التالي الذي يبين درجة التلوث بالضجيج وقيمة هذا المعيار في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض:

الجدول (9) درجة التلوث بالضجيج وقيمة معيار التلوث بالضجيج في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض
(المصدر: إعداد الباحث)

العوامل المؤثرة				قيمة المعيار	درجة التلوث بالضجيج
وجود حدائق أو عازل	المسافة بين مصدر الضجيج والمنشأة التي تتطلب هدوء	مستوى الضجيج	مدة التعرض للضجيج		
لا يوجد	قريبة	عادي	طويلة	0.2	قوي
لا يوجد	قريبة	مقبول	طويلة		
لا يوجد	قريبة	مزعج	طويلة		
لا يوجد	وسط	مزعج	طويلة		
يوجد	قريبة	مؤذي	طويلة		
لا يوجد	قريبة	مؤذي	طويلة		
لا يوجد	وسط	مؤذي	طويلة		
لا يوجد	بعيدة	مؤذي	طويلة		
لا يوجد	قريبة	مزعج	متوسطة		
لا يوجد	قريبة	مؤذي	متوسطة		
لا يوجد	وسط	مؤذي	متوسطة		
لا يوجد	قريبة	مؤذي	قصيرة		
يوجد	قريبة	عادي	طويلة		
يوجد	وسط	عادي	طويلة		
لا يوجد	وسط	عادي	طويلة		
لا يوجد	بعيدة	عادي	طويلة		
يوجد	قريبة	مقبول	طويلة		
يوجد	وسط	مقبول	طويلة		
لا يوجد	وسط	مقبول	طويلة		
لا يوجد	بعيدة	مقبول	طويلة		
يوجد	قريبة	مزعج	طويلة		
يوجد	وسط	مزعج	طويلة		
يوجد	بعيدة	مزعج	طويلة		

تقييم الأثر البيئي للمواقع المدمرة في الأحياء السكنية خلال مراحل مشروع إعادة الإعمار

لا يوجد	بعيدة	مزعج	طويلة		
يوجد	وسط	مؤذي	طويلة		
يوجد	بعيدة	مؤذي	طويلة		
يوجد	قريبة	عادي	متوسطة		
لا يوجد	قريبة	عادي	متوسطة		
لا يوجد	وسط	عادي	متوسطة		
لا يوجد	بعيدة	عادي	متوسطة		
يوجد	قريبة	مقبول	متوسطة		
لا يوجد	قريبة	مقبول	متوسطة		
لا يوجد	وسط	مقبول	متوسطة		
لا يوجد	بعيدة	مقبول	متوسطة		
يوجد	قريبة	مزعج	متوسطة		
يوجد	وسط	مزعج	متوسطة		
لا يوجد	وسط	مزعج	متوسطة		
لا يوجد	بعيدة	مزعج	متوسطة		
يوجد	قريبة	مؤذي	متوسطة		
يوجد	وسط	مؤذي	متوسطة		
يوجد	بعيدة	مؤذي	متوسطة		
لا يوجد	بعيدة	مؤذي	متوسطة		
لا يوجد	قريبة	عادي	قصيرة		
لا يوجد	وسط	عادي	قصيرة		
لا يوجد	قريبة	مقبول	قصيرة		
لا يوجد	وسط	مقبول	قصيرة		
يوجد	قريبة	مزعج	قصيرة		
لا يوجد	قريبة	مزعج	قصيرة		
لا يوجد	بعيدة	مزعج	قصيرة		
لا يوجد	وسط	مزعج	قصيرة		
يوجد	قريبة	مؤذي	قصيرة		
يوجد	وسط	مؤذي	قصيرة		

لا يوجد	وسط	مؤذي	قصيرة	0.8	ضعيف
لا يوجد	بعيدة	مؤذي	قصيرة		
يوجد	بعيدة	عادي	طويلة		
يوجد	بعيدة	مقبول	طويلة		
يوجد	وسط	عادي	متوسطة		
يوجد	بعيدة	عادي	متوسطة		
يوجد	وسط	مقبول	متوسطة		
يوجد	بعيدة	مقبول	متوسطة		
يوجد	بعيدة	مزعج	متوسطة		
يوجد	قريبة	عادي	قصيرة		
يوجد	وسط	عادي	قصيرة		
يوجد	بعيدة	عادي	قصيرة		
لا يوجد	بعيدة	عادي	قصيرة		
يوجد	قريبة	مقبول	قصيرة		
يوجد	وسط	مقبول	قصيرة		
يوجد	بعيدة	مقبول	قصيرة		
لا يوجد	بعيدة	مقبول	قصيرة		
يوجد	وسط	مزعج	قصيرة		
يوجد	بعيدة	مزعج	قصيرة		
يوجد	بعيدة	مؤذي	قصيرة		

ب - أسباب التلوث بالضجيج في مرحلة التنفيذ:

- 1- آليات الحفر والنقل وبعض الآليات المستخدمة في بعض أعمال البناء والتشييد كالمشاحنات والجرافات وآليات الرص وأجهزة الرج و.....
- 2- عدد العمال وحركتهم في المشروع.

العوامل المؤثرة في عملية تقييم معيار التلوث بالضجيج في مرحلة التنفيذ: وهي نفس العوامل المؤثرة على تقييم معيار التلوث بالضجيج في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض، ولذلك سننتمد

على نفس الجدول (9) لتقييم معيار التلوث بالضجيج في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض لمرحلة التنفيذ أيضاً.

ج- أسباب التلوث بالضجيج في مرحلة الاستثمار:

1- ضجيج ناتج عن الأصوات الصادرة عن السكان والآليات المستخدمة والأنشطة التي يمارسونها، فمثلاً لدينا بعض المنشآت الصاخبة (روضة أطفال، مشفى، معمل، مدرسة،).

2- ضجيج ناتج عن آليات الصيانة فمثلاً المبنى المررم يحتاج إلى صيانة حسب نسبة الترميم قد تكون بنسبة % 70 مثلاً أو أكثر أو أقل وبذلك يتبع ضجيج آليات الصيانة لنسبة الترميم في المبنى فقد يحتاج لمدة (أطول، أو أقصر) بينما المبنى الجديد لا يحتاج إلى صيانة كبيرة.

العوامل المؤثرة في عملية تقييم معيار التلوث بالضجيج في مرحلة الاستثمار:

هي نفس العوامل المؤثرة على تقييم معيار التلوث بالضجيج في مرحلتي الهدم وترحيل الأنقاض، والتنفيذ السابقتين ولذلك سنعتمد على نفس الجدول (9) لتقييم معيار التلوث بالضجيج في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض السابق لمرحلتي التنفيذ والاستثمار أيضاً.

5-4- التأثير بالارتجاج:

تكمن أهمية هذا المعيار عند قرب موقع العمل المسبب للارتجاج من منشآت تتطلب الهدوء كالمستشفيات والمدارس والروضات وغيرها، فعندما يكون مستوى الارتجاج الناتج عالياً يكون لذلك أثراً سلبية عديدة على السكان لذلك يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار خلال مراحل المشروع الثلاث (الهدم وترحيل الأنقاض، والتنفيذ، والاستثمار).

وبنفس الأسلوب الذي اتبعناه في دراسة معيار تلوث الهواء ومعيار تلوث التربة ومعيار التلوث بالضجيج لتحديد درجة التلوث وقيمة المعيار خلال مراحل الهدم وترحيل الأنقاض، والتنفيذ، والاستثمار، ندرس معيار التأثير بالارتجاج خلال مراحل الهدم وترحيل الأنقاض،

والتنفيذ، والاستثمار من تحديد أسباب الارتجاج في هذه المراحل [3]، ونذكر من الأعمال المسببة للارتجاج في مرحلة الاستثمار بعض الأدوات التي تستخدم في الصيانة مثل ورشات عمل فيها آليات ضخمة (منشرة رخام مثلاً)، إصلاح شبكة مياه أو هاتف أو صرف صحي يتطلب إعادة تزفيت ودحي (آلية الدحي)، معامل ذات آليات ديناميكية قد تتواجد في الحي...، ومن تحديد للعوامل المؤثرة في عملية تقييم التأثير بالارتجاج في هذه المراحل وهي:

1- مستوى الارتجاج (قوي، وسط، ضعيف): ويتعلق بطريقة الهدم وحجم المشروع المهدم، فإذا كان الهدم يدوي وكان المبنى الذي يتطلب هدوء ملاصق للمبنى المهدم يكون التأثير وسط أما إذا لم يكن ملاصق فيكون التأثير ضعيف. أما في حال الهدم باستخدام آلية فيكون التأثير (قوي، وسط، ضعيف) بحسب حجم البناء المهدم وبعده عن المبنى الذي يتطلب الهدوء (مشابه للضجيج).

2- مدة الارتجاج (طويلة، متوسطة، قصيرة): وهي تتبع لحجم المشروع (المبنى المهدم) فقد يكون المبنى (ضخم، أو متوسط، أو صغير) فإذا كانت مساحة البلاطات $1000m^2$ يكون المبنى ضخم وتكون مدة الهدم طويلة، أما إذا كانت المساحة (مجموع البلاطات) أقل من $200m^2$ يكون حجم المشروع صغير ومدة الهدم قصيرة، أما إذا كانت مجموع مساحات البلاطات في المشروع بينهما يكون المشروع متوسط وتكون مدة الهدم متوسطة.

3- بعد المنشأة التي تحتاج الهدوء عن المبنى المدروس (مصدر الارتجاج) أو بالعكس بعد مصدر الارتجاج عن المشروع (المبنى المدروس) الذي يتطلب هدوء: (مسافة قريبة، متوسطة، بعيدة)، فإذا كان المبنى الذي يحتاج هدوء ملاصق للمبنى المهدم تكون المسافة قريبة، وإذا وجدت وجيبة بين المبنى الذي يحتاج هدوء والمبنى المهدم تكون المسافة متوسطة، وإذا وجد مقسم على الأقل أو حديفة أو بناء عازل بين المبنى الذي يحتاج هدوء والمبنى المهدم تكون المسافة بعيدة.

ومن ثم تم إجراء تحليل هرمي للوصول إلى درجة التأثير بالارتجاج وقيمة معيار التأثير بالارتجاج خلال هذه المراحل. ويوضح الجدول (10) التالي درجة التأثير بالارتجاج وقيمة هذا المعيار في مراحل الهدم وترحيل الأنقاض، والتنفيذ، والاستثمار.

تقييم الأثر البيئي للمواقع المدمرة في الأحياء السكنية خلال مراحل مشروع إعادة الإعمار

الجدول (10) درجة التأثير بالارتجاج وقيمة معيار التأثير بالارتجاج في مراحل الهدم وترحيل الأنقاض، والتنفيذ، والاستثمار (المصدر: إعداد الباحث)

العوامل المؤثرة			قيمة المعيار	درجة التأثير بالارتجاج
بعد المنشأة التي تحتاج إلى هدوء عن المبنى المدروس (مصدر الارتجاج)	مدة الارتجاج	مستوى الارتجاج		
قريبة	طويلة	قوي	0.2	قوي
متوسطة	طويلة	قوي		
قريبة	متوسطة	قوي		
قريبة	طويلة	متوسط		
بعيدة	طويلة	قوي	0.5	وسط
متوسطة	متوسطة	قوي		
بعيدة	متوسطة	قوي		
قريبة	قصيرة	قوي		
متوسطة	قصيرة	قوي		
بعيدة	قصيرة	قوي		
متوسطة	طويلة	متوسط		
بعيدة	طويلة	متوسط		
قريبة	متوسطة	متوسط		
متوسطة	متوسطة	متوسط		
بعيدة	متوسطة	متوسط		
قريبة	قصيرة	متوسط		
متوسطة	قصيرة	متوسط		
قريبة	طويلة	ضعيف		
متوسطة	طويلة	ضعيف		
بعيدة	طويلة	ضعيف		
قريبة	متوسطة	ضعيف		
متوسطة	متوسطة	ضعيف		
قريبة	قصيرة	ضعيف		

بعيدة	قصيرة	متوسط	0.8	ضعيف
بعيدة	متوسطة	ضعيف		
متوسطة	قصيرة	ضعيف		
بعيدة	قصيرة	ضعيف		

5-5- تلوث المياه - التأثير على جريان المياه السطحية:

يقصد بتلوث المياه وصول بعض المواد الضارة إلى المسطحات المائية مما يغير من خواصها وبالتالي تصبح غير صالحة للاستخدام.

أ - أسباب تلوث المياه السطحية والعوامل المؤثرة في عملية تقييم معيار تلوث المياه السطحية خلال مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض:

هي نفسها أسباب تلوث التربة والعوامل المؤثرة على تقييم معيار تلوث التربة خلال مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض. لذلك سنعمد نفس الجدول (4) السابق لاستخدامه في تقييم معيار تلوث المياه السطحية في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض.

ب- أسباب تلوث المياه السطحية خلال مرحلة التنفيذ:

وهي نفس الأسباب التي تؤثر على تلوث التربة في مرحلة التنفيذ لذلك سنعمد نفس جدول (5) السابق لتقييم معيار تلوث المياه السطحية في مرحلة التنفيذ.

ج- أسباب تلوث المياه السطحية خلال مرحلة الاستثمار:

وهي نفس الأسباب التي تؤثر على تلوث التربة في مرحلة الاستثمار لذلك لا داعي أيضاً لتقييم معيار تلوث المياه السطحية خلال مرحلة الاستثمار.

5-6- تلوث المياه - التأثير على المياه الجوفية:

يؤدي تسرب مياه الصرف الصحي وزيوت الآليات المستخدمة في مراحل المشروع المختلفة، وكذلك تسرب المياه الناتجة عن غسل القوالب والمعدات المستخدمة في أعمال

الصب إلى المياه الجوفية إلى تلوث هذه المياه التي تمثل مصدراً لمياه الشرب في مناطق كثيرة، وهذه مشكلة خطيرة يجب أخذها بالاعتبار خلال مراحل المشروع المختلفة [10][3]. ولكن نظراً لأن أحياء مدينة حمص لا توجد فيها مياه جوفية قريبة من سطح الأرض لذلك سيتم إهمال تقييم معيار تلوث المياه الجوفية في مراحل المشروع الثلاث (الهدم وترحيل الأنقاض، والتنفيذ، والاستثمار).

5-7- التلوث بالوحل:

بنفس الأسلوب الذي اتبعناه في دراسة المعايير السابقة (تلوث الهواء وتلوث التربة والتلوث بالضجيج و.....) لتحديد درجة التلوث وقيمة المعيار خلال مرحلتي الهدم وترحيل الأنقاض والتنفيذ، ندرس معيار التلوث بالوحل خلال المرحلتين المذكورتين من تحديد أسباب التلوث بالوحل، ومن تحديد العوامل المؤثرة في عملية تقييم معيار التلوث بالوحل في هاتين المرحلتين، ومن ثم إجراء تحليل هرمي للوصول إلى درجة التلوث بالوحل وقيمة معيار التلوث بالوحل خلال هاتين المرحلتين، ويوضح الجدول (11) التالي درجة التلوث بالوحل وقيمة معيار التلوث بالوحل خلال مرحلتي الهدم وترحيل الأنقاض والتنفيذ.

جدول (11) درجة التلوث بالوحل وقيمة معيار التلوث بالوحل خلال مرحلتي الهدم وترحيل الأنقاض، والتنفيذ (المصدر: إعداد الباحث)

العوامل المؤثرة			قيمة المعيار	درجة التلوث بالوحل
كثافة حركة الآليات	موقع المبنى على المقسم	طبيعة التربة		
كثيفة	داخل المقسم	موحلة	0.2	قوي
عادية	داخل المقسم	موحلة	0.5	وسط
كثيفة	على تماس مع الطريق	موحلة		
عادية	على تماس مع الطريق	موحلة		
كثيفة	داخل المقسم	غير موحلة		
عادية	داخل المقسم	غير موحلة		
كثيفة	على تماس مع الطريق	غير موحلة		

عادية	على تماس مع الطريق	غير موحلة	0.8	ضعيف
-------	--------------------	-----------	-----	------

ج- أسباب التلوث بالوحل خلال مرحلة الاستثمار:

1- الحركة في الموقع من قبل المشاة والآليات. 2- طبيعة التربة في الموقع.

ولكن نظراً لأن شوارع الحي معبدة لذلك فالأماكن التي تسبب التلوث بالوحل محدودة لذلك يمكن إهمال دراسة تقييم معيار التلوث بالوحل خلال مرحلة الاستثمار.

5-8- التأثير على الغطاء النباتي:

يعتبر الغطاء النباتي أحد أهم المكونات البيئية التي تلعب دوراً كبيراً في حفظ التوازن البيئي، فالغطاء النباتي يشكل حاجزاً مضاداً للضجيج على شكل فضاء عازل ما بين الشارع والمنطقة السكنية، كما أنه يقوم بتنظيم أفضل لحرارة المبنى بفضل تقليل التعرض لأشعة الشمس في فصل الصيف بالإضافة إلى أنه يسمح لأشعة الشمس بالدخول إلى المنزل شتاءً إذا كان من النباتات المتساقطة الأوراق، بالإضافة إلى أنه يقوم بتقية الهواء من خلال امتصاصه لبعض المكونات العضوية الطيارة، ويساعد أيضاً على تلطيف الجو وتنظيم رطوبته [9][3].

بنفس الأسلوب الذي اتبعناه في دراسة المعايير السابقة (تلوث الهواء وتلوث التربة والتلوث بالضجيج و.....) لتحديد درجة التلوث وقيمة المعيار خلال مرحلتي الهدم وترحيل الأنقاض والتنفيذ، ندرس معيار التأثير على الغطاء النباتي خلال المرحلتين المذكورتين من تحديد للأسباب و للعوامل المؤثرة في عملية تقييم معيار التأثير على الغطاء النباتي في هاتين المرحلتين، ومن ثم إجراء تحليل هرمي للوصول إلى درجة التأثير على الغطاء النباتي وقيمة معيار التأثير على الغطاء النباتي خلال هاتين المرحلتين، ويوضح الجدول (12) التالي درجة التأثير على الغطاء النباتي وقيمة معيار التأثير على الغطاء النباتي خلال مرحلتي الهدم وترحيل الأنقاض والتنفيذ.

تقييم الأثر البيئي للمواقع المدمرة في الأحياء السكنية خلال مراحل مشروع إعادة الإعمار

جدول (12) درجة التأثير على الغطاء النباتي وقيمة معيار التأثير على الغطاء النباتي خلال مرحلتي الهدم وترحيل الأتقاض، والتنفيذ (المصدر: إعداد الباحث)

العوامل المؤثرة		قيمة المعيار	درجة التأثير على الغطاء النباتي
حجم الهدم (الصب)	بعد الغطاء النباتي عن المبنى المدروس		
كبير	قريب	0.2	قوي
وسط	قريب		
كبير	وسط		
صغير	قريب	0.5	وسط
وسط	وسط		
كبير	بعيد		
صغير	وسط	0.8	ضعيف
وسط	بعيد		
صغير	بعيد		

ب - أسباب التأثير على الغطاء النباتي خلال مرحلة الاستثمار:

- 1- الدخان المنبعث من وسائل النقل ووسائل التدفئة شتاءً.
- 2- الضرر الذي يلحقه الناس بالغطاء النباتي من تلويث بالنفايات وقطع للأشجار وسحق للنباتات.

ونظراً لأن الأسباب السابقة تؤثر على الغطاء النباتي في مختلف أركان الحي فلن يكون لموقع المبنى (المنشأة) أي دور في التأثير على الغطاء النباتي في هذه المرحلة لذلك سيتم إهمال تقييم معيار التأثير على الغطاء النباتي خلال مرحلة الاستثمار ولن يؤخذ بالاعتبار.

5-9- التأثير على الغطاء الحيواني:

تتسبب الأعمال خلال مراحل تنفيذ المشروع الهندسي بإلحاق الأذى بالحيوانات المتواجدة ضمن نطاق المشروع، وهناك عدة عوامل تؤثر على الغطاء الحيواني منها:

- 1- وجود مبنى (سطح كتيم) يخفض مساحة سطح التجوال الحيواني.

2- مخلفات عملية الهدم وبقايا أعمال البناء يخفض مساحة سطح التجوال الحيواني.

ولكن نظراً لقلّة الحيوانات المتواجدة ضمن أحياء المدينة لذلك لن يتم أخذ تأثير هذا المعيار بعين الاعتبار في عملية تقييم البدائل.

5-10- التلوث بالنفايات:

ورد ذكر تأثير التلوث بالنفايات مدموجاً مع المعايير السابقة التي ستؤخذ بعين الاعتبار في عملية التقييم لذلك لن تتم إعادة دراسته بشكل منفرد.

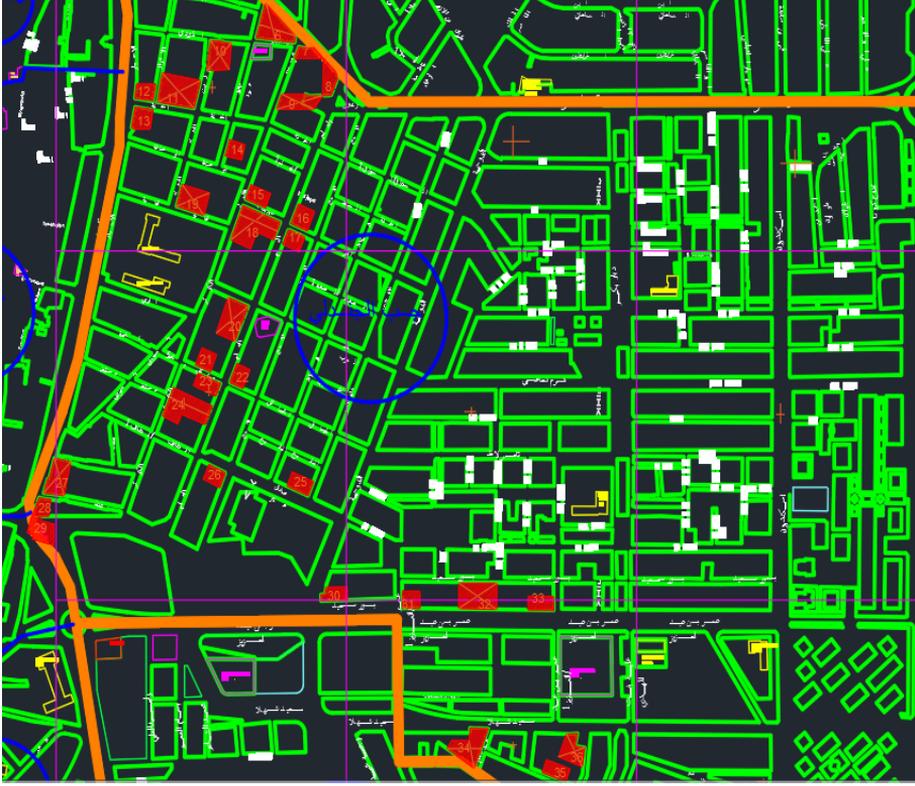
6- التطبيق العملي: مثال (حي جب الجندلي):

6-1- موقع حي جب الجندلي:

ويقع حي جب الجندلي إلى الشرق من مدينة حمص القديمة على بعد حوالي 2 كم عن مركز المدينة، يرتبط الحي بالمدينة بشبكة مواصلات رئيسية مؤلفة من عدد من الطرق التي تحيط به من الجهات الأربعة، تبلغ مساحة الحي حوالي 72.06 هكتاراً، ويقطن فيه حوالي 26193 نسمة تقريباً [7]، تتنوع أنظمة البناء المطبقة على الطابع المعماري في الحي حيث يتواجد فيه سكن شعبي حديث وأبنية متصلة ومساكن شعبية، ويتميز الحي باحتوائه على مقابر (كاستعمالات خاصة في هذا الحي).

6-2- مخطط الدمار في حي جب الجندلي:

استند البحث في تحليل مشهد الدمار في الحي إلى الصور الفضائية باستخدام برنامج (google earth) وإلى المشاهدات والزيارات الميدانية للحي، حيث لوحظ أن الدمار الحاصل يتركز في الجهة الغربية والجهة الجنوبية من الحي حيث تعرض 38 مبنى سكني للدمار الكلي، إضافة إلى تعرض مباني أخرى إلى دمار جزئي تراوح بين دمار بواجهات المباني أو دمار في جزء من سقف الطابق الأخير أو دمار ببعض الجدران أو إكساء الجدران. ويوضّح الشكل (1) التالي مخطط الدمار الكلي في حي جب الجندلي حيث تظهر المواقع المدمرة باللون الأحمر:



الشكل (1) مخطط الدمار الكلي في حي جب الجندلي (إعداد الباحث اعتماداً على المصدر [8])

6-3- تقييم المواقع المدمرة كلياً وفقاً لمعايير التقييم البيئية المذكورة أعلاه:

6-3-1- معيار تلوث الهواء:

أ- قيمة معيار تلوث الهواء خلال مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض:

يتعلق بعاملين هما حجم الأنقاض والفصل الذي تتم فيه عملية الهدم:

$$\text{حجم الأنقاض (المادة المهذومة)} = (\text{مساحة البلاطة} * \text{عدد البلاطات}) \div \text{مساحة المقسم}$$

تم تحديد قيمة معيار تلوث الهواء خلال مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض خلال فصل الصيف ثم خلال فصل الشتاء كما هو موضح في الجدول (13) التالي:

الجدول (13) قيمة معيار تلوث الهواء خلال مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض (المصدر: إعداد الباحث)

رقم الموقع المدمر كلياً	قيمة حجم الأنقاض	حجم الأنقاض	قيمة معيار تلوث الهواء في فصل الصيف	قيمة معيار تلوث الهواء في فصل الشتاء
1	0.255	صغير	0.5	0.8
2	0.245	صغير	0.5	0.8
3	0.141	صغير	0.5	0.8
4	0.876	كبير	0.2	0.5
5	0.631	كبير	0.2	0.5
6	1	كبير	0.2	0.5
7	0.212	صغير	0.5	0.8
8	0.109	صغير	0.5	0.8
9	0.339	وسط	0.2	0.5
10	0.544	وسط	0.2	0.5
11	1.237	كبير	0.2	0.5
12	0.388	وسط	0.5	0.8
13	0.391	وسط	0.5	0.8
14	0.654	كبير	0.5	0.5
15	0.527	وسط	0.2	0.5
16	0.552	وسط	0.2	0.5
17	0.404	وسط	0.5	0.8
18	1.055	كبير	0.2	0.5
19	0.508	وسط	0.2	0.5
20	0.522	وسط	0.2	0.5
21	0.194	صغير	0.5	0.8
22	0.495	وسط	0.5	0.8
23	0.213	صغير	0.5	0.8
24	0.337	وسط	0.2	0.5

تقييم الأثر البيئي للمواقع المدمرة في الأحياء السكنية خلال مراحل مشروع إعادة الإعمار

0.5	0.2	كبير	0.967	25
0.8	0.5	وسط	0.369	26
0.5	0.2	وسط	0.484	27
0.8	0.5	وسط	0.481	28
0.5	0.5	كبير	1	29
0.8	0.5	وسط	0.486	30
0.8	0.5	صغير	0.221	31
0.5	0.2	وسط	0.477	32
0.8	0.5	صغير	0.167	33
0.5	0.2	كبير	0.829	34
0.8	0.5	وسط	0.32	35
0.5	0.2	كبير	0.718	36
0.5	0.2	كبير	0.682	37
0.8	0.5	صغير	0.147	38

تتقل قيم معيار تلوث الهواء خلال مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض خلال فصل الصيف الواردة في الجدول السابق إلى الجدول (15)، وخلال فصل الشتاء إلى الجدول (16).

ب- قيمة معيار تلوث الهواء خلال مرحلة التنفيذ: يتعلق بحجم الحفر وطريقة الجبل والفصل الذي تتم فيه عملية التنفيذ، أما بالنسبة لحجم الحفر فهو يتعلق بوجود قبو أو عدم وجوده وجميع المواقع المدمرة هي مباني سكنية من طابق أو طابقين أو ثلاثة فلا تحتاج إلى قبو وبالتالي كمية الحفر صغيرة فقط للأساسات، أما طريقة الجبل فهي تتعلق بكمية البيتون المجهول فإذا كان أكثر من $2000m^3$ فيستخدم مجبل جاهز، أما إذا كانت أقل منها فيستخدم مجبل بالورشة شريطة توفر مكان يسمح بالجبل.

ويحسب حجم البيتون المجهول بالعلاقة: حجم البيتون = $0.3 * المساحة * عدد البلاطات$: حيث $0.3m$ هي سماكة البلاطة.

تم تحديد قيمة معيار تلوث الهواء خلال مرحلة التنفيذ خلال فصل الصيف ثم خلال فصل الشتاء كما هو موضح في الجدول (14).

الجدول (14) قيمة معيار تلوث الهواء خلال مرحلة التنفيذ (المصدر: إعداد الباحث)

رقم الموقع المدمر كلياً	حجم الحفر	طريقة الجبل	قيمة معيار تلوث الهواء في فصل الصيف	قيمة معيار تلوث الهواء في فصل الشتاء
1	صغير	ورشة	0.5	0.8
2	صغير	ورشة	0.5	0.8
3	صغير	ورشة	0.5	0.8
4	صغير	ورشة	0.5	0.8
5	صغير	ورشة	0.5	0.8
6	صغير	ورشة	0.5	0.8
7	صغير	ورشة	0.5	0.8
8	صغير	ورشة	0.5	0.8
9	صغير	ورشة	0.5	0.8
10	صغير	ورشة	0.5	0.8
11	صغير	ورشة	0.5	0.8
12	صغير	ورشة	0.5	0.8
13	صغير	ورشة	0.5	0.8
14	صغير	ورشة	0.5	0.8
15	صغير	ورشة	0.5	0.8
16	صغير	ورشة	0.5	0.8
17	صغير	ورشة	0.5	0.8
18	صغير	ورشة	0.5	0.8
19	صغير	ورشة	0.5	0.8
20	صغير	ورشة	0.5	0.8
21	صغير	ورشة	0.5	0.8
22	صغير	ورشة	0.5	0.8
23	صغير	ورشة	0.5	0.8
24	صغير	ورشة	0.5	0.8
25	صغير	ورشة	0.5	0.8
26	صغير	ورشة	0.5	0.8

0.8	0.5	ورشة	صغير	27
0.8	0.5	ورشة	صغير	28
0.8	0.5	ورشة	صغير	29
0.8	0.5	ورشة	صغير	30
0.8	0.5	ورشة	صغير	31
0.8	0.5	ورشة	صغير	32
0.8	0.5	ورشة	صغير	33
0.8	0.5	ورشة	صغير	34
0.8	0.5	ورشة	صغير	35
0.8	0.5	ورشة	صغير	36
0.8	0.5	ورشة	صغير	37
0.8	0.5	ورشة	صغير	38

تتقل قيم معيار تلوث الهواء خلال مرحلة التنفيذ خلال فصل الصيف الواردة في الجدول السابق إلى الجدول (17)، وخلال فصل الشتاء إلى الجدول (18).

تم الحصول على قيمة كل من معايير تلوث التربة والتلوث بالضجيج والتأثر بالارتجاج والتأثير على الغطاء النباتي خلال مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض بنفس الطريقة المتبعة لتحديد قيمة معيار تلوث الهواء السابق وتم نقل القيم إلى الجدول (15) خلال فصل الصيف، وإلى الجدول (16) وخلال فصل الشتاء.

كما تم الحصول على قيمة كل من معايير تلوث التربة والتلوث بالضجيج والتأثر بالارتجاج والتأثير على الغطاء النباتي خلال مرحلة التنفيذ بنفس الطريقة المتبعة لتحديد قيمة معيار تلوث الهواء السابق وتم نقل القيم إلى الجدول (17) خلال فصل الصيف، وإلى الجدول (18) وخلال فصل الشتاء.

تم الحصول على قيمة معيار التلوث بالضجيج وعلى قيمة معيار التأثير بالارتجاج خلال مرحلة الاستثمار وتم نقل القيم إلى الجدول (19) خلال مرحلة الاستثمار.

بعد أن انتهينا من تقييم المواقع المدمرة كلياً في حي جب الجندلي وفقاً لكل معيار من المعايير البيئية على حدى وفي مراحل المشروع الثلاث (الهدم وترحيل الأنقاض، والتنفيذ، والاستثمار)، سنقوم الآن بتطبيق طرق اتخاذ القرار متعدد المعايير لاختيار أفضل المواقع المدمرة كلياً من الناحية البيئية ليتم توزيع الخدمات الضرورية للحي وغير الموجودة فيه أو الخدمات الموجودة في الحي لكنها مدمرة كلياً.

6-4-1- تطبيق طرق اتخاذ القرار متعدد المعايير [1]: سنقوم بتطبيق الطرق التي نحتاجها من طرق اتخاذ القرار متعدد المعايير، سنبدأ بطريقة باريتو ثم Electre I إذا كان هنالك حاجة لها.

قبل البدء بعملية التقييم للمواقع المدمرة نذكر المعايير التي تم إهمالها خلال التقييم وذلك في مراحل المشروع الثلاث وهي:

- تم حذف معيار تلوث المياه الجوفية لأنها عميقة (بعيدة عن سطح الأرض) في مدينة حمص.
- تم حذف معيار التأثير على الغطاء الحيواني لقلة الحيوانات في أحياء مدينة حمص.
- تم حذف معيار التلوث بالنفايات لأنه دُرس مع بقية المعايير.
- تم حذف معيار تلوث المياه السطحية لعدم وجود أنهار أو بحيرات في المنطقة المدروسة.
- تم حذف معيار التلوث بالوحد لأن شوارع الحي معبدة.

6-4-1- تقييم المواقع المدمرة كلياً وفقاً للمعايير البيئية في مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض:
1- العمل في فصل الصيف:

يوضح الجدول (15) التالي معايير التقييم وقيم هذه المعايير خلال مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض علماً أن العمل يتم خلال فصل الصيف:

تقييم الأثر البيئي للمواقع المدمرة في الأحياء السكنية خلال مراحل مشروع إعادة الإعمار

الجدول (15) معايير التقييم وقيم المعايير خلال مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض علماً أن العمل يتم خلال فصل الصيف (المصدر: إعداد الباحث)

رقم الموقع المدمر	معيار تلوث الهواء	معيار تلوث التربة	معيار التلوث بالضجيج	معيار التأثير بالارتجاج	معيار التأثير على الغطاء النباتي
1	0.5	0.5	0.8	0.5	0.5
2	0.5	0.5	0.8	0.5	0.5
3	0.5	0.5	0.8	0.8	0.8
4	0.2	0.5	0.8	0.5	0.5
5	0.2	0.5	0.8	0.5	0.5
6	0.2	0.5	0.5	0.2	0.5
7	0.5	0.5	0.8	0.8	0.8
8	0.5	0.5	0.8	0.8	0.8
9	0.2	0.5	0.8	0.5	0.5
10	0.2	0.5	0.8	0.5	0.5
11	0.2	0.5	0.8	0.5	0.2
12	0.5	0.5	0.8	0.8	0.5
13	0.5	0.5	0.8	0.5	0.2
14	0.5	0.5	0.8	0.5	0.2
15	0.2	0.5	0.8	0.5	0.2
16	0.2	0.5	0.8	0.5	0.5
17	0.5	0.5	0.8	0.5	0.5
18	0.2	0.5	0.8	0.5	0.2
19	0.2	0.5	0.5	0.2	0.2
20	0.2	0.5	0.5	0.2	0.2
21	0.5	0.5	0.8	0.8	0.5
22	0.5	0.5	0.8	0.5	0.5
23	0.5	0.5	0.8	0.8	0.5
24	0.2	0.5	0.8	0.5	0.2

0.5	0.5	0.8	0.5	0.2	25
0.2	0.5	0.8	0.5	0.5	26
0.2	0.5	0.8	0.5	0.2	27
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	28
0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	29
0.5	0.5	0.8	0.5	0.5	30
0.5	0.5	0.8	0.5	0.5	31
0.2	0.5	0.8	0.5	0.2	32
0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	33
0.5	0.5	0.8	0.5	0.2	34
0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	35
0.5	0.5	0.8	0.5	0.2	36
0.2	0.5	0.8	0.5	0.2	37
0.2	0.5	0.8	0.5	0.5	38

بتطبيق أمثلية باريتو وحذف الحلول المغمورة نجد أن الحلول المقبولة خلال مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض علماً أن العمل خلال فصل الصيف هي المواقع 3,7,8,35.

2- العمل في فصل الشتاء: يوضح الجدول (16) التالي معايير التقييم وقيم هذه المعايير خلال مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض علماً أن العمل يتم خلال فصل الشتاء:

الجدول (16) معايير التقييم وقيم المعايير خلال مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض علماً أن العمل يتم خلال فصل الشتاء (المصدر: إعداد الباحث)

رقم الموقع المدمر	معيار تلوث الهواء	معيار تلوث التربة	معيار التلوث بالضجيج	معيار التأثير بالارتجاج	معيار التأثير على الغطاء النباتي
1	0.8	0.5	0.8	0.5	0.5
2	0.8	0.5	0.8	0.5	0.5
3	0.8	0.5	0.8	0.8	0.8

تقييم الأثر البيئي للمواقع المدمرة في الأحياء السكنية خلال مراحل مشروع إعادة الإعمار

0.5	0.5	0.8	0.5	0.5	4
0.5	0.5	0.8	0.5	0.5	5
0.5	0.2	0.5	0.5	0.5	6
0.8	0.8	0.8	0.5	0.8	7
0.8	0.8	0.8	0.5	0.8	8
0.5	0.5	0.8	0.5	0.5	9
0.5	0.5	0.8	0.5	0.5	10
0.2	0.5	0.8	0.5	0.5	11
0.5	0.8	0.8	0.5	0.8	12
0.2	0.5	0.8	0.5	0.8	13
0.2	0.5	0.8	0.5	0.5	14
0.2	0.5	0.8	0.5	0.5	15
0.5	0.5	0.8	0.5	0.5	16
0.5	0.5	0.8	0.5	0.8	17
0.2	0.5	0.8	0.5	0.5	18
0.2	0.2	0.5	0.5	0.5	19
0.2	0.2	0.5	0.5	0.5	20
0.5	0.8	0.8	0.5	0.8	21
0.5	0.5	0.8	0.5	0.8	22
0.5	0.8	0.8	0.5	0.8	23
0.2	0.5	0.8	0.5	0.5	24
0.5	0.5	0.8	0.5	0.5	25
0.2	0.5	0.8	0.5	0.8	26
0.2	0.5	0.8	0.5	0.5	27
0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	28
0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	29
0.5	0.5	0.8	0.5	0.8	30
0.5	0.5	0.8	0.5	0.8	31
0.2	0.5	0.8	0.5	0.5	32

0.5	0.8	0.8	0.5	0.8	33
0.5	0.5	0.8	0.5	0.5	34
0.8	0.8	0.8	0.5	0.8	35
0.5	0.5	0.8	0.5	0.5	36
0.2	0.5	0.8	0.5	0.5	37
0.2	0.5	0.8	0.5	0.8	38

بتطبيق أمثلية باريتو وحذف الحلول المغمورة نجد أن الحلول المقبولة خلال مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض علماً أن العمل خلال فصل الشتاء هي المواقع 3,7,8,35.

6-4-2- تقييم المواقع المدمرة كلياً وفقاً للمعايير البيئية في مرحلة التنفيذ:

علماً أن التنفيذ يتم بواسطة مجبل في الورشة وعدم وجود قبو لأن المواقع المدمرة هي مباني سكنية من طابق أو طابقين أو ثلاثة.

1- العمل في فصل الصيف: يوضح الجدول (17) التالي معايير التقييم وقيم هذه

المعايير خلال مرحلة التنفيذ علماً أن العمل يتم خلال فصل الصيف:

الجدول (17) معايير التقييم وقيم المعايير خلال مرحلة التنفيذ علماً أن العمل يتم خلال فصل

الصيف (المصدر: إعداد الباحث)

رقم الموقع المدمر	معايير تلوث الهواء	معايير تلوث التربة	معايير التلوث بالضجيج	معايير التأثير على الغطاء النباتي	معايير التلوث بالارتجاج
1	0.5	0.2	0.8	0.5	0.5
2	0.5	0.2	0.8	0.5	0.5
3	0.5	0.5	0.8	0.8	0.8
4	0.5	0.2	0.8	0.5	0.5
5	0.5	0.2	0.8	0.5	0.5
6	0.5	0.2	0.5	0.5	0.2

تقييم الأثر البيئي للمواقع المدمرة في الأحياء السكنية خلال مراحل مشروع إعادة الإعمار

0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	7
0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	8
0.5	0.5	0.8	0.2	0.5	9
0.5	0.5	0.8	0.2	0.5	10
0.2	0.5	0.8	0.2	0.5	11
0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	12
0.2	0.5	0.8	0.2	0.5	13
0.2	0.5	0.8	0.2	0.5	14
0.2	0.5	0.8	0.2	0.5	15
0.5	0.5	0.8	0.2	0.5	16
0.5	0.5	0.8	0.2	0.5	17
0.2	0.5	0.8	0.2	0.5	18
0.2	0.2	0.5	0.2	0.5	19
0.2	0.2	0.5	0.2	0.5	20
0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	21
0.5	0.5	0.8	0.2	0.5	22
0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	23
0.2	0.5	0.8	0.2	0.5	24
0.5	0.5	0.8	0.2	0.5	25
0.2	0.5	0.8	0.2	0.5	26
0.2	0.5	0.8	0.2	0.5	27
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	28
0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	29
0.5	0.5	0.8	0.2	0.5	30
0.5	0.5	0.8	0.2	0.5	31
0.2	0.5	0.8	0.2	0.5	32
0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	33
0.5	0.5	0.8	0.2	0.5	34
0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	35

0.5	0.5	0.8	0.2	0.5	36
0.2	0.5	0.8	0.2	0.5	37
0.2	0.5	0.8	0.2	0.5	38

بتطبيق أمثلية باريتو وحذف الحلول المغمورة نجد أن الحلول المقبولة خلال مرحلة التنفيذ
علماً أن العمل خلال فصل الصيف هي المواقع 3,7,8,35.

2- العمل في فصل الشتاء: يوضح الجدول (18) التالي معايير التقييم وقيم هذه

المعايير خلال مرحلة التنفيذ علماً أن العمل يتم خلال فصل الشتاء:

الجدول (18) معايير التقييم وقيم المعايير خلال مرحلة التنفيذ علماً أن العمل يتم خلال فصل الشتاء

(المصدر: إعداد الباحث)

رقم الموقع المدمر	معيار تلوث الهواء	معيار تلوث التربة	معيار التلوث بالضجيج	معيار التأثير على الغطاء النباتي	معيار التأثير بالارتجاج
1	0.8	0.2	0.8	0.5	0.5
2	0.8	0.2	0.8	0.5	0.5
3	0.8	0.5	0.8	0.8	0.8
4	0.8	0.2	0.8	0.5	0.5
5	0.8	0.2	0.8	0.5	0.5
6	0.8	0.2	0.5	0.5	0.2
7	0.8	0.5	0.8	0.8	0.8
8	0.8	0.5	0.8	0.8	0.8
9	0.8	0.2	0.8	0.5	0.5
10	0.8	0.2	0.8	0.5	0.5
11	0.8	0.2	0.8	0.5	0.2
12	0.8	0.5	0.8	0.8	0.5
13	0.8	0.2	0.8	0.5	0.2
14	0.8	0.2	0.8	0.5	0.2
15	0.8	0.2	0.8	0.5	0.2

0.5	0.5	0.8	0.2	0.8	16
0.5	0.5	0.8	0.2	0.8	17
0.2	0.5	0.8	0.2	0.8	18
0.2	0.2	0.5	0.2	0.8	19
0.2	0.2	0.5	0.2	0.8	20
0.5	0.8	0.8	0.5	0.8	21
0.5	0.5	0.8	0.2	0.8	22
0.5	0.8	0.8	0.5	0.8	23
0.2	0.5	0.8	0.2	0.8	24
0.5	0.5	0.8	0.2	0.8	25
0.2	0.5	0.8	0.2	0.8	26
0.2	0.5	0.8	0.2	0.8	27
0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	28
0.5	0.8	0.8	0.5	0.8	29
0.5	0.5	0.8	0.2	0.8	30
0.5	0.5	0.8	0.2	0.8	31
0.2	0.5	0.8	0.2	0.8	32
0.5	0.8	0.8	0.5	0.8	33
0.5	0.5	0.8	0.2	0.8	34
0.8	0.8	0.8	0.5	0.8	35
0.5	0.5	0.8	0.2	0.8	36
0.2	0.5	0.8	0.2	0.8	37
0.2	0.5	0.8	0.2	0.8	38

بتطبيق أمثلة باريتو وحذف الحلول المغمورة نجد أن الحلول المقبولة خلال مرحلة التنفيذ علماً أن العمل خلال فصل الشتاء هي المواقع 3,7,8,35.

6-4-3- تقييم المواقع المدمرة كلياً وفقاً للمعايير البيئية في مرحلة الاستثمار:

العمل في فصلي الصيف والشتاء: يوضح الجدول (19) التالي معايير التقييم وقيم هذه المعايير خلال مرحلة الاستثمار علماً أن العمل يتم خلال فصلي الصيف والشتاء:

الجدول (19) معايير التقييم وقيم المعايير خلال مرحلة الاستثمار علماً أن العمل يتم خلال

فصلي الصيف والشتاء (المصدر: إعداد الباحث)

معييار التآثر بالارتجاج	معييار التلوآث بالضجيج	رقم الموقع المدمر
0.5	0.8	1
0.5	0.8	2
0.8	0.8	3
0.5	0.8	4
0.5	0.8	5
0.2	0.5	6
0.8	0.8	7
0.8	0.8	8
0.5	0.8	9
0.5	0.8	10
0.5	0.8	11
0.8	0.8	12
0.5	0.8	13
0.5	0.8	14
0.5	0.8	15
0.5	0.8	16
0.5	0.8	17
0.5	0.8	18
0.2	0.5	19
0.2	0.5	20
0.8	0.8	21
0.5	0.8	22
0.8	0.8	23
0.5	0.8	24
0.5	0.8	25

0.5	0.8	26
0.5	0.8	27
0.5	0.5	28
0.8	0.8	29
0.5	0.8	30
0.5	0.8	31
0.5	0.8	32
0.8	0.8	33
0.5	0.8	34
0.8	0.8	35
0.5	0.8	36
0.5	0.8	37
0.5	0.8	38

بتطبيق أمثلية باريتو وحذف الحلول المغمورة نجد أن الحلول المقبولة خلال مرحلة الاستثمار علماً أن العمل خلال فصلي الصيف والشتاء هي المواقع 3,7,8,12,21,23,29,33,35.

نلاحظ من خلال مقارنة نتائج التقييم للمراحل الثلاث لمشروع إعادة الإعمار (هدم وترحيل أنقاض، وتنفيذ، واستثمار) أنه إذا كان العمل يتم خلال فصل الصيف فيفضل أن تتم أولاً عملية إعادة إعمار المواقع: 3,7,8، أما إذا كان العمل سيتم خلال فصل الشتاء فيفضل أن تتم أولاً إعادة إعمار المواقع: 3,7,8,35، ذات الأثر السلبي الأقل على البيئة.

6-4-4 - آلية تخفيف التأثيرات البيئية في المشروع:

- تنفيذ الأعمال في الشتاء باستخدام أدوات يدوية وآليات حديثة.
- الاهتمام بالغطاء النباتي وزيادة مساحة الحدائق وإحاطة المباني بوجائب مزروعة بالنباتات.
- جبل البيتون في مجبل مركزي.
- جمع القمامة بما فيها النفايات الطبية بواسطة السيارات ومنع تراكمها أو رميها لحماية مصادر المياه السطحية والجوفية.

- استبدال شبكات الصرف الصحي القديمة لمنع تسرب مخلفاتها إلى شبكة المياه الجوفية وعدم رمي مخلفاتها في المصادر المائية السطحية.

7- النتائج والتوصيات:

7-1- النتائج:

1- كان لمعيار التأثير بالارتجاج خلال مرحلة الاستثمار دوراً مهماً في عملية التقييم والتمييز بين المواقع المدمرة من حيث أثرها السلبي على البيئة وذلك في فصلي الصيف والشتاء.

2- لعبت معايير تلوث التربة والتأثر بالارتجاج وتلوث الغطاء النباتي خلال مرحلة التنفيذ دوراً مهماً في عملية التقييم والتمييز بين المواقع المدمرة من حيث أثرها السلبي على البيئة وذلك في فصلي الصيف والشتاء.

3- لعبت معايير تلوث الهواء والتأثر بالارتجاج وتلوث الغطاء النباتي خلال مرحلة الهدم وترحيل الأنقاض دوراً مهماً في عملية التقييم والتمييز بين المواقع المدمرة من حيث أثرها السلبي على البيئة وذلك في فصلي الصيف والشتاء.

7-2- التوصيات:

- 1- يوصى بضرورة إدراج تقييم الأثر البيئي في دراسات المشاريع الهندسية.
- 2- طبقت الدراسة على حي جب الجندي في مدينة حمص ويوصى بتطبيقها على باقي الأحياء الأخرى وربما على الأحياء في باقي المحافظات.
- 3- يوصى بلحظ بقية المعايير البيئية التي لم تدرس في هذا البحث في الدراسات القادمة.

4- تطبيق طرق رياضية أخرى تساهم في صناعة القرار غير الطريقة المتبعة في هذا البحث كطريقة مستعمرة النمل مثلاً.

8- المراجع:

- [1] الدياب، علي وعلي، حمزة، 2009-2010 - كتاب تحليل النظم الهندسية. منشورات جامعة البعث، عدد الصفحات 406.

- [2] الأسطل، وفاء ناجي، 2015- أثر تصميم شوارع المشاة على استدامة المناطق العمرانية- حالة دراسية (مركز مدينة خان يونس)، رسالة ماجستير، الجامعة الإسلامية، غزة، فلسطين.
- [3] بريجاوي، يمان، 2019- استخدام المنطق الضبابي في تقييم الأثر البيئي للمشروع الهندسي في الوسط المحيط، رسالة ماجستير، كلية الهندسة المدنية، جامعة البعث.
- [4] رشيد، ميسون أحمد، 2013 - البنية العمرانية في الحي السكني في سورية بهدف تحقيق التكامل الوظيفي الأمثل. رسالة ماجستير، كلية العمارة، جامعة البعث.
- [5] علوش، عبير، 2016 - دعم القرار متعدد المعايير في تخطيط موقع المبنى السكني، رسالة ماجستير، كلية الهندسة المدنية، جامعة البعث.
- [6] ميا، صفا وعابدين، محمد يسار وميا، رولا، 2013 - المعايير التخطيطية المعاصرة لإعداد المخططات التنظيمية المستدامة للمدن (دراسة حالة مدينة اللاذقية في سورية)، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية - سلسلة العلوم الهندسية، المجلد (35)، العدد (8)، الصفحات - .
- [7] احصائيات مجلس محافظة حمص، 2008.
- [8] المخطط التنظيمي لمدينة حمص، مجلس محافظة حمص، دائرة التخطيط العمراني.
- [9] Adnan Enshassi, B.K. (2014). An Evaluation of Environmental Impacts of Construction. Revista Ingenieria de construccion RIC.
- [10] Andre de Siqueira Campos Boclin a,R.d.(2006). A Decision Support Methde for Environmental Impact Assessment. Ecological Economics 58.