

# مجلة جامعة البعث

سلسلة علوم الهندسة المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 43 . العدد 20

1442 هـ - 2021 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير

أ. د. ناصر سعد الدين

رئيس التحرير

أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

عضو هيئة التحرير	د. محمد هلال
عضو هيئة التحرير	د. فهد شريباتي
عضو هيئة التحرير	د. معن سلامة
عضو هيئة التحرير	د. جمال العلي
عضو هيئة التحرير	د. عباد كاسوحة
عضو هيئة التحرير	د. محمود عامر
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الحسن
عضو هيئة التحرير	د. سونيا عطية
عضو هيئة التحرير	د. ريم ديب
عضو هيئة التحرير	د. حسن مشرقي
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. نزار عبشي

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

. موقع الإنترنت : [www.albaath-univ.edu.sy](http://www.albaath-univ.edu.sy)

. البريد الإلكتروني : [magazine@ albaath-univ.edu.sy](mailto:magazine@albaath-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 وورد 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 (20000) ل.س عشرون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (50000) ل.س خمسون ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مننأ دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (3000) ل.س ثلاثة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

## المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
36-11	د.م. حنان كامل درويش	تطوير امتداد <i>plugin</i> ضمن برنامج <i>QGIS</i> لاستخراج المناطق العمرانية من الصور الفضائية بطرق الذكاء الاصطناعي واعتماداً على التقنيات الجيومكانية المفتوحة
68-37	د. علي تريكية د. قصي درويش حسان عيسى	المقارنة بين التحليل الديناميكي اللاخطي والتحليل الستاتيكي اللاخطي على سلوك الجمل الثنائية (إطارات – جدران قص) وتدعيمها
94-69	د.م. ريم قزي د.م. جميل جبل	تحسين مقاومة التربة الانتفاخية باستخدام رماد مخلفات عصر الزيتون الصلبة
136-95	د.م. رولانا ربيع م. رزان مطانس	دور محاور المشاة المتعددة الاستعمالات في المدن وقواعد تطويرها – "مدينة حمص مثلاً"





## تطوير امتداد plugin ضمن برنامج QGIS لاستخراج المناطق العمرانية

من الصور الفضائية بطرق الذكاء الاصطناعي واعتماداً على التقنيات

الجيومكانية المفتوحة

د.م. حنان كامل درويش\*

### الملخص

يعد تحليل المناطق الحضرية في الصور متعددة الأطياف من أهم تطبيقات التقنيات الجيومكانية سواء الاستشعار عن بعد أو أنظمة المعلومات الجغرافية. يعرض البحث المقدم امتداد (plugin) مطور في بيئة نظم المعلومات الجغرافية لإعداد خرائط المناطق العمرانية بطريقة منخفضة التكلفة وذلك اعتماداً على الصور المجانية ذات الدقة المكانية الجيدة للقمر الصناعي سانتينيل 2 (Sentinel-2) وأيضاً على برنامج QGIS ومكتبات بايثون الحرة والمفتوحة المصدر.

يسمح الامتداد المطور باستخراج المناطق العمرانية اعتماداً على طرق التصنيف بالشبكات العصبونية الاصطناعية ويتم تنفيذ عملية التصنيف من خلال واجهة خاصة للامتداد وهو مجاني ومفتوح المصدر تم تطويره ضمن برنامج QGIS بلغة البايثون، تحت اسم (ANN for image Classification).

تتميز واجهة الامتداد بسهولة الاستخدام من قبل غير المختصين، وتتيح اختيار البارامترات المتعددة وإجراء التصنيف بطرق الذكاء الاصطناعي.

تم اختبار الامتداد عن طريق دراسة حالة وبناء نموذج ANN باستخدام صورة سانتينيل 2 لمدينة اللاذقية مأخوذة في العام 2018 وتم إجراء التصنيف والتنبؤ وإنشاء الخرائط العمرانية لمدينة جبلة اعتماداً على صورة سانتينيل 2 مأخوذة في العام 2019.

دلّت النتائج على أهمية المنهجية المعتمدة والمتمثلة بالامتداد المطور والذي سيوفر أداة متاحة للتحميل مجاناً والاستخدام من قبل محلي صور الأقمار الصناعية متعددة الأطياف، مما يمكنهم من إنشاء الخرائط العمرانية بأقل وقت وجهد وتكلفة مادية.

**كلمات المفتاحية:** صور سانتينيل 2، QGIS، امتداد (plugin)، التصنيف بالشبكات العصبونية الاصطناعية، مكتبات البايثون مفتوحة المصدر، أنظمة المعلومات الجغرافية الحرة ومفتوحة المصدر.

\* أستاذ مساعد في قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث - حمص - سورية.

✉ [hanan.darwisha@hotmail.com](mailto:hanan.darwisha@hotmail.com)

## Developing a plugin within the QGIS to extract urban areas by artificial intelligence methods based on open geospatial techniques

Dr.Eng. Hanan DARWISHE\*

### Abstract

The analysis of urban areas in multispectral images is one of the most important applications of geomatics technologies, whether remote sensing or geographic information systems. The paper presents a developed tool (plugin) in GIS environment, this tool allows creating low cost urban maps based on free images with good spatial resolution of Sentinel-2 satellite as well as on QGIS software and free and open source Python libraries.

The tool is based on the extraction of urban areas using the classification of artificial neural networks and is implemented through a free and open source plugin that was developed within the QGIS program using Python language, it was called (ANN for image Classification).

The developed plugin is easy to use by non-professionals, allows selection of multiple parameters and performs classification by artificial intelligence methods.

The plugin was tested by applying on a case study and creating an ANN model using an image of Sentinel 2 of Lattakia city taken in 2018. Classification was performed, and urban mapping of the city of Jableh was predicted based on the image of Sentinel 2 taken in 2019.

The results indicated the importance of the methodology represented by the developed plugin, which will provide a tool available for free download and use by multispectral satellite image analysts, enabling them to create urban maps with minimal time, effort and cost.

**Key Words:** Sentinel 2 Images, QGIS, plugin, Artificial Neural Networks, open source python libraries, free and open source Geographic Information Systems.

---

\* Associate Professor, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Al-Baath University, Homs, Syria.

✉ [hanan.darwishe@hotmail.com](mailto:hanan.darwishe@hotmail.com)

---



## 1 مقدمة

تعتبر المدن أنظمة معقدة تتكون من العديد من المكونات المتفاعلة التي تتطور عبر مقاييس مكانية وزمانية متعددة [1].

تتطلب إدارة وتخطيط المناطق الحضرية في المدن معلومات حديثة ودقيقة حول استخدامات الأراضي، توفر تقنية الاستشعار عن بعد مصدراً رئيسياً للبيانات لإعداد خرائط المناطق العمرانية، ويستلزم اختيار مصدر هذه البيانات المفاضلة بين التكلفة، الدقة، النوعية والتوقيت.

يمكن لتكامل الصور الفضائية المجانية مع التقنيات الجيومكانية الحرة ومفتوحة المصدر كنظم المعلومات الجغرافية ومكتبات تحليل الصور وتصنيفها بالتعلم الآلي أن يوفر نظاماً كاملاً لتلبية احتياجات المعلومات المطلوبة لإعداد هذه الخرائط ورصد ونمذجة وفهم وإدارة الأنظمة الحضرية.

خلال العقد الماضي، زاد التطور في مجال البيانات الجغرافية المكانية المفتوحة والبرمجيات الجيومكانية مفتوحة المصدر بشكل كبير [2]. يؤدي الجمع بين البرمجيات الحرة والمفتوحة والبيانات المفتوحة إلى إنشاء نظام مستدام قادر على حل التحديات المجتمعية العالمية متعددة التخصصات، وإنشاء وإدارة مدن مستدامة [3].

يعتمد إنشاء خرائط المناطق العمرانية بشكل أساسي على تطبيق خوارزميات التصنيف على صور الاستشعار عن بعد، ويمكن تقسيم هذه الخوارزميات بشكل أساسي إلى نوعين أساسيين الأول يعتمد على البيكسل كوحدة تحليل أساسية Pixel-based Classification، والثاني يعتمد على الكائن كوحدة تحليل Object-based Classification ويتفرع ضمن هذه التقنيات خوارزميات عديدة ومنوعة [4]. كما ظهرت في الفترة الأخيرة خوارزميات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي والتعلم العميق بالشبكات العصبونية لتصنيف الصور والتعرف على الأشكال وقد أثبتت هذه الطرق قدرتها الكبيرة في تصنيف الصور متعددة الأطياف ونمذجة الفئات المعقدة [5] [6].

قام [4] بمقارنة نتائج تصنيف صور الاستشعار عن بعد اعتماداً على طريقة الاحتمالية العظمى (Maximum likelihood classification)، طريقة التصنيف القائم على الكائن والتصنيف بالتعلم العميق باستخدام الشبكات العصبونية الاصطناعية وتبين بأن طرق الذكاء الاصطناعي أثبتت فعاليتها وأفضليتها على باقي الطرق من حيث الدقة والوقت والجهد.

لإنجاز التصنيف بطرق الذكاء الاصطناعي غالباً ما يتم العمل خارج برامج أنظمة المعلومات الجغرافية أو برامج معالجة صور الاستشعار عن بعد، ويتم الاعتماد على مجموعة من المكتبات والبرمجة ضمن بيئات تطوير متعددة، ويتم التنقل بين عدة برامج للحصول على التصنيف المطلوب [4]. تم مؤخراً دمج مجموعة من الأدوات في بعض برامج الـ GIS كإدراج أداة التعلم العميق بالشبكات العصبونية التلافيفية (Convolutional Neural Network (CNN)) في برنامج ArcGIS Pro التجاري، كما تم تطوير بعض الامتدادات ودمجها ضمن برنامج QGIS (Semi-Automatic Classification, Neural Network MLPClassifier)، لكن بعضها يحتوي على عدد كبير من الوظائف ويتطلب خبرة للتنفيذ، كما أنه لا يوجد من بين هذه الأدوات أي أداة قادرة على استخراج المناطق العمرانية وفصلها عن باقي الفئات اعتماداً على الشبكات العصبونية الاصطناعية، من هنا كانت ضرورة إنشاء أداة تسمح ومن خلال واجهة سهلة الاستخدام بتوفير إمكانية التصنيف بالشبكات العصبونية الاصطناعية بطريقة سهلة ودون الحاجة لأي خبرة أو معرفة برمجية وأن تكون هذه الأداة حرة ومفتوحة المصدر، ويمكن تحميلها ضمن برنامج QGIS والعمل بشكل مباشر على استخراج المناطق العمرانية من الصور متعدد الأطياف.

## 2 هدف البحث وأهميته

يهدف البحث الى تطوير أداة عن طريق امتداد تسمح بتنفيذ منهجية عمل متكاملة مستندة الى استخدام البيانات والبرمجيات الحرة ومفتوحة المصدر، ستسمح هذه الأداة للمستخدمين العاديين وغير الاختصاصيين من انشاء خرائط المناطق العمرانية بسهولة وتكلفة منخفضة. وتتمثل أهمية البحث في أنه يوفر وسيلة تسمح بإجراء التصنيف وتمييز

المناطق العمرانية عن باقي الفئات بطرق الذكاء الاصطناعي وتحديدًا بالشبكات العصبونية الاصطناعية وذلك ضمن بيئة نظام المعلومات الجغرافية الحر ومفتوح المصدر QGIS.

### 3 مواد وطرائق البحث

#### 3.1 التقنيات الجيومكانية والبيانات المفتوحة

تعد التقنيات الجيومكانية والبيانات المفتوحة نموذجاً مهماً يوفر الفرصة لتعزيز ديمقراطية المعلومات الجغرافية وإتاحتها للجميع، ويمكن تعريف البيانات أو البرامج المفتوحة بأنها مفتوحة إذا كان لأي شخص حرية الوصول إليها واستخدامها وتعديلها ومشاركتها - وهي تخضع للتدابير التي تحافظ على المصدر والانفتاح [7].

وعلى هذه الأساس يمكن تصنيف الانفتاح في مجال التقنيات الجيومكانية الى مكونات رئيسية ثلاثة متمثلة بالبرمجيات، البيانات والمعايير [8].

تطورت برامج نظم المعلومات الجغرافية مفتوحة المصدر بشكل مستمر وفعال خلال العقد الماضي [2]، وهي جزء من البرمجيات الحرة ومفتوحة المصدر (FOSS free and open-source software) والتي تعتبر من البرامج الحاسوبية التي يمكن فيها الوصول إلى الأكواد المصدرية، حيث يمكن استخدامها بحرية، تغييرها، وتوزيعها من قبل أي شخص. وهي من إنتاج العديد من الأشخاص أو المنظمات وموزعة بموجب تراخيص تتوافق مع تعريف المصدر المفتوح [9].

في الثمانينيات تم البدء بالعمل مع برامج FOSS\_GIS حيث تم اطلاق الإصدارات الأولى من برامج GRASS GIS (<https://grass.osgeo.org>) من قبل مختبرات أبحاث هندسة البناء بالجيش الأمريكي (US Army Construction Engineering Research Laboratories)، بينما في التسعينيات تم إصدار برنامج MapServer ليبدأ تاريخ العمل مع الخرائط على الويب (<https://mapserver.org>)، الذي تم تطويره في جامعة مينيسوتا [8].

يقوم الاتحاد الجيو-مكاني المفتوح (OGC (Open Geospatial Consortium)) والذي تم تأسيسه 1994 (OGC، <https://www.opengeospatial.org>) لضمان قابلية التشغيل البيئي الجغرافي المكاني بتصميم واختبار المعايير المفتوحة باستمرار ويتم إصدار عشرات المعايير الجديدة أو تحديثها كل عام، مثل INSPIRE Spatial Data Infrastructure (SDI) التابعة للاتحاد الأوروبي [2] [3] [8].

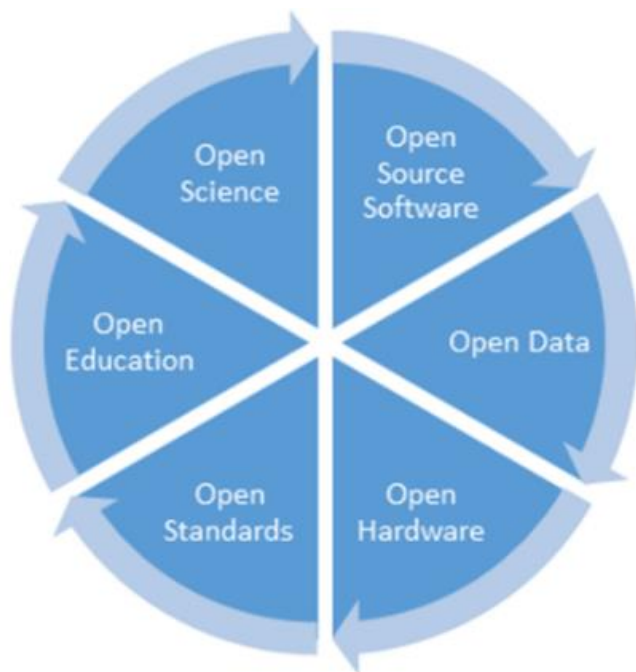
كان إنشاء مؤسسة Open Source Geospatial Foundation OSGeo في عام 2006 (OSGeo، <https://www.osgeo.org>)، وهي مؤسسة حكومية غير ربحية هدفها دعم وتطوير التقنيات الجيومكانية مفتوحة المصدر والبيانات المفتوحة، بمثابة الأساس للمصادقة على نضج البرامج الجيومكانية المفتوحة. وتدير OSGeo مؤتمراً دولياً سنوياً يسمى FOSS4G للتشجيع على استخدام البرامج مفتوحة المصدر، وتعتبر فرصة هامة جداً للمشاركة وتعلم الباحثين من بعضهم البعض من خلال العروض التقديمية وورش العمل العملية ومعرض المؤتمرات.

حالياً يتم استخدام التكنولوجيا الجغرافية المكانية مفتوحة المصدر بشكل منتظم من قبل الحكومات والشركات والمهنيين والأكاديميين في مجموعة واسعة من التطبيقات عالية المستوى [10] [11] [12] [13].

تمثل البيانات الجغرافية المكانية المفتوحة نظيراً للبرامج الجيومكانية مفتوحة المصدر عند الانتقال من مجال التكنولوجيا إلى مجال البيانات. وعلى مدى العقود القليلة الماضية، كان هناك وعي متزايد بقيمة البيانات وتضاعفت الإجراءات لفتح البيانات، مما أدى إلى سياسات البيانات المفتوحة المدرجة في جداول الأعمال السياسية على مستويات مختلفة، كما بدأت المنظمات الأكاديمية والعلمية في دمج الجوانب متعددة الأبعاد للانفتاح (openness) في أنشطتها، ويمكن تمثيل الانفتاح بدائرة مكونة من عناصر كثيرة [14]:

- 1- البرمجيات مفتوحة المصدر (Open source software)، أي تطوير البرمجيات المجانية والمفتوحة.
- 2- البيانات المفتوحة (Open data)، أي البيانات التي يمكن الوصول إليها مجاناً وقابلة للمشاركة وللإستخدام.

- 3- الأجهزة المفتوحة (Open hardware)، أي المنتجات المادية والآلات والأنظمة المصممة.
  - 4- المعايير المفتوحة (Open standard)، أي المواصفات التقنية المحايدة للأجهزة أو البرامج أو البيانات التي تم تطويرها من خلال عملية مفتوحة.
  - 5- التعليم المفتوح (Open education)، أي التعلم و التدريس بدون حواجز.
  - 6- العلم المفتوح (Open science)، أي جعل البحث العلمي ونشره في متناول جميع مستويات المجتمع.
- ويستفيد كل مكون من نجاح وتنفيذ جميع العناصر الأخرى، ولا تكتمل الدائرة إذا كان أحد المكونات مفقوداً.



الشكل 1 : مكونات عديدة للانفتاح (openness)

### 3.2 صور ساتينيل 2

تم تطوير Sentinel-2 وتشغيله من قبل وكالة الفضاء الأوروبية (ESA European Space Agency).

Sentinel-2 هي مهمة لمراقبة الأرض من برنامج كوبرنيكوس ( Copernicus Programme) والتي تقوم بالنقاط صوراً بدقة مكانية جيدة (10 م إلى 60 م). المهمة عبارة عن كوكبة ذات قمرين صناعيين توأمين، Sentinel-2A و Sentinel-2B. تم إطلاق أول قمر صناعي Sentinel-2A في 23 يونيو 2015 [15]، كما تم إطلاق Sentinel-2B في 7 مارس 2017 [16].

يمتلك Sentinel-2 المستشعر Multi-Spectral Instrument (MSI) مع 13 نطاقاً طيفياً في الجزء المرئي، الأشعة تحت الحمراء القريبة، وحتى الأشعة تحت الحمراء القصيرة الموجة من الطيف الكهرومغناطيسي، ويبين الجدول 1 النطاقات والدقة المكانية والدقة الطيفية.

الجدول 1 : نطاقات القمر الصناعي Sentinel-2 والدقة المكانية والدقة الطيفية

Resolution (m)	Central Wavelength (µm)	Sentinel-2 Bands	
60	0.443	Band 1 - Coastal aerosol	1
10	0.490	Band 2 - Blue	2
10	0.560	Band 3 - Green	3
10	0.665	Band 4 - Red	4
20	0.705	Band 5 - Vegetation Red Edge	5
20	0.740	Band 6 - Vegetation Red Edge	6
20	0.783	Band 7 - Vegetation Red Edge	7
10	0.842	Band 8 - NIR	8
20	0.865	Band 8A - Vegetation Red Edge	9
60	0.945	Band 9 - Water vapour	10
60	1.375	Band 10 - SWIR - Cirrus	11
20	1.610	Band 11 - SWIR	12
20	2.190	Band 12 - SWIR	13

### 3.3 البرامج والأدوات المستخدمة

- برنامج QGIS

المعروف حتى عام 2013 باسم (Quantum GIS) [17] هو تطبيق مكتبي مجاني ومفتوح المصدر لنظم المعلومات الجغرافية (GIS) يدعم عرض وتحرير وتحليل البيانات الجغرافية المكانية [18].

#### - مكتبات TensorFlow, Keras, pyrsgis, scikit-learn, numpy

**TensorFlow**: هي عبارة عن مكتبة بايثون مفتوحة المصدر شاملة للتعلم الآلي والتعلم العميق [19].

**Keras**: هي مكتبة مفتوحة المصدر توفر واجهة Python للشبكات العصبونية الاصطناعية، وتعمل كواجهة لمكتبة TensorFlow [20].

**Scikit-Learn**: عبارة عن وحدة نمطية (module) للتعلم الآلي مبنية على مكتبة SciPy [20].

**Pyrsgis**: هي وحدة نمطية قوية لقراءة البيانات الجغرافية المخزنة بالصيغة المترسية ومعالجتها وتصديرها، وهي مبنية على مكتبة GDAL [22].

**Numpy**: هي مكتبة بايثون تستخدم للعمل مع المصفوفات [23].

#### - Spyder

هي بيئة تطوير متكاملة مفتوحة المصدر ( IDE : integrated development environment ) للبرمجة العلمية بلغة Python [24].

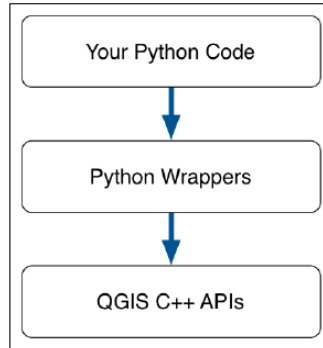
#### - برنامج QT creator

عبارة عن بيئة تطوير متكاملة تعمل على تبسيط تطوير تطبيقات واجهة المستخدم الرسومية.

#### - QGIS Python API (PYQGIS)

يوفر QGIS واجهة برمجة تطبيقات (Application Python API Programming Interface) والمعروفة باسم PyQGIS. واجهة برمجة التطبيقات (API) واسعة وقادرة جداً. ويمكن تقريباً إجراء كل عملية يمكن القيام بها باستخدام QGIS باستخدام واجهة برمجة التطبيقات، ويتيح ذلك للمطورين كتابة تعليمات برمجية لإنشاء أدوات جديدة وتخصيص الواجهة وأتمتة عمليات سير العمل.

نظام QGIS نفسه مكتوب بلغة C++، ولديه مجموعة خاصة به من واجهات برمجة التطبيقات (API) مكتوبة أيضاً بلغة C++، ويتم تنفيذ واجهات برمجة تطبيقات Python كأغلفة حول واجهات برمجة تطبيقات C++ هذه. على سبيل المثال، هناك فئة Python تسمى QgisInterface تعمل كغلاف حول فئة C++ تحمل نفس الاسم. كما يتم توفير جميع طرق ومتغيرات الفئة وما شابه ذلك التي يتم تنفيذها بواسطة إصدار C++ من QgisInterface من خلال غلاف Python (الشكل 5).



الشكل 2 : البرمجة بالبايثون بالاعتماد على مكتبات مكتوبة بلغة C++

#### 4 النتائج والمناقشة

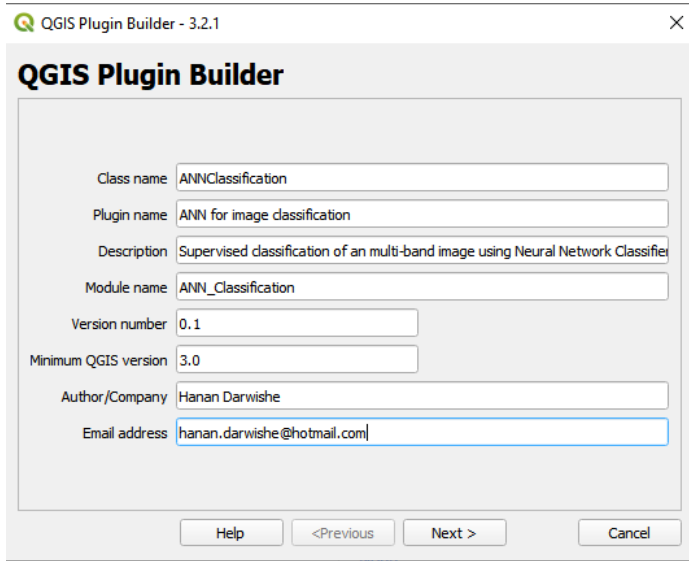
##### 4.1 تطوير امتداد للتصنيف بالشبكات العصبونية الاصطناعية ANN for image Classification

##### QGIS ضمن

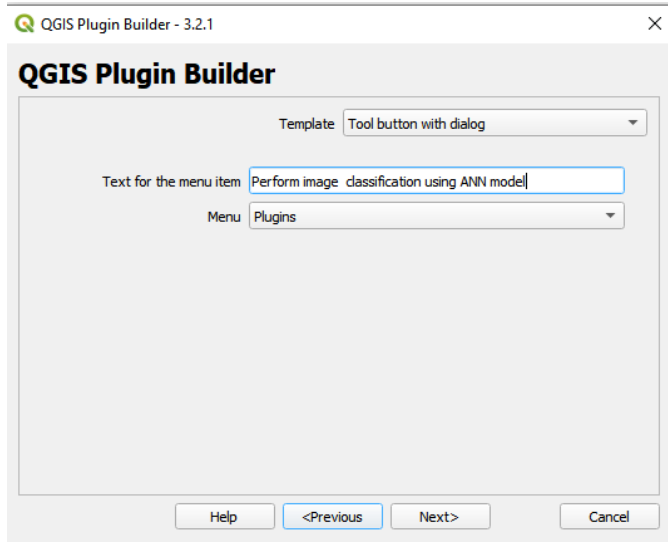
في هذه المرحلة تم الاعتماد على عدة برامج بالتزامن مع بعضها البعض لتطوير الامتداد المطلوب بدءاً من برنامج QGIS والذي يتم انشاء الامتداد ضمنه ومن ثم الانتقال الى برنامج QT creator لإنشاء الواجهات وتصميمها ومن ثم كتابة الأكواد البرمجية ضمن



برنامج Spyder لننتهي ببرنامج QGIS لاختبار الامتداد وتنفيذه. تبدأ عملية تطوير أي امتداد عن طريق امتداد باني الإضافات (Plugin Builder) الموجود ضمن برنامج QGIS، حيث يتم اعطاء اسم للإمتداد واسم للفئة وللوحدة النمطية ورقم النسخة ومكان الامتداد ضمن أي قائمة وغيرها من المعلومات الخاصة بالامتداد (الشكل 3 ، الشكل 4).

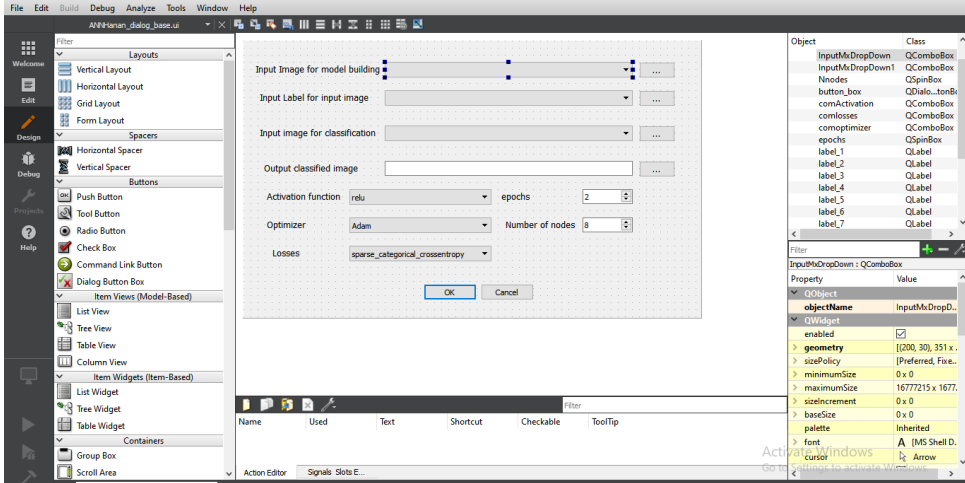


الشكل 3 : واجهة 1 انشاء الامتداد ضمن برنامج QGIS (اسم الامتداد واسم للفئة وللوحدة النمطية ورقم النسخة)



الشكل 4 : واجهة 2 انشاء الامتداد ضمن برنامج QGIS (مكان الامتداد ضمن أي قائمة)

بعد انشاء الامتداد يتم العمل ضمن برنامج QT creator من خلال فتح الواجهة الفارغة التي تم انشاءها مع الامتداد ويتم في هذه المرحلة تصميم شكل واجهة المستخدم ووضع كافة المكونات اللازمة لعمل الامتداد من عناصر إظهار وإدخال وأزرار كالتسميات، القوائم المنسدلة وغيرها من المكونات ( : Input Widgets : label, Display Widgets : Combo Box – Line Edit – Spin Box, Buttons : Push Button – Dialog Button Box). (الشكل 5).



الشكل 5 : العمل ضمن برنامج Qt creator لتصميم واجهة الامتداد

بعد الانتهاء من تصميم واجهة المستخدم ننقل الى كتابة الأكواد البرمجية ضمن برنامج Spyder (الشكل 6).

```

386
387 .....layers = QgsProject.instance().layerTreeRoot().children()
388 # Clear the contents of the comboBox from previous runs
389 .....self.dlg.InputMxDropDown.clear()
390 .....self.dlg.InputMxDropDown1.clear()
391 .....self.dlg.InputLabelDropDown.clear()
392 .....self.dlg.outputDirectory.clear()
393 # Populate the comboBox with names of all the loaded layers
394 .....self.dlg.InputMxDropDown.addItem([layer.name() for layer in layers])
395 .....self.dlg.InputLabelDropDown.addItem([layer.name() for layer in layers])
396
397 .....self.dlg.pushButtonMx.clicked.connect(self.selectMxFile)
398 .....self.dlg.pushButtonMx1.clicked.connect(self.selectMxFile1)
399 .....self.dlg.pushButtonLabel.clicked.connect(self.selectLabelFile)
400 .....self.dlg.pushButtonOutput.clicked.connect(self.select_output_file)
401 .....#<self.dlg.pushButton.clicked.connect(self.ANNhanan)
402

```

الشكل 6 : العمل ضمن برنامج Spyder لكتابة الأكواد البرمجية

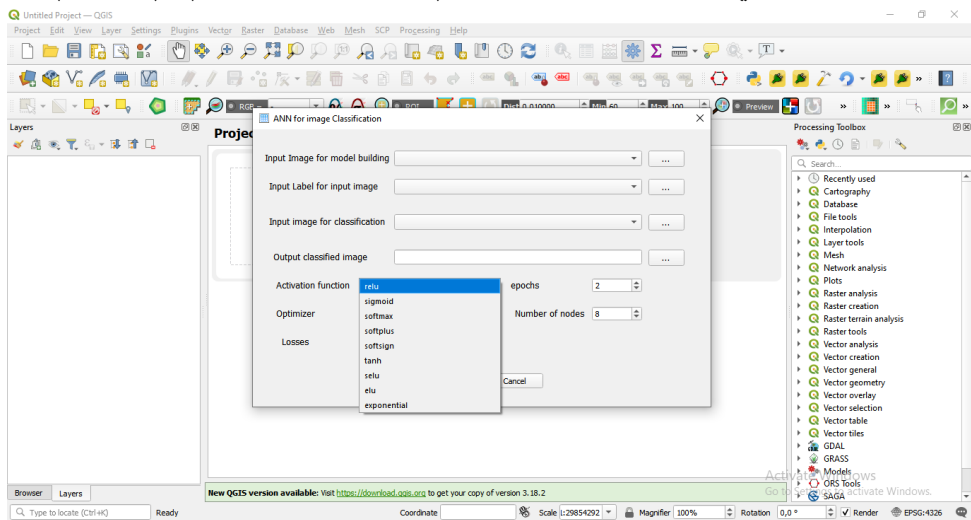
تتلخص مراحل كتابة الكود البرمجي ببناء نموذج شبكة عصبونية اصطناعية والتي ستقوم بمهمة التصنيف واستخلاص المناطق العمرانية وهي تشمل الخطوات التالية:  
 في المرحلة الأولى يتم استدعاء كافة المكتبات اللازمة للعمل على سبيل المثال: (qgis.core, qgis.PyQt, pyrsgis, tensorflow, numpy, sklearn) وغيرها من المكتبات، ويجب التنويه الى أن قسم من هذه المكتبات موجود مسبقاً وقد تم تحميله مع برنامج QGIS، وقسم منها يعتبر من المكتبات الخارجية أو مايسمى بالـ ( third party Python libraries ) كمكتبة tensorflow فيجب تحميلها وتثبيتها، ويعتبر استخدام

OSGeo4W Shell أسهل طريقة لتنصيب أي حزمة Python، حيث سيؤدي هذا إلى  
تنصيب الحزمة في توزيعه Python التي يستخدمها QGIS.

يتوجب معالجة البيانات وتحويل المصفوفات إلى مصفوفات ثنائية الأبعاد، وهو الشكل  
الذي تعمل به غالبية خوارزميات تعلم الآلة، حيث يمثل كل صف بكسل والأعمدة هي  
القيم الرقمية DN لكل نطاق من النطاقات في البيكسل. تقوم الوحدة النمطية convert  
التابعة لـ pyrgis من خلال changeDimension بهذه المهمة [4].

تم استخدام keras في المرحلة اللاحقة وتحديد النموذج المتسلسل sequential لإضافة  
الطبقات واحدة تلو الأخرى، حيث توجد طبقة إدخال واحدة مع عدد من العقد  
(العصبونات) يساوي عدد النطاقات.

يعد تحديد عدد الخلايا العصبونية في الطبقات المخفية جزءاً مهماً جداً من تحديد بنية  
الشبكة العصبونية الشاملة. وعلى الرغم من أن هذه الطبقات لا تتفاعل بشكل مباشر مع  
البيئة الخارجية، إلا أن لها تأثيراً كبيراً على المنتج النهائي. لذلك يجب مراعاة كل من عدد  
الطبقات المخفية وعدد الخلايا العصبونية في كل من هذه الطبقات المخفية بعناية،  
فاستخدام عدد قليل من الخلايا العصبونية في الطبقات المخفية سيؤدي إلى شيء يسمى  
نقص في التدريب (Underfitting). كما أن وجود عدد كبير من الخلايا العصبونية في  
الطبقات المخفية سيؤدي إلى التدريب المفرط (Overfitting) [25]، يمكن تحديد عدد  
الخلايا العصبونية في الطبقة المخفية من خلال (Number of nodes) (الشكل 7).

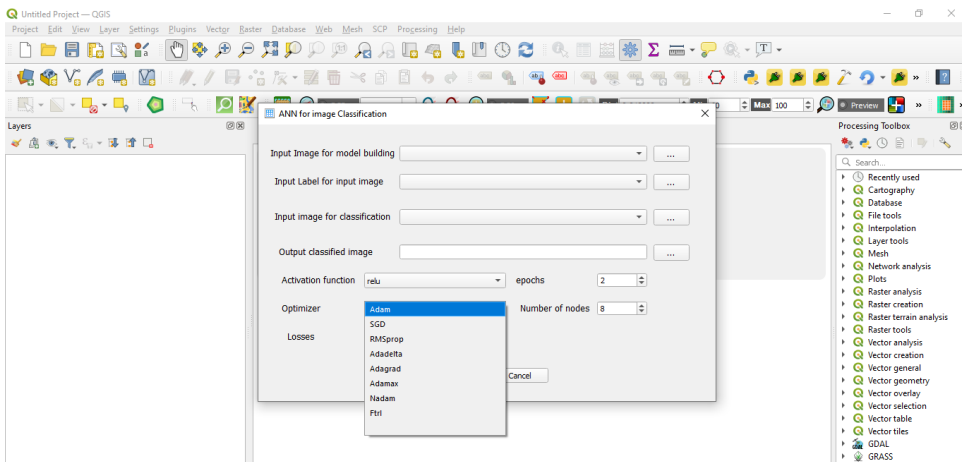


الشكل 7 : اختيار عدد الخلايا العصبونية، خيارات متعددة لتابع التفعيل ضمن الامتداد  
ANN for image Classification ضمن برنامج QGIS

كما يجب اختيار تابع التفعيل أو التنشيط (activation function) وهو عبارة عن تابع رياضي ضمن العصبون بين طبقتين من أي شبكة عصبونية. يُعرف أيضاً باسم تابع النقل (transfer function) يتم استخدامه لتحديد ناتج عن طريق مدخل أو مجموعة من المدخلات، وله دور أساسي في التعلم العميق للشبكة العصبونية. تتيح المكتبة Keras استخدام أنواع مختلفة من توابع التفعيل مثل: relu, sigmoid, softmax, softplus, softsign, tanh, selu, elu, exponential function.

ويمكن اختيارها مباشرة من القائمة المنسدلة (الشكل 7).  
التعلم العميق هو عملية تكرارية للغاية، ويجب إجراء العديد من التجارب وتغيير البارامترات في كل مرة لمعرفة أي مجموعة من البارامترات تتوافق مع بعض وتعمل بالشكل الأفضل، فمن المهم أن يتدرب نموذج التعلم العميق في أقصر وقت ممكن.

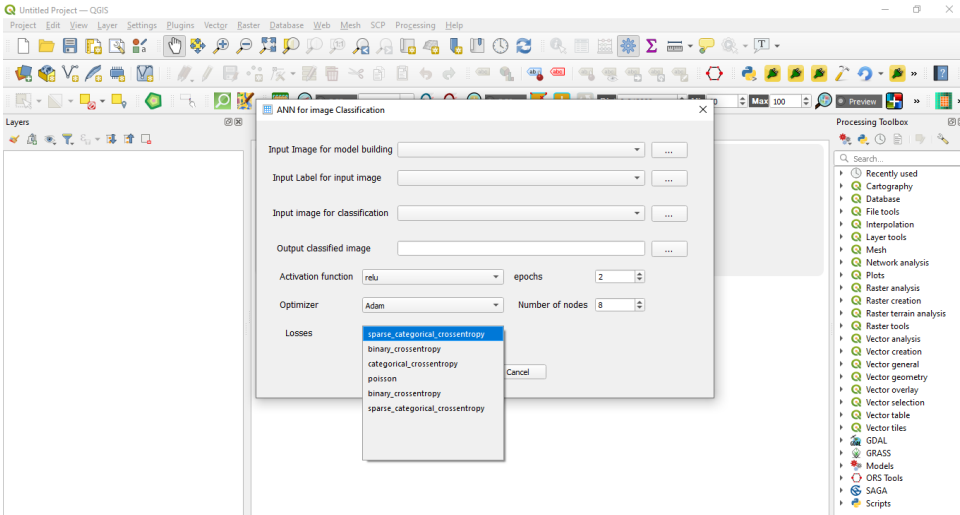
يتم عادة استخدام خوارزميات تحسين (optimizers) أثناء تدريب الشبكة العصبونية لتغيير سمات الشبكة العصبونية مثل الأوزان ومعدل التعلم.  
يوجد مجموعة من خوارزميات التحسين التي تتيحها مكتبة Keras والتي يمكن اختيارها من القائمة المنسدلة Optimizer مثل ( SGD, RMSprop, Adadelta, Adagrad, Adamax, Nadam, Ftrl ) (الشكل 8).



## الشكل 8 : خيارات متعددة لتابع التحسين ضمن الامتداد ANN for image Classification ضمن برنامج QGIS

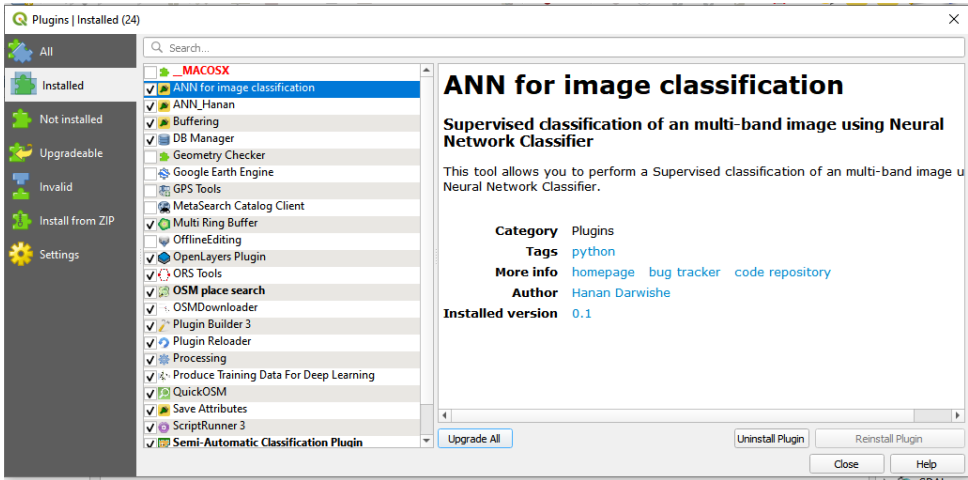
كما يجب اختيار تابع للخسارة من القائمة المنسدلة Losses ويسمى أيضاً تابع التكلفة وهو تابع وظيفته تقييم مدى جودة نماذج الخوارزمية لمجموعة البيانات الخاصة بنا. فإذا انحرفت التنبؤات كثيراً عن النتائج الفعلية، فسيخرج تابع الخسارة رقماً أعلى، أما إذا كانت قريبة فسيخرج رقماً أقل. بمساعدة خوارزميات التحسين، يتعلم تابع التكلفة تقليل الخطأ في التنبؤ.

ويوجد عدة توابع متاحة مثل ( `sparse_categorical_crossentropy`, `binary_crossentropy`, `categorical_crossentropy`, `poisson`, `binary_crossentropy`, `sparse_categorical_crossentropy` ) (الشكل 9).

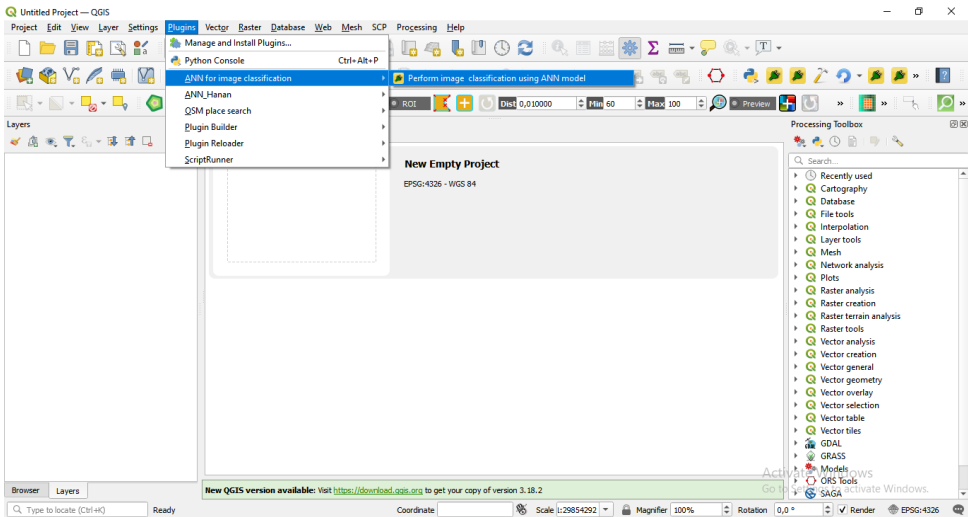


## الشكل 9 : خيارات متعددة لتابع losses ضمن الامتداد ANN for image Classification ضمن برنامج QGIS

بعد الانتهاء من كتابة كافة الأكواد البرمجية يمكن إضافة وتنزيل الامتداد ضمن البرنامج QGIS عن طريق Manage and Install Plugins (الشكل 10 و الشكل 11).



الشكل 10 : تثبيت الامتداد ANN for image Classification ضمن برنامج QGIS

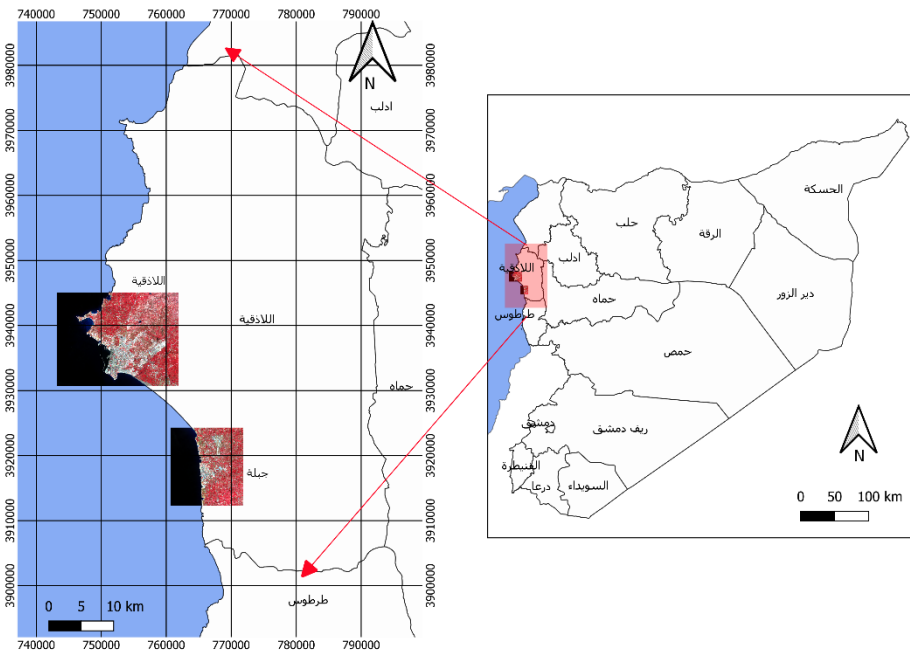


الشكل 11 : تشغيل الامتداد ANN for image Classification ضمن برنامج QGIS

#### 4.2 اختبار الامتداد المطور

تم الاعتماد على بيانات صور القمر الصناعي سانتينيل 2 (Sentinel-2). تم تشكيل صورة ملونة لمدينة اللاذقية (الشكل 12) ضمن برنامج QGIS بدقة مكانية 10 م من الـ 13 نطاق من نطاقات القمر الصناعي Sentinel-2.

كما تم استخدام صورة ملونة لمدينة جبلة (الشكل 12) أيضاً مكونة من النطاقات 13 نفسها لنفس القمر لتطبيق النموذج واستخراج المباني من باقي فئات التصنيف. أول خطوة لتنفيذ التصنيف تقوم على تحميل البيانات عن طريق ( Input Image for model building) (الشكل 13)، ويتم قراءة صور ساتلنيل لمنطقة الدراسة عن طريق الوحدة النمطية raster التابعة لـ pyrsgis، حيث يتم تشكيل مصفوفة NumPy من صورة الـ GeoTIFF مكونة من الموقع الجغرافي (الإحداثيات) والقيم الرقمية للبيكسلات (DN).



الشكل 12: منطقة الدراسة والبيانات (صور ملونة Sentinel-2 لمدينة اللاذقية وجبلة معروضة بالتركيبة اللونية التالية: RGB = 8 4 3)

التصنيف بالتعلم العميق المستخدم في الامتداد هو التصنيف المراقب، ولذلك تم الاعتماد على صورة ثنائية من قيمتين 0 و 1 للدلالة على فئة وجود فئة المباني من عدم وجودها حيث ستكون مهمتها كعينات للتدريب (training data)، تم تحميل هذه الصورة أيضاً وقراءتها عن طريق (Input Label for input image)، ويجب الانتباه الى أنه يجب

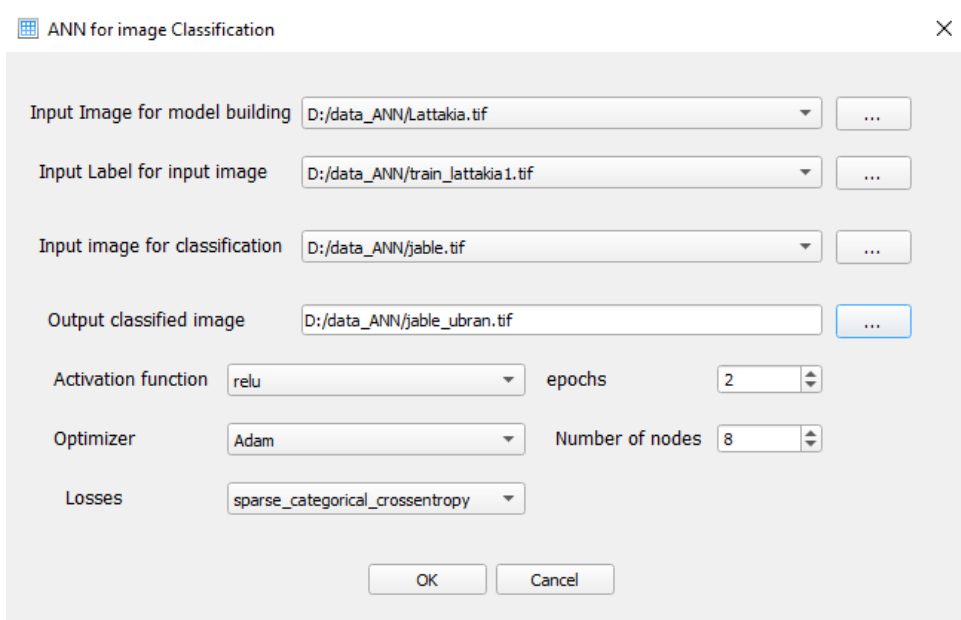


أن يكون عدد السطور والأعمدة والدقة المكانية (أبعاد البيكسل) هو نفس الصورة المدخلة تماماً.

نقوم بإدخال الصورة التي نود أن نجري لها التصنيف عن طريق ( Input image for classification)، ونختار مكان حفظ الصورة الناتجة عن التصنيف ( Output classified image).

كما نقوم باختيار عدد الطبقات الخفية، تابع التفعيل، تابع التحسين، تابع التكلفة ومن ثم النقر على ok لتبدأ عملية التصنيف.

النموذج النهائي مكون من ثلاث طبقات: طبقة إدخال مع 13 عصبون وطبقة خفية مع ثمانية عصبونات مع تابع تفعيل relu وطبقة الخرج بعصبونين، قمنا باختيار خوارزمية تحسين معدل التعلم التكيفي المسماة بـ Adam (Adaptive Moment Estimation) كما اخترنا "sparse\_categorical\_crossentropy" كتابع للخسارة (الشكل 13).



الشكل 13: نافذة انجاز التصنيف عن طريق الامتداد المطور

أثناء تنفيذ التصنيف يتم عرض مجموعة من الرسائل التي تم إضافتها الى الكود البرمجي والتي يتم اظهارها ضمن نافذة البايثون كعدد الأسطر والأعمدة لكافة الصور المدخلة وعدد

السجلات الكلي بعد عملية التحويل، فعلى سبيل المثال تم تحويل صورة سانتينيل 2 لمدينة اللاذقية المكونة من 1872 سطر و 1434 عمود و 13 نطاقاً طيفياً إلى 2684448 سجل.

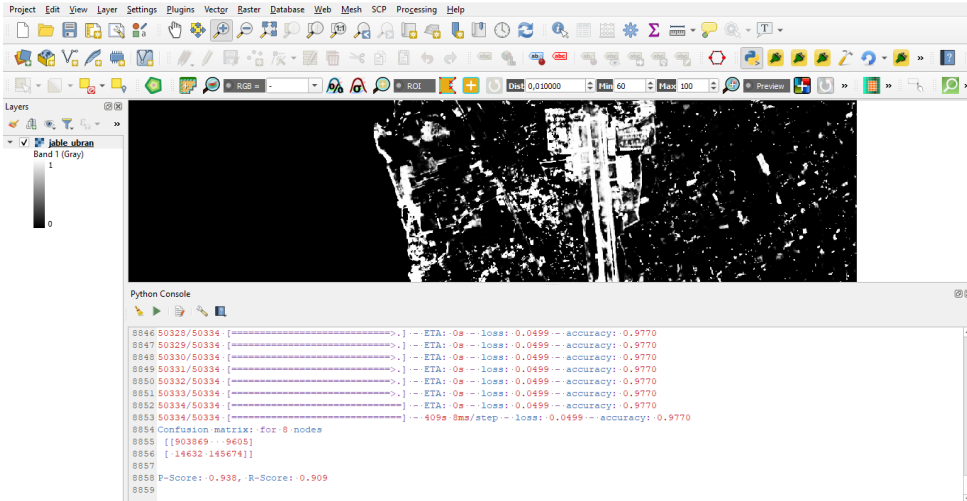
ويوضح الشكل 14 النتيجة النهائية بعد إنجاز العملية ويتم عرض المناطق العمرانية ضمن برنامج QGIS، بالإضافة الى رسائل ضمن نافذة البايثون توضح مصفوفة الخطأ ودقة التصنيف من خلال معيارين هما دقة الاسترجاع Recall ودقة الصحة Precision، ويوضح الشكل قيمة هذين المعيارين للنموذج المبني  $R\text{-Score}=0.909$  و  $P\text{-Score}=0.938$  وهي قيم جيدة وكان بالإمكان تغيير المعايير المختلفة حتى الوصول الى أعلى قيمة ممكنة للدقة.

وكانت مصفوفة الخطأ كما يظهرها الشكل 14 كالتالي:

Confusion matrix:

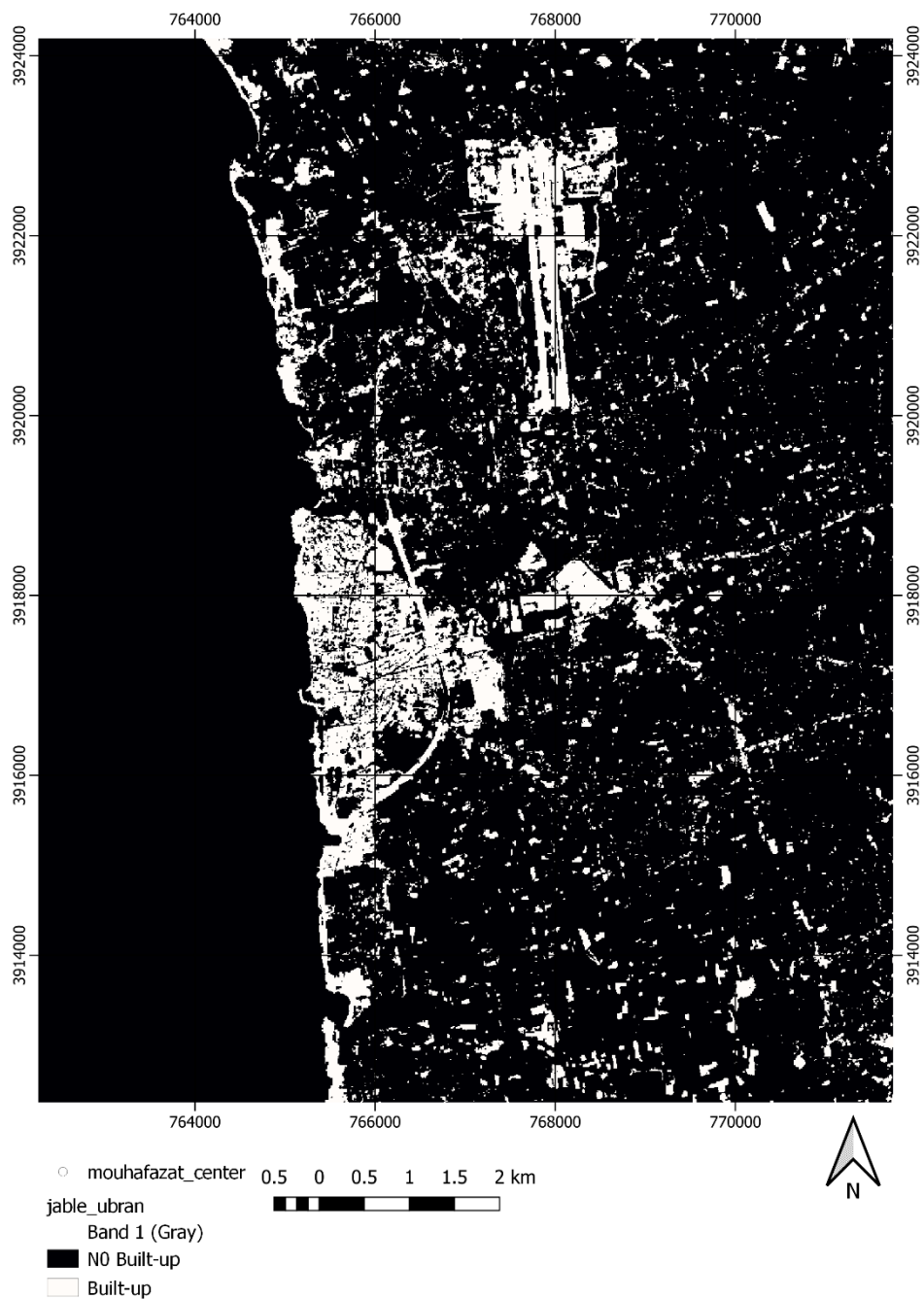
$$\begin{bmatrix} 903869 & 9605 \\ 14632 & 145674 \end{bmatrix}$$

حالياً، أكثر توابع التنشيط نجاحاً والأكثر استخداماً هي الوحدة الخطية المصححة (ReLU (rectified linear activation function)، فمن الممكن تثبيتها على سبيل المثال وتغيير عدد العصبونات في الطبقة الخفية ومقارنة النتائج، ومن الممكن اختبار الخيارات المختلفة المتاحة.



### الشكل 14: نافذة بايثون لعرض سير العمل

تم التنبؤ بالمناطق العمرانية في صورة مدينة جبلة من خلال نموذج الشبكة العصبونية الاصطناعية الذي تم اعتماده وبنائه على صورة مدينة اللاذقية. ويمثل (الشكل 15) ناتج عملية التصنيف ويوضح المناطق العمرانية في مدينة جبلة.



الشكل 15: المناطق العمرانية في مدينة جبلة تم استخلاصها عن طريق الامتداد المطور المبني على نموذج الشبكات العصبونية الاصطناعية

## 5 الاستنتاجات والتوصيات

إن تكامل البيانات المفتوحة متمثلة بصور القمر الصناعي سانتينيل 2 والبرامج المفتوحة متمثلة ببرنامج نظم المعلومات الجغرافية QGIS ومكتبات بايثون الحرة ومفتوحة المصدر للشبكات العصبونية الاصطناعية شكل نظاماً كاملاً قادراً على استخراج المناطق العمرانية وإنشاء خرائطها.

وقد وفر الامتداد المطور ضمن برنامج QGIS أداة جاهزة لإجراء عملية التصنيف بطريقة سهلة الاستخدام ولا تحتاج الى أي معرفة أو خبرة برمجية لتنفيذها.

من الممكن استخدام الامتداد المطور لاستخراج أي فئة من فئات الغطاء الأرضي وليس فقط المناطق العمرانية ويعتمد ذلك على بيانات التدريب للفئة المراد استخراجها والتي يجب ادخالها ك (Label image).

أثبتت المنهجية المقدمة في البحث فعاليتها في عملية التصنيف بطريقة منخفضة التكلفة من حيث الكلفة المادية، الجهد، والوقت الذي وفرته عند التنبؤ لمنطقة جديدة.

يمكن استخدام صور سانتينيل او لاندسات 8 ضمن الامتداد ويمكن تطبيق التنبؤ على أي بيانات مشابهة بالدقة الطيفية ومكونة من نفس عدد النطاقات للصورة الممثلة لبيانات الدخل والتي تم بناء النموذج على أساسها.

نتائج البحث تبين أهمية الاعتماد على البرامج والبيانات المفتوحة، وتظهر إمكانياتها القوية وتسلب الضوء عليها وتحفز على استخدامها، حيث أن نقص الوعي حول مفاهيم البيانات المفتوحة والبرامج مفتوحة المصدر وإمكانياتها قد يكون سبباً رئيسياً وراء عدم اعتمادها من قبل الباحثين في البلدان النامية.

يوصى باستخدام برامج أنظمة المعلومات الجغرافية الحرة ومفتوحة المصدر (FOSS\_GIS)، والتحفيز على اعتمادها في الدول النامية كوسيلة للحد من تكاليف الترخيص وتعزيز التنمية التكنولوجية المحلية عن طريق الحصول على الشيفرة المصدرية لهذه الأنظمة وتطويرها.

كما يوصى بتطوير الامتداد من خلال إعطاء الحرية للمستخدمين أكثر في اختيار البارمترات المختلفة وأيضاً الأنواع المختلفة من الصور الفضائية بحيث يتم تطبيق المنهجية على كافة أنواع الصور ومهما كانت دقتها المكانية والراديو مترية.

## 6 المراجع

- [1] Blaschke, Thomas, et al. "Collective sensing: Integrating geospatial technologies to understand urban systems—An overview." *Remote Sensing* 3.8 (2011): 1743-1776.
- [2] Mobasheri, Amin, et al. "Highlighting recent trends in open source geospatial science and software." (2020): 1141-1146.
- [3] Mobasheri, Amin, Francesco Pirotti, and Giorgio Agugiaro. "Open-source geospatial tools and technologies for urban and environmental studies." (2020): 1-4.
- د. م. حنان درويش، د. م. عدنان أحمد محمد، و د. م. فادي عز الدين شعبان. "تطوير نموذج [4] للتعلم العميق بالشبكات العصبونية الاصطناعية لاستخراج المناطق العمرانية من صور الاستشعار عن بعد-منطقة الدراسة: حمص-طرطوس." *مجلة جامعة البعث، سلسلة العلوم للهندسة المدنية والمعمارية* 43.7 (2021): 43-66.
- [5] Mahmon, Nur Anis, and Norsuzila Ya'acob. "A review on classification of satellite image using Artificial Neural Network (ANN)." 2014 IEEE 5th Control and System Graduate Research Colloquium. IEEE, 2014.
- [6] Maxwell, Aaron E., Timothy A. Warner, and Fang Fang. "Implementation of machine-learning classification in remote sensing: An applied review." *International Journal of Remote Sensing* 39.9 (2018): 2784-2817.
- [7] Open Definition 2.1. <http://opendefinition.org/od/2.1/en>. Accessed 21 may 2021.
- [8] Minghini, Marco, et al. "Geospatial openness: from software to standards & data." (2020): 1-5.
- [9] فادي عز الدين شعبان، و حنان كامل درويش. "إمكانات أنظمة المعلومات الجغرافية الحرة [9] ومفتوحة المصدر (FOSS\_GIS) تطبيق في تحليل اختيار الموقع الأمثل لمشروع عمراني." *Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series* 39.3 (2017).

- [10] Brovelli, Maria Antonia, et al. "Free and open source software for geospatial applications (FOSS4G) to support Future Earth." *International Journal of Digital Earth* 10.4 (2017): 386-404.
- [11] Moreno- Sanchez, Rafael. "Free and Open Source Software for Geospatial Applications (FOSS4G): A mature alternative in the geospatial technologies arena." (2012): 81-88.
- [12] Minghini, M., A. Kotsev, and M. Lutz. "COMPARING INSPIRE AND OPENSTREETMAP DATA: HOW TO MAKE THE MOST OUT OF THE TWO WORLDS." *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences* (2019).
- [13] Minghini, Marco, et al. "FOSS4G as a key building block for case-based learning in geographic information education." *FOSS4G-Europe 2017*. Vol. 42. No. 4/W2. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2017.
- [14] Coetzee, Serena, et al. "Open geospatial software and data: A review of the current state and a perspective into the future." *ISPRS International Journal of Geo-Information* 9.2 (2020): 90.
- [15] Nowakowski, Tomasz (23 June 2015). "Arianespace successfully launches Europe's Sentinel-2A Earth observation satellite". *Spaceflight Insider*. Retrieved 17 August 2016.
- [16] *Bergin, Chris (6 March 2017)*. "Sentinel-2B rides Vega to join Copernicus fleet". *NASASpaceFlight.com*. Retrieved 9 March 2017.
- [17] *Changelog for QGIS 2.0 - Quantum GIS is now known only as 'QGIS'.* *QGIS*. Retrieved 1 January 2020.
- [18] "QGIS Official Website". *QGIS*. Retrieved 16 October 2013.
- [19] Tensorflow, 2021. [Online]. Available: <https://www.tensorflow.org> [Accessed: 05-january-2021].
- [20] keras, 2021. [Online]. Available: <https://keras.io> [Accessed: 05-january-2021].
- [21] Scikit-learn, 2021. [Online]. Available: <https://scikit-learn.org> . [Accessed: 05-january-2021].
- [22] Pyrgis, 2021. [Online]. Available: <https://pypi.org/project/pyrgis>. [Accessed: 05-january-2021].

- [23] numpy, 2021. [Online]. Available: <https://numpy.org> [Accessed: 05-january-2021].
- [24] spyder, 2021. [Online]. Available: <https://www.spyder-ide.org> [Accessed: 05-january-2021].
- [25] Cybenko, George. "Approximation by superpositions of a sigmoidal function." Mathematics of control, signals and systems 2.4 (1989): 303-314.



# المقارنة بين التحليل الديناميكي للاخطي والتحليل الستاتيكي للاخطي على سلوك الجمل الثنائية (إطارات – جدران قص) وتدعيمها

د. علي تريكية \*

د. قصي نداف \*\*

م. حسان عيسى \*\*\*

## الملخص:

إنّ التنبؤ بالزلازل أو توقع حدوثها أمر بعيد المنال لذلك اتجه الباحثون نحو التفكير في مواجهة الزلازل وتخفيف الدمار الذي تسببه وهو ما يسمى تخفيف المخاطر الزلزالية وذلك لتحديد الخطر الزلزالي المتوقع بناءً على خرائط الخطر الزلزالي. يهدف هذا البحث للمقارنة بين سلوك الجمل الثنائية (إطارات-جدران قص) باستخدام التحليل بالسجلات الزمنية الصناعية والتحليل الستاتيكي للاخطي واقتراح حلول تدعيمية مختلفة للحالة (قميص بيتوني - قميص معدني) والمقارنة بين أشكال التدعيم لتخفيف الأضرار الناجمة عن الحمولات الزلزالية، وذلك بإجراء دراسة تحليلية تطبيقية على نموذجين فراغيين لجملتين ثنائيتين حيث استخدمت سجلات زمنية لزلازل حقيقية تم تقييسها باستخدام طريقتي مجال الزمن ومجال التردد لتلائم طيف الاستجابة للكود العربي السوري ومقارنتها مع نتائج التحليل الستاتيكي للاخطي. وتمت مناقشة النتائج بعد دراسة الانتقالات والانزياحات الطبقية النسبية والمقارنة بين أداء أشكال التدعيم في نوعي التحليل .

**كلمات مفتاحية:** الجمل الثنائية، التحليل الديناميكي للاخطي ، التحليل الستاتيكي  
الاخطي ، التدعيم.

\* أستاذ مساعد في قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين اللاذقية، سورية.

\*\* مدرس في قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين اللاذقية، سورية.

\*\*\* طالب دراسات عليا (دكتوراه) في قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، سورية.

## Comparison between nonlinear dynamic analysis and nonlinear static analysis on dual system behavior(frames - shear walls) and their rehabilitation

DR. Ali Turikieh \*

DR. Kussai Naddaf \*\*

Eng. Hassan Issa\*\*\*

### Abstract

Since the prediction of earthquakes or the expectation of their occurrence is far-fetched, the researchers have moved towards thinking about facing earthquakes and alleviating the damage they cause, which is called seismic risk mitigation, in order to determine the expected seismic risk based on the seismic risk maps.

The purpose of this study is to compare the behavior of dual system (frames - shear walls) using the synthetic time histories analysis and non-linear static analysis and propose different supportive solutions of the situation (steel jacket- concrete jacket) and compare them to reduction the damage caused by seismic load. by conducting an analytical study applied to two constructs of dual systems, where time history were used for real earthquakes that were scaling by using the time domain and the frequency domain to suit the Syrian response spectrum and compare it with the results of non-linear static analysis. After finishing the analysis, we have discussed changing the displacements and story drifts and comparison between performance kinds of strengthening in the two types of analysis.

**Keywords:** Dual system, non-linear static analysis, non-linear dynamic analysis, strengthening.

---

\*Associate Professor in Department Of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\* Lecturer in Department Of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\*\* Postgraduate Student- Department of Structural Engineering- Faculty of Civil Engineering- Tishreen University- Lattakia- Syria.

### -مقدمة البحث:

يهدف التصميم الزلزالي بشكل أساسي إلى الحفاظ على سلامة المنشأ من الانهيار والحفاظ على الأرواح البشرية وبقاء المنشآت ضمن مجال الاستخدام ، من هنا فإن الجمل الإنشائية يجب أن تمتلك قدرة كافية على مقاومة القوى الجانبية ومطاوعة كافية أيضاً تتمثل في قدرتها على إعادة توزع الإجهادات منعاً للانهيار المفاجئ في العناصر الإنشائية.

تخضع إطارات الأبنية البيتونية لقوى شاقوليه إضافة للقوى الأفقية الناجمة عن الرياح والتحريريات الزلزالية، نظراً لحساسية الإطارات البيتونية للانتقالات الجانبية فإنه من المفيد تحسين سلوكها لمقاومة الانتقالات الجانبية وذلك من خلال وجود جدران قصية وبالتالي نحصل على الجملة الثنائية (إطارات وجدران قص).

تعريف بالجملة الثنائية (إطارات مقاومة للعزوم مع جدران قص)

في هذه الجمل تتم مقاومة الأحمال الرأسية باستخدام إطارات بيتونية فراغية أما القوى الزلزالية فنتم مقاومتها باستخدام جدران القص بالإضافة إلى مساهمة الإطارات المقاومة للعزوم

Special Moment Resisting Frame-SMRF

Intermediate Moment Resisting Frame-IMRF

Ordinary Moment Resisting Frame-OMRF

ويجب أن تصمم الإطارات المقاومة للعزوم على تحمل 25% على الأقل من القوى الزلزالية حتى لو كانت مساهمتها أقل من ذلك.

أما الجملة التفاعلية (Interactive) فهي نفس الجملة الثنائية المعرفة سابقاً إلا أنه لا يشترط فيها تصميم الإطارات المقاومة للعزوم تحمل 25% من القوى الزلزالية و إنما تصمم الإطارات لتحمل نسبة من القوى الزلزالية وفقاً لقساوتها.[1]

يعد التحليل الديناميكي من أفضل الوسائل المستخدمة لمعرفة سلوك المباني وتوقع الطلب الزلزالي وبالتالي تقييم الأداء الزلزالي بشكل أقرب للواقع.

يعتمد التقييم باستخدام التحليل الديناميكي على تقدير مجموعة متحولات انشائية مهمة مثل الازاحة العامة (الانتقال) وتشوهات العناصر والقوى الداخلية[2]

- قام الباحثان Mwafy and Elrashai [3] بإجراء دراسة لتقييم صلاحية وفعالية التحليل الدفعي التقليدي بمقارنته مع التحليل الديناميكي لعدة نماذج من الأبنية من البيتون المسلح مكونة من جمل إطارية منتظمة وغير منتظمة وجمل مختلطة (إطارات وجدران قص) معرضة لمجموعة كبيرة من تسجيلات الهزات الأرضية وقد استخدم في التحليل الدفعي ثلاث أشكال للحمولات الجانبية: الحمولة الموزعة بانتظام لتعبر عن توزيع الكتلة الشاقولي في الطوابق، والحمولة الكودية المثلثية لتعبر عن شكل نمط الاهتزاز المسيطر عادة في المجال المرن، والحمولة المجمعة SRSS للأنماط الثلاثة الأولى وذلك للأخذ بالاعتبار تأثير الأنماط العليا. توصل البحث الى أن التحليل الدفعي التقليدي مناسب أكثر للمباني القليلة والمتوسطة الارتفاع أكثر من المباني عالية وأن أشكال الحمولات الثابتة المستخدمة للتعبير عن مشاركة الأنماط العليا SRSS غير كافية في المجال اللدن. وأوصى البحث لتجاوز هذه المشكلة، بضرورة استخدام أكثر من شكل واحد للحمولة الجانبية في التحليل لضمان الإحاطة بالاستجابات الحاصلة بشكل مقبول.

- طور الباحثون Hajirasouliha, Asadi, Pilakoutas [4] طريقة عملية للتصميم المعتمد على الأداء للحصول على تصميم أكثر كفاءة من خلال إعادة تعيين مقاطع العناصر الانشائية تبعاً للأداء للعناصر القوية والضعيفة لتشكل حالة من التشوه الموزع بانتظام، طبق ذلك على جمل ثنائية مؤلفة من 15، 10 طابقاً وبعد التصميم عرضها لتسارعات زلزالية حقيقة لتبين أنها أبدت نقصاً في الضرر العام بمقدار 30% مقارنة بتلك المصممة وفق الكودات الحالية حيث تم توزيع الضرر الطابقي والمقارنة بين IBC2009 [10] وحالة التصميم المثالية المعتمدة للحالات، وتم التعبير عن مؤشر الضرر Damage Index بالتشققات وتشكل المفصل اللدن واستعماله كميكانيزم لتبديد الطاقة الزلزالية.

- حل الباحث Gupta [5] الاستجابة المسجلة لثمانية مباني، لفهم السلوك الفعلي وتخمين مدى فعالية Pushover ، المباني المختارة هي مباني مزودة بإطارات مقاومة للعزوم مع جملة جدران قص مقاومة للقوى الجانبية وبطابق عندها (3-5-7-10-13-14-17-19-20) ، كما تم تحديد الانتقال ، والانزياح الطائفي ، والقوى الجانبية الطابقية ، وقوى القص الظاهرة في أوقات متعددة من زمن الهزة ، فلاحظ أن استجابة الأبنية تتأثر بالأنماط ذات المرتبة الأعلى P-delta مع استثناء المنشآت المنخفضة الارتفاع ، التحليل الستاتيكي اللاخطي مفيداً جداً في ترشيد الاستجابة الديناميكية للأبنية وللهاكل المعرضة لمشاكل P-delta واعتماد التحليل الديناميكي اللاخطي كمرجع للمقارنة مع نتائج التحليل الستاتيكي اللاخطي.

- قدمت ( R.Z. Taha ) [6] دراسة لتقييم منشآت قائمة متعددة الطوابق على الزلازل في الساحل السوري وإعادة تأهيلها حيث تم استخدام التحليل الستاتيكي اللاخطي لتقييم سلوك منشآت بيتونية مسلحة قائمة ومعرفة الأداء المحتمل لهذه المنشآت ثم مقارنته مع الطلب الزلزالي المتوقع عند مستوى أداء محدد من خلال مقارنة عدة متحولات للاستجابة وتبين من الدراسة ان معظم المفاصل تتشكل في الجوائز مع بعض المفاصل في الأعمدة ولكن مع أضرار متدرجة ضمن مستويات الأداء، وهو الأداء المفضل في الأبنية والذي يتوافق مع نظرية العمود القوي والجائز الضعيف

- قدم ( N.M.Hasan ) [7] دراسة حول توليد سجلات زمنية صناعية متوافقة مع طيف الاستجابة للكود العربي السوري في مجال التردد والزمن لتطبيقها في التحليل الديناميكي وبيّن الباحث أنه باعتماد إجراءات معينة يمكن الحصول على سجلات زمنية صناعية متوافقة مع الكود السوري لمختلف أنواع الترب اعتماداً على قواعد بيانات السجلات العالمية مما يسمح باستخدام التحليل الديناميكي بالسجل الزمني.

- يشير الكود العربي السوري [1] بتنفيذ التحليل الديناميكي باستعمال التأريخ الزمني، لأزواج من المركبات المناسبة للتأريخ الزمني لحركة الأرض الأفقية التي يتم انتقاؤها وضبطها مما لا يقل عن ثلاثة أحداث زلزالية مسجلة. تكون التواريخ الزمنية الملائمة لهذا التحليل، لها مقادير لهزات زلزالية، تتسجم مع تلك التي تحكم الهزة الأساسية

التصميمية أو الزلزال الأعظمي والمسافات عن الصدع الجيولوجي وميكانيزمات مصادر التصميم وفي حال عدم توفر أزواج التواريخ الزمنية الثلاث المناسبة لحركة الأرض والمسجلة زلزالياً، يمكن استعمال أزواج منمنجة (ممثلة صناعياً) ، ومناسبة للتواريخ الزمنية لحركة الأرض لكل زوج من مركبات الحركة الأفقية للأرض، يتم إنشاء العلاقة الممثلة للجزر التريبيعي لمجموع المربعات (SRSS) المقابلة لطيف الذاتي للموقع المطور لتخامد(5%) ، وذلك للمركبات الأفقية المعاييرة .يجب أن تعاير الحركات بحيث لا تقل القيمة الوسطية لطيف الجزر التريبيعي لمجموع المربعات (SRSS) عن (1.4) مرة من الطيف المطور بتخامد (5%) للزلزال الأساسي التصميمي، وذلك للأدوار التي تتراوح بين (0.2 T و 1.5T) يجب تطبيق كل زوج من التواريخ الزمنية بشكل متزامن على النموذج الرياضي، مع الأخذ بالحسبان تأثيرات القتل .لإيجاد وتركيب العدد الكلي المطلوب، يتم حساب كل مكون (بارامتر) له أهمية وإذا تم التحليل لثلاثة تواريخ زمنية فإن الاستجابة العظمى لكل ناتج موضوع الاهتمام، يجب استعمالها في التصميم وإذا تم تحليل المنشأة باستعمال ما لا يقل عن سبعة تواريخ زمنية، فيمكن أن يؤخذ في التصميم القيمة الوسطية لمكون (بارامتر) الاستجابة موضوع الاهتمام. [8]

ستقدم هذه المقالة دراسة التأثيرات السلبية للزلازل على الجمل الثنائية من خلال التحليل الديناميكي بالسجلات الزمنية الصناعية والتحليل الستاتيكي اللاخطي، واقتراح حلول لمنع الأضرار الناجمة عن الزلازل بإعادة تأهيلها إنشائياً والمقارنة فيما بينها وتوليد سجلات زمنية صناعية في مجال التردد ومجال الزمن لتطبيقها في التحليل الديناميكي متوافقة مع طيف الاستجابة للكود العربي السوري لاستخدامها في التحليل الديناميكي اللاخطي.

#### -هدف البحث:

يهدف البحث للمقارنة بين سلوك الجمل الثنائية (إطارات-جدران قص) باستخدام التحليل بالسجلات الزمنية الصناعية والتحليل الستاتيكي اللاخطي واقتراح حلول تدعيمية مختلفة (قميص بيتوني - قميص معدني) والمقارنة بين فعالية وأداء أنواع التدعيم المستخدمة في نوعي التحليل.

### مواد وطرق البحث:

يعتمد البحث المنهج النظري التحليلي، حيث سيتم تقديم الدراسة المرجعية وبعد الاطلاع على الأبحاث السابقة المتصلة بموضوع الدراسة تم اختيار نموذجين لجلمتين ثنائيتين، البناء الاول مكون من 12 طوابق وارتفاع طابقي متماثل 3.2m، و البناء الثاني مكون من 8 طوابق وارتفاع طابقي متماثل 3.5m، أجري التحليل باستعمال برنامج CSI ETABS2016 ، تم اجراء دراسة تحليلية لهذا البناء باستخدام التحليل الديناميكي اللاخطي من اجل تحديد قيم الانتقالات الجانبية الاعظمية والانزياح الطابقي النسبي والجهود المتولدة في العناصر الانشائية ، وتم اختيار مجموعة من السجلات الزلزالية من قواعد البيانات العالمية للحركات القوية، أجريت عملية تقييس السجلات الزمنية باستعمال طريقتي مجال التردد ومجال الزمن متوافقة مع طيف الاستجابة للكود العربي السوري عن طريق الإصدار الجديد من برنامج CSI ETABS2016 وتم أيضاً اجراء تحليل ستاتيكي لاخطي من اجل تحديد قيم الانتقالات الجانبية والانزياحات الطاقية النسبية ومقارنتها مع نتائج التحليل الديناميكي اللاخطي، وبعدها جرى تدعيم النماذج بنوعين من أنواع التدعيم.

التدعيم الأول قميص بيتوني لكل الاعمدة كما هو مبين في الشكل (1)، التدعيم الثاني جاكيت معدنية لكل الأعمدة كما هو مبين بالشكل(2).

<p>الشكل (2): التدعيم باستخدام قميص معدني بزوايا معدنية 80x80x8mm لكل الاعمدة مع استعمال مبسطات فولاذية رابطة بين هذه الزوايا</p>	<p>الشكل (1) التدعيم باستخدام قميص بيتوني بسماكة 15 cm لكل الاعمدة</p>

### دراسة تطبيقية لنموذجين من جملتين ثنائيتين:

اعتمد نموذجين من بنائين حيث ان البناء الاول بارتفاع (12 طابق) وبارتفاع طابقي متماثل 3.2m ، البناء الثاني بارتفاع (8 طابق) وبارتفاع طابقي متماثل 3.5m وأجري تحليل إنشائي للنموذج المذكور باستعمال برنامج CSI ETABS2016، وتمت نمذجة الأعمدة والجيزان كعناصر خطية line element ونمذجة البلاطات وجدران القص كعناصر سطحية element shell ونمذجة الأساسات كعناصر موثوقة، وبعدها تم إجراء تحليل ديناميكي بالسجلات الزمنية الصناعية للبنائين للحصول على رؤية كاملة لتوصيف الحالة.

الجدول (1) مجموعة السجلات الزلزالية المختارة

PGA [m/s <sup>2</sup> ]	Epicentral Distance [km]	Fault Mechanism	Mw	Date	Earthquake Name
5.0909	27.68	strike-slip	6.5	1979_October_15	Imperial Valley
8.1021	36.1	strike-slip	7.1	1999_November_12	Duzce
5.7838	20.25	reverse	6.7	1994_January_17	Northridge

تم اختيار ثلاثة سجلات زمنية بما يتناسب مع اشتراطات الكود السوري، وتم تحديد الدور الأساسي بإجراء التحليل النمطي لها بهدف الحصول على مجال الدور المدروس. ثم قمنا بتحليل ستاتيكي لاخطي وتحليل ديناميكي لاخطي بتقييس السجلات باستخدام طريقتين مختلفتين للتقييس هما طريقة مجال التردد (frequency domain) وطريقة مجال الزمن (time domain). تم الاعتماد في هذه الدراسة على الإصدار الأحدث من البرنامج CSI ETABS 2016 لتوليد السجلات الصناعية في مجال التردد ومجال الزمن باعتباره من أفضل البرامج في التحليل والتصميم الإنشائي وهو يملك واجهة سهلة ومألوفة لأغلب المهندسين كما أن الشركة المنتجة تحققت من عمل البرنامج من خلال عرضها لتطابق الحلول من مصادر مختلفة [9]. وبعدها تم تدعيم البنائين بطريقتين للتدعيم هي (القميص البيتوني والقميص المعدني) وأجريت المقارنة فيما بينهما.



### مواصفات البنائين:

البلاطات من نوع هوردي عاملة باتجاه واحد سماكة 25cm، المقطع الشاقولي للتربة (SB) وقدرة تحمل التربة =  $3\text{kg/cm}^2$ ، يقع البناءان في المنطقة الزلزالية 2C حيث التسارع الارضي =  $0.25g$ ، عامل أهمية المبنى = 1، مواصفات مواد البناء للبنائين المأخوذ من رخصتي البنائين:

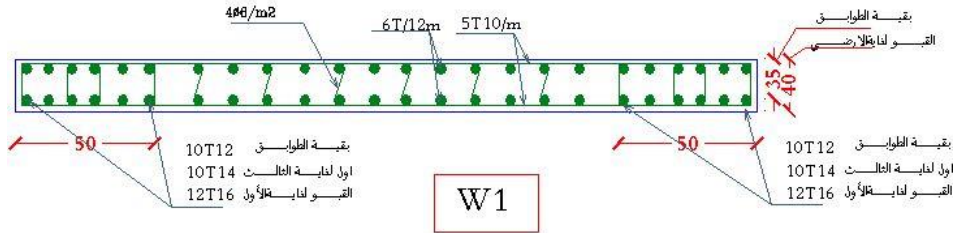
$F_{yw}=2400\text{ kg/cm}^2$  ،  $F_y = 4000\text{ kg/cm}^2$ ،  $f_c=400\text{ kg/cm}^2$

### الجدول (2) مقاطع الأعمدة للبناء الأول الجدول (3) مقاطع الجدران للبناء الاول

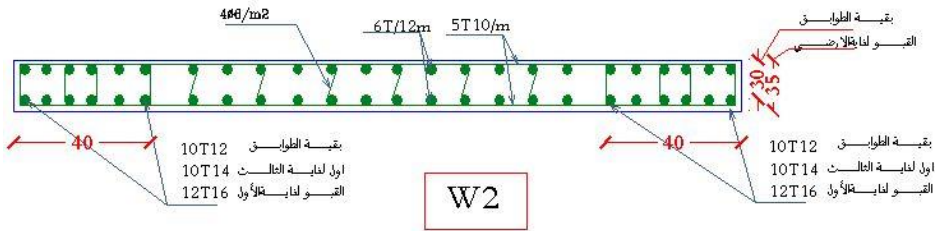
العنصر	السماكة cm
W1	40
W2	35

التسليح الطولي	الابعاد		العنصر
	العرض cm	الطول cm	
20T20	80	80	C1
20T16	40	80	C2
16T16	30	70	C3

### تسليح الجدران:

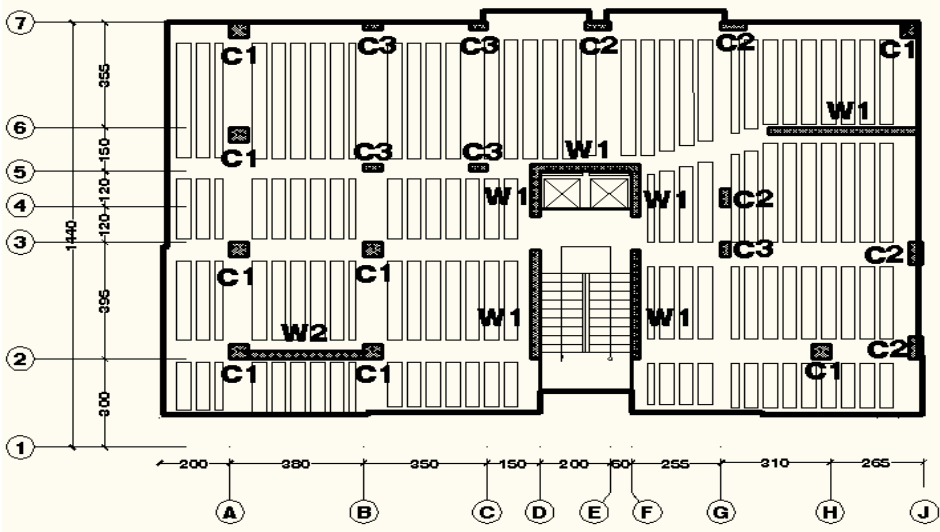


الشكل (3) تسليح الجدار W1 في البناء الاول



الشكل (4) تسليح الجدار W2 في البناء الاول

مسقط البناء الأول:



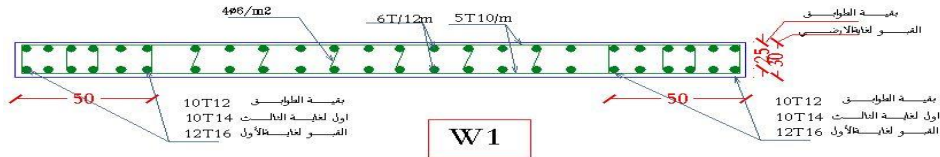
الشكل (5) مسقط البناء الأول

الجدول (4) مقاطع الأعمدة للبناء الثاني الجدول (5) مقاطع الجدران للبناء الثاني

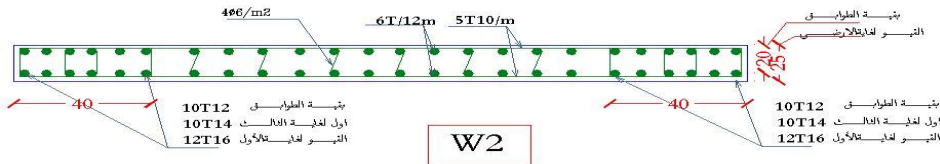
السماعة cm	العنصر
30	W1
25	W2

التسليح الطولي	الأبعاد		العنصر
	العرض cm	الطول cm	
14T16	30	70	C1
16T16	30	80	C2
12T14	40	40	C3

تسليح الجدران:

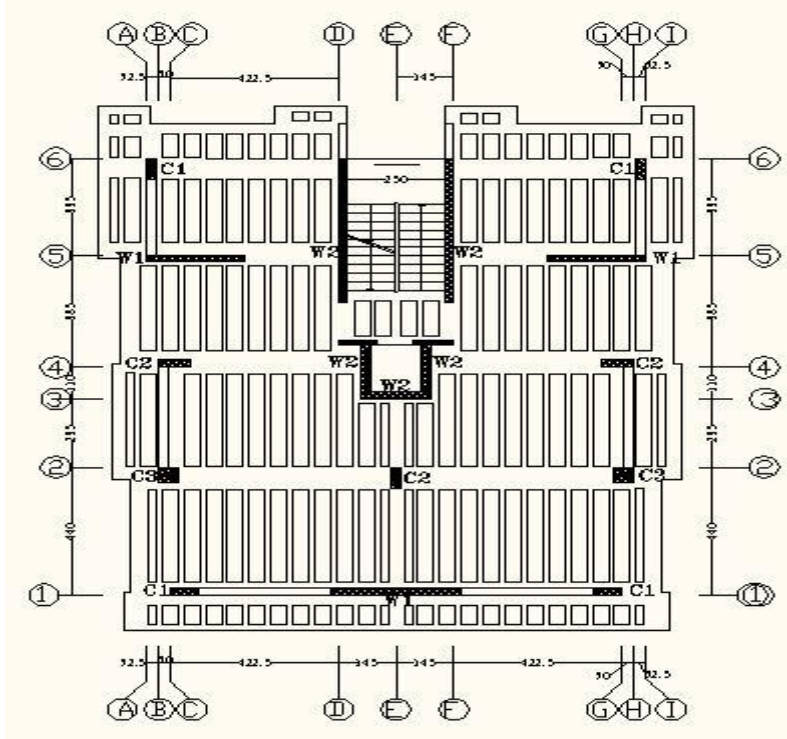


الشكل (6) تسليح الجدار W1 في البناء الثاني



الشكل (7) تسليح الجدار W2 في البناء الثاني

مسقط البناء الثاني:



الشكل (8) مسقط البناء الثاني

-النتائج ومناقشتها:

بالنسبة للبناء الأول:

التحليل الديناميكي اللاخطي: نلاحظ ان قيم الانتقالات العظمى نتجت عن السجلات

الصنعية للزلزال NORTH RIDGE

الجدول (6) قيم الانتقالات الطابقية لثلاثة سجلات زمنية

total drift (cm)											
بالاتجاه X											
Northridge				Imperial Valley				Duzce			
time domain		frequency domain		time domain		frequency domain		time domain		frequency domain	
Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)
56.5	49.4	33	38	48.6	40.2	33.2	35.6	42.9	39.6	28.8	33.3

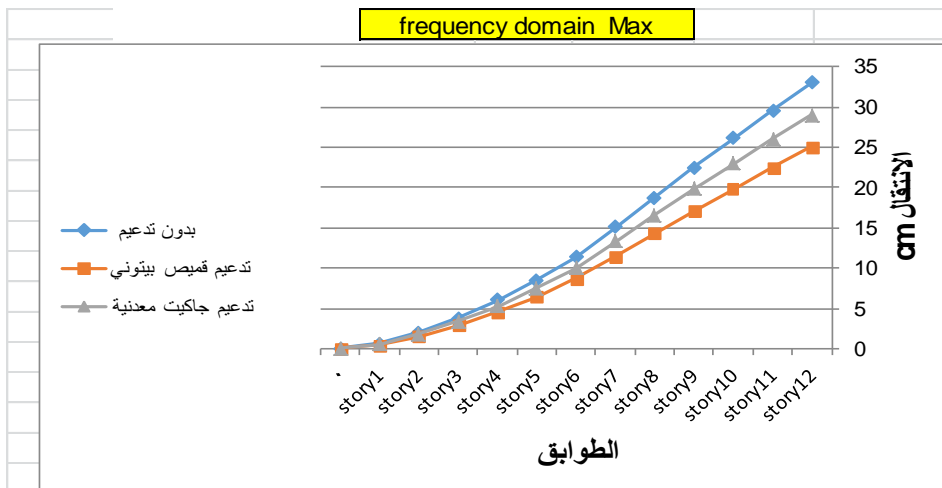
المقارنة بين التحليل الديناميكي اللاخطي والتحليل الستاتيكي اللاخطي على سلوك الجمل الثنائية (إطارات - جدران قص) وتدعيمها

وعليه نقوم بإظهار نتائج الانتقال الطابقي بالنسبة للسجلات الصناعية للزلازل  
NORTHRIDGE

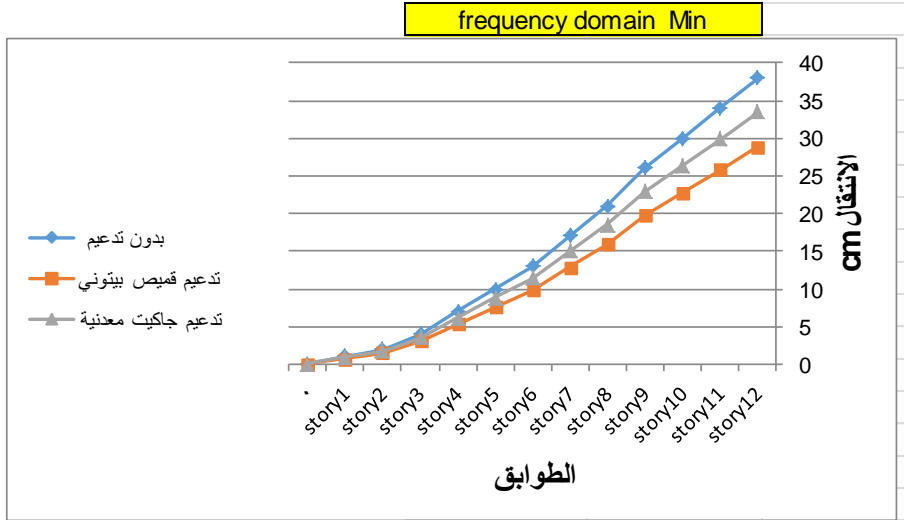
الانتقال الطابقي الموجب يكون بانتقال المبنى نحو اليمين (max) أي بالاتجاه الموجب للمحور X أما الانتقال الطابقي السالب فيكون بانتقال المبنى نحو اليسار (min) أي بعكس اتجاه المحور X وليس المقصود فيها القيمة العليا والقيمة الدنيا.

الجدول (7) قيم الانتقالات الطابقية في مجال التردد للزلازل في NORTHRIDGE في حالة التقييس frequency domain

total drift frequency domain (cm)						الطابق
بالاتجاه X						
تدعيم جاكيت معدنية		تدعيم قميص بيتوني		بدون تدعيم		الطابق
frequency domain		frequency domain		frequency domain		
Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)	
29.04	33.44	25.08	28.88	33	38	story12
26.05	29.92	22.5	25.84	29.6	34	story11
22.97	26.4	19.84	22.8	26.1	30	story10
19.8	22.88	17.1	19.76	22.5	26	story9
16.54	18.48	14.29	15.96	18.8	21	story8
13.29	14.96	11.48	12.92	15.1	17	story7
10.03	11.44	8.66	9.88	11.4	13	story6
7.48	8.8	6.46	7.6	8.5	10	story5
5.28	6.16	4.56	5.32	6	7	story4
3.34	3.52	2.89	3.04	3.8	4	story3
1.76	1.76	1.52	1.52	2	2	story2
0.53	0.88	0.46	0.76	0.6	1	story1
0	0	0	0	0	0	0



الشكل (9) قيم الانتقالات الطابقية في مجال التردد للزلازل في NORTHRIDGE في حالة التقييس frequency domain max



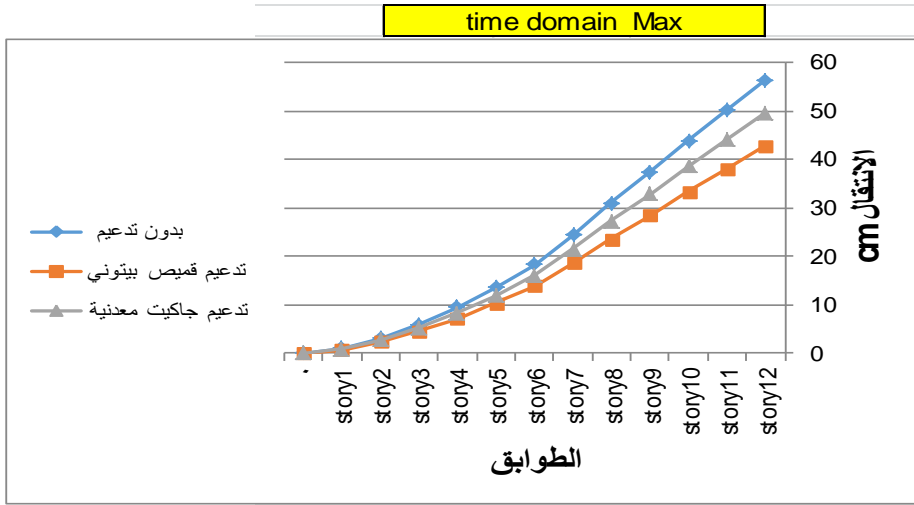
الشكل (10) قيم الانتقالات الطابقية في مجال التردد للزلزال NORTHTRIDGE في حالة التقييس frequency domain min

الانتقال الطابقية في الاتجاه X في حالة التقييس time domain

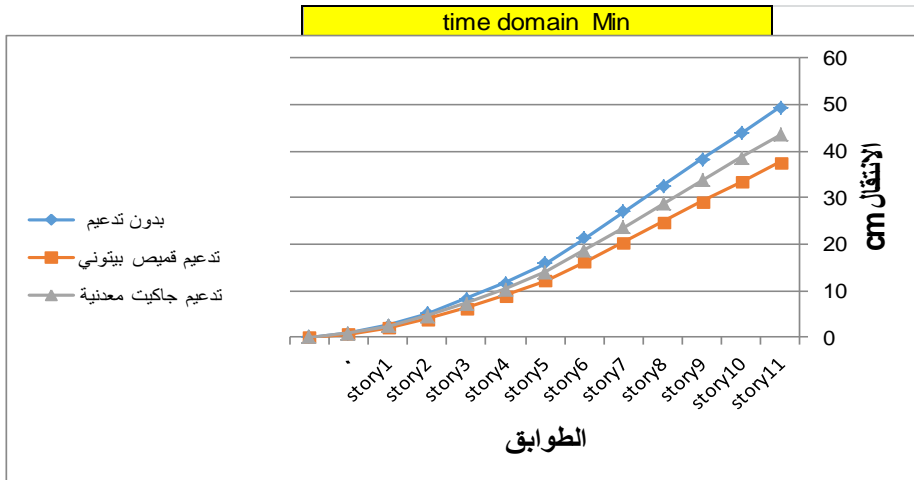
الجدول (8) قيم الانتقالات الطابقية في مجال التردد للزلزال NORTHTRIDGE في حالة التقييس frequency domain

total drift time domain (cm)						الطابق
بالاتجاه X						
تدعيم جاكيت معدنية		تدعيم قميص بيتوني		بدون تدعيم		الطابق
time domain		time domain		time domain		
Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)	
49.72	43.47	42.94	37.54	56.5	49.4	story12
44.26	38.63	38.23	33.36	50.3	43.9	story11
38.63	33.7	33.36	29.11	43.9	38.3	story10
33	28.69	28.5	24.78	37.5	32.6	story9
27.28	23.67	23.56	20.44	31	26.9	story8
21.56	18.74	18.62	16.19	24.5	21.3	story7
16.19	13.99	13.98	12.08	18.4	15.9	story6
11.97	10.3	10.34	8.89	13.6	11.7	story5
8.36	7.22	7.22	6.23	9.5	8.2	story4
5.28	4.49	4.56	3.88	6	5.1	story3
2.73	2.29	2.36	1.98	3.1	2.6	story2
0.88	0.79	0.76	0.68	1	0.9	story1
0	0	0	0	0	0	0

المقارنة بين التحليل الديناميكي اللاخطي والتحليل الستاتيكي اللاخطي على سلوك الجمل الثنائية (إطارات - جدران قص) وتدعيمها



الشكل (11) قيم الانتقالات الطابقية في مجال الزمن للزلزال NORTHTRIDGE في حالة التقييس time domain max



الشكل (12) قيم الانتقالات الطابقية في مجال الزمن للزلزال NORTHTRIDGE في حالة التقييس time domain min

نلاحظ من الانتقالات الطابقية ان التحليل الديناميكي باستخدام سجلات زمنية مقيسه في مجال الزمن أعطى قيم للانتقالات الطابقية أكبر من طريقة التقييس في مجال التردد حوالي 22%

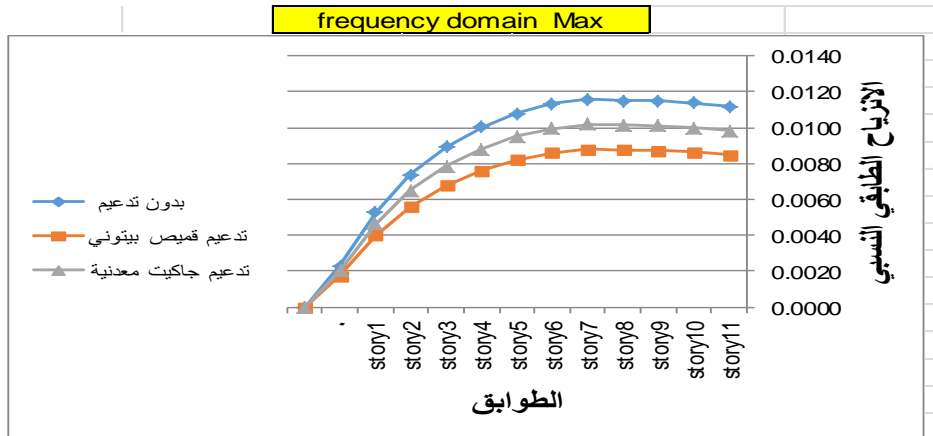
وان التدعيم بقميص بيتوني خفض الانتقالات الطابقية بنسبة حوالي 24% بالمقارنة مع المبنى بدون تدعيم ، وان التدعيم باستخدام قميص معدني خفض الانتقالات بنسبة حوالي 12% بالمقارنة مع المبنى بدون تدعيم.

الانزياح الطابق النسبي في الاتجاه X في حالة التقييس frequency domain

الجدول (9) قيم الانزياحات الطابقية النسبية في مجال التردد للزلزال

frequency domain في حالة التقييس NORTHTRIDGE

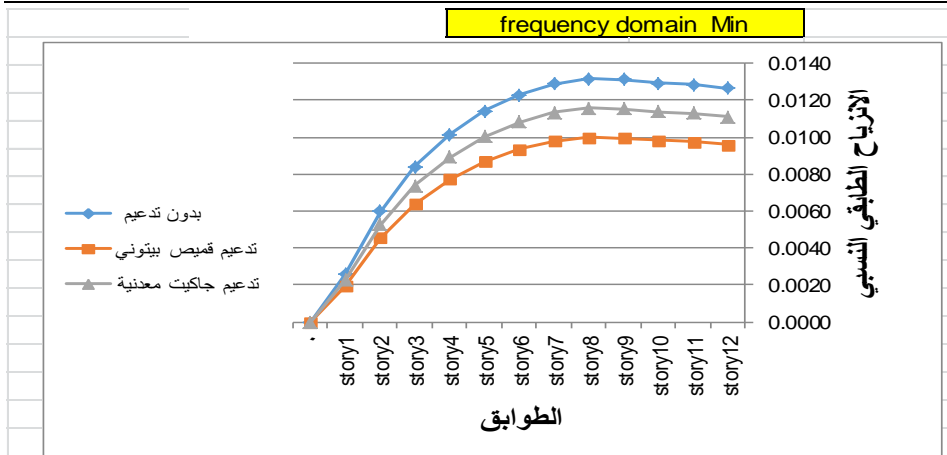
inter story drift frequency domain						الطابق
بالاتجاه X						
تدعيم جاكيت معدنية		تدعيم قميص بيتوني		بدون تدعيم		
frequency domain		frequency domain		frequency domain		
Max (ton)	Min (ton)	Max (ton)	Min (ton)	Max (ton)	Min (ton)	
0.0098	0.0111	0.0085	0.0096	0.0112	0.0126	story12
0.0100	0.0113	0.0086	0.0098	0.0114	0.0128	story11
0.0101	0.0114	0.0087	0.0098	0.0115	0.0129	story10
0.0101	0.0115	0.0088	0.0100	0.0115	0.0131	story9
0.0102	0.0116	0.0088	0.0100	0.0116	0.0132	story8
0.0100	0.0114	0.0086	0.0098	0.0113	0.0129	story7
0.0095	0.0108	0.0082	0.0093	0.0108	0.0123	story6
0.0088	0.0100	0.0076	0.0087	0.0100	0.0114	story5
0.0078	0.0089	0.0068	0.0077	0.0089	0.0102	story4
0.0065	0.0074	0.0056	0.0064	0.0074	0.0084	story3
0.0046	0.0053	0.0040	0.0046	0.0053	0.0060	story2
0.0020	0.0023	0.0017	0.0020	0.0023	0.0026	story1
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0



الشكل (13) قيم الانزياحات الطابقية النسبية في مجال التردد للزلزال

frequency domain max في حالة التقييس NORTHTRIDGE

المقارنة بين التحليل الديناميكي اللاخطي والتحليل الستاتيكي اللاخطي على سلوك الجمل الثنائية (إطارات - جدران قص) وتدعيمها



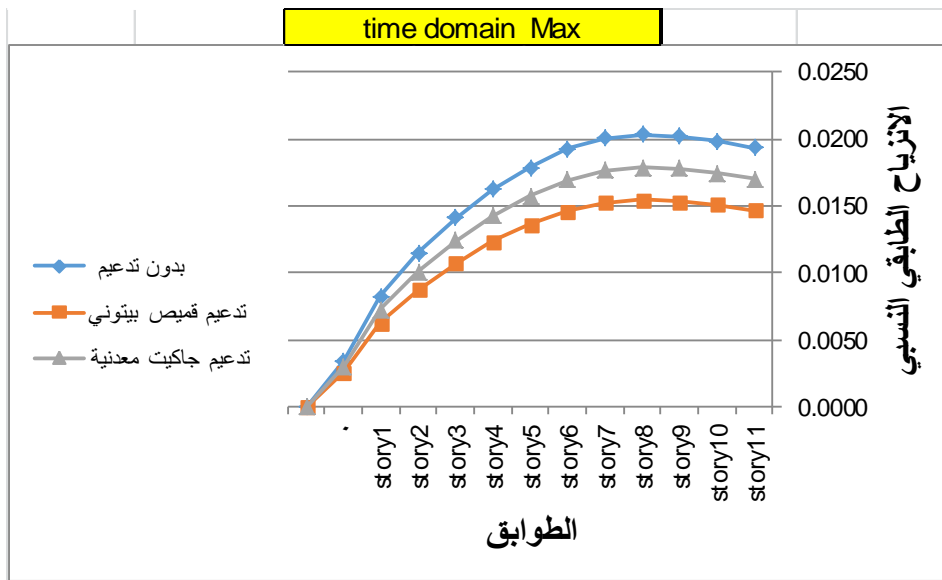
الشكل (14) قيم الانزياحات الطابقية النسبية في مجال التردد للزلازل frequency domain min في حالة التقييس NORTHTRIDGE

الانزياح الطابق النسبي في الاتجاه X في حالة التقييس time domain

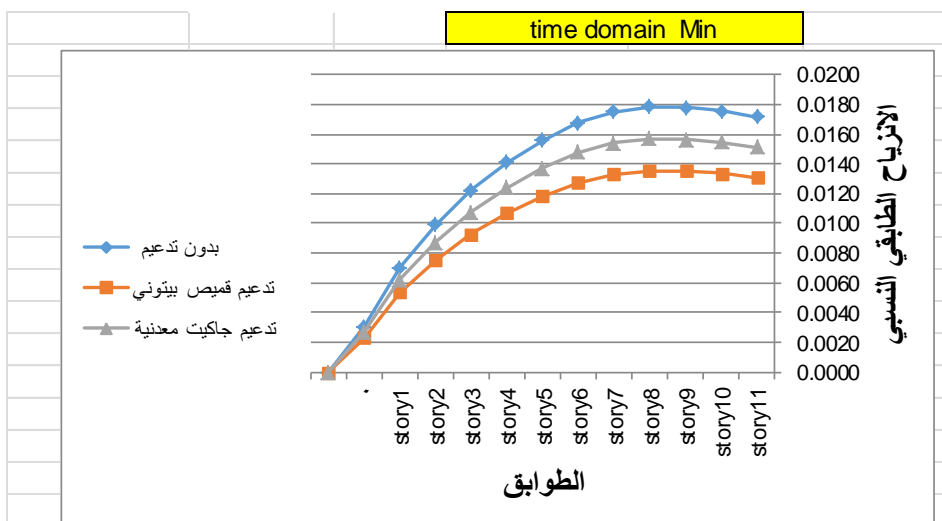
الجدول (10) قيم الانزياحات الطابقية النسبية في مجال الزمن للزلازل time domain max في حالة التقييس NORTHTRIDGE

inter story drift time domain						الطابق
بالاتجاه X						
تدعيم جاكيت معدنية		تدعيم قميص بيتوني		بدون تدعيم		
time domain		time domain		time domain		
Max (ton)	Min (ton)	Max (ton)	Min (ton)	Max (ton)	Min (ton)	
0.0170	0.0151	0.0147	0.0131	0.0193	0.0172	story12
0.0175	0.0155	0.0151	0.0133	0.0198	0.0176	story11
0.0178	0.0157	0.0153	0.0135	0.0202	0.0178	story10
0.0179	0.0157	0.0154	0.0135	0.0203	0.0178	story9
0.0176	0.0154	0.0152	0.0133	0.0200	0.0175	story8
0.0169	0.0148	0.0146	0.0128	0.0193	0.0168	story7
0.0158	0.0137	0.0136	0.0118	0.0179	0.0156	story6
0.0143	0.0124	0.0123	0.0107	0.0162	0.0141	story5
0.0124	0.0108	0.0107	0.0093	0.0141	0.0122	story4
0.0101	0.0087	0.0087	0.0075	0.0115	0.0099	story3
0.0072	0.0062	0.0062	0.0054	0.0082	0.0070	story2
0.0030	0.0027	0.0026	0.0023	0.0034	0.0031	story1
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0





الشكل (15) قيم الانزياحات الطابقية النسبية في مجال الزمن للزلزال  
time domain max في حالة التقييس NORTH RIDGE



الشكل (16) قيم الانزياحات الطابقية النسبية في مجال الزمن للزلزال  
time domain min في حالة التقييس NORTH RIDGE

المقارنة بين التحليل الديناميكي اللاخطي والتحليل الستاتيكي اللاخطي على سلوك الجمل الثنائية (إطارات - جدران قص) وتدعيمها

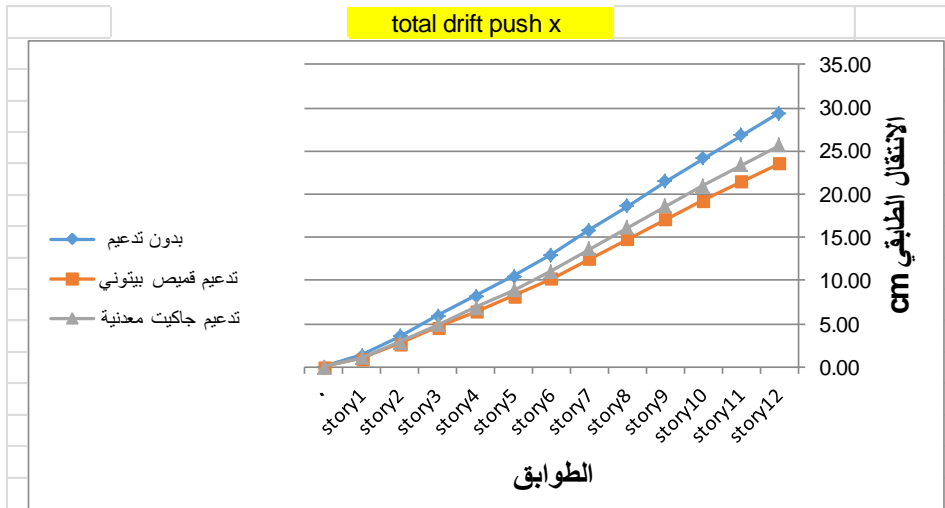
نلاحظ من الانزياحات الطابقية النسبية ان التحليل الديناميكي باستخدام سجلات زمنية مقيسه في مجال الزمن أعطى قيم للانزياحات الطابقية النسبية أكبر من طريقة التقييس في مجال التردد حوالي 26%.

وان التدعيم بقميص بيتوني خفض الانزياحات الطابقية النسبية بنسبة حوالي 23% بالمقارنة مع المبنى بدون تدعيم ، وان التدعيم باستخدام قميص معدني خفض الانزياحات الطابقية النسبية بنسبة حوالي 13% بالمقارنة مع المبنى بدون تدعيم.

اما بالنسبة للتحليل الستاتيكي اللاخطي للبناء الأول:

الجدول (11) قيم الانتقالات الطابقية للبناء الأول في حالة التحميل push x

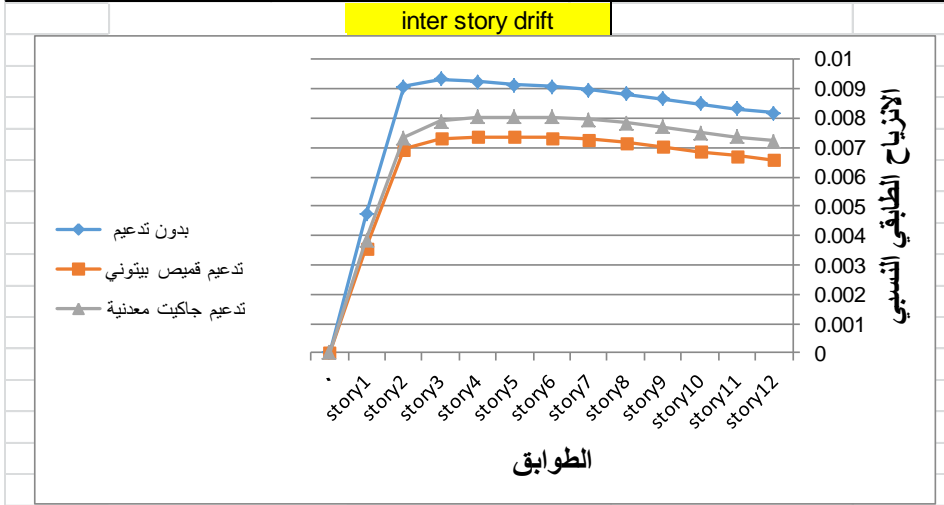
total drift push x (cm)			story
تدعيم جاكيت معدنية	تدعيم قميص بيتوني	بدون تدعيم	
25.67	23.54	29.42	story12
23.35	21.43	26.80	story11
21.00	19.28	24.14	story10
18.59	17.09	21.43	story9
16.13	14.84	18.66	story8
13.62	12.55	15.84	story7
11.07	10.22	12.97	story6
8.91	8.24	10.52	story5
6.89	6.40	8.23	story4
4.89	4.56	5.93	story3
2.92	2.73	3.60	story2
1.08	1.00	1.33	story1
0.00	0.00	0.00	0



الشكل (17) قيم الانتقالات الطابقية للبناء الأول في حالة التحميل push x

الجدول (12) قيم الانزياحات الطابقية النسبية للبناء الأول في حالة التحميل push x

inter story drift push x			story
تدعيم جاكيت معدنية	تدعيم قميص بيتوني	بدون تدعيم	
0.0072	0.0066	0.0082	story12
0.0074	0.0067	0.0083	story11
0.0075	0.0069	0.0085	story10
0.0077	0.0070	0.0087	story9
0.0078	0.0072	0.0088	story8
0.0080	0.0073	0.0090	story7
0.0080	0.0073	0.0091	story6
0.0080	0.0074	0.0091	story5
0.0080	0.0074	0.0092	story4
0.0079	0.0073	0.0093	story3
0.0073	0.0069	0.0091	story2
0.0039	0.0036	0.0047	story1
0	0	0	0



الشكل (18) قيم الانزياحات الطابقية النسبية للبناء الأول في حالة التحميل push x

نلاحظ من الانتقالات الطابقية والانزياحات الطابقية النسبية ان التحليل الديناميكي اللاخطي أعطى قيم للانتقالات الطابقية أكبر من التحليل الستاتيكي اللاخطي بحوالي 30% واعطى قيم بالنسبة للانزياحات الطابقية النسبية اكبر من التحليل الستاتيكي اللاخطي بحوالي 34%

بالنسبة للبناء الثاني:

التحليل الديناميكي اللاخطي : نلاحظ ان قيم الانتقالات العظمى نتجت عن السجلات الصناعية للزلزال NORTHTRIDGE

الجدول (13) قيم الانتقالات الطابقية لثلاثة سجلات زمنية

total drift (cm)											
بالا اتجاه X											
Northridge				Imperial Valley				Duzce			
time domain		frequency domain		time domain		frequency domain		time domain		frequency domain	
Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)
29.28	26.20	25.22	21.78	27.5	24.3	24.1	20.6	26.9	23.2	20.5	18.9

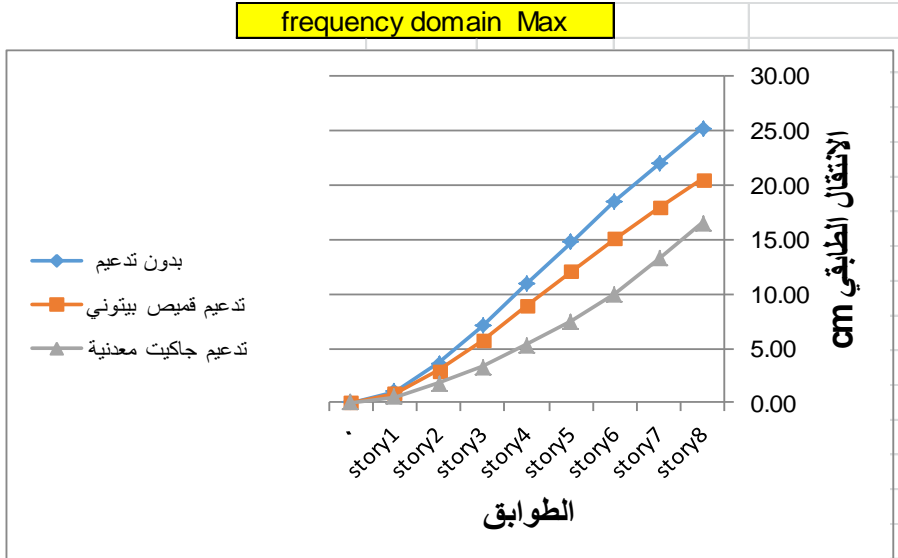
وعليه نقوم بإظهار نتائج الانتقال الطابقية بالنسبة للسجلات الصناعية للزلزال

NORTHTRIDGE

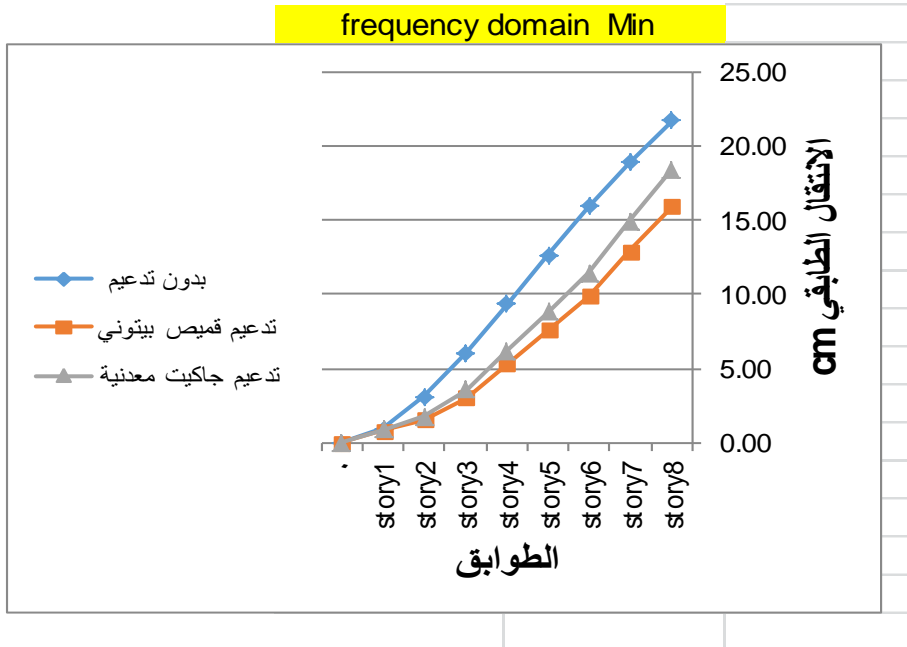
الجدول (14) قيم الانتقالات الطابقية في مجال التردد للزلزال NORTHTRIDGE في

حالة التقييس frequency domain

total drift frequency domain (cm)						الطابق
بالا اتجاه X						
تدعيم جاكيت معدنية		تدعيم قميص بيتوني		بدون تدعيم		الطابق
frequency domain		frequency domain		frequency domain		
Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)	
16.54	18.48	20.54	15.96	25.22	21.78	story8
13.29	14.96	17.92	12.92	22.01	18.97	story7
10.03	11.44	15.09	9.88	18.53	15.94	story6
7.48	8.80	12.05	7.60	14.80	12.69	story5
5.28	6.16	8.88	5.32	10.90	9.32	story4
3.34	3.52	5.76	3.04	7.08	6.02	story3
1.76	1.76	2.96	1.52	3.64	3.08	story2
0.53	0.88	0.86	0.76	1.06	0.89	story1
0	0	0	0	0	0	0



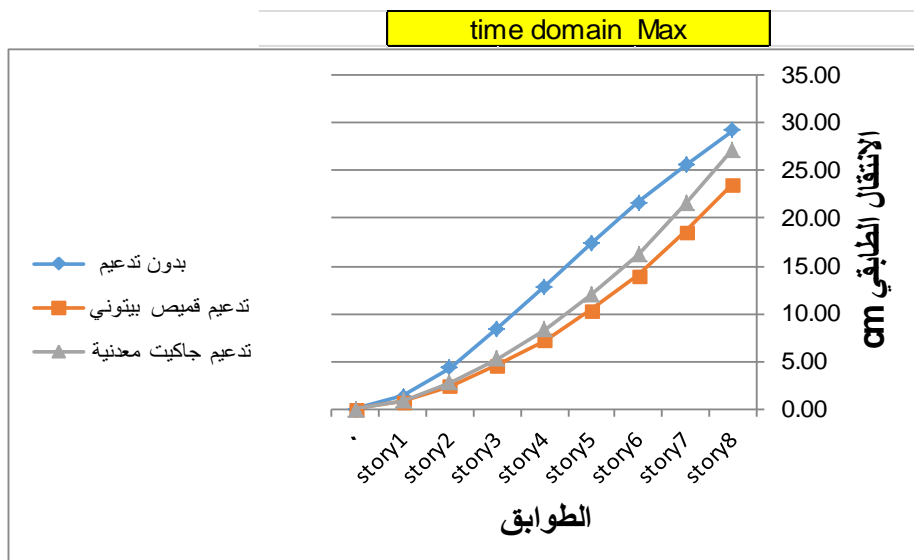
الشكل (19) قيم الانتقالات الطابقية في مجال التردد للزلزال في NORTHTRIDGE في حالة التقييس frequency domain max



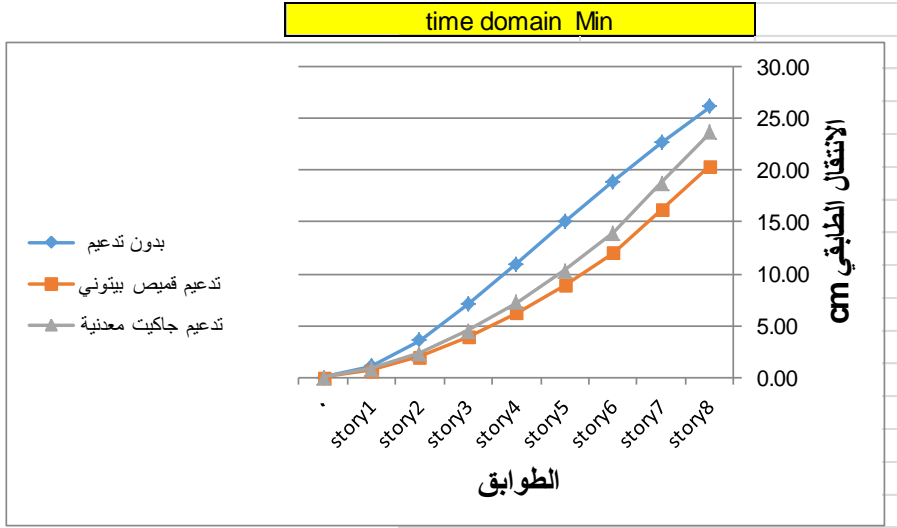
الشكل (20) قيم الانتقالات الطابقية في مجال التردد للزلزال في NORTHTRIDGE في حالة التقييس frequency domain min

الانتقال الطابقي في الاتجاه X في حالة التقييس time domain  
الجدول (15) قيم الانتقالات الطابقية في مجال الزمن للزلزال NORTHTRIDGE في  
حالة التقييس time domain

total drift time domain (cm)						الطابق
بالاتجاه X						
تدعيم جاكيت معدنية		تدعيم قميص بيتوني		بدون تدعيم		
time domain		time domain		time domain		
Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Min (cm)	
27.28	23.67	23.56	20.44	29.28	26.20	story8
21.56	18.74	18.62	16.19	25.60	22.69	story7
16.19	13.99	13.98	12.08	21.63	18.96	story6
11.97	10.3	10.34	8.89	17.35	15.01	story5
8.36	7.22	7.22	6.23	12.86	10.96	story4
5.28	4.49	4.56	3.88	8.40	7.04	story3
2.73	2.29	2.36	1.98	4.35	3.58	story2
0.88	0.79	0.76	0.68	1.29	1.03	story1
0	0	0	0	0.00	0.00	0



الشكل (21) قيم الانتقالات الطابقية في مجال الزمن للزلزال NORTHTRIDGE في  
حالة التقييس time domain max



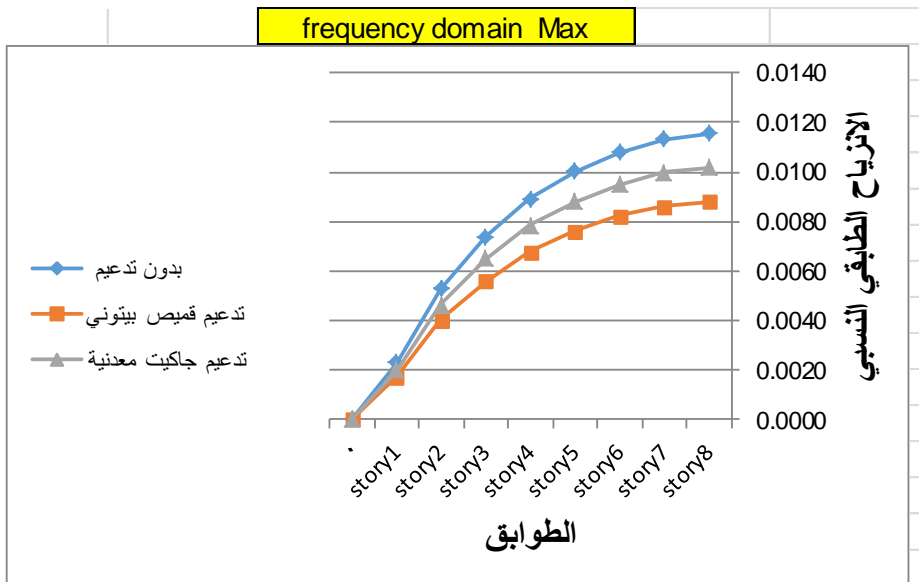
الشكل (22) قيم الانتقالات الطابقية في مجال الزمن للزلزال NORTHTRIDGE في حالة التقييس time domain min

نلاحظ من الانتقالات الطابقية ان التحليل الديناميكي باستخدام سجلات زمنية مقيسه في مجال الزمن أعطى قيم للانتقالات الطابقية أكبر من طريقة التقييس في مجال التردد حوالي 16% وان التدعيم بقميص بيتوني خفض الانتقالات الطابقية بنسبة حوالي 22% بالمقارنة مع المبنى بدون تدعيم ، وان التدعيم باستخدام قميص معدني خفض الانتقالات بنسبة حوالي 10% بالمقارنة مع المبنى بدون تدعيم.

الانزياح الطابقي النسبي في الاتجاه X في حالة التقييس frequency domain  
الجدول (16) قيم الانزياحات الطابقية النسبية في مجال التردد للزلزال  
NORTHTRIDGE في حالة التقييس frequency domain

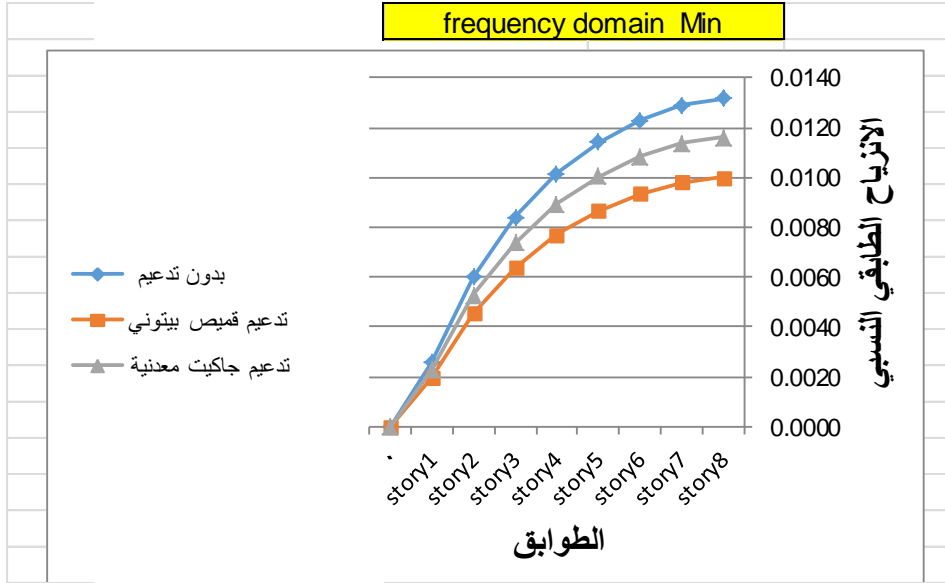
المقارنة بين التحليل الديناميكي اللاخطي والتحليل الستاتيكي اللاخطي على سلوك الجمل الثنائية (إطارات - جدران قص) وتدعيمها

inter story drift frequency domain						الطابق
بالاتجاه X						
تدعيم جاكيت معدنية		تدعيم قميص بيتوني		بدون تدعيم		
frequency domain		frequency domain		frequency domain		
Max (ton)	Min (ton)	Max (ton)	Min (ton)	Max (ton)	Min (ton)	
0.0102	0.0116	0.0088	0.0100	0.0116	0.0132	story8
0.0100	0.0114	0.0086	0.0098	0.0113	0.0129	story7
0.0095	0.0108	0.0082	0.0093	0.0108	0.0123	story6
0.0088	0.0100	0.0076	0.0087	0.0100	0.0114	story5
0.0078	0.0089	0.0068	0.0077	0.0089	0.0102	story4
0.0065	0.0074	0.0056	0.0064	0.0074	0.0084	story3
0.0046	0.0053	0.0040	0.0046	0.0053	0.0060	story2
0.0020	0.0023	0.0017	0.0020	0.0023	0.0026	story1
0	0	0	0	0	0	0



الشكل (23) قيم الانزياحات الطائفية النسبية في مجال التردد للزلزال frequency domain max في حالة التقييس NORTHDRIDGE





الشكل (24) قيم الانزياحات الطابقية النسبية في مجال التردد للزلزال frequency domain min في حالة التقييس NORTH RIDGE

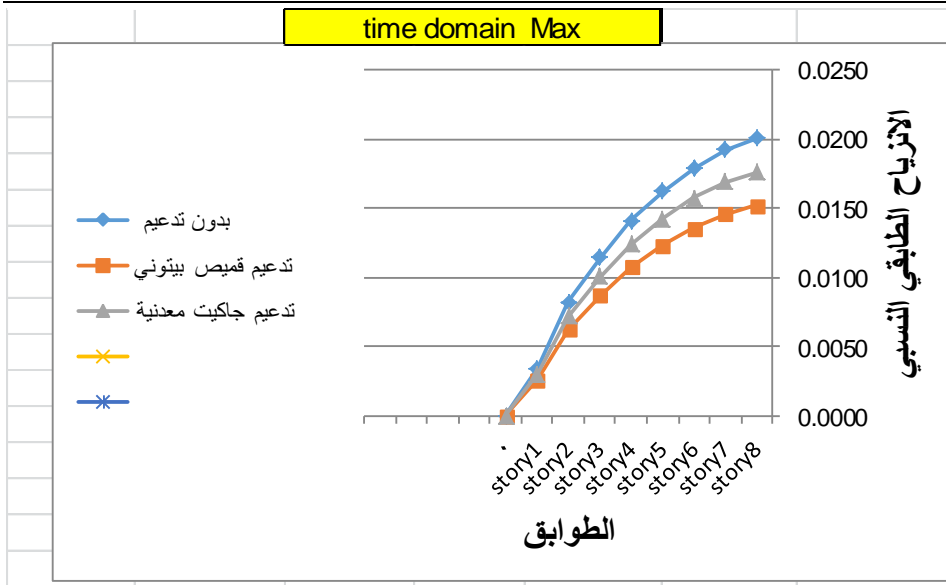
الانزياح الطائقي النسبي في الاتجاه X في حالة التقييس time domain

الجدول (17) قيم الانزياحات الطابقية النسبية في مجال الزمن للزلزال

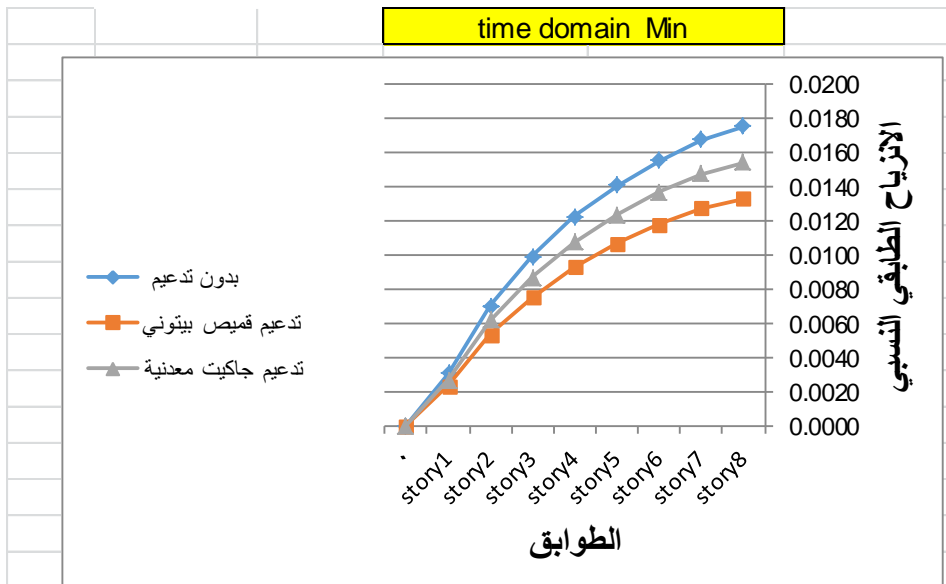
time domain max في حالة التقييس NORTH RIDGE

inter story drift time domain بالاتجاه X						الطابق
تدعيم جاكيت معدنية		تدعيم قميص بيتوني		بدون تدعيم		
time domain		time domain		time domain		
Max (ton)	Min (ton)	Max (ton)	Min (ton)	Max (ton)	Min (ton)	
0.0176	0.0154	0.0152	0.0133	0.0200	0.0175	story8
0.0169	0.0148	0.0146	0.0128	0.0193	0.0168	story7
0.0158	0.0137	0.0136	0.0118	0.0179	0.0156	story6
0.0143	0.0124	0.0123	0.0107	0.0162	0.0141	story5
0.0124	0.0108	0.0107	0.0093	0.0141	0.0122	story4
0.0101	0.0087	0.0087	0.0075	0.0115	0.0099	story3
0.0072	0.0062	0.0062	0.0054	0.0082	0.0070	story2
0.0030	0.0027	0.0026	0.0023	0.0034	0.0031	story1
0	0	0	0	0	0	0

المقارنة بين التحليل الديناميكي اللاخطي والتحليل الستاتيكي اللاخطي على سلوك الجمل الثنائية (إطارات - جدران قص) وتدعيمها



الشكل (25) قيم الانزياحات الطابقية النسبية في مجال الزمن للزلزال time domain max في حالة التقييس NORTHTRIDGE



الشكل (26) قيم الانزياحات الطابقية النسبية في مجال الزمن للزلزال time domain min في حالة التقييس NORTHTRIDGE

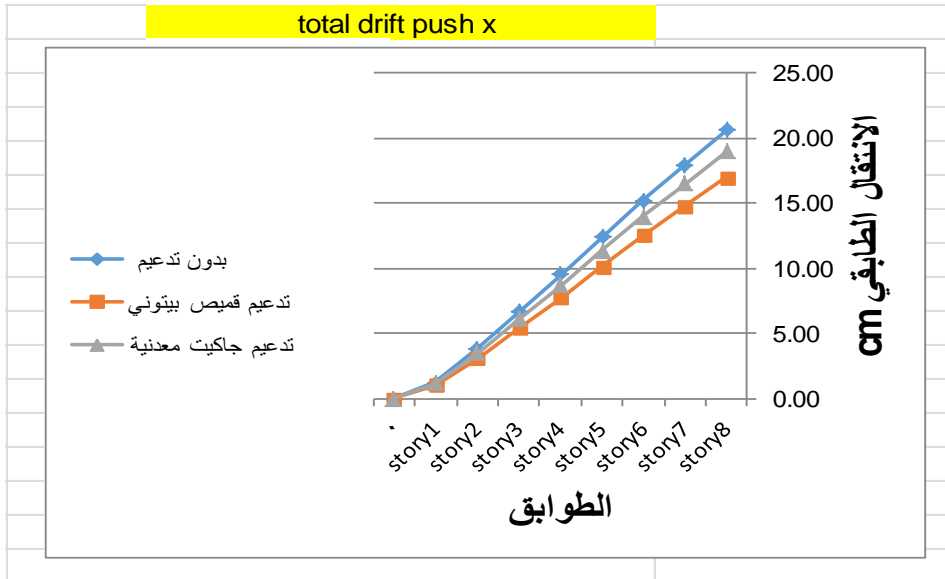
نلاحظ من الانزياحات الطابقية النسبية ان التحليل الديناميكي باستخدام سجلات زمنية مقيسه في مجال الزمن أعطى قيم للانزياحات الطابقية النسبية أكبر من طريقة التقبيس في مجال التردد حوالي 24%

وان التدعيم بقميص بيتوني خفض الانزياحات الطابقية النسبية بنسبة حوالي 24% بالمقارنة مع المبنى بدون تدعيم ، وان التدعيم باستخدام قميص معدني خفض الانزياحات الطابقية النسبية بنسبة حوالي 12% بالمقارنة مع المبنى بدون تدعيم.

اما بالنسبة للتحليل الستاتيكي اللاخطي للبناء الثاني

الجدول (18) قيم الانتقالات الطابقية للبناء الثاني في حالة التحميل push x

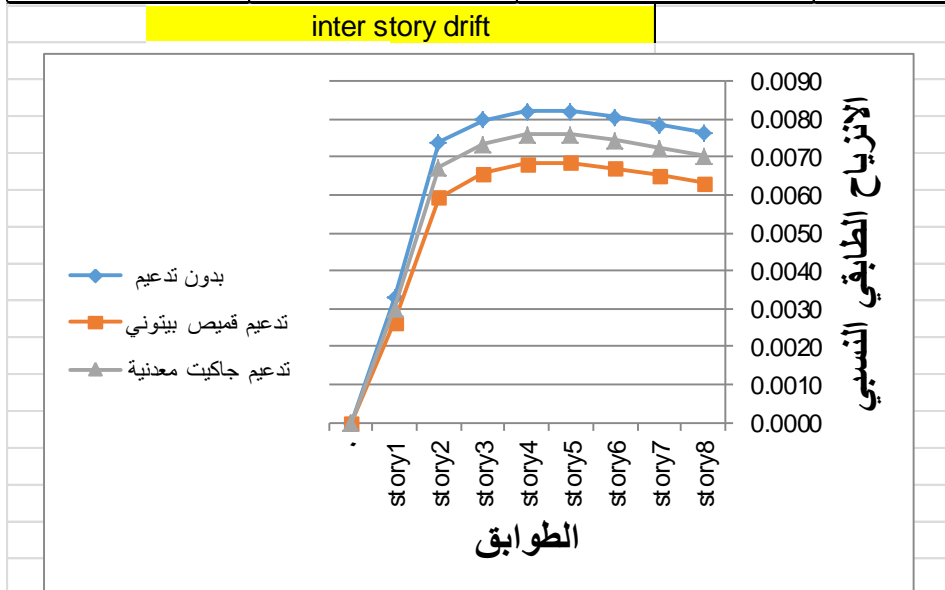
total drift push x (cm)			story
تدعيم جاكيت معدنية	تدعيم قميص بيتوني	بدون تدعيم	
18.98	17.00	20.61	story8
16.51	14.78	17.93	story7
13.98	12.50	15.19	story6
11.37	10.15	12.37	story5
8.71	7.75	9.49	story4
6.05	5.36	6.61	story3
3.48	3.05	3.82	story2
1.12	0.98	1.24	story1
0.00	0.00	0.00	0



الشكل (27) قيم الانتقالات الطابقية للبناء الثاني في حالة التحميل push x

الجدول (19) قيم الانزياحات الطابقية النسبية للبناء الثاني في حالة التحميل push x

inter story drift push x			story
تدعيم جاكيت معدنية	تدعيم قميص بيتوني	بدون تدعيم	
0.0071	0.0063	0.0077	story8
0.0072	0.0065	0.0079	story7
0.0074	0.0067	0.0081	story6
0.0076	0.0069	0.0082	story5
0.0076	0.0068	0.0082	story4
0.0073	0.0066	0.0080	story3
0.0067	0.0059	0.0074	story2
0.0030	0.0027	0.0033	story1
0	0	0	0



الشكل (28) قيم الانزياحات الطابقية النسبية للبناء الثاني في حالة التحميل push x

نلاحظ من الانتقالات الطابقية والانزياحات الطابقية النسبية ان التحليل الديناميكي اللاخطي أعطى قيم للانتقالات الطابقية أكبر من التحليل الستاتيكي اللاخطي بحوالي 21% واعطى قيم بالنسبة للانزياحات الطابقية النسبية اكبر من التحليل الستاتيكي اللاخطي بحوالي 40%

## الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- اعطى التحليل الديناميكي باستخدام سجلات زمنية مقيسه في مجال الزمن قيم للانتقالات الطابقيه أكبر من طريقة التقييس في مجال التردد بنسبة تتراوح من (16%-22%) وللانزياحات الطابقيه النسبية بنسبة تتراوح من (24%-26%) لذلك ينصح بأخذ طريقة التقييس في مجال الزمن.
- 2- تعطي طريقة التحليل الديناميكي اللاخطي انتقالات طابقيه أكبر من تحليل Pushover بشكل عام بنسبة تتراوح من (21%-30%)
- 3- تعطي طريقة التحليل الديناميكي اللاخطي انزياحات طابقيه نسبية أكبر من تحليل Pushover بشكل عام بنسبة تتراوح من (34%-40%)
- 4- التدعيم بالقميص البيتوني خفض الانتقالات الطابقيه بنسبة تتراوح بين (22%-24%)، بينما التدعيم بالتطويق المعدني خفض الانتقالات بنسبة تتراوح من (11%-12%)، بالمقارنة مع المبنى القائم.
- 5- التدعيم بالقميص البيتوني خفض قيم الانزياحات الطابقيه النسبية بنسبة تتراوح من (21%-23%)، بينما التدعيم بالتطويق المعدني خفض قيم الانزياحات الطابقيه النسبية بنسبة (10%-13%)، بالمقارنة مع المبنى القائم.

## المراجع:

- [1] The Syrian Code for Design & Construction of Reinforced Concrete Structures, 2012, Damascus.
- [2] ATC-55, Applied Technology Council, Washington, D.C, 2005.
- [3] Mwafy,A.M. ؛ Elnashai,A.S, 2001, Static Pushover Versus Dynamic Collapse Analysis of RC Buildings, Journal of Engineering Structures, Vol. 23, 407-424. ؛
- [4] Hajirasouliha, Asadi, Pilakoutas, 2012, An Efficient Performance-Based Seismic Design Method For Reinforced Concrete Frames ,Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 41, Pages 663-679.
- [5] Gupta,B, 1999, Enhanced Pushover Procedure and Inelastic Demand Estimation for Performance-Based Seismic Evaluation of Buildings, Ph.D. Dissertation, University of Central Florida, Orlando.
- [6] Taha,R , 2013, A Case Study to Evaluate Performance of Multistory Existing Buildings Located At Syrian Coast To Seismic Effect and Rehabilitation, Master's thesis, Faculty of Civil Engineering, 2013, Tishreen University.
- [7] Hasan,N.M,2016, Generation of Synthetic Time Histories Functions Compatible with Syrian Response Spectra in Frequency

Domain and Time Domain Applicable to Dynamic Analysis, journal of Al-Bath university, vol. 38,2016.

[8] UBC – 97, (Uniform Building Code), 1997.

[9] CSI Software , Computers and Structures, Inc. [Quoted, 2016]. Available at:<<http://www.csiamerica.com/products/etabs>>.

[10] IBC– 2009, ( International Building Code), 1997.





## تحسين مقاومة التربة الانتفاخية باستخدام رماد

### مخلفات عصر الزيتون الصلبة

د.م. ريم قزي<sup>(1)</sup> ، د.م. جميل جبل<sup>(2)</sup>

#### المُلخَص

من خلال برنامجٍ تجريبيٍّ شاملٍ ؛ تمّت دراسة تأثير إضافة الرماد الناتج عن حرق المخلفات الصلبة لصناعة زيت الزيتون ، في الخواص الجيوتكنيكية لنوعين من التّرب الانتفاخية المحليّة المختلفة اللدونة ذات الخصائص الانتفاخية العالية .

تمّ خلط رماد مخلفات عصر الزيتون مع التّرب المختبرة بنسب [1%,3%,5%,7%] تبعاً للوزن الجافّ للتربة ، وحُفظت العينات جميعاً للمعالجة [14,28,90] يوماً .

تمّ تقييم أداء المادة المذكورة في تحسين التّرب الانتفاخية من خلال مجموعة التجارب التالية : الرّص وفقاً لبروكتور المعدّلة ، خواص اللدونة ، مقاومة الضّغط الحرّ مع قياس الانتفاخ النسبيّ ، وفي الوقت ذاته ؛ كان يتمّ قياس PH العينات لتقييم أثر المادة المضافة في قلوية التربة .

أثبت رماد مخلفات عصر الزيتون فعاليته كمادة مضافة غير تقليدية في تحسين عامّ للخواص الفيزيائية والميكانيكية للتّرب الانتفاخية المختبرة ، من خلال تخفيض كلّ من خواص اللدونة والخصائص الانتفاخية ، وارتفاع قيم مقاومة الضّغط الحرّ للتّربتين ، كما لوحظ أن PH العينات قد ارتفع بشكل ملحوظ بعد المعالجة ؛ الأمر الذي قد يكون أسهم في تعديل التّركيب المنراليّ للتّرب المحسّنة .

**كلمات المفتاح :** التربة الانتفاخية-رماد مخلفات عصر الزيتون-تحسين التربة-خواص اللدونة-

الانتفاخ النسبيّ - مقاومة الضّغط الحرّ-PH

<sup>1</sup> د.م. ريم أسعد قزي : مهندسة مدنية مشرفة على الأعمال في قسم الهندسة الجيوتكنيكية - جامعة البعث - سوريا

<sup>2</sup> د.م. جميل جبل : أستاذ مساعد في قسم الهندسة الجيوتكنيكية - كلية الهندسة المدنية - جامعة حلب- سوريا

# Stabilization of Expansive Soil Strength Using the ashes of olive solid wastes

Dr. kAZZI R. , Dr. JABAL J.

## Abstract:

Through a comprehensive experimental program ; The effect of adding ash from burning solid wastes of olive oil industry, on the geotechnical properties of two types of local expansive soils of different plasticity with high swelling properties, were studied.

The ash of the olive press wastes was mixed with tested soils in different proportions [1%, 3%, 5%, 7%] of the dry weight of the soil, and all samples were kept for treatment [14,28,90] days.

The performance of the aforementioned additive in improving expansive soils was evaluated through the following set of tests: Modified Proctor Compaction, Plasticity properties, Unconfined Compression with Relative Swelling measurement.

At the same time, the PH of the samples was recorded to evaluate the effect of the additive on the alkalinity of the soil.

The Olive Waste Ash -as unconventional additives- has proven successful in improving the physical and mechanical properties of the tested expansive soils in general; by reducing both plasticity and swelling properties and increasing the values of Unconfined Compression for the two soils, and It has been noted that the pH of the samples have increased significantly after treatment, which may have contributed to modification of the mineral composition of the improved soil .

**Key Words:** Expansive Soil–Olive wastes Ashes– Soil Improving – Plasticity properties–Relative Swelling–Unconfined Compression Strength – PH

## 1- مقدمة :

تنتشر التربة الانتفاخية في جميع أنحاء العالم باستثناء مناطق القطب الشمالي، حيث رُصدت الأضرار الانتفاخية في تربة المناطق ذات البيئات العالية الرطوية ، وكذلك في المناطق الجافة وشبه الجافة [17] ، [18] ، وتُعتبر من أكثر المواد الطبيعية صعوبةً بالنسبة لأعمال الهندسة المدنية بشكل عام ، لما تُبديه من تغيّراتٍ حجميةٍ (انتفاخ-تقلص) بنتيجة التغير في رطوبتها تبعاً للشروط المناخية ، وما ينجم عن ذلك من أضرارٍ بالغة الحدة تؤثر سلباً على أداء وعمر استثمار المنشآت الهندسية المشيَّدة عليها من مرافق النقل كافةً أو حتى المنشآت الخفيفة المستندة إليها ، وقد بلغت كلفة الأضرار المقدّرة والناتجة عن التربة الانتفاخية حدّاً تجاوزت فيه كلفة الضرر الناتج عن الكوارث الطبيعية من فيضاناتٍ وأعاصير وزلازل في بلدانٍ مختلفةٍ من العالم [25] ،

ونظراً للطبيعة الضارة للتربة الانتفاخية ، وبما أن تجنّب هذه التربة من خلال تقنية إزالة واستبدال المُتبعَة سابقاً لم يعد مُجدياً حالياً لاعتباراتٍ تقنيةٍ واقتصاديةٍ وبيئيةٍ ؛ اتجه المهندسون الجيوتكنيكيون نحو خياراتٍ بديلةٍ للحدّ أو التّخفيف من خصائصها الهندسية المرفوضة من خلال تقنيات تحسين التربة والتي تندرج بمعظمها ضمن فئتين هما: التّحسين الميكانيكي والتّحسين الكيميائي ، ويفضّل المهندسون الجيوتكنيكيون في تحسين التربة الانتفاخية استخدام التّحسين الكيميائي على اعتبار أنّ تقييم التّشوهات الحجمية في التربة /التّشديد-الانتفاخ-التقلص/ يتمّ من خلال إمّا الحفاظ أو التّحسين للخواص المرتبطة بالمقاومة على المدى الطويل والذي يتمّ بلوغه عادةً من خلال التّحسين الكيميائي ، [17] ، [23] .

يعتمد التّحسين الكيميائي للتربة على استخدام مواد نشطة كيميائياً تُشكّل -من خلال الإماهة- نواتج سمنتية ، تربط أو تجمع حبات التربة أثناء التفاعل الكيميائي، و/أو تُعدّل من قيمة الـ PH للوسط الذي يؤثر بدوره في السلوك الأساسي لمصفوفة التربة [22]،

[20] ، وقد تمت دراسة تأثير إضافة عوامل تحسين تقليدية مختلفة في التربة الانتفاخية في السنوات القليلة الماضية كالكلس والاسمنت والرماد المتطاير وغيرها ، إلا أن العديد من الباحثين يرى أهمية قصوى حالياً في البحث عن عوامل تحسين: غير تقليدية ، جديدة ، مستدامة ، ذات خصائص بوزولانية (حاوية على كميات كبيرة من الكلس الحر ، و/أو ذات إمكانية بوزولانية (أي: القلوية مع نسبة عالية من السيليكا والألومينا)) [28] ، [30] ، كالمخلفات الثانوية الصناعية والزراعية [18] .

في هذا البحث ؛ تم اختيار الرماد الناتج عن حرق مخلفات عصر الزيتون - وهو مادة مخلفات غنية بالبوتاسيوم - لاختبار إمكانية استخدامه كمادة غير تقليدية في تحسين التربة الانتفاخية المحلية ، حيث أظهرت التحريات النظرية أن أبحاثاً محدودة قد تناولت استخدامه في تحسين التربة ، وقد تباينت في نتائجها حول فعالية المادة والنسب المثالية لاستخدامها بشكل عام .

وفقاً ل [5] فإن إضافة الرماد الناتج عن حرق مخلفات عصر الزيتون بدرجة حرارة  $550^{\circ}\text{C}$  بنسبة تصل حتى 7.5% من الوزن الجاف للتربة ستخفف من ضغط الانتفاخ ، بينما وجد [24] أن أي زيادة للرماد عن النسبة 3% ستزيد من قابلية الانضغاط للتربة وتضعف مقاومة الضغط الحر ، وبحسب [33] فإن إضافة رماد مخلفات الزيتون لغضار البنتونايت بنسبة 1% ستزيد من قيمة الوزن النوعي إلى قيمة أعظمية وأي إضافة بنسبة أعلى ستؤدي إلى نقصانه وإلى انخفاض حاد في مقاومة الضغط الحر ، أما [31] فقد وجدوا أن استخدام رماد مخلفات الزيتون مع تربة المارل الغضارية قد أظهر تحسناً ملحوظاً في الخواص الميكانيكية ومقاومة القص للعينات المعالجة مقارنة مع عينات المارل الطبيعية وازداد هذا التحسن مع ارتفاع نسبة الرماد في الخليط ، مترافقاً مع انخفاض حاد في دليل اللدونة للتربة الطبيعية .

## 2- هدف البحث :

يطرح البحث الحالي إسهاماً من وجهة نظر الهندسة الجيوتكنيكية في التّمية المُستدامة ونظام البناء المُستدام في سورية ، وذلك من خلال دراسة إمكانيّة الاستفادة من مواد مخلفات محلّيّة -وهي رماد المُخلفات الصّلبة الناتجة عن صناعة استخراج زيت الزّيتون- ضمن تطبيقات الهندسة الجيوتكنيكية ، عبر برنامج تجريبيّ يدرس تطور الخواص الفيزيائية والميكانيكية لنوعين من التّرب الانتفاخية المحليّة المختلفة اللدونة بعد إضافة الرماد بنسبٍ مختلفةٍ وعند فترات معالجةٍ مختلفةٍ .

## 3- المواد المستخدمة في البحث :

تم اختيار نوعين من التّرب الانتفاخية المحليّة في هذا البحث :

### -التربة (1) :

هي تربة غضارية حمراء اللون مستخرجة بالحفر اليدوي من حفرة مجاورة لأحد الطرقات الريفية الفرعية من قرية الفحيلة التابعة لمحافظة حمص حيث أخذت عينات مخربة من عمق بحدود (0.5-1)m تقريباً تحت سطح الأرض الطّبيعيّة .

-التربة (2) : هي تربة غضارية ذات لون بنيّ مُخضّرٍ مستخرجةً من حفرةٍ كانت مجهزةً لاستثمارها هندسياً في قرية الناصرة التابعة لمحافظة حمص أيضاً، وقد أخذت عيناتٌ مُخرّبةً بالحفر اليدويّ من عمق (1.5-2)m تقريباً تحت سطح الأرض الطّبيعيّة . الجدولان (1)+(2) يعرضان الخواص الجيوتكنيكية للتّربتين الطّبيعيتين المدروستين بحسب المواصفات القياسية لـ ASTM(1993) ، وقد صنّفت التّرب تبعاً لنظام التصنيف الموحد U.S.C.S [4].

واعتماداً على قيم PI، وتصنيف Chen [9]، فإنّ التّربة 1 المتوسطة اللدونة هي تربة ذات انتفاخٍ عالٍ، والتّربة 2 العالية اللدونة ذات انتفاخٍ عالٍ جداً، بينما وفقاً

لتصنيف BRE (1993) [21]؛ فإنَّ التربة 1 ذات انتفاخٍ متوسطٍ والتربة 2 ذات انتفاخٍ عالٍ.

الجدول (1) : التَّركيب الحَبِّي والوزن النَّوعيَّ للتَّربتين المستخدمتين في البحث

التربة	G	البحص (76.2-4.75) mm	الرَّمَل (4.75-0.075) mm	السَّيْلَت (0.075-0.002) mm	الغضار < 0.002 mm
1	2.68	0.5%	24.5%	20%	55%
2	2.9	0%	3.7%	23.3%	73%

الجدول (2) : خواص اللدونة والرَّصَّ للتَّربتين المستخدمتين في البحث

التربة	LL(%)	PL(%)	PI(%)	التصنيف	فعالية الغضار $\gamma_{d,max}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\omega_{opt}$ (%)
1	64	30	34	CH	0.62	20
2	92	35	57	CH	0.78	24

- رماد مخلفات عصر الزيتون : تمَّ جمعه بعد حرق مخلفات الزيتون المُستحضرة من إحدى معاصر الزيتون في محافظة حمص أيضاً وهي عبارة عن اسطوانات مضغوطة بوزن 1kg تقريباً وتُعرف محلياً باسم التيمز أو البيرين وقد تمَّ حرقها باستخدام مدفأة منزلية ، ثم مُررت نواتج الحرق على المنخل 0.425mm ليتم خلط المار منه فيما بعد مع التربة المراد تحسينها ، وتمتاز هذه المادة بسهولة استخدامها كونها لا تحتاج للطحن وتركيبها الحَبِّي يظهر أن مقاس حباتها مشابهة للرَّمَل السَّيْلَتِي بحسب نظام التصنيف الموحد U.S.C.S ، والجدول (3) يعرض مواصفات الرماد المستخدم .

الجدول (3) : خواص رماد مُخَلَّفَات عصر الزَّيتون

$G_{ash}$	2.36
التوزيع الحَبِّي للرماد حسب قياس حباته	
(0.425-0.075) mm	72.8%

(0.075-0.002) mm	15.2%
< 0.002 mm	12%

أما الجدول(4) ؛ فيعرض التركيب الكيميائي للرماد المستخدم والمحدد باستخدام المعايير الكلاسيكية في مخابر كلية الزراعة بجامعة البعث، حيث يظهر وبوضوح أن رماد مخلفات عصر الزيتون يملك تركيباً كيميائياً مشابهاً للمواد البوزولانية بوجود نسبة مهمة من أكسيد الكالسيوم (CaO) وثاني أكسيد السيليكون (SiO<sub>2</sub>) ، إضافة إلى غنى هذا الرماد بأوكسيد البوتاسيوم (K<sub>2</sub>O) وهي جميعاً مركبات لها علاقة بتحسين التربة [11] .

الجدول(4): التركيب الكيميائي لرماد مخلفات عصر الزيتون باستخدام المعايير الكلاسيكية  
(The Chemical composition of Olive waste/Cake/ Ash)

Oxides (%)	OLIVE CAKE ASH	Oxides (%)	OLIVE CAKE ASH
CaO	7.5	Na <sub>2</sub> O	0.38
SiO <sub>2</sub>	18.5	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.95	TiO	0.1
MgO	2.01	SO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	-
MnO	0.04	PH	5.9
K <sub>2</sub> O	39.6	*LOI <sub>550C</sub> (%)	0.0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.21	**LOI <sub>1000C</sub> (%)	21.7

\*LOI<sub>550C</sub> (%): Loss on ignition(550°C حرارة عند الاحتراق )

\*\*LOI<sub>1000C</sub> (%): Loss on ignition(1000°C حرارة عند الاحتراق )

### 3-1- تحضير العينات ومنهجية التجارب المتبعة :

تم خلط التربة الطبيعية (المجففة بالهواء الطلق) بمفردها لجعلها متجانسة قبل إضافة المواد المحسنة ، مع تفتيت التكتلات يدوياً أو بضربات خفيفة بمطرقة مطاطية، ثم تم

استبعاد الحبات ذات القطر الأكبر من 4.75mm انسجاماً مع المعايير القياسية المُعتمَدة للاختبارات اللاحقة وفقاً لنظام ASTM .

حُضرت خلائط من الترب المدروسة مع رماد مخلفات الزيتون بنسب (7,5,3,1) % محسوبةً تبعاً للوزن الجاف للتربة ، حيث تمّ خلط التربة مع المادة المضافة بالحالة الجافة وباستخدام الخلّاط الكهربائي لمدة عشر دقائق ، ثم أُضيف الماء وبكمية مناسبة وأُعيد الخلط لمدة تصل حتى خمس دقائق ، وبعد مضي ساعتين على الخلط بالماء وهو ما يُعرّف بزمن تأخير الرص (delay-time) كفترة ترطيبٍ لمحاكاة الفترة الزمنية النموذجية بين الخلط والرّص عند التنفيذ في الحقل [29] ؛ تمّ الرّص وفقاً لشروط تجربة بروكتور المعدّلة بهدف تحديد الوزن الحجمي الجاف الأعظمي والرطوبة المثالية الموافقة ( $\omega_{opt}, \gamma_{d,max}$ ) عند كل نسبةٍ مختارةٍ من المادة المضافة ، الشكّلين (2) و(3) ، لاعتماد هذه القيم كأساسٍ في تحضير العينات لبقية التجارب فيما بعد .

وبنفس المنهجية السابقة من حيث طريقة الخلط والترطيب وزمن الترطيب ؛ حُضرت خلائط من الترب المدروسة والرماد وتمّ ترطيبها ورصّها باستخدام طاقة الرص المعدّلة عند الرطوبة المثالية والوزن الحجمي الجاف الأعظمي المحددان في الخطوة السابقة والموافقان لكل نسبةٍ مقترحةٍ من المادة المضافة ، حيث تمّ تحضير عينات ضمن قالب بروكتور واستخلاصها منه بالاستعانة بالمكبس الهيدروليكي وأخرى ضمن قالب C.B.R. المشطور والمصمّم بشكلٍ خاص ليكون قابلاً لل فك والتركيب بسهولة لاستخلاص العينات المرصوفة داخله دون تخريب ، ليُصار إلى استخدامها لاحقاً في كافة التجارب المطلوبة لتقييم فعالية المادة المضافة في تحسين الخواص الجيوتكنيكية للترب المختبرة . تمّ تغليف العينات المرصوفة بالنايلون اللاصق بشكلٍ جيدٍ لحمايتها من خسارة الرطوبة، ثمّ وضعها ضمن حجراتٍ زجاجيةٍ حافظة للرطوبة ومُحكمة الإغلاق وضمن



حرارة المخبر، وحُفظت العينات ضمن الشُّروط السابقة وثُرُكت للمعالجة لفتراتٍ زمنيةٍ مختلفةٍ (Curing Time =14,28,90) يوماً .

بعد مضي فترة المعالجة المطلوبة وعند كلِّ زمنٍ محددٍ ؛ تمَّ إجراء سلسلة من التجارب على العينات المحفوظة وعند كافة النسب ، وقد شملت التجارب الخاصة بتحديد خواص اللدونة ، قياس قلوية الوسط أي ال PH ، بالإضافة إلى مقاومة الضغط الحر(الضَّغط غير المطوَّق) مع قياس الانتفاخ النسبيِّ باعتماد الخطوات التالية في التحضير لاختبارات الضغط الحر :

« في هذا الاختبار، وفي محاكاةٍ لأسوأ الظروف الحقليةِ المُمكنة التي قد تخضع لها التُّرب المحسَّنة (أمطارٍ غزيرةٍ أو فيضاناتٍ) ، [3] ، [1] ، مما يعكس سلباً على متانة التُّرب عامَّةً ، وفي محاولةٍ لأن تكون النتائج المخبريةِ أقرب ما يمكن إلى نتائج الاختبارات الحقليةِ من خلال اختبار عيِّناتٍ أكثر تمثيلاً لبنية التربة الانتفاخيةِ المحسَّنة بشروط الغمر بالماء ؛ فقد أُجريَ اختبار الضَّغط الحرّ على عيِّنات التُّرب المحسَّنة (المُحضَّرة والمعالجة لفترةٍ زمنيةٍ محدَّدةٍ ) بعد إعادة وضعها ضمن قوالب C.B.R وغمرها بالماء لمدة أربعة أيَّامٍ وبوجود حمولةٍ إضافيةٍ قدرها 4.5kg (كما في طريقة اختبارات C.B.R بحالة الغمر) ، مما سمح بقياس الانتفاخ التَّسبيِّ للعيِّنات بتأثير الغمر قبل تنفيذ اختبار الضغط الحر .

ثمَّ وباستخدام الأنابيب الخاصة بأخذ العيِّنات (ELE-Sample Tube: D=38mm) وبالإستعانة بالمكبس الهيدروليكيِّ ؛ استُخرِجت عدَّة عيِّناتٍ لاختبار الضَّغط الحرّ بعد قطعها بارتفاعٍ محدد (H=2D=76mm) ، الشكل (1) ، وباتِّباع المنهجيةِ السابقة وبالإستعانة بجهاز الضَّغط الحرّ تمَّ اختبار جميع العيِّنات المُحسَّنة ، ورصد تأثير المادة المُضافة في مقاومة الضَّغط غير المطوَّق للتُّرب الانتفاخيةِ المُختبرة .



-b-



-a-

الشكل (1) : -a- قطع عيّنات التربة باستخدام أنابيب قطع العيّنات والمكبس الهيدروليكي

(ELE-Sample Tube:D=38mm)

-b- استخلاص عيّنات التربة لاختبارات الضّغط الحر بالاستعانة بالمكبس الهيدروليكي

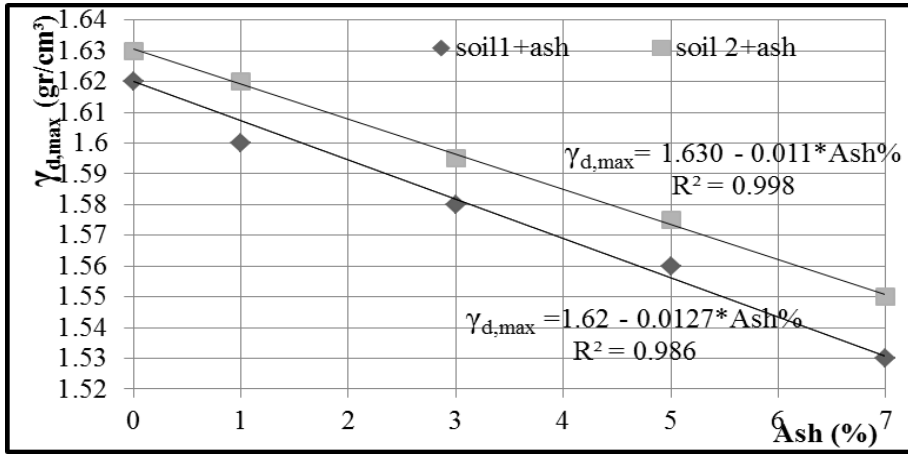
#### 4- النتائج ومناقشتها :

##### 4-1- تأثير المادة المضافة في خواص الرص :

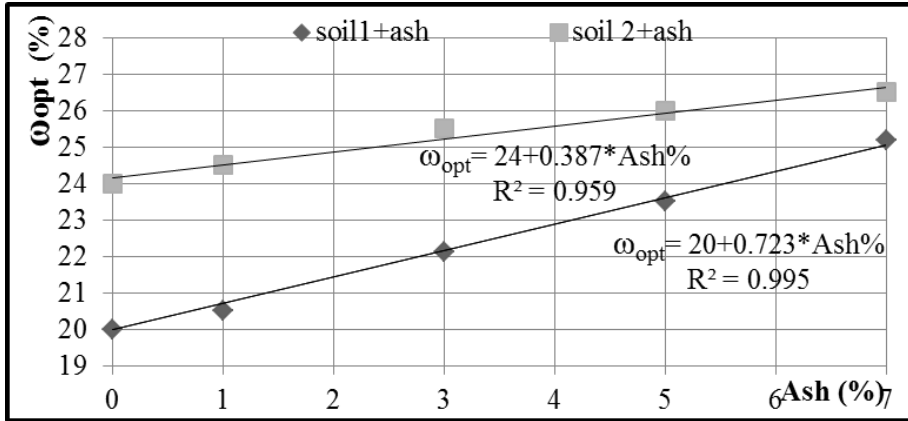
نعرض في الشكلين (2) و(3) نتائج اختبارات الرّص لخلائط الترب المدروسة مع رماد مخلفات عصر الزيتون ويتوضّح من خلالها تغير قيم الوزن الحجمي الجاف الأعظمي والرطوبة المثالية في الترب المُحسّنة تبعاً لنسبة المادة المضافة .

أسهمت إضافة رماد مُخلفات عصر الزّيتون في خفض الوزن الحجمي الجاف الأعظمي للترب المُختبرة مع ارتفاع نسبة الرّماذ في الخليط ، الشكل (2) ، وهو أمرٌ يعود غالباً إلى استبدال نسبة من حبات التربة بحبات الرّماذ الأخف وزناً مقارنةً مع حبات التّرب المُختبرة حيث قيمة الوزن النوعي المنخفضة نسبياً للرّماذ ( $G_{ash}=2.36$ )- ستسهم في خفض كتلة التربة من أجل الحجم ذاته ممّا سيؤدّي إلى انخفاضٍ في قيم وزن وحدة الحجم الجاف للمادة ككل [24] ، ويذكر العديد من الباحثين أنّه عند معالجة التّرب الناعمة بالمُحسّنات القائمة على الكالسيوم ؛ يحدث تفاعلٌ كيميائيٌّ بين التربة المُحسّنة

والمادة المضافة فور إضافة الماء ، وينتج عنه تلبّد وتكتّل للحبات الناعمة ممّا يُعيق رصّ التربة بشكلٍ مناسبٍ ، وترتفع نسبة الفراغ ونسبة حجم الماء إلى حجم المادة الصلبة ، وبما أنّ الوزن الحجمي للماء أخفّ منه للمادة الصلبة ؛ يحدث انخفاض في قيمة وزن واحدة الحجم الكلي للمادة ، ويؤدّي إلى انخفاض في قيمة الوزن الحجمي الجافّ الأعظمي [16] ، [18] ، [6] .



الشكل(2):تغير الوزن الحجمي الجافّ الأعظمي للتريبتين المحسنتين تبعاً لنسبة الرماد المضاف



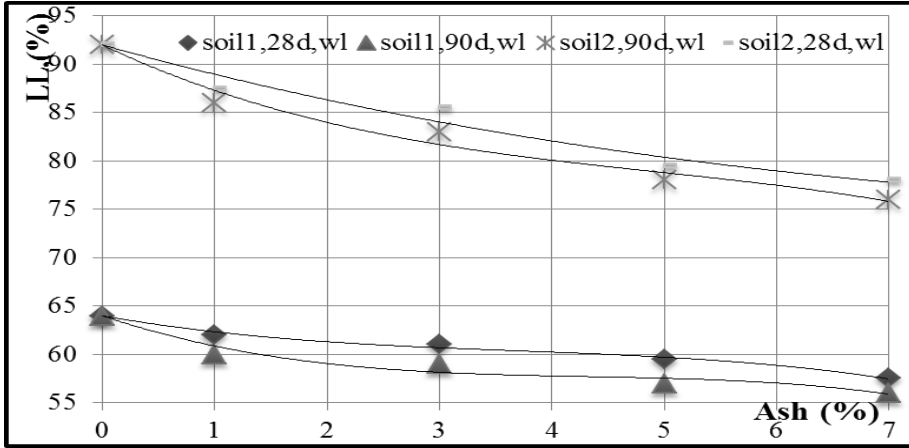
الشكل (3) : تغير محتوى الرطوبة المثالية للتريبتين المحسنتين تبعاً لنسبة الرماد المضاف

وبالمقابل فإنّ ارتفاع نسبة الرّامد في الخليط ؛ قد أسهم في ارتفاع قيمة الرّطوبة المثالية للتربّ المحسّنة ،الشكل (3) ، وهو أمرٌ يمكن أن يُعزى إلى التفاعل البوزولانيّ بين الرّامد

المضاف ومكونات التربة، والذي سيتطلب ماءً إضافياً لتفاعلات الإماهة، إضافةً إلى الماء اللازم لتغليف سطح الحبات في أثناء الرّص [15].

#### 4-2- التأثير في خواص اللدونة :

أسهمت إضافة رماد مُخلفات الزيتون كما يبدو واضحاً من خلال النتائج في الأشكال (4)، (5)، (6) بانخفاضٍ تدرجيٍّ في قيم حدّ السيولة مقابل ارتفاعٍ تدرجيٍّ في قيم حدّ اللدونة مع ارتفاع نسبة الرماد المضاف في الترتين المحسّنتين ، ممّا انعكس انخفاضاً واضحاً في قيم دليل اللدونة للترب المحسّنة ، كما يمكن أن نلاحظ من النتائج الموصوفة بالمخططات السابقة ؛ تأثير زمن المعالجة على خواص اللدونة، حيث استمرّ انخفاض حدّ السيولة ودليل اللدونة مع ازدياد زمن معالجة التربة.

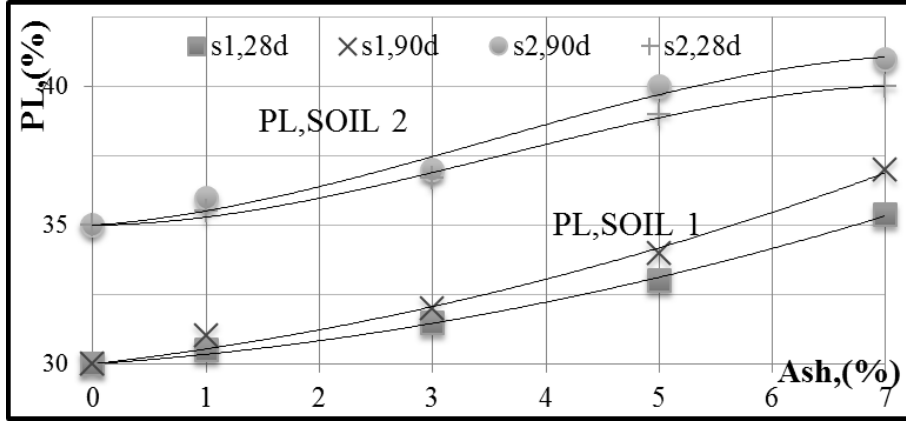


الشكل (4) : تغيّر حدّ السيولة LL(%) للتربتين المحسّنتين

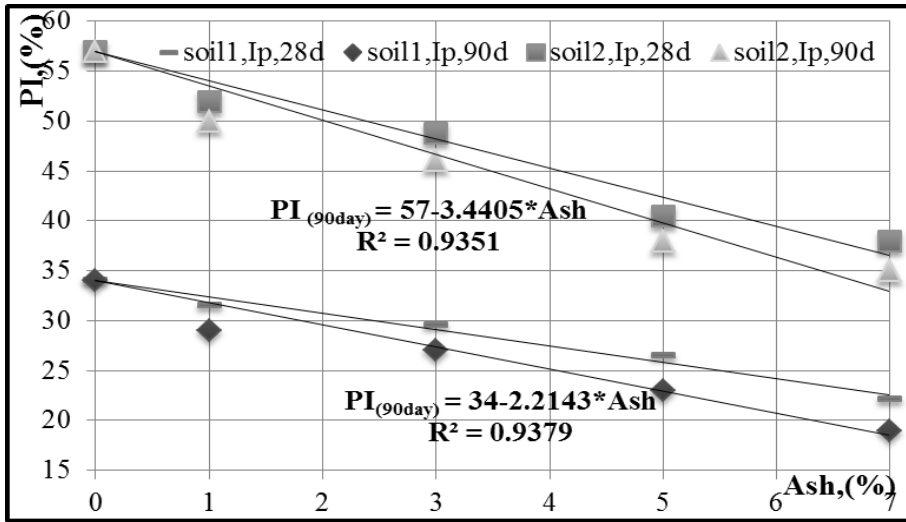
تبعاً لنسبة الرماد Ash(%) وزمن المعالجة .

◀ هذه التّغيرات في خواص اللدونة يمكن أن تُعزى أيضاً إلى استبدال جزءٍ من حبات التربة العالية اللدونة بحبات رماد مخلفات الزيتون غير اللدن ، وارتفاع نسبة الحبات الخشنة (قياس الرّمل والسيلت) ، مقابل انخفاضٍ في نسبة حبات التربة الناعمة (قياس الغضار) [24] ، بالإضافة إلى دور الرماد الأساسي في حدوث تفاعلات التحسين

البوزولانيّة ، والتي تُسهم في تعزيز اندماج وتكثّل حبّات التربة منذ مراحل المعالجة الأولى [32] ، [7].



الشكل (5) : تغيير حدّ اللدونة PL (%) للتربتين المحسنتين



الشكل (6) : تغيير دليل اللدونة PI (%) للتربتين المحسنتين

تبعاً لنسبة الرماد Ash (%) وزمن المعالجة (Curing Time) .

يتميّز التركيب الكيميائي لرماد مخلفات الزيتون المُستخدم بتركيبٍ مشابهٍ للمواد البوزولانيّة لاحتوائه على نسبةٍ مهمّةٍ من أكسيد السيليوس  $SiO_2$  وأكسيد الكالسيوم CaO ، ويُضاف إلى ذلك وجود نسبةٍ عاليةٍ من أكسيد البوتاسيوم ( $K_2O=39.6\%$ ) .

تُساهم إِمَاهة CaO في تكثُل وتلبُّد الحَبَّات الغضاريَّة كما أَوْضَحْنَا سَابِقاً ، بينما تُساهم إِمَاهة K<sub>2</sub>O في إنتاج بيئةٍ عاليةِ القلويَّة تُهيئُ الوسطَ لحدوثِ التفاعلاتِ البوزولانيَّة منذ السَّاعاتِ الأولى لإضافةِ الماءِ ، ويمكنُ أن تستمرَّ هذه التفاعلاتِ لمدَّةٍ طويلةٍ جداً من الرِّمَن (تصلُ عدَّةَ سنواتٍ) ، وينتجُ عنها موادٌ جِل رابطةٍ تغطِّي وترتبطُ حَبَّاتِ التُّربةِ ، تتبلورُ تبلوراً بطيئاً وتتحوُّلُ إلى مركَّباتِ CAH,CSH ، [7]، تُؤدِّي إلى استمرارِ انخفاضِ خواصِ اللدونةِ للتُّربةِ بازديادِ زمنِ المعالجةِ .

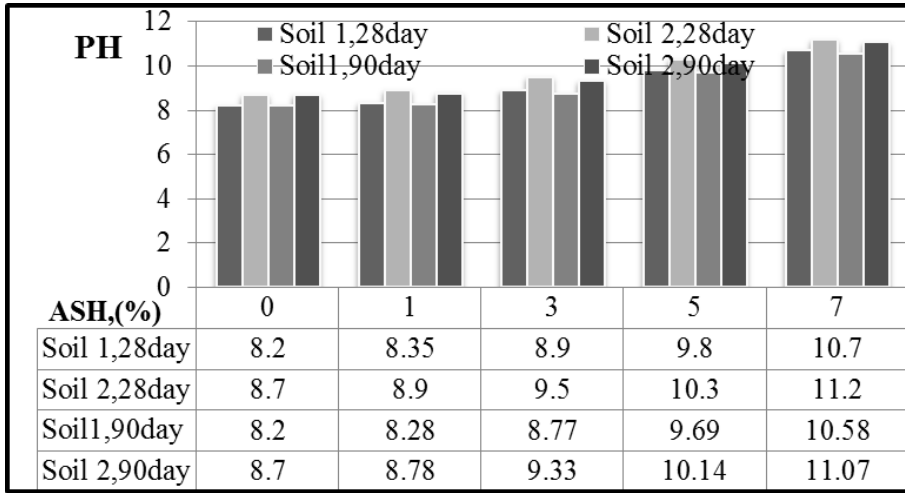
إنَّ إضافةِ رمادِ مخلفاتِ الزيتونِ إلى التُّربِ الطبيعيَّةِ المختبرةِ قد أسهم - وكنتيجةً لدوره في تعزيزِ الروابطِ بين الحَبَّاتِ وزيادةِ حجمِ الحَبَّاتِ - في تعديلِ تصنيفِ التُّربِ المختبرةِ من غُضارٍ لاعضويِّ عاليِ اللدونةِ (CH) إلى سيلتٍ لاعضويِّ (MH) وفقاً لنظامِ التصنيفِ الموحدِ (U.S.C.S.) ومخططِ اللدونةِ ، وبحسبِ تصنيفِ BRE (1993) [21]؛ واعتماداً على قيمِ (PI) وعند نسبةِ رمادٍ 7% وفترةِ معالجةٍ 90 يوماً ؛ فإنَّ تصنيفِ التُّربةِ 1 (من حيثِ إمكانيَّةِ الانتفاخِ) قد انخفضَ أيضاً نحو تربةٍ ذاتِ إمكانيَّةِ انتفاخٍ منخفضةٍ والتُّربةِ 2 نحو تربةٍ ذاتِ إمكانيَّةِ انتفاخٍ متوسِّطةٍ .

#### 4-3- التأثير في PH التربة :

تمَّت مراقبةُ وقياسُ الـ PH لعيناتِ التُّربةِ المعالجةِ بهدفِ تقييمِ أثرِ إضافةِ الرمادِ وينسبُ مختلفةً على التُّربةِ الطبيعيَّةِ ، والشكل (7) يعرضُ النَتائِجَ بعد معالجةِ (28, 90) يوماً ، ويبدو من خلاله أنَّ الرمادِ المضافِ قد أسهم في رفعِ قيمةِ الـ PH للتُّربِ المُعالَجةِ ، وارتفعتِ قلويَّةُ الوسطِ أكثرَ مع زيادةِ نسبةِ المادةِ المُضافةِ .

، يُؤدِّي تفاعلُ الموادِ الرابطةِ المُضافةِ مع الماءِ إلى تشكيلِ هيدروكسيدِ الكالسيومِ Ca(OH)<sub>2</sub> ، لتتحررَ بعدها ويسرعةً أيوناتِ الكالسيومِ (Ca<sup>+2</sup>) على سطحِ حَبَّاتِ التُّربةِ ، وترفعُ من قيمةِ قلويَّةِ الوسطِ ، [10] ، [2] .

إن ارتفاع قيمة الـ PH حتى القيمة 10 ؛ يُهيئ الوسط لحدوث تفاعلات بوزولانيّة مهمّة ، تسمح بتفكيك وانحلال المنرالات الغضاريّة الانتفاخيّة، وهي قيمة قد وصلت إليها التّرب المحسّنة بعمر 28 يوماً عند نسبة إضافات 5% تقريباً وتجاوزتها عند النّسب الأعلى . [28] [19] [14] [32].



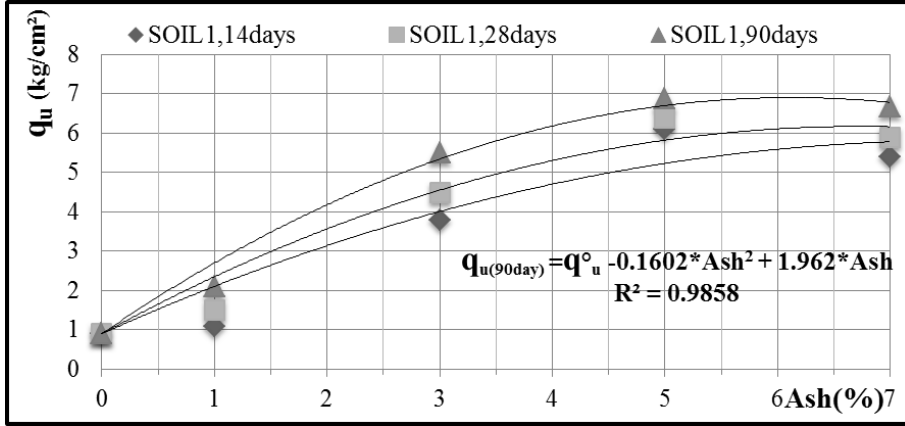
الشكل (7) : قيم الـ PH للتربتين المحسنتين تبعاً لنسبة الرّماذ المُضاف

الملاحظة الهامة الثانية حول نتائج قياسات الـ PH عند زمن 90 يوماً، أنه وبغض النظر عن محتوى المادة الرّابطة ؛ فإن قيمة الـ PH قد انخفضت قليلاً مع زيادة زمن المعالجة بالنسبة للمادة المُضافة ، وهي نتيجة ذكرها العديد من الباحثين عند معالجة التّربة بأنواع مختلفة من المواد الرّابطة، ويعزى هذا الانخفاض في قيم الـ PH إلى إنتاج المزيد من مواد الجل الرّابطة CSH أو CAH في أثناء تفاعلات الإماهة والتّفاعلات البوزولانيّة والتي تتطلب استهلاك المزيد من  $OH^-$  ، [19] ، [10] [27] ، [2] .

#### 4-4-التأثير في مقاومة الضّغط الحر والانتفاخ النسبي في التّربة :

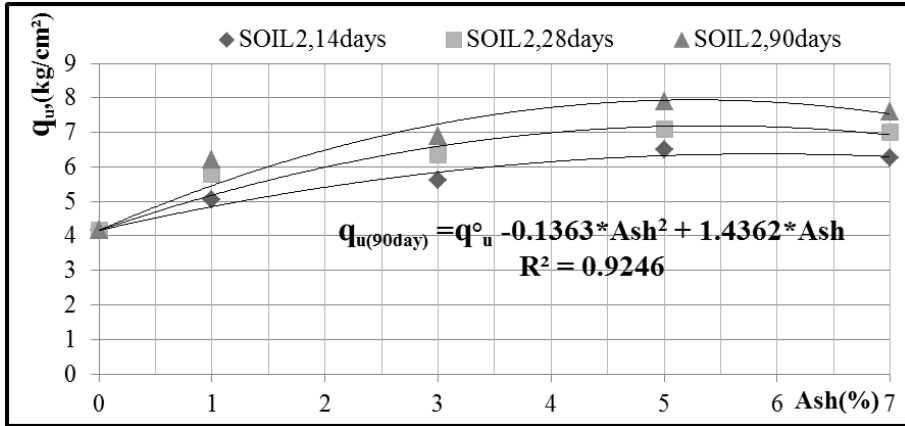
أظهرت نتائج اختبارات الضّغط الحرّ دوراً إيجابياً أيضاً لإضافة رماذ مخلفات الرّيّتون في تحسين مقاومة الضّغط الحرّ للتّربة 1 والتّربة 2 منذ مراحل المعالجة الأولى ،

الشكل (8) والشكل (9)، حيث ارتفعت قيمة مقاومة الضَّغَط الحرّ في التّرتين وبشكلٍ تدريجيٍّ مع ارتفاع نسبة الرماد المُضاف وازدياد زمن المعالجة .



الشكل (8): تغيّر قيم مقاومة الضَّغَط الحرّ  $Q_u$  للتربة 1

تبعاً لنسبة الرماد المُضاف وزمن المعالجة



الشكل (9): تغيّر قيم مقاومة الضَّغَط الحرّ  $Q_u$  للتربة 2

تبعاً لنسبة الرماد المُضاف وزمن المعالجة

ارتفعت مقاومة الضَّغَط الحرّ للتربة 1 بشكلٍ طفيفٍ مع نسبة رمادٍ 1% من 0.9kg/cm<sup>2</sup> لتصل 1.08kg/cm<sup>2</sup> ، ثمّ ارتفعت بشكلٍ ملحوظٍ حتى 6.1،3.8) kg/cm<sup>2</sup> مع محتوى رمادٍ (5,3) % على الترتيب وذلك من أجل المعالجة



لمدة 14 يوماً فقط ، ولوحظ انخفاض في قيمة مقاومة الضَّغَط الحرِّ مع ارتفاع نسبة الرَّماد المضاف حتى 7% حيث بلغت المقاومة  $5.4 \text{ kg/cm}^2$  عند زمن المعالجة ذاته. بالمقابل فقد ارتفعت مقاومة الضَّغَط الحرِّ للتربة 2 تدرجياً من  $4.16 \text{ kg/cm}^2$  لتصل حتى  $(6.5, 5.6, 5.05) \text{ kg/cm}^2$  عند زمن معالجة 14 يوماً ومع محتوى رماد (5,3,1) % على الترتيب، لتعود وتنخفض بشكلٍ طفيفٍ حتى  $6.25 \text{ kg/cm}^2$  مع رمادٍ مضافٍ بنسبة 7% .

وكان لفترة المعالجة أيضاً تأثيرها الإيجابي حيث استمرَّ التحسُّن في قيم مقاومة الضَّغَط الحرِّ وبشكلٍ تدرجٍ مع ازدياد فترة المعالجة حتى (90,28) يوماً ، وكانت القيم الأعلى متوافقةً مع المعالجة لفترةٍ زمنيةٍ أطول وذلك من أجل جميع نسب الرَّماد المُضافة للتريتين .

ارتفعت مقاومة الضَّغَط الحرِّ للتربة 1 حتى  $(6.88, 5.5, 2.1) \text{ kg/cm}^2$  مع محتوى رماد (5,3,1) % على الترتيب وعند زمن معالجة 90 يوماً ، وأعطت التربة المحسَّنة مقاومةً  $6.68 \text{ kg/cm}^2$  عند محتوى رمادٍ 7% (مع ملاحظة انخفاضٍ طفيفٍ جداً عند هذه النسبة ومع المعالجة الطويلة الأمد).

وبشكلٍ مشابهٍ ؛ أسهمت إضافة الرَّماد بنسب (7,5,3,1) % للتربة 2 ومع المعالجة مدة 90 يوماً في تحسُّنٍ تدرجٍ لمقاومة الضَّغَط الحرِّ حيث وصلت حتى  $(7.6, 7.9, 6.9, 6.2) \text{ kg/cm}^2$  عند النسب السابقة على الترتيب ، ويمكن الملاحظة أيضاً القيم المتقاربة لمقاومة الضَّغَط الحرِّ على المدى الطويل عند النسبتين 5% و 7% .

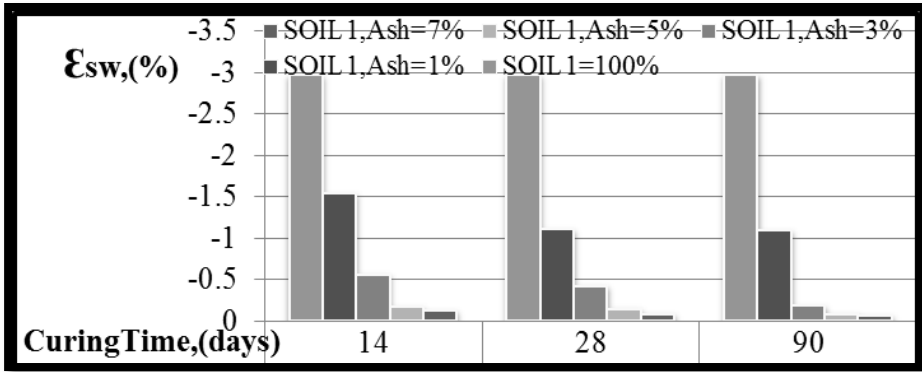
هذا التحسُّن في مقاومة التربة قد انعكس بشكلٍ إيجابيٍ أيضاً على قيم الانتفاخ المُقاسة لكافة العينات بشكلٍ عامٍّ ، حيث انخفض الانتفاخ النسبي للتربة 1 ، الشكل (10) ، من 2.98% للتربة الطبيعيَّة إلى 1.55% أي بمعدَّل انخفاضٍ 48% بإضافة الرَّماد بنسبة

1% فقط ، واستمرت القيم بالانخفاض مع زيادة نسبة الرماد، ليصل إلى 0.57% بمعدل انخفاض 81% مع نسبة رماد 3% .

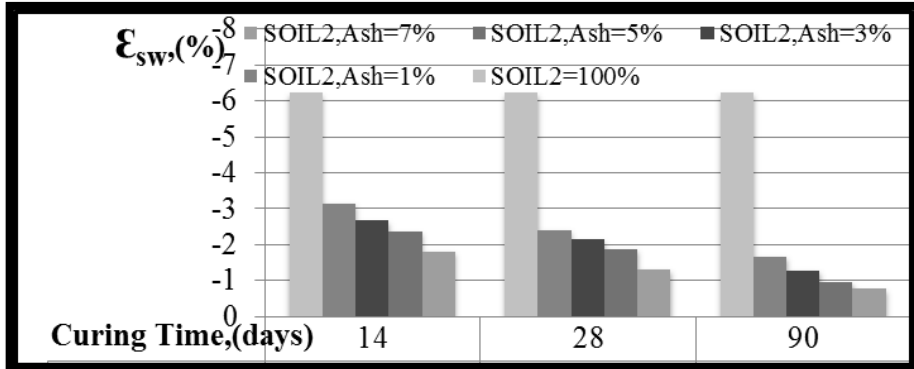
وظهر الانخفاض بشكل ملحوظ أكثر مع النسب الأعلى ، حيث كانت إضافة الرماد بنسبة 5% كافيةً لخفض الانتفاخ النسبي حتى 0.17% بمعدل انخفاض 94% وذلك عند زمن معالجة 14 يوماً فقط ، واستقر الانتفاخ تقريباً عند القيمة 0.09% التي انخفض إليها مع عينات معالجة بعمر 28 يوماً وعند رمادٍ مضافٍ بنسبة 7%، أو مع عينات معالجة بعمر 90 يوماً وعند رمادٍ مضافٍ بنسبة 5%، مع الإشارة إلى استمرار الانخفاض بازدياد زمن المعالجة مع نسب الرماد الأخرى الأقل من 5%.

التنتائج الإيجابية قد ظهرت أيضاً مع إضافة رماد مخلفات الزيتون إلى التربة ذات الانتفاخية العالية جداً، فقد انخفض الانتفاخ النسبي للتربة 2 ، الشكل (11) ، من 6.23% للتربة الطبيعية إلى 3.16% أي بمعدل انخفاض 49% بإضافة الرماد بنسبة 1% فقط ، واستمرت القيم بالانخفاض التدريجي مع زيادة نسبة الرماد فوصلت 2.38% و 1.82% بمعدل انخفاض 62% و 71% مع نسبة رماد 5% و 7% على الترتيب وذلك عند زمن معالجة 14 يوماً فقط .

الانخفاض التدريجي في قيم الانتفاخ النسبي قد رافق ازدياد زمن المعالجة أيضاً ، حيث ساهمت إضافة الرماد بنسبة 5% و 7% ، مع المعالجة 28 يوماً ، في انخفاض الانتفاخ النسبي حتى 1.89% و 1.32% على الترتيب ، وهي قيم وصلتها التربة المحسنة مع نسب رمادٍ أقل لكن من أجل زمن معالجة أطول ، حيث انخفضت قيم الانتفاخ النسبي مع نسب رمادٍ مضافٍ (1%، 3%، 5%، 7%) إلى (1.68% و 1.29% و 0.97% و 0.77) على الترتيب مع المعالجة لفترة زمنية أطول أي حتى 90 يوماً ، بمعدل انخفاض (73%، 79%، 84%، 88%) عن قيمة الانتفاخ النسبي في التربة الطبيعية .



الشكل (10): تغيير قيم الانتفاخ النسبي  $\epsilon_{sw}$  (%) للتربة 1 تبعاً لنسبة الرماد المضاف وزمن المعالجة



الشكل (11): تغيير قيم الانتفاخ النسبي  $\epsilon_{sw}$  (%) للتربة 2 تبعاً لنسبة الرماد المضاف وزمن المعالجة

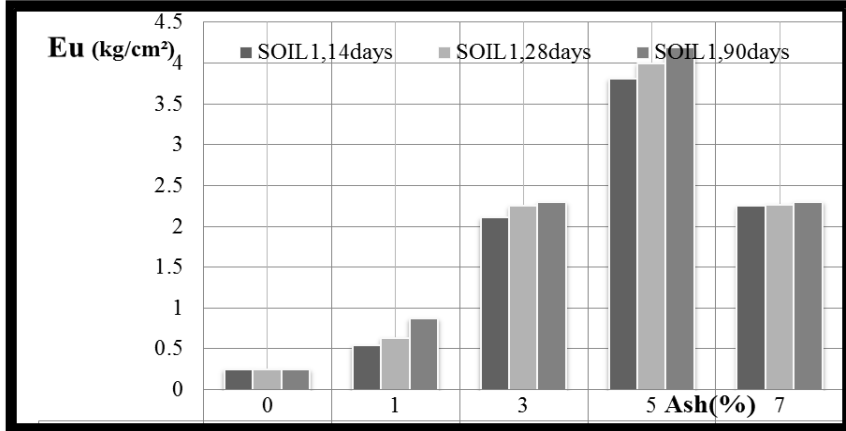
إنّ تعديل الخواصّ الفيزيائية للتربة كالقوام والقياس الحبيبي بفعل اندماج وتكثف الحبات ، والذي يسهم فيه الرماد المضاف من خلال التفاعلات البوزولانيّة ضمن البيئة العالية القلويّة الناتجة عن المحتوى العالي من أكسيد البوتاسيوم ، والفعاليّة البوزولانيّة بوجود السيليكا والألومينا [32] ؛ قد أدت جميعاً إلى تحسّن في المقاومة الميكانيكيّة للترب الانتفاخيّة المختبرة وبشكلٍ ملحوظ بدءاً من مراحل المعالجة الأولى ، حيث تسهم الشّروط السّابقة في انحلال المنرالات الغضاريّة وتكوين مواد سمنتية بوزولانيّة (CAH,CSH)

ترتبط الحبات ، وتحسن من الخواص الجيوتكنيكية للتربة الانتفاخية إثر نقصان محتوى التربة من المنرالات الانتفاخية ، والذي ينعكس انخفاضاً في قدرتها الانتفاخية [12] ، واستمرار هذه التفاعلات البوزولانية مع الزمن بوجود الشروط المناسبة (القلوية العالية ، كميات كافية من السيليكا والألومينا والكلس ، بالإضافة إلى الماء) والذي أكدته قياسات الـ PH؛ يعني استمرار تكوين مركبات السمنتة الرابطة والتي تتبلور وتتصلب تدريجياً مع الزمن حول الحبات وضمن مسام التربة-مما يسهم في تحسن إضافي في مقاومة التربة وتحقيق بنية ونسيج أكثر صلابة مع المعالجة طويلة الأمد [31] ، [7] ، [18] .

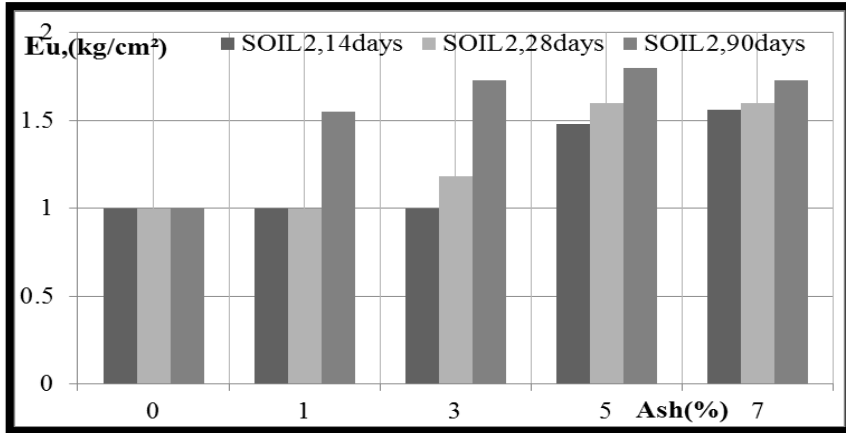
الانخفاض الطفيف في مقاومة الضغط الحر للترب المحسنة عند محتوى رماد 7% ؛ يمكن أن يُعزى إلى أن إضافة المواد الرابطة بنسبة تزيد عن حد معين سيجعلها تسلك كحبات السيلت غير المترابطة والتي لا تحتوي على تماسك واحتكاك ملحوظ مما ينعكس انخفاضاً في مقاومة التربة وهو سلوكٌ وجده الباحثون مع العديد من الإضافات المستخدمة في التحسين بعامة [18]، [2]، [8]، [26]، [34] .

، من ناحية أخرى ؛ فإنّ ازدياد صلابة ومقاومة الترب الانتفاخية المعالجة قد انعكس على قيم عامل المرونة القاطع المحدد عند 50% من مقاومة الضغط الحر، وبشكلٍ مشابهٍ لتطور مقاومة الضغط الحر للترب الانتفاخية المحسنة برماد مخلفات الزيتون ، حيث ارتفعت قيم عامل المرونة Eu تدريجياً مع ارتفاع نسبة الرماد المضاف للتريبتين المعالجتين حتى النسبة 7%، الشكل (12) والشكل (13)، وأسهمت فترة المعالجة مع السلوك البوزولاني الواضح للرماد في تطور وازدياد قيم عامل المرونة أيضاً وبوضوح أكبر مع المعالجة لفترة أطول أي (90 يوماً) ، لكن مع ملاحظة أنّ التربة 1 المتوسطة اللدونة قد انخفضت فيها قيمة عامل المرونة انخفاضاً ملحوظاً عند النسبة 7% لتصبح مماثلةً لقيمته عند النسبة 3% ومع ذلك فقد بقيت أعلى منها بالنسبة لقيمة عامل مرونة التربة غير المحسنة .

تشير قيم معامل المرونة القاطع للتربتين المحسنتين إلى انتقالٍ تدريجيٍّ في السلوك أيضاً من مادةٍ ليّنة ductile إلى مادةٍ هشّة/قصيفة brittle مع ارتفاع نسبة الرّماد المضاف [18] ، [34].



الشكل (12): تغيير قيم عامل المرونة  $E_u$  للتربة 1 تبعاً لنسبة الرّماد المضاف وزمن المعالجة



الشكل (13): تغيير قيم عامل المرونة  $E_u$  للتربة 2 تبعاً لنسبة الرّماد المضاف وزمن المعالجة

« تجدر الإشارة إلى أنّ لنتائج اختبارات مقاومة الضّغط الحرّ على عينات التّرب المحسّنة بالإضافة الكيمياءية ؛ أهميّة كبرى عند تحديد المحتوى المثالي من المادة المضافة

لمشروع هندسيّ محدّد ، والذي يجب أن يحقّق الحدّ الأدنى من متطلّبات المقاومة التصميميّة والتي يتمّ تحديدها عادةً تبعاً للمشروع الهندسيّ .

عموماً ؛ فإنّ المقاومة المكتسبة والناتجة عن إضافة المحسّنات الكيميائيّة يجب ألاّ تزيد عن حدّ معيّن يسمح بتكوين خليطٍ من التربة والإضافات ذي نسيجٍ صلبٍ جداً بحيث يمكن أن يؤدّي إلى ظهور تشقّقاتٍ سابقةٍ لأوانها في الطبّقات المحسّنة إثر الزيادة في صلابتها ، ويُعدّ الانهيار القصيف أمراً غير مرغوبٍ فيه فيما يتعلّق بتوازن المنشآت عامّةً [34]، [13] .

وبالتالي واعتماداً على نتائج اختبارات مقاومة الضّغط الحرّ وتطوّر مقاومة التّرب الانتفاخيّة المحدّدة في هذا البحث ، يمكن القول بأنّ المحتوى المثاليّ من رماد مخلفات الزّيتون هو 7% بالنسبة للتربة العالية اللدونة ويتراوح بين 5-7% بالنسبة للتربة المتوسطة اللدونة .

#### 5- الاستنتاجات :

، بناءً على نتائج الاختبارات السّابقة ؛ فقد أثبت رماد مخلفات عصر الزّيتون فعاليته كمادّة مضافة غير تقليديّة في تحسين الخواص الفيزيائيّة والميكانيكيّة للتّرب الانتفاخيّة المُختبّرة بعامّة ، من خلال تخفيض كلّ من خواص اللدونة والخصائص الانتفاخيّة انخفاضاً ملحوظاً .

، أسهمت إضافة الرماد في رفع قيمة الـ PH للترب الانتفاخيّة المُختبّرة ، وقد ارتفعت قلوية الوسط أكثر مع زيادة نسبة الرماد المضاف ، وهذه البيئة القلوية سمحت باستمرارية التفاعل البوزولاني المسؤول عن تشكيل المركبات الرابطة بالإضافة إلى دورها الهام في تفكيك المنزلات الانتفاخيّة .

« أسهم رماد مُخلفات عصر الزّيتون في ارتفاع ملحوظٍ لقيم مقاومة الضّغط الحرّ للتّرب الانتفاخيّة المُختبّرة وبشكلٍ يتناسب مع ارتفاع نسبة الرّماد المُضاف ، وازدياد فترة المُعالّجة .

« اعتماداً على نتائج اختبارات مقاومة الضّغط الحرّ، وتطوّر مقاومة التّرب الانتفاخيّة المُختبّرة في هذا البحث ، يمكن القول بأنّ المحتوى المثاليّ من رماد مخلفات الزّيتون هو 7% بالنّسبة للتّربة العالية اللدونة ، ويتراوح بين (5-7%) بالنّسبة للتّربة المتوسّطة اللدونة .

6- المراجع (References) :

- [1] Aldeeky H. & Al-Hattamleh O. ,(2017). Experimental Study on the Utilization of Fine Steel Slag on Stabilizing High Plastic Subgrade Soil-Advances in Civil Engineering-Volume2017,Article ID 9230279,11 pages.
- [2]Al-Jabban, W.,(2019)."Soil Modification by Adding Small Amounts of Binders: A Laboratory Study". Department of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering. PhD: Printed by Luleå University of Technology, Sweden, Graphic Production 2019. [www.ltu.se](http://www.ltu.se) .
- [3] Al-Swaidani A., Hammoud I. & Meziab A. ,(2016).“Effect of adding natural pozzolana on geotechnical properties of lime stabilized clayey soil,” Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, vol. 8, no. 5, pp. 714–725.
- [4]ASTM,(1993) Annual Book of ASTM Standards,(Soil and Rock) USA, Vol.04-08.
- [5] Attom M. F. & Al-Sharif M. M.,(1998)\_Soil stabilization with burned olive waste, Applied Clay Science, vol. 13, no. 3, pp. 219–230.
- [6]Barišić I., Grubeša I.N., Dokšanović T.& Marković B.,(2019). Feasibility of Agricultural Biomass Fly Ash Usage for Soil Stabilization of Road Works. Materials Jour.,p.12, 1375. [www.mdpi.com/journal/materials](http://www.mdpi.com/journal/materials).
- [7] Behak L.,(2017). "Soil Stabilization with Rice Husk Ash". Book: Rice-Technology and Production. Chapter 3.pp.29-45. <http://dx.doi.org/10.5772/66311>
- [8] Bose B.,(2012)."Geo-Engineering Properties of Expansive Soil Stabilized with Fly Ash". EJGE, Vol. 17, pp. 1339-1353.
- [9] Chen, F.H., 1975. Foundations on Expansive Soils. Amsterdam : Elsevier Scientific Publishing Company, 1975.
- [10]Chew S.H., Kamruzzaman A.H.M.& Lee F.H.,(2004). Physico-chemical and engineering behavior of cement treated clays. Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering,130(7) , pp.696-706.
- [11]Drief A., Martinez-Ruiz F. ,Nieto F. ,Velilla Sanchez N.,(2002). "Transmission electron microscopy evidence for experimental illitization of smectite in K-enriched seawater solution at 50C and basic pH. Clay Miner 2002;50(6):pp746–756.
- [12] Elert, K., Azañón, J.M., Nieto, F., (2018). Smectite formation upon lime stabilization of expansive marls . Applied Clay Science. No.(158) pp.(29–36).Engineering,©ASCE, ISSN 0899-1561/pp. (0-11).
- [13] Fazal E. J., Yongfu X., Babak J.& Shazim A. M.,(2020)." On the



Recent Trends in Expansive Soil Stabilization Using Calcium-Based Stabilizer Materials (CSMs):A Comprehensive Review". Advances in Materials Science and Engineering .Volume 2020, Article ID 1510969, 23 pages

[14] Hassan, M. (2009). Engineering characteristics of cement stabilized soft Finnish clay—a laboratory study. Licentiate's thesis. Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland.

[15] Hossain, K.& Mol, L.,(2011)\_Some engineering properties of stabilized clayey soils incorporating natural pozzolans and industrial wastes,Constr.[1]Mater.,25, 3495–3501.

[16] Hussey, N. L., Cerato, A. B., Grasmick, J. G., Holderby, E. S., Miller, G. A.,and Tabet, W.,( 2010). “An Assessment of Soil Parameters Governing Soil Strength Increases With Chemical Additives,” GeoFlorida 2010: Advances in Analysis, Modelling & Design, West Palm Beach, FL, February 20–24, ASCE, Reston, VA, pp. 2702–2711.

[17]Ikeagwani C.C.& Nwonu D.C.,(2018)." Emerging trends in expansive soil stabilisation: A review". Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering,

[18] JAFER H. M.,(2017)."Soft Soil Stabilization Using A Novel Blended Cementitious Binder Produced From Waste Fly Ashes" Liverpool John Moores University. PhD

[19] Janz, M. and Johansson, S.E., 2002. The function of different binding agents in deep stabilization. Swedish deep stabilization research centre, report, 9,pp.1-35.

[20] Jayanthi P.N.V. & Singh D.N.,(2016).“Utilization of Sustainable Materials for Soil Stabilization: State-of-the-Art” Advances in Civil Engineering Materials Vol. 5, No. 1, 2016, pp. 46–79, doi:10.1520/ACEM20150013. ISSN 2165-3984.

[21] Johnes, L. D. & Jefferson, I. (2012). Expansive soils. In: BURLAND,J. (ed.) Ice manual of geotechnical engineering. London, UK.

[22]Makusa G.P.,(2012). "SOIL STABILIZATION METHODS AND MATERIALS" Luleå: Luleå tekniska universitet, 2013.,p. 35.

[23]MOSA A.M., BANYHUSSAN Q.S. & YOUSIF R.A.,(2017)-Improvement of expansive soil properties used in earthworks of highways and railroads using cement kiln dust.- Journal of Advanced Civil Engineering Practice and Research 2017;4:13-24.

[24]Nalbantoglu Z. & Tawfiq S., (2006)\_“Evaluation of the effectiveness of olive cake residue as an expansive soil stabilizer,” Environmental Geology, vol. 50, no. 6, pp. 803–807.

- [25] NELSON J.D. & MILLER J. D.,(1992).Expansive Soils -Problems and Practice in Foundation and Pavement Engineering , John Wiley & Sons,New York, NY, USA, 1992
- [26] Samantasinghar S.,(2014)."Geo-engineering properties of lime treated plastic soils". MS Thesis. Orissa, India: National Institute of Technology.
- [27] Saride, S., Puppala, A.J. & Chikyala, S.R.,(2013). "Swell-shrink and strength behaviors of lime and cement stabilized expansive organic clays". Applied Clay Science, 85, pp.39-45.
- [28] Seco A., Ramirez F., Miqueleiz L., Urmeneta P., Garcia B., Prieto E., (2012)\_Types of waste for the production of pozzolanic materials– a review, In:Show KY, editor. Industrial waste. Shanghai, Intech ; pp.141–150.
- [29]Şenol A., Bin-Shafique, Edil T.B., & Benson C.H., (2002)\_Use of class C fly ash for stabilization of soft subgrade, Fifth International Congress on Advances in Civil Engineering, Istanbul Technical University, Turkey.
- [30]Solanki P. & Zaman M.,(2012)."Microstructural and mineralogical characterization of clay stabilized using calcium-based stabilizers". Kazmiruk V, editor. Scanning electron microscopy. Rijeka: Intech; pp.771–798.
- [31] Ureña C., Dimitriadi M., Fenton C.,Sim W., Cheeseman C. & Azañon J.M.,(2016) \_"Sustainable improvement of an expansive soil using recycled materials", TA NEA THΣ EEEEGM – Ap. 87 – ΦEBPOYAPIOΣ 2016.
- [32] Ureña C.,(2014)." A study on the use of non-conventional additives for stabilisation of expansive soils" PhD thesis, University of Granada .
- [33] Utkan M.,(2013)- Clay Improvement with Burned Olive Waste Ash. The Scientific World Journal Volume 2013, Article ID 127031, 4 pages.
- [34] Wegman D. E., Sabouri M., Korzilius J.& Kuehl R.,(2017). "Base Stabilization Guidance and Additive Selection for Pavement Design and Rehabilitation". Minnesota Local Road Research Board.  
<http://mndot.gov/research/reports/2017/2017RIC02.pdf>

## دور محاور المشاة المتعددة الاستعمالات في المدن

### وقواعد تطويرها – "مدينة حمص مثالاً"

د.م. رولانا ربيع<sup>(1)</sup> – م. رزان مطانس<sup>(2)</sup>

#### الملخص:

تمثل محاور المشاة الأوردة والشرابين المساعدة الهامة في عملية تخطيط المدن، والتي لها دور مهم في إمكانية وصول السكان من وإلى الأماكن المختلفة الوظيفة مثل (السكن، العمل، المدارس والجامعات، الأسواق التجارية، الأماكن الترفيهية، المراكز الثقافية، والمناطق الصناعية...). وقد تم تخطيط معظم تلك المحاور بشكل مواز للشوارع وخاصة طرق الحركة الرئيسية، وبذلك تختلف محاور المشاة متعددة الاستعمالات والموازية لطرق الحركة الرئيسية عن محاور المشاة الثانوية بين الأبنية السكنية أو في الحدائق والتي لها وظيفة واحدة ومحددة. وبالتالي لا بدّ من اختلاط الاستعمالات المختلفة على طول تلك المحاور وتداخل مكوناتها الأمر الذي يؤدي إلى ظهور مشاكل مختلفة في إعاقة تنظيم الحركة والوصول وضعف في أدائها، لذلك كان لا بدّ من دراسة تلك المحاور وبيان دورها وأسس تصميمها وكيفية تطويرها وتمييزها للقيام بوظائفها المتعددة الاستعمالات.

وقد تمت دراسة بعض التجارب العالمية والعربية والمحلية لاستخلاص النتائج الهامة، ومحاولة تطبيقها في دراسة محاور المشاة في مدينة حمص وبيان دور تلك المحاور المتعددة الاستعمالات، ثم وضع الاستراتيجية والحلول المستقبلية للمشاكل المختلفة فيها.

#### الكلمات المفتاحية:

محاور المشاة، محاور المشاة المتعددة الاستعمالات، قواعد وأسس تصميم محاور المشاة، الفرش العمراني.

<sup>(1)</sup> قسم التخطيط والبيئة - كلية الهندسة المعمارية - جامعة البعث - حمص - سورية.

Email: [rolanarabih@gmail.com](mailto:rolanarabih@gmail.com)

<sup>(2)</sup> قسم التخطيط والبيئة - كلية الهندسة المعمارية - جامعة البعث - حمص - سورية.

Email: [razanmtanus85@gmail.com](mailto:razanmtanus85@gmail.com)

## The role of mixed used pedestrian corridors within cities and their development rules – “Homs city as an example”

Prof. Rolana Rabih <sup>(1)</sup> – Arch. Razan Mtanus <sup>(2)</sup>

### Abstract:

The pedestrian hubs, veins and arteries, represent an important aid in the city planning process, which has an important role in the residents' accessibility to and from various functional places for them (housing, work, schools and universities, commercial markets, recreational places, cultural centers, industrial areas, ... ). Most of these corridors have been planned parallel to streets, especially the main traffic routes. Thus, the multiuse pedestrian corridors parallel to the main traffic roads differ from the secondary pedestrian corridors between residential buildings or in parks, which have one specific function. Consequently, the various uses along these corridors must be mixed and their components overlap, which leads to the emergence of various problems hindering the organization of movement and access and a weakness in their performance. Therefore, it is necessary to study these corridors, their role, the foundations of their design, and how to develop them to fulfill their multi-use functions.

Some international, Arab and local experiences have been studied to extract the important results, and try to apply them in the study of pedestrian corridors in the city of Homs, and to show the role of these multi-use corridors, then develop the strategy and future solutions to the various problems in them.

### Key Words:

Pedestrian corridors, pedestrian corridors for multiple uses, rules and basics of designing pedestrian corridors, urban furniture.

<sup>(1)</sup> department of planning and environment – faculty of Architecture – Al-Baath university – Homs city – Syria. Email: [rolanarabih@gmail.com](mailto:rolanarabih@gmail.com)

<sup>(2)</sup> department of planning and environment – faculty of Architecture – Al-Baath university – Homs city – Syria. Email: [razanmtanus85@gmail.com](mailto:razanmtanus85@gmail.com)

## 1- مقدمة:

إن إمكانية الوصول وسهولة الحركة تعتبران من أهم القضايا التي يسعى المخططون إلى تحقيقها من خلال التصميم والتخطيط في المدن، وقد ساهمت محاور المشاة في تأمينها وتوفيرها للسكان وفق منحى جيد، ومع ازدياد تطوّر المدن أدى إلى تطوّر استعمالات الأراضي فيها الأمر الذي ساهم في تعدد الاستعمالات على طول طرق الحركة الرئيسية وبالتالي أصبحت محاور المشاة ذات وظيفة مركبة فهي تؤمن إمكانية الوصول وسهولة الحركة مع وظائف أخرى على طول المحاور مثل (وظائف تجارية، استثمارية، سكنية، جمالية... الخ). الأمر الذي أدى إلى خلق عدة مشكلات نتيجة تداخل تلك الوظائف وتراكبها، والتي يجب البحث عن حلول لها بما يتناسب مع حجمها في تخطيط محاور المشاة المتعددة الاستعمالات.

سيهتم البحث بالتركيز على محاور المشاة ودراسة تصنيفاتها وعناصرها ومكوناتها ووظائفها، واستخلاص النتائج المناسبة لتطبيقها على المنطقة المدروسة (محور المشاة على طول شارع دوار الرئيس - جامعة البعث - جسر باباعمر) في مدينة حمص لما له من أهمية بسبب موقعه المتوسط في المدينة ولاختلاط الاستعمالات المتعددة على امتداده.

## 2- أهمية البحث وهدفه:

أ- أهمية البحث: تتمثل مشكلة البحث في تعدد وتداخل وظائف الاستعمالات ضمن محاور المشاة وعلى امتدادها إن كانت موازية لطرق الحركة الرئيسية أو الثانوية في المدن، وبالتالي وجود خلل في تنظيم توزيع الوظائف، فمن هنا تأتي أهمية البحث في التوصل إلى حلول في التطبيق الحديث لتخطيط محاور المشاة متعددة الاستعمالات من أجل تنظيمها ورفع سوية أدائها وتأمين العناصر الانشائية والطبيعية ضمنها.

وتأتي أهمية اختيار منطقة الدراسة نظراً لموقع المحور الذي هو امتداد للشريان الرئيسي والذي يصل الأحياء الشرقية بالأحياء الغربية ويربطها بجامعة البعث، وبسبب تداخل الاستعمالات المتعددة الأمر الذي يتطلب تنظيم المحور تبعاً لأهميته في المدينة.

ب- هدف البحث: يهدف البحث إلى:

- 1- تنظيم فراغات ومكونات محاور المشاة المتعددة الاستعمالات وإيجاد التوازن فيما بينها وفق تصميم وتنظيم يعتمد الأسس والقواعد المناسبة.
- 2- العمل على تنمية محاور المشاة وتطويرها من أجل ضمان أداء عملها المتعدد وتأدية دورها في سهولة الحركة والوصول والأمان وفق أفضل صورة ممكنة.
- 3- منهجية البحث:

(أ) في الجزء النظري: تمّ اعتماد مايلي:

- اعتماد منهجية وصفية لمفاهيم وتعريف محاور المشاة كاستقراء تخطيطي، ودراسة أنواعها وتصنيفاتها المختلفة.
- منهجية تحليلية لعناصر ومكونات محاور المشاة بمختلف تصنيفاتها بما يسهم في وضع تصوّر لدورها وأداء عملها ومساهمتها في الحركة والأمان وتوازن استعمالاتها المتعددة.

(ب) في الجزء العملي: تمّ اتباع مايلي:

- منهجية تحليلية لبعض تجارب محاور المشاة على المستوى العالمي والعربي والمحلي.
- منهجية استنتاجية بما يفيد في وضع تصوّر لاستراتيجية تنميتها وتطويرها ومدى مساهمتها في توازن استعمالاتها المتعددة للمساهمة في أداء دورها في المدن.
- ومنهجية تطبيقية للنتائج السابقة على المنطقة المدروسة (محور المشاة المختار).

4- تعريف محاور المشاة وتصنيفها:

4-1- تعريف محاور الحركة والمشاة:

- أ- محاور الحركة: تعتبر محاور الحركة التدفق الديناميكي لتفاعلات السكان مع العمران وينقسم هذا التفاعل بين الحركة البطيئة والحركة السريعة ويمكن وصفها بمايلي:
- أ- محاور الحركة الآلية وهي (الطرق والشوارع).

ب- ومحاور الحركة البطيئة هي للمشاة (الممرات والأرصفة).

ومن المهم الفصل بين حركتي المشاة والسيارات لتوفير الحماية والأمان لمستخدمي العناصر المختلفة للعمران.

ب- حركة المشاة: هي كل حركة للمشاة في المدينة من وإلى مكان العمل والمسكن والحركة في الساحات العامة، أو الحركة أثناء التسوق في المراكز التجارية، أو حركة

أطفال المدارس (الحركة اليومية) من المنزل إلى المدرسة، وكذلك يُضاف إليها حركة ذوي الاحتياجات الخاصة.

ج- مسارات المشاة (الأرصفة): يعتبر الرصيف أحد عناصر التنسيق الحضري للعمارة، فهو الفراغ العمراني المخصص لسير المشاة، ويُعدّ عنصراً أساسياً في المقطع العرضي للطرق (سواء كانت الشوارع السكنية داخل المجموعات والمجاورات السكنية، أو كانت الشوارع الرئيسية في أحياء وقطاعات المدينة). ويمكن أن يكون له وظائف متعددة (تجارية [المسير ومشاهدة المحلات]، صناعية، سياحية،...) ومن الضروري أن تحوي أماكن للاستقرار المؤقت تتضمن الفرش العمراني كمقاعد الجلوس والاستراحة، وأن تكون مزودة بعناصر الإضاءة والتشجير المناسب وغيرها من المكونات والعناصر الضرورية.

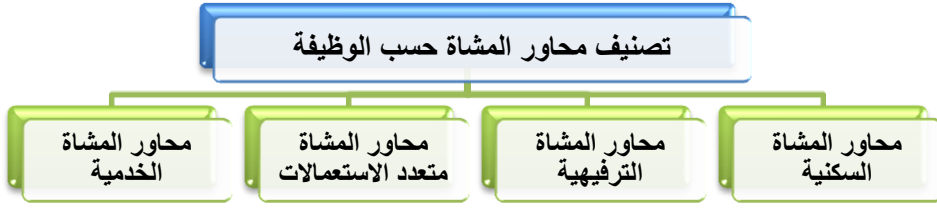
#### د- محاور المشاة متعددة الاستعمالات:

وهي التي تؤمن صلة الاتصال وسهولة الحركة بين عدة مكونات ضمن المدينة بحيث تتضمن عدة استعمالات (تجارية، سكنية، ترفيهية، تعليمية، ثقافية، صناعية، استخدامات عامة،... الخ)، وقد تكون موازية لطرق الحركة الرئيسية على اختلاف درجة وهمية الطرق (التخدمية، الرئيسية، الأتوستراد، أو محور البولفارد).

وبحسب تشمل كافة عناصر محاور المشاة من منطقة الواجهة، وسير المشاة، ومنطقة الفرش وعناصر تنسيق الموقع، وذلك وفق معايير تؤمن التنظيم بين تلك المكونات من أجل تأدية محور المشاة المتعدد الاستعمالات لعمله.

#### 4-2- تصنيف محاور المشاة: يمكن تصنيف محاور المشاة وفقاً للوظيفة كمايلي:

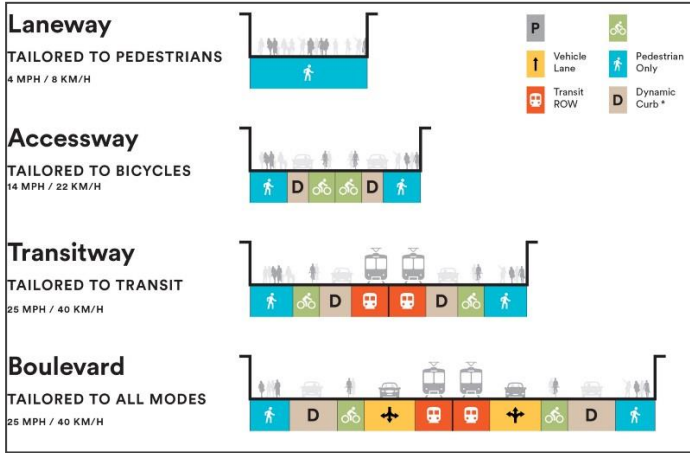
- محاور المشاة السكنية.
- محاور المشاة الترفيهية (وتكون في المساحات الخضراء والحدائق... وغيرها).
- محاور المشاة متعددة الاستعمالات.
- محاور المشاة الخدمية (وهي تقع في مواقع الأبنية العامة على اختلاف أنواعها مثل: الأبنية الصحية، الأبنية الإدارية، الأبنية التجارية والمعارض.. وغيرها). الشكل (1).



الشكل (1): تصنيف محاور المشاة وفقاً للوظيفة – المصدر: عمل الباحثان

وُصِّفَ محاور المشاة الموازية لطرق الحركة في المدن كما في الشكل (2):

- محور المشاة في الفراغات والمساحات المفتوحة *Lineway*.
- محور المشاة الموازي للشارع التخييمي *Accessway*.
- محور المشاة الموازي لطريق الترانزيت أو الطريق الرئيسي *Transitway*.



محور  
المشاة الموازي  
لمحور البولفارد  
Boulevard والذي  
يحوي كل أشكال  
المواصلات (الترام،  
السيارات، الدراجات  
الهوائية، والمواقف،  
والمشاة).

الشكل (2): تصنيف محاور المشاة على طول طرق الحركة – المصدر (بتصرف): [15]

## 5- دور محاور المشاة:

توجد ثلاثة اعتبارات رئيسية تُحدِّد عملية تخطيط محاور المشاة وهي:

- 1) الاعتبارات الوظيفية: سواء كانت موجودة في الأماكن المغطاة (المباني) أو المكشوفة.
- 2) الاعتبارات المرورية: أي الاتصال العضوي بين هذه الوظائف ويتضمن مرور (المشاة، ركاب، البضائع).



- 3) التشكيل المعماري والبصري وهو ناتج من دمج الاعتبارين السابقين (الوظيفي والمروري). [يتصرف بناءً على [2] مما سبق لا بدّ من مراعاة مايلي:
- سهولة الوصول والحركة ومرور الناس أو البضائع من وظيفة إلى أخرى.
  - الراحة والأمان مثل اتصال المساكن بالملاعب ومدارس الأطفال وتوفير أرصفة وممرات لائقة ومريحة للسير عليها.
  - الاتصالات البصرية التي تتعلق بالراحة البصرية مثل اتصال المجموعة السكنية بالحدائق أو بالمناظر الطبيعية الخلابة.
  - يؤخذ بعين الاعتبار حركة ذوي الاحتياجات الخاصة.
- بالتالي يمكن تلخيص دور محاور المشاة المتعددة الاستعمالات كالآتي: (الدور الوظيفي - الدور البيئي - الدور الجمالي - الدور الأمني) [يتصرف بناءً على [6] الشكل (3).



الشكل (3): دور ووظائف محاور المشاة- المصدر: عمل الباحثان

#### 6- مكونات وعناصر محاور المشاة:

- يتضمن محور المشاة عدة عناصر تبعاً لوظيفته المتعددة الاستعمالات. ومن هذه العناصر المكونة لمحور المشاة الموضحة في الشكل (4):
- 1) منطقة الواجهة.

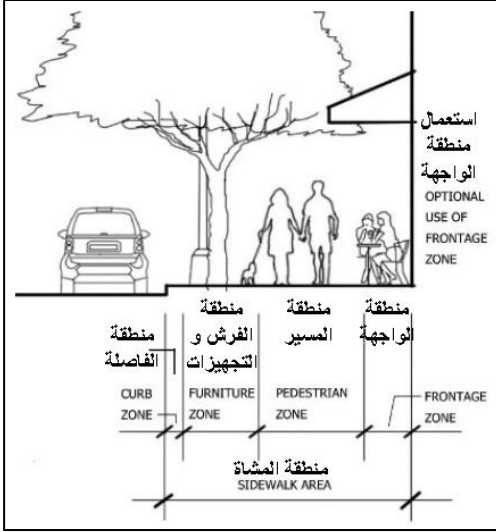
(2) منطقة المسير .

(3) منطقة الفرش والتجهيزات والعناصر الخضراء: وتتضمن المنطقة المجهزة بعناصر الفرش الملائمة من المقاعد وأماكن الجلوس وأعمدة الإنارة والمظلات وأماكن انتظار الباصات وحاويات القمامة (وفي بعض الدول يتم تصميم مدمج لمقاعد الجلوس والمظلات وأعمدة الإنارة، ويتم تجهيزها بالشحن من خلال الخلايا الضوئية المشحونة على أشعة الشمس)،

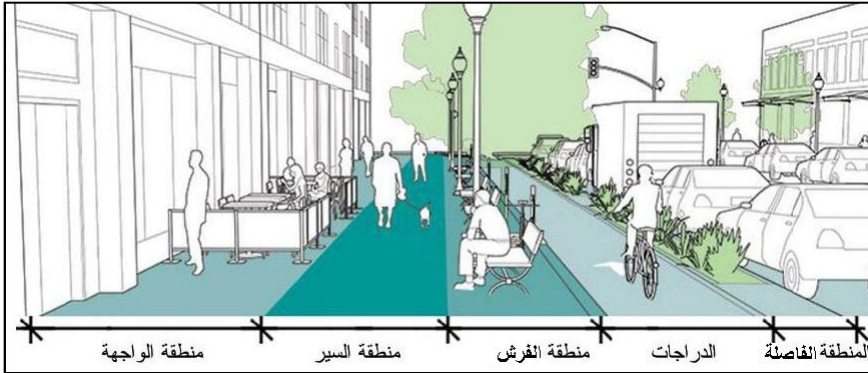
وتتضمن هذه المنطقة أيضاً أماكن لركن الدرجات المختلفة (إن وجدت)، والأشجار والشجيرات وأحواض الزهور لتأمين الراحة البصرية والبيئية للمشاة. (4) المنطقة الفاصلة أو الحاجزة لمحور المشاة عن طريق حركة السيارات.

الشكل (4): المكونات العامة لمحور

المشاة- المصدر: [11]



وقد تمت ملاحظة أنه في بعض المدن تُضاف منطقة لحركة الدرجات كمسرب بقرب منطقة السير ضمن محور المشاة الشكل (5)، وقد يُضاف أيضاً منطقة لمسير مستخدمي التكنولوجيا والموبايل والمجهزة بواي فاي، ومنطقة سير للحيوانات الأليفة... الخ.

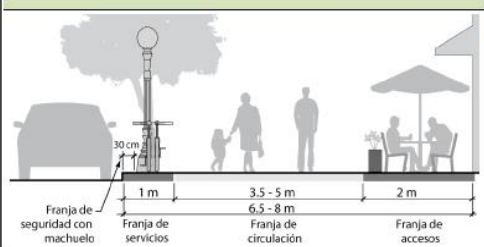
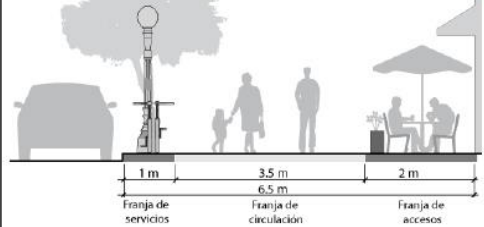
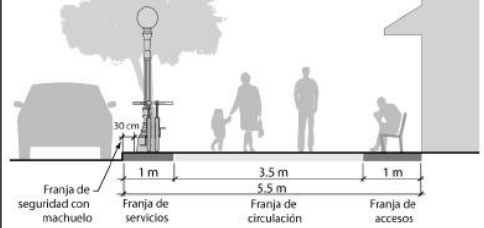


الشكل (5): المكونات العامة لمحور المشاة مع إضافة مسار للدراجات- المصدر: [13]

## 7- معايير وأسس دراسة محاور المشاة و قواعد تطويرها:

7-1- معايير دراسة محاور المشاة: توجد عدة معايير تُحدّد عرض محور المشاة اعتماداً على مناطقه الأربعة المكونة له (الواجهة، المسير، الفرش، المنطقة الحاجزة) وذلك بحسب (الوظيفة وبحسب احتوائه على كافة العناصر) إن كان محور مشاة تجاري أو محور متعدد الاستخدامات حيث يتراوح الحد الأعلى والأدنى ما بين 6.5-8م للمناطق التجارية عالية الكثافة، بينما يتراوح الحد الأدنى 5.5م للمناطق التجارية [22]. ويتراوح العرض الموصى به للمناطق متعددة الاستخدامات وعالية الكثافة 5م أما العرض للمناطق المتعددة الاستخدامات ومتوسطة إلى منخفضة الكثافة فهو 4م، بينما الحد الأدنى هو 3.5م الجدول (2). كما يجب أن يتضمن على الاحتواءات البصرية الموازية والعمودية للمحور. يوضح الجدول (1) و(2) تلك المعايير المستخدمة في المناطق المتعددة الاستخدامات والمناطق التجارية والحد الأدنى والأعلى لكل منها.

الجدول (1): الأرصفة في المناطق التجارية عالية الكثافة - المصدر (بتصرف): [9]

الوصف	عرض الممر	العرض الموصى به
العرض الموصى به للمناطق التجارية عالية الكثافة	6.5 m - 8.0 m	 <p>30 cm</p> <p>1 m</p> <p>3.5 - 5 m</p> <p>6.5 - 8 m</p> <p>2 m</p> <p>Franja de seguridad con machuelo</p> <p>Franja de servicios</p> <p>Franja de circulación</p> <p>Franja de accesos</p>
الحد الأدنى الموصى به للعرض لقيادة الأنشطة الخارجية	6.5 m	 <p>30 cm</p> <p>1 m</p> <p>3.5 m</p> <p>6.5 m</p> <p>2 m</p> <p>Franja de servicios</p> <p>Franja de circulación</p> <p>Franja de accesos</p>
العرض الأدنى الموصى به في المناطق التجارية	5.5 m	 <p>30 cm</p> <p>1 m</p> <p>3.5 m</p> <p>5.5 m</p> <p>1 m</p> <p>Franja de seguridad con machuelo</p> <p>Franja de servicios</p> <p>Franja de circulación</p> <p>Franja de accesos</p>

الجدول (2): أوصية المشاة في مناطق متعددة الاستخدامات - المصدر (بتصرف): [9]

العرض الموصى به	عرض الممر	الوصف
<p>Estacionamiento de bicicletas</p> <p>30 cm</p> <p>1 m</p> <p>2.5 m</p> <p>5 m</p> <p>1.5 m</p> <p>Franja de seguridad con machuelo</p> <p>Franja de servicios</p> <p>Franja de circulación</p> <p>Franja de accesos</p>	5.0 m	العرض الموصى به لمناطق الاستخدام المختلط عالية الكثافة
<p>30 cm</p> <p>0.6 m</p> <p>2.5 m</p> <p>4 m</p> <p>0.9 m</p> <p>Franja de seguridad con machuelo</p> <p>Franja de servicios</p> <p>Franja de circulación</p> <p>Franja de accesos</p>	4.0 m	العرض الموصى به لمناطق الاستخدام المختلط منخفضة إلى متوسطة
<p>30 cm</p> <p>0.6 m</p> <p>2.5 m</p> <p>3.5 m</p> <p>0.4 m</p> <p>Franja de seguridad con machuelo</p> <p>Franja de servicios</p> <p>Franja de circulación</p> <p>Franja de accesos</p>	3.5 m	الحد الأدنى الموصى به في مناطق الاستخدام المختلط

أما محاور المشاة على طول الشوارع المحلية والمجمعات السكنية فإن الحد الأعلى هو

الحد الموصى به لعرض محاور المشاة على طول الشوارع المحلية والمجمعات السكنية	
<p>30 cm</p> <p>0.6 m</p> <p>1.7 m</p> <p>2.3 m</p> <p>Franja de seguridad con machuelo</p> <p>Franja de servicios</p> <p>Franja de circulación</p> <p>Linea de propiedad</p>	<p>30 cm</p> <p>0.6 m</p> <p>2.4 m</p> <p>3 m</p> <p>Franja de seguridad con machuelo</p> <p>Franja de servicios</p> <p>Franja de circulación</p> <p>Linea de propiedad</p>
الحد الأدنى للعرض المطلق للشوارع المحلية (المساحات المحدودة)	
<p>30 cm</p> <p>0.6 m</p> <p>1.2 m</p> <p>Franja de seguridad con machuelo</p> <p>Franja de circulación</p> <p>Linea de propiedad</p>	<p>30 cm</p> <p>0.6 m</p> <p>0.9 m</p> <p>1.5 m</p> <p>Franja de seguridad con machuelo</p> <p>Franja de servicios</p> <p>Franja de circulación</p> <p>Linea de propiedad</p>

ما بين 3-

3.5م، ويتراوح

الحد الأدنى ما

بين 1.5-

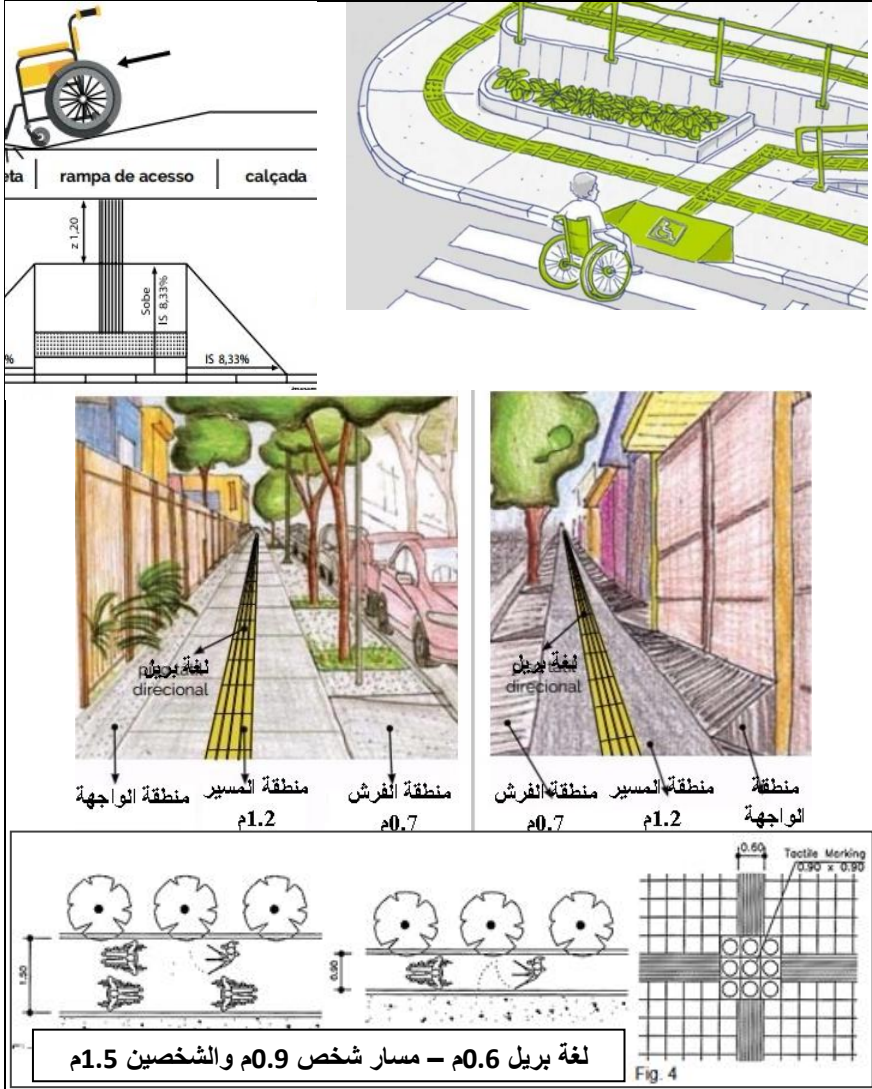
## 2.1م. الشكل(6).

الشكل (6): أرصفة المشاة على طول الشوارع المحلية وفي المجمعات السكنية-المصدر(بتصرف): [9]  
7-2- أسس دراسة محاور المشاة و قواعد تطويرها: هناك الكثير من الاعتبارات التي يجب الأخذ بها عند عملية دراسة محاور المشاة والتي تسهم في تطوير المحاور وهي:  
1- أن يتضمن محور المشاة عدة مسارات لعناصره المختلفة كما هو موضح سابقاً: (مسار الواجهة للمطاعم والمحلات التجارية- مسرب للمسير- منطقة الفرش والتجهيزات- المنطقة الحاجزة- وفي بعض المحاور تتضمن مسار للدراجات الهوائية)، وذلك بما يتناسب مع تأمين وظيفته في سهولة الحركة وخصوصاً المحور الذي يتضمن استعمالات متعددة فيه.

## 2- العمل على تصميم محاور المشاة وفق الاشتراطات الفنية وهي:

- أن يتم توافر العرض الكافي لمسارات المشاة خصوصاً بما يتعلق بمسار المشاة ذوي الاحتياجات الخاصة (ما بين 1.2-1.5م حسب كثافة المشاة في المحور وحسب أهمية الطرق وتصنيفه واستعمالاته المختلفة...). الشكل (7).  
- يجب تأمين عناصر لحركة ذوي الاحتياجات الخاصة وأن يخلو مسارهم من العوائق مع وجود منحدرات لتسهيل حركتهم (وفي بعض الأحيان يتم تزويده بنقاط محفورة بارزة من المعدن (وهي لغة بريلا للمكفوفين أبعاد مربعها 0.9م، وعرض السير 0.6م)). كالشكل (7).  
- وجود منحدرات ورامبات عند ارتفاع الرصيف عن الطريق وفق ميول عند الرصيف 8.33%، وبمسافة قبل الميل 1.2م الشكل (7).

ميول عند الرصيف 8.33%، وبمسافة قبل الميل 1.2م



- الشكل (7): طرق تصميم مسارات لحركة ذوي الاحتياجات الخاصة - المصدر: [14] و [18] و [16]
- تحقيق ارتفاع الرصيف عن الطريق بمقدار 15-20 سم أو وجود حواجز نباتية.
  - دراسة الرصيف بميل مناسب من أجل تصريف مياه الأمطار.
  - 3- يجب الاهتمام بوجود عناصر على تقاطع محاور المشاة مع طرق السيارات مثل المواد التي تُحدد مسار المشاة كما قد يتواجد اشارات لمرور المشاة ومنها أزرار خاصة للأطفال، بالإضافة إلى المنحدرات المناسبة لذوي الاحتياجات الخاصة. الشكل (8).





الشكل (8): نماذج تنظيم محاور المشاة والتقاطعات مع طرق الحركة - المصدر: [17] ، [20] ، 4- إن وجود المسارات ثلاثية الأبعاد كالجسور أو الأنفاق أو المسارات الحدائقية المعلقة يؤمن سهولة الوصول والأمان والجودة في توفير العنصر البصري والجمالي خصوصاً في طرق الحركة السريعة المزدهمة. مع العمل على تأمين أدراج ورامبات للوصول لها، وتوفير عناصر لمنع السقوط من الجسور. كما في الشكل (9).



مقترح مستقبلي في مكسيكو

محور مشاة معلق في سيؤول

الشكل (9): أمثلة عن محاور المشاة المعلقة - المصدر: [8] ، [5]

5- العمل على تحقيق الاستدامة الخضراء وذلك من خلال التشجير الجيد في منطقة الفرش واستخدام الطاقة الشمسية والتكنولوجيا، وتأمين سهولة الحركة والوصول الآمن.  
6- استخدام أنواع من الفرش في محاور المشاة الشكل (10) مثل:

- استراحات للسكان وكبار السن كالمقاعد والمظلات وأماكن انتظار الباصات.
- أعمدة الاضاءة، سلات المهملات.
- مواقف الدراجات خصوصاً أمام المراكز التجارية والأبنية المتعددة الاستخدامات.
- مراعاة تداخل مواقف السيارات والذي قد يؤثر على عرض محور المشاة.
- عناصر فرش كافيتريات الرصيف وتوضعها أمام الكافيتريات أو المراكز التجارية.
- استخدام الفرش المتعدد الاستخدام فقد يكون المقاعد مع المظلات مع وأماكن ركن الدراجات في ركن متعدد الاستخدام.
- استخدام الفرش الذكي مثل استغلال الطاقة الشمسية للاضاءة ولماخذ الشواحن أو عناصر لتأمين الواي فاي ضمن محور المشاة.
- العناصر النباتية ذات الارتفاع أو المنخفضة (الأشجار والشجيرات والزهور).







الشكل يوضح أماكن وقوف السيارات ضمن منطقة الفرش وأماكن وقوف الدراجات الهوائية واستعمال أحواض النباتات ومقاعد الكافيتريات

يوضح الشكل أماكن وقوف الدراجات ومقاعد الجلوس وأحواض النباتات ضمن منطقة الفرش كالفرش المتعدد الاستخدامات

الشكل (10): استخدام أنواع من الفرش ضمن محاور المشاة - المصدر: [12] و [19] و [21]

#### 8- خلاصة الدراسة النظرية:

- 1- تُشكّل محاور المشاة الأوردة والشرايين الهامة التي تُنظّم حركة السكان في المدن وإن تخطيطها وتنظيمها يدل على التخطيط المُنظّم في المدن والأحياء والذي يهتم بحركة السكان ويسعى لتأمين وصولهم وأمانهم وسلامتهم ويزوّدهم بالرفاهية المجتمعية.
- 2- تختلف محاور المشاة في تصنيفها ودرجاتها ولذلك من المهم الإلمام بمعايير تخطيطها وفق درجات العرض المناسبة لها وتوفير العناصر والمكونات الهامة وتخطيطها وفق مسارات مزودة بعناصر الفرش الضرورية الموضحة سابقاً.
- 3- تعتبر محاور المشاة متعددة الاستخدامات من المحاور المنتشرة في تخطيط المدن والتي تضم استعمالات متعددة، الأمر الذي يستوجب ضرورة تخطيطها وفق مبادئ تُنظّم حركة المشاة ضمنها والاستعمالات المتعددة فيها.
- 4- مما سبق ونتيجة لتحليل عناصر محاور المشاة والمعايير المتبعة في تخطيطها يمكن جدولة وتبويب المبادئ الأساسية لتقييم محور المشاة متعدد الاستعمالات والعمل على تطويرها عن طريق استدارك نقاط النقص بها وفق الجدول (3).

الجدول (3): تقييم محور المشاة المتعدد الاستعمالات - المصدر: عمل الباحثان

العناصر	الوصف	التقييم
---------	-------	---------

عرض محور المشاة	ويتراوح العرض الموصى به للمناطق متعددة الاستخدامات وعالية الكثافة 5م أما العرض للمناطق المتعددة الاستخدامات ومتوسطة إلى منخفضة الكثافة فهو 4م، بينما الحد الأدنى هو 3.5م
عناصر محاور المشاة	منطقة الواجهة وعرضه منطقة المسير وعرضه منطقة الفرش وعرضه
بعض المبادئ التخطيطية الأخرى	المنطقة الحاجزة - البوردة وارتفاعها 15-20 سم وجود مسار للدراجات مع أو مفصول عن المحور عناصر لمراعاة ذوي الاحتياجات الخاصة (منحدرات، معدن للغة بريل، عرض كافي) ميلول لتصريف مياه الأمطار وجود عناصر عند تقاطع المشاة مع السيارات كدلايات وإشارات... وجود مسارات مشاة ثلاثية الأبعاد كالجسور أو الأنفاق استخدام الفرش مقاعد - المظلات- انتظار الباصات استخدام الفرش أعمدة الإنارة استخدام الفرش سلات المهملات استخدام الفرش النباتي والأشجار استخدام الفرش لمواقف الدراجات استخدام الفرش لكافيتريات الرصيف استخدام الفرش المتعدد بفرش واحد استخدام الفرش الذكي(اعتماد على الطاقة الشمسية- استخدام التكنولوجيا)

#### 9- دراسة تحليلية لبعض التجارب العالمية والعربية والمحلية:

لقد درُست بعض محاور المشاة كتجارب عالمية وعربية مثل محور المشاة في ليتوانيا وروتردام كتجارب عالمية، ومحور المشاة في مصر كتجربة عربية، محور المشاة في مدينة دمشق كتجربة محلية.

#### 9-1- دراسة تحليلية لبعض التجارب العالمية:

#### 9-1-1- دراسة تحليلية لمحور المشاة في ليتوانيا:

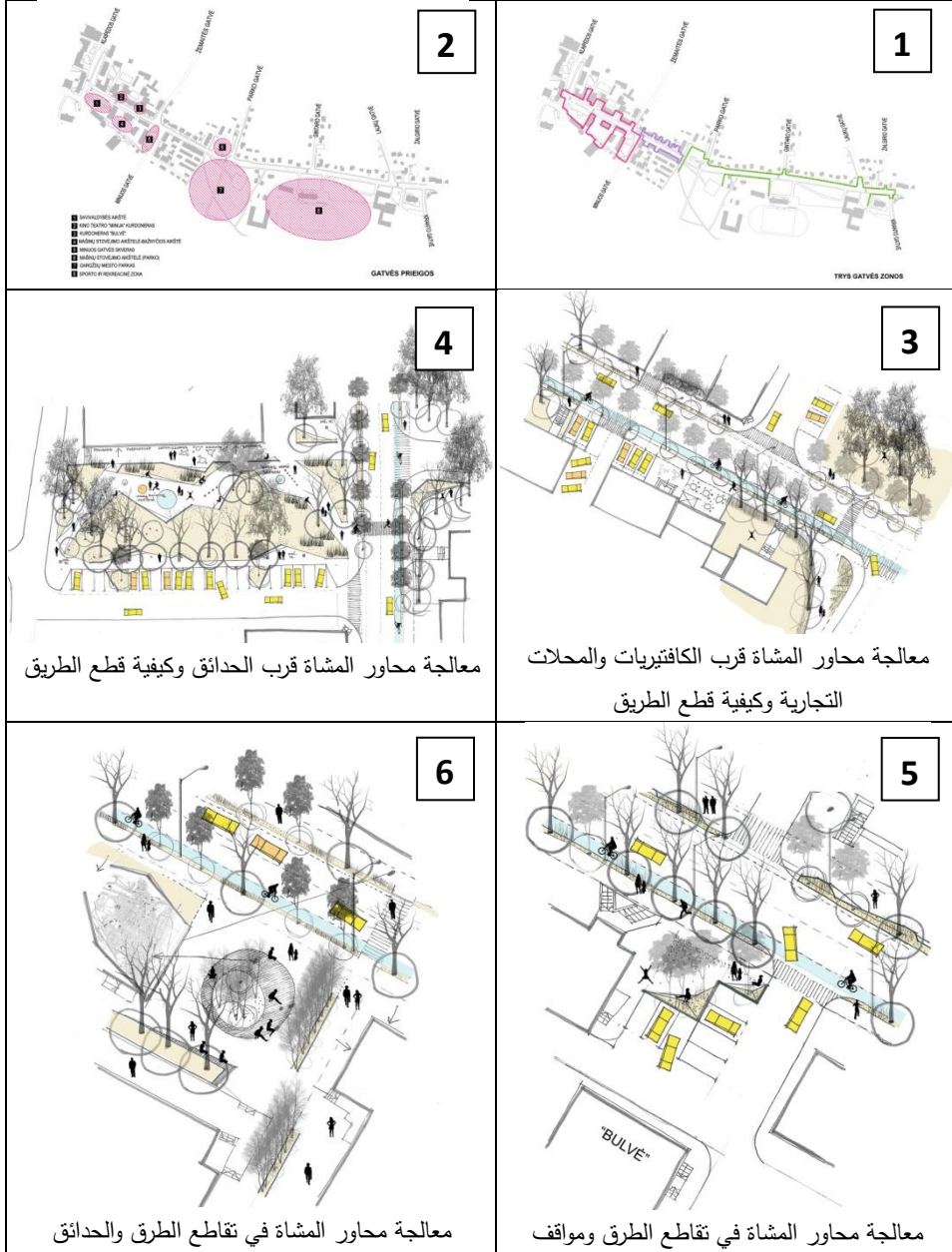
لقد تمت دراسة جزء من شارع كفيتيني Kvietini يبدأ من شارع كلاييدا Klaipėda وينتهي بشارع كراننتو Kranto وهو أحد أهم المساحات في مدينة جارجزداي Gargždai / ليتوانيا. ركز المشروع على الشارع والأماكن العامة المحيطة به وكان الهدف الأكثر أهمية هو إيجاد علاقة صحيحة بين حركة المشاة والدراجات والمركبات الآلية وقد تمّ تحويل الشارع الذي كان أوسع إلى مساحة أكثر تفاعلية بالنسبة للمقياس البشري.

يوضح الجدول (4) كيفية معالجة تقاطعات الطرق والمشاة في كل مناطق المحور وبمختلف استخدامات المتعددة ضمنه (مثل الحديقة العامة، الكافيتريا، السكن، مواقف سيارات، والمحلات التجارية) كما في الجدول (4)، حيث تمّ تحديد مسرب المشاة

ومسرب الدرجات ومنطقة الفرش والمنطقة الفاصلة عن الطريق على كامل امتداد المحور مع معالجة المرور بين طرفي الطريق.

الجدول (4): مخطط وصور الزونات المتعددة الاستعمالات لطريق كفيتني Kvietiniy - المصدر:

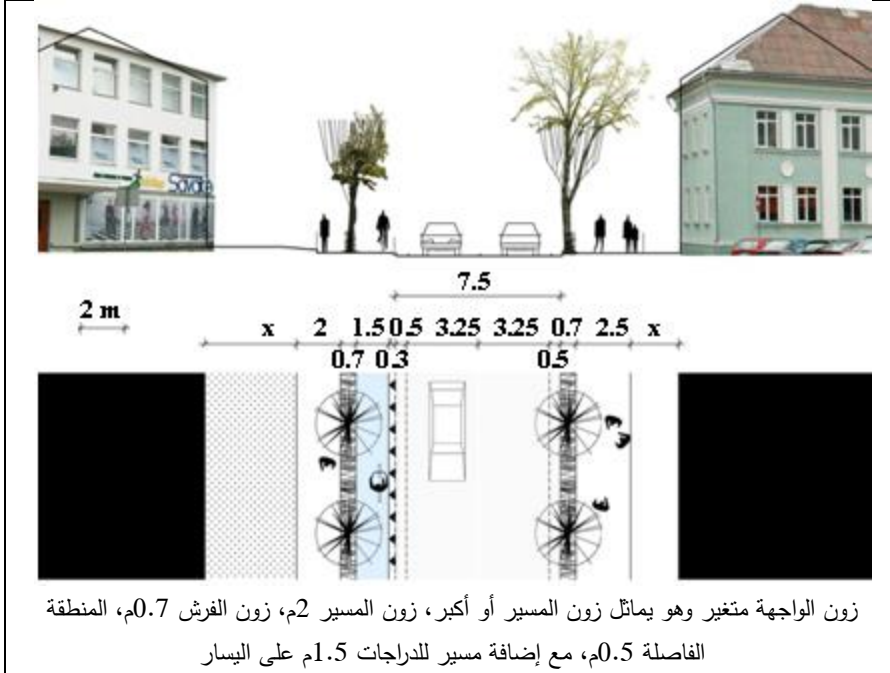
عمل الباحثان بناء على [4]

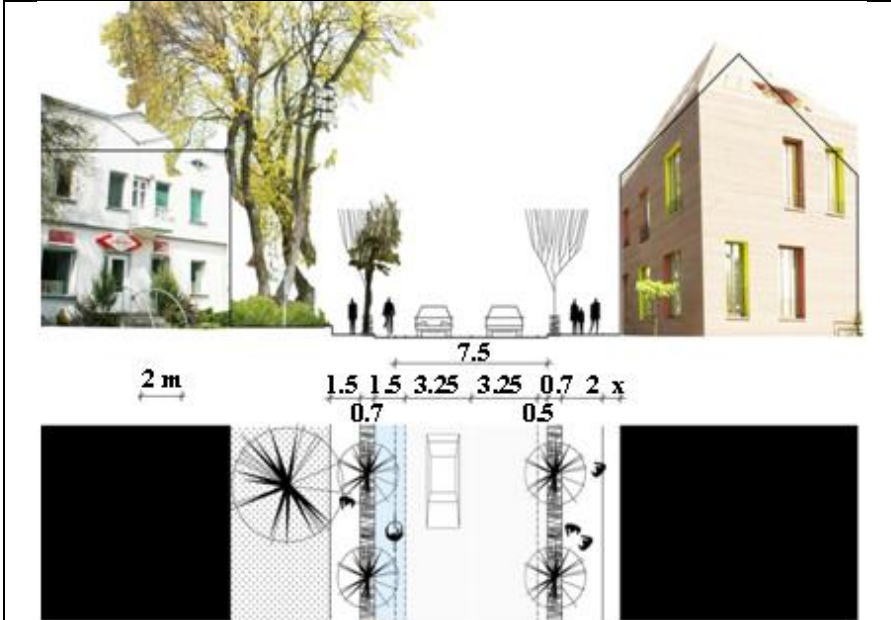


دور محاور المشاة المتعددة الاستعمالات في المدن وقواعد تطويرها – "مدينة حمص مثلاً"

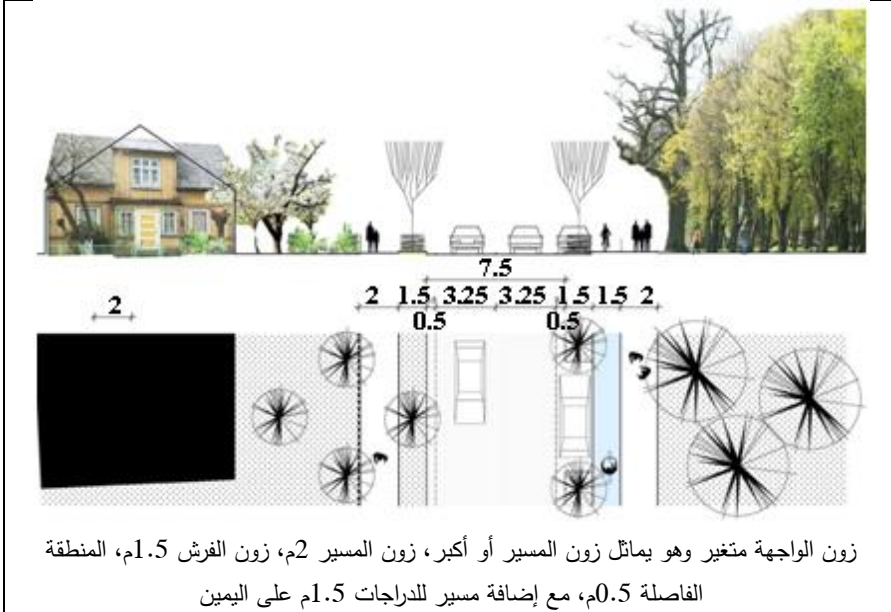
والفراغات العامة	السيارات
------------------	----------

فقد تمت دراسة ومعالجة محاور المشاة على اختلاف استعمالات المنطقة، وتمّ توضيحها وفق مسارات كالتالي: زون الواجهة متغير وهو يماثل زون المسير أو أكبر، زون المسير 2-1.5م، زون الفرش 1.5-0.7م، المنطقة الحاجزة 0.5م، مع إضافة مسير للدراجات 1.5م على اليسار كما في الشكل (11).





زون الواجهة متغير وهو يماثل زون المسير أو أكبر، زون المسير 1.5-2م، زون الفرش 0.7م، المنطقة الفاصلة 0.5م، مع إضافة مسير للدراجات 1.5م على اليسار



زون الواجهة متغير وهو يماثل زون المسير أو أكبر، زون المسير 2م، زون الفرش 1.5م، المنطقة الفاصلة 0.5م، مع إضافة مسير للدراجات 1.5م على اليمين

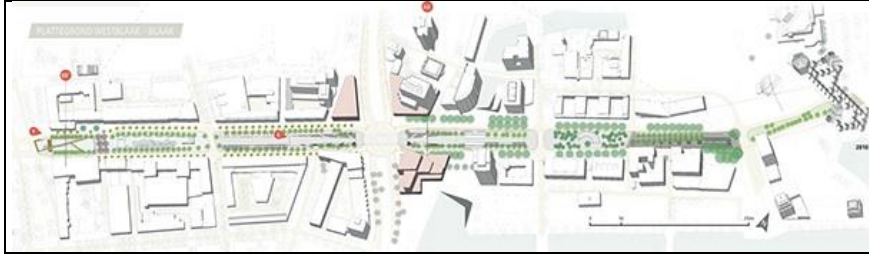
الشكل (11): تفاصيل عرض محور المشاة الموازي لطريق كفيتني Kvietiniy - المصدر: [4].

مما سبق نستنتج أن: تمت دراسة محاور المشاة متعددة الاستخدامات في كل مناطق المحور وفق تحديد عدة مسارات ويعرض يناسب العرض الموصى به، وتم تجهيزه بالفرش المناسب ولكن لم يتم استخدام التكنولوجيا المتطورة ضمنه.

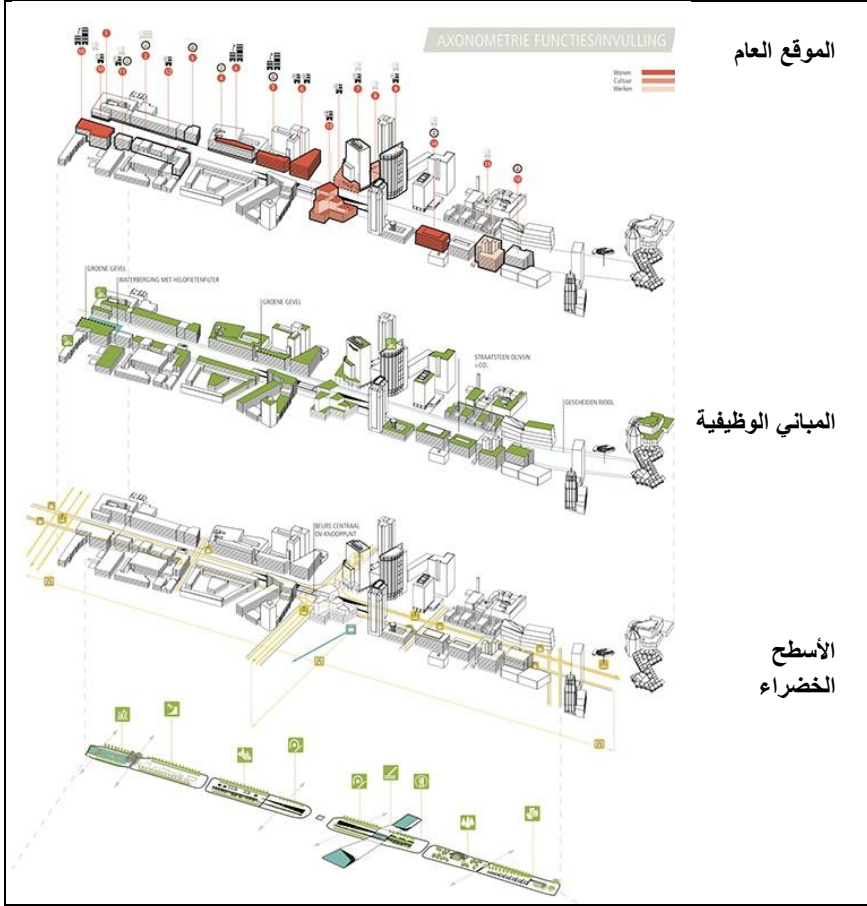
### 9-1-2- دراسة تحليلية لمحور المشاة في مدينة روتردام:

لقد تمت دراسة شارع Blaak – West Blaak في روتردام Rotterdam بتكليف من مدينة روتردام والذي يعتبر أحد أهم شوارع المدينة ذات الإمكانيات العالية، ويقع في وسط المدينة. تم تصميم الشارع بعد قصف المدينة في الحرب العالمية الثانية عام 1940م، وكان مصمماً بشكل أساسي للسيارات وحركة المرور، وبذلك تمت ملاحظة اختلاط الحركة بين السيارات والمشاة في الوقت الحاضر، حيث يخلق التصميم الموجه للسيارة في وسط المدينة مساحة عامة مختلطة ويشكل خطراً وعائقاً لحركة المشاة، لذلك تم التوجه إلى تحسين المساحات العامة والمشاركة المجتمعية وخفض مستوى مساحة الطرق وإعادة تنشيط حركة المشاة الآمنة في هذا الشارع الهام.

يبين الشكلين (12) و(13) مخطط الشارع والمساحات العامة المدرجة أو المساحات المائية التي تحتوي على محور مشاة وسطي والجسور والأنفاق للمشاة من أجل تحسين حركة السكان والحياة الاجتماعية بالإضافة إلى مسار المشاة على طرفي الشارع.







الشكل (12): مخطط الاستعمالات المتعددة على طول شارع West Blaak - المصدر: [7]



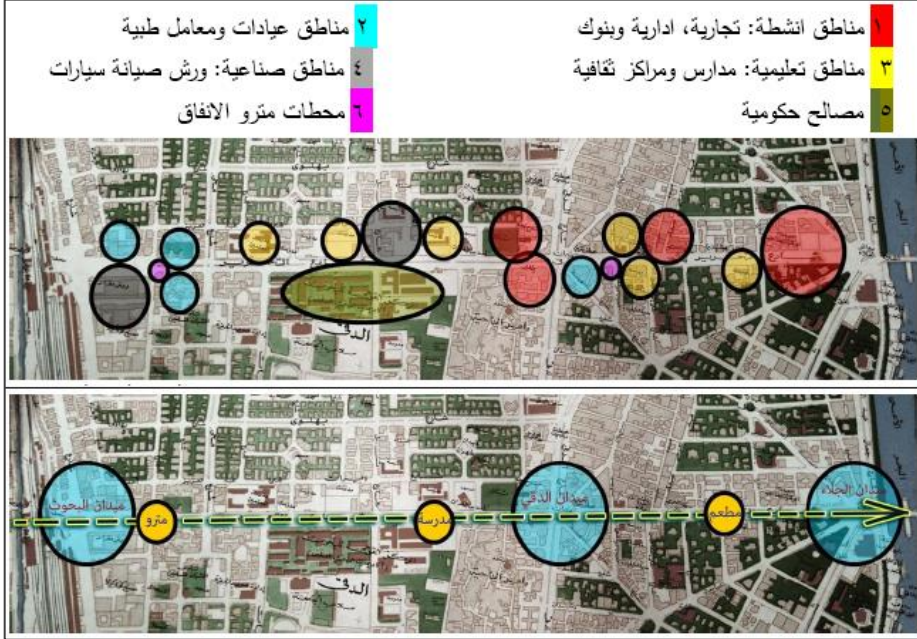
الشكل (13): تفاصيل محور المشاة على طول الطريق West Blaak - المصدر: [7]

نستنتج أن: لقد تمّ دراسة محاور المشاة متعددة الاستخدامات وإضافة مكونات وحلول مبتكرة مثل المحور الوسطي المُدرّج والجسر والمنطقة المائية وبوسطها محور مشاة وبذلك يتم تقوية الدور الاجتماعي للمحاور، وتمّ إضافة العناصر التي تفيد في الاستدامة الخضراء مع تجهيز البنى التحتية، وقد تمّ تحديد عدة مسارات ويعرض يناسب العرض المُوصى به 6م من كل جانب و2م للمنطقة الفرش والمنطقة الحاجزة عن الطريق، وتم تجهيزه بالفرش المناسب واستخدام التكنولوجيا المتطورة ضمنه.



## 9-2- دراسة تحليلية لمسارات المشاة في شارع التحرير-الدقي في مصر كتجربة عربية:

يربط المحور بين ميدان البحوث وميدان الجلاء على البحر الأحمر، ويحوي المحور العديد من الاستعمالات منها التجارية والتعليمية والإدارية والصناعية ومحطات المترو والنقل كما في الشكل (14).



الشكل (14): استعمالات الأراضي في مسارات المشاة في شارع التحرير- الدقي -المصدر: [1] ص10 إن رصيف المشاة متفاوت في العرض فهو ضيق في بعض المناطق خصوصاً أمام مخرج محطة المترو ومحطات البنزين والتقاطع مع استعمالات الصناعة والتلوث فيها، وأحياناً يتقاطع المشاة مع مطاعم المأكولات دون التنسيق بينهما أو اعتماد فرش كافتيريات الرصيف بجانب مسير المشاة، وفي بعض المناطق لا يوجد رصيف للمشاة فقط برودة وبذلك يعتبر العرض متفاوت من (0-4م). أما بالنسبة لزون الفرش فيلاحظ عدم وجود مقاعد في بعض المناطق ووجود لافتات كبيرة معترضة بالإضافة إلى الأشجار المتفرقة.

كما يوضح الشكل (15) نقاط الضعف في أرصفة المشاة.

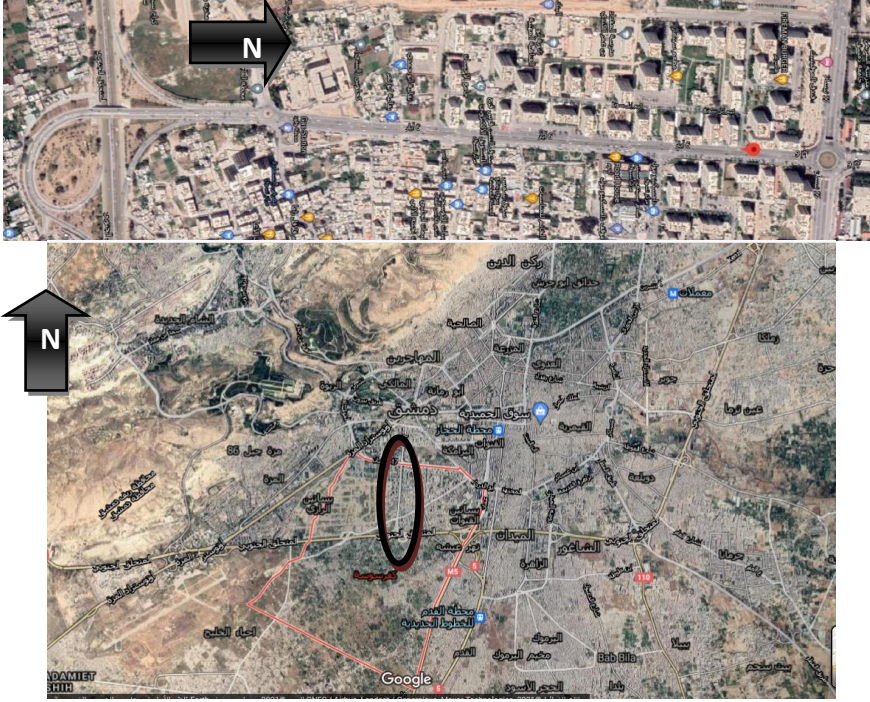


الشكل (15): تقييم مسارات المشاة في شارع التحرير - الدقي - المصدر: [1] ص12.

نستنتج مما سبق أن: تمت دراسة محاور المشاة متعددة الاستخدامات، وقد تمّ تحديد عدة مسارات ويعرض يناسب العرض الموصى لكنه أقل من العرض الموصى به في بعض المناطق، كما أنه يفتقر لمعالجة تقاطع المحاور مع طرق السيارات ومراعاة ذوي الاحتياجات الخاصة، ويجب العمل على تطويره باستخدام التكنولوجيا المتطورة ضمنه.

### 9-3- دراسة تحليلية لمحور المشاة في مدينة دمشق كتجربة محلية:

تم اختيار محاور المشاة على طول شارع 6 أيار للدراسة والتحليل والذي يقع في حي كفرسوسة ضمن مدينة دمشق نظراً لأهمية الطريق وموقعه بقرب من موقع دوار العباسيين المركزي في العاصمة. الشكل (16).



الشكل (16): موقع ومخطط شارع 6 أيار في كفرسوسة/ دمشق-المصدر: عمل الباحثان بناءً على [10] يتضمن الشارع استعمالات متعددة مثل (السكن، الأبنية التجارية، المطاعم والكافيتريات، الحدائق والمساحات المفتوحة، الأبنية الإدارية...) ويتواجد مواقف متفرقة على طول امتداده. ولم يتواجد تنظيم لحركة المشاة خصوصاً عند التقاطعات مع طرق الحركة وعند الدوار بأول الطريق أو الجسر الذي يصله بالمتعلق الجنوبي فلا يوجد اهتمام بعناصر حركة المشاة عند الدوار أو الجسر من اشارات أو منحدرات أو لافتات.

يلاحظ أن المحور يتفاوت في عرضه ما بين (1-4م) بحسب الاستعمالات المتعددة ضمنه ولم يلاحظ وجود مسارات في المحور أو الاهتمام بحركة ذوي الاحتياجات الخاصة، ويتضمن زون منطقة الفرش بعض الأشجار المتفرقة خصوصاً بأول المحور ويكاد يخلو من المقاعد والمظلات.



نستنتج مما سبق أن: يتراوح عرض محور المشاة متعدد الاستخدامات 1-4م وهو ضمن النورم المحدد إلا أنه في بعض الأحيان أقل من عرض الحد الأدنى الموصى به، كما أن معالجة محور المشاة عند تقاطع الطرق يحتاج إلى التنظيم والتخطيط خصوصاً عند الدوار وجسر المتعلق فلا توجد حلول مبتكرة ثلاثية الأبعاد لذلك. ولا توجد مسارات محددة لمكونات محور المشاة، ولا يوجد مراعاة لحركة ذوي الاحتياجات الخاصة، لذلك يجب الاعتناء بتخطيط محور المشاة وفق كل عناصره ومكوناته.

#### 9-4- نتائج تحليل التجارب العالمية والعربية والمحلية:

تمّ تقييم تجارب محاور المشاة في البحث وفق الجدول (5) التالي:

الجدول (5): تقييم التجارب العالمية والعربية والمحلية في البحث- المصدر: عمل الباحثان

العناصر	الوصف	تقييم تجربة ليتوانيا	تقييم تجربة روتردام	تقييم تجربة مصر	تقييم تجربة دمشق
عرض محور المشاة	ويتراوح العرض الموصى به للمناطق متعددة الاستخدامات وعالية الكثافة 5م أما العرض للمناطق المتعددة الاستخدامات ومتوسطة إلى منخفضة الكثافة فهو 4م، بينما الحد الأدنى هو 3.5م	عرض متفاوت والموصى به	ضمن العرض الموصى به وأحياناً أكبر منه	ضمن العرض الموصى به وأحياناً أكبر وأقل منه	ضمن العرض الموصى به وأحياناً أقل منه
عناصر محاور المشاة	منطقة الواجهة وعرضه	✓	✓	X	X
	منطقة المسير وعرضه	✓	✓	كل المحور	كل المحور
	منطقة الفرش وعرضه	✓	✓	جزئي	جزئي
	المنطقة الحاجزة - البوردة وارتفاعها 15-20 سم وجود مسار للدراجات مع أو مفصول عن المحور	✓	✓	✓	✓
بعض المبادئ التخطيطية الأخرى	عناصر لمراعاة ذوي الاحتياجات الخاصة (منحدرات، معدن للغة بريل، عرض كافي) مبول لتصريف مياه الأمطار	X	جزئي	X	X
	وجود عناصر عند تقاطع المشاة مع السيارات كدلالات وإشارات...	✓	✓	✓	جزئي
	وجود مسارات مشاة ثلاثية الأبعاد كالجسور أو الأنفاق	X	✓	X	X
عناصر الفرش	استخدام الفرش مقاعد - المظلات- انتظار الباصات	X	✓	جزئي	جزئي
	استخدام الفرش اعمدة الإنارة	✓	✓	✓	✓
	استخدام الفرش سلات المهملات	✓	✓	✓	جزئي
	استخدام الفرش النباتي والأشجار	✓	✓	✓	جزئي
	استخدام الفرش لمواقف الدراجات	X	✓	X	X
	استخدام الفرش لكافيتريات الرصيف	جزئي	✓	✓	X
	استخدام الفرش المتعدد بفرش واحد	X	X	X	X
	استخدام الفرش الذكي(اعتماد على الطاقة الشمسية- استخدام التكنولوجيا)	X	جزئي	X	X

## 10- دراسة لمحور المشاة الموازي لطريق دوار الرئيس-جسر بابا عمرو في مدينة حمص:

يعتبر طريق دوار الرئيس - جسر بابا عمرو من الطرق الرئيسية التي تُخَدَّم مدينة حمص ويُعدّ مقصداً لأهل المدينة والريف بسبب تواجد الجامعة على أحد طرفيه وتداخل الاستعمالات المتعددة على طرفه الآخر. وهو يعتبر استمرار لطريق الحضارة وشریان يربط الأحياء الشرقية بالأحياء الشمالية والغربية. الشكل (17)



الشكل (17): موقع المحور في مدينة حمص - المصدر: عمل الباحثان بناءً على [10]

لذلك من المهم دراسة هذا المحور بسبب الكثافة والتردد العالي من وإلى فعالياته المختلفة.

10-1- دراسة تحليلية لمحور المشاة الموازي لطريق دوار الرئيس-جسر بابا عمرو: يصل المحور بين دوار الرئيس شرقاً وجسر بابا عمرو غرباً ويحوي أحد طرفيه جامعة البعث وبذلك يعتبر محور مشاة تعليمي في هذا الطرف؛ ويحوي في طرفه الآخر على الأبنية السكنية الممتدة على طول المحور بالإضافة إلى الاستعمالات الخدمية مثل

(الاستعمالات التجارية والإدارية ومركز للبنوك وتصريف الحوالات (مركزي الهرم والفؤاد)، وتوجد ورشات (صيانة وتبديل الإطارات والبطاريات للسيارات)، ومجموعة من الكافيتيريات والمكتبات الجامعية). بالإضافة إلى وجود بناء دوار الرئيس كنقطة علام في أول المحور وهو بناء متعدد الاستخدامات ويحوي على مجموعة عيادات ومراكز إدارية ومعاهد للدورات التعليمية ومحلات تجارية، ويوجد مركز للشرطة في طرف المحور الآخر (عند جسر بابا عمرو). يوضح الشكل (18) الاستعمالات المتعددة للمحور.



الشكل (18): الاستعمالات المتعددة على طول طريق دوار الرئيس/جسر باباعمرى - المصدر: عمل

الباحثان بناءً على [10]

تمت ملاحظة عدة نقاط سلبية من الاستعمالات المتعددة في المحور ويمكن تبويبها كمايلي:

1- يوجد مدخلين للجامعة هما:

أ- المدخل الأول هو مدخل الآداب، ولا يوجد نفق أو جسر أمامه مما يدل على قطع الطلاب والموظفين المتكرر للشوارع الرئيسي من أجل الوصول لمدخل الجامعة دون الأخذ بوسائل الأمان من اشارات ضوئية أو تقاطع للطريق أو غيرها وهو يؤدي إلى الحوادث المتكررة.

ب- المدخل الثاني هو مدخل كلية الطب، ويوجد نفق أمامه.

- 2- كما أن المحور يحوي في بدايته على مناطق مفتوحة عامة خضراء أمام سور الجامعة وهي مكان لتواجد البسطات أو الجلسات الأهالي على المناطق الخضراء بشكل غير منظم والأفضل أن تُستغل المساحة بطريقة أفضل.
- 3- إن أرصفة المشاة في كلا الطرفين عبارة عن رصيف فقط ولا يحوي المسارات الوارد ذكرها سابقاً، فلا يوجد (زون للواجهة، ومنطقة الفرش، والعناصر الحاجزة عن الطريق).
- 4- زون منطقة الفرش تكاد تكون خالية من عناصر الفرش فيما عدا بعض الحاويات الكبيرة وهي بؤرة للتلوث وبعض الأشجار المنقرقة وأعمدة الإنارة، ولا يوجد مقاعد للجلوس أو مظلات.
- 5- لم يُراعى في دراسة الأرصفة حركة ذوي الاحتياجات الخاصة فلا يوجد عناصر تُسهّل حركتهم وخصوصاً عند تقاطع الطرق.
- 6- لا يوجد وضوح بين زونات محور المشاة في مختلف مقاطعه والذي يكاد يخلو من الأشجار والمقاعد والمظلات وأماكن انتظار الباصات...
- 7- وجود ورشات الصيانة والتي تؤدي إلى التلوث مما يستدعي نقل هذه الاستعمالات.
- 8- وجود مواقف السيارات الطولية على جانبي الطريق الأمر الذي يؤثر على حركة المشاة. الشكل (19).



الشكل (19): ورشات الصيانة ومواقف السيارات الطولية في المحور - المصدر: عمل الباحثان

يوضح الجدول (6) تحليل المقاطع المختلفة للمحور.

الجدول (6): تحليل محور المشاة على طول طريق دوار الرئيس/جسر باباعمر - المصدر: الباحثان

بناءً على [10]



دور محاور المشاة المتعددة الاستعمالات في المدن وقواعد تطويرها – "مدينة حمص مثلاً"



تقاطع الطريق مع محور المشاة غير مدرّوس  
وجود البسطات المخالفة عند تقاطع الطريق وعلى طول محور المشاة، وعند الفراغ العام أمام الجامعة.  
وجود موقف لسرافيس النقل بشكل مخالف (عند التقاطع وبالقرب من دوار الرئيس).



لا يوجد نفق أو جسر أمام مدخل الجامعة مما يؤدي إلى قطع الطريق الرئيسي.

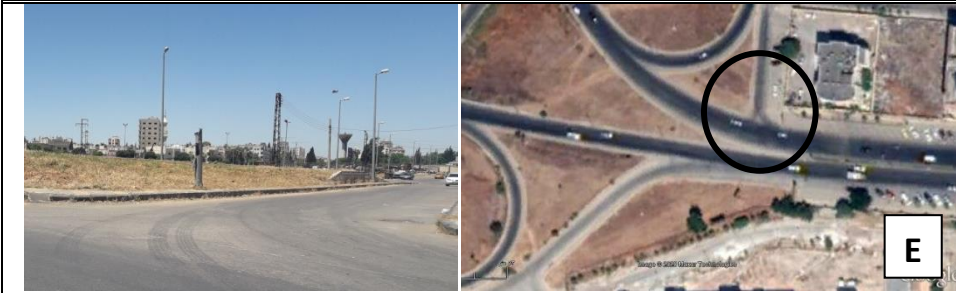


تقاطع الطريق مع محور المشاة غير مدرّوس.





- وضع حواجز لمنع العبور وخاصة بوجود نفق الجامعة.



- يضطر المشاة للعبور إلى الأحياء الغربية إلى مسابرة الجسر ذو مسرب المشاة 1م وهو غير مفصول بحواجز أمان عن طرق السيارات. -- تقاطع الطريق مع محور المشاة غير مدروس.

يمكن تبويب تقييم محور المشاة وفقاً للدراسة التحليلية كالجدول (7) التالي:

الجدول (7): تقييم محور المشاة المتعدد الاستعمالات - المصدر: عمل الباحثان

العناصر	الوصف	التقييم
عرض محور المشاة	ويتراوح العرض الموصى به للمناطق متعددة الاستخدامات وعالية الكثافة 5م أما العرض للمناطق المتعددة الاستخدامات ومتوسطة إلى منخفضة الكثافة فهو 4م، بينما الحد الأدنى هو 3.5م	عرض متفاوت لكن الحد الأدنى ما بين 1.5-2م وهو أقل من الحد الأدنى الموصى به
عناصر محاور المشاة	منطقة الواجهة وعرضه	X
	منطقة المسير وعرضه	كامل الرصيف 4-2م
	منطقة الفرش وعرضه	جزئي ويكاد يخلو الرصيف من هذا الزون
بعض المبادئ التخطيطية الأخرى	المنطقة الحاجزة - البوردة وارتفاعها 15-20 سم	✓
	وجود مسار للدراجات مع أو مفصول عن المحور	مفصول
	عناصر لمراعاة ذوي الاحتياجات الخاصة (منحدرات، معدن للغة بريل، عرض كافي)	X
عناصر الفرش	ميول لتصريف مياه الأمطار	جزئي
	وجود عناصر عند تقاطع المشاة مع السيارات كدلالات وإشارات...	X
	وجود مسارات مشاة ثلاثية الأبعاد كالجسور أو الأنفاق	نفق واحد فقط
عناصر الفرش	استخدام الفرش مقاعد - المظلات- انتظار الباصات	X
	استخدام الفرش أعمدة الانارة	✓
	استخدام الفرش سلات المهملات	✓
	استخدام الفرش النباتي والأشجار	جزئي

X	استخدام الفرش لمواقف الدراجات	
X	استخدام الفرش لكافتريات الرصيف	
X	استخدام الفرش المتعدد بفرش واحد	
X	استخدام الفرش الذكي (اعتماد على الطاقة الشمسية- استخدام التكنولوجيا)	

## 10-2-المخطط المقترح لمحور المشاة الموازي لشارع دوار الرئيس-جسر باباعمر:

لقد تم وضع بعض المقترحات في المخطط المطور للمحور وهو ناتج عن النقاط التي تم تبويبها سابقاً من أجل تفادي نقاط الضعف والعمل على تطوير المحور. وهي كمايلي:

### 1- الحلول المقترحة فيما يخص مداخل الجامعة:

أ- يوجد حركة عبور للمشاة أمام مدخل الآداب الأمر الذي يستدعي حلين وهما:

● وضع حاجز في منتصف الطريق لمنع العبور.

● اقتراح جسر للمشاة في طرف المحور بالقرب من دوار الرئيس (بما أنه يوجد نفق عند مدخل الطب ولا يمكن اقتراح نفق أو جسر آخر عند مدخل الآداب بسبب قصر المسافة بينهما)، وإنّ هذا الجسر يُخَدَّم حركة المشاة من ثلاثة محاور لعبور دوار الرئيس (شارع الحضارة، طريق الشام، طريق الجامعة- بابا عمرو)، وبالتالي تأمين العبور إلى الرصيف المؤدي لمدخل الجامعة، مع العمل على تأمين الرامبات والأدراج في أطراف الجسر وعند المساحة الخضراء المفتوحة أمام سور الجامعة. الشكل (20) والجدول (8) يوضحان المخطط المقترح وأجزائه المختلفة.

ب- يوجد نفق أمام مدخل الطب وهو أمر يُسهّل العبور بين جانبي محور المشاة على الطرفين، ولكن يوجد مشكلة فيما يتعلق بمحاور المشاة من الأحياء الغربية بسبب وجود عقدة جسر بابا عمرو فللوصول إلى هذا المدخل مشياً على الأقدام من الغرب يتطلب السير على جانبي جسر بابا عمرو وهو غير مُخَدَّم بشكل جيد للمشاة لذلك يُقترح الآتي:

● إبعاد مواقف السيارات عن نهاية رامب جسر بابا عمرو أمام مدخل الطب (بسبب سرعة السيارات عند انتهاء رامب الجسر ووجود المواقف قرب رامب الجسر).

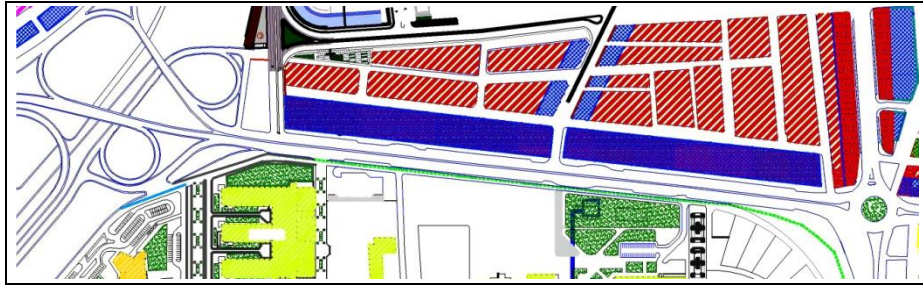
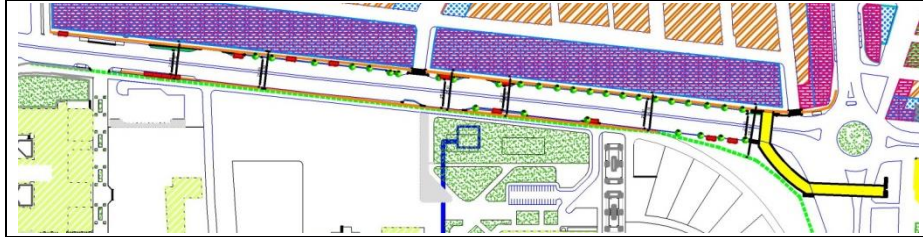
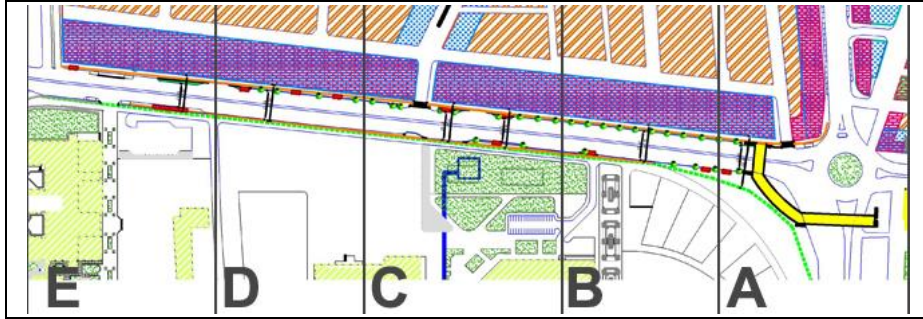
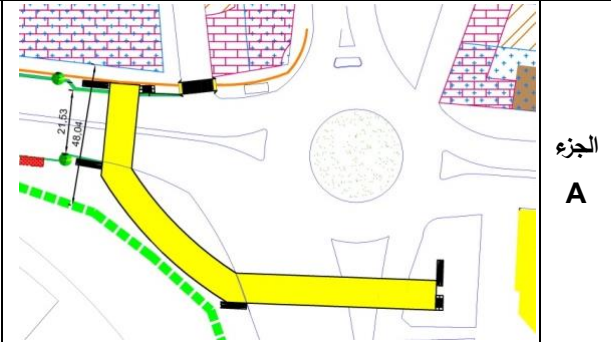
● اقتراح جسر معلق للمشاة من المنطقة الوسطى لجسر بابا عمرو وبشكل مفصول بحاجز عن سير السيارات الجدول (8).

● اقتراح جسر معلق للمشاة في طرف جسر المشاة لربط مركز المدينة إلى هذا المحور عن طريق جسر بابا عمرو والموضح في الجدول (8).

2- تنظيم المنطقة المفتوحة العامة الخضراء أمام سور الجامعة ومعالجة وجود البسطات أو جلسات الأهالي على المناطق الخضراء، واستغلال المساحة باقتراح رامبات وأدراج جسر المشاة المعلق المُقترح في هذه المنطقة.

الجدول (8): المخطط المقترح لمحور المشاة على طول طريق الجامعة/جسر باباعمرى -

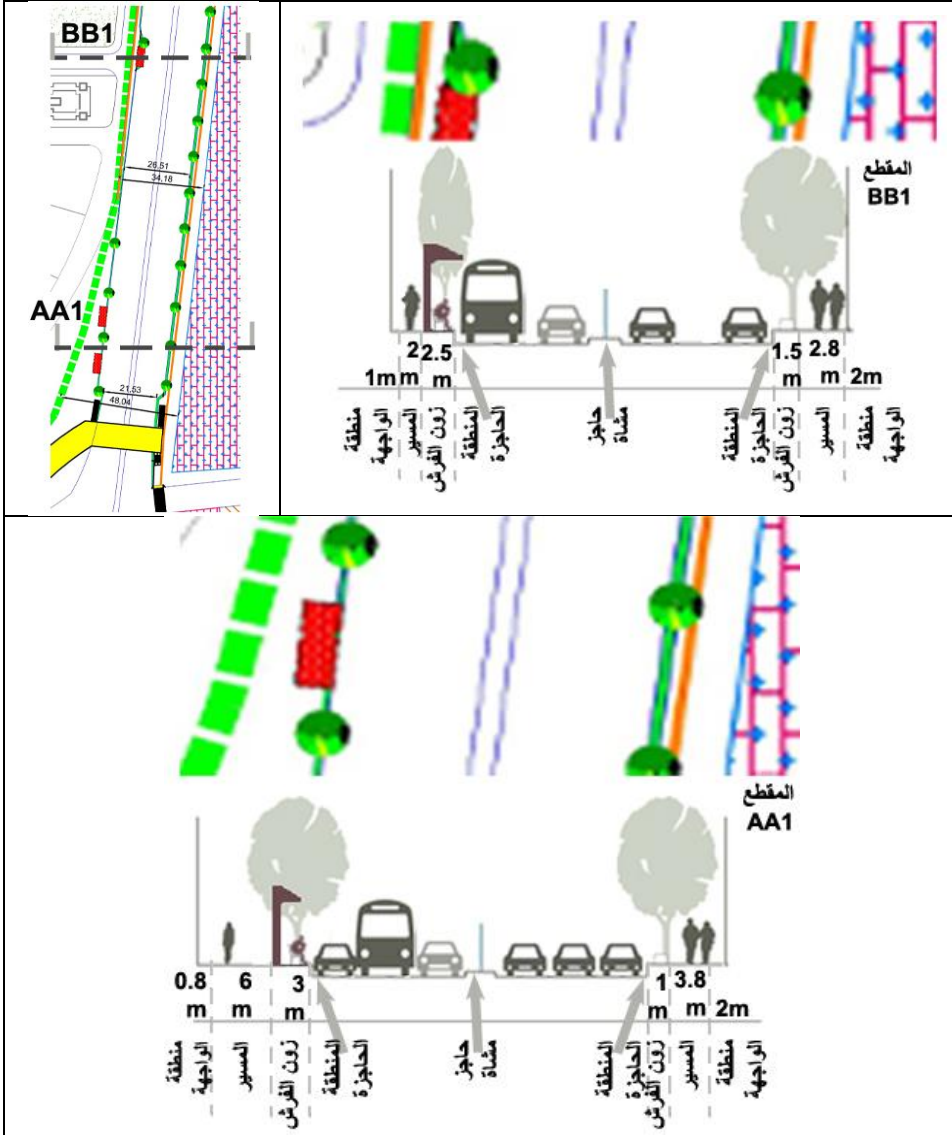
المصدر: عمل الباحثان بناءً على [3]

	<p>المخطط الحالي</p>
	<p>المخطط المقترح</p>
	<p>المخطط المقترح وأجزأؤه</p>
<p>                     اقتراح جسر للمشاة يربط بين الأحياء                      الشرقية ومحور المشاة                      تنظيم تقاطع مع شارع كرم الشامي                      إلغاء البسطات ومواقف النقل العام                      العشوائية                 </p>	 <p>الجزء A</p>

<p>- تنظيم مسارات محور المشاة وتزويدها بعناصر للغة بريـل</p> <p>- تنظيم منطقة الفرش وتزويدها بالأشجار والمقاعد ومواقف للباصات عند مدخل الجامعة</p>		<p>الجزء B</p>
<p>- تنظيم التقاطع مع الشارع الفرعي</p> <p>- تنظيم مسارات محور المشاة وتزويدها بعناصر للغة بريـل</p> <p>- تنظيم منطقة الفرش وتزويدها بالأشجار والمقاعد ومواقف للباص</p>		<p>الجزء C</p>
<p>- تنظيم مسارات محور المشاة وتزويدها بعناصر للغة بريـل</p> <p>- تنظيم منطقة الفرش وتزويدها بالأشجار والمقاعد ومواقف للباصات</p>		<p>الجزء D</p>
<p>- إبعاد مواقف السيارات عند جسر بابا عمرو</p> <p>- تنظيم مسارات محور المشاة وتزويدها بلغة بريـل ومواقف للباصات عند مدخل الجامعة والنفق</p>		<p>الجزء E</p>

3- العمل على تأمين مسارات أرصفة المشاة في كلا الطرفين (زون للواجهة 0.5م)، مسير المشاة مع تزويدها بعناصر لغة بريـل (متفاوتة العرض 2-3-3.5م)، ومنطقة الفرش (0.9-1.5م)، والعناصر الحاجزة عن الطريق ارتفاعها 15سم). الشكل (20)

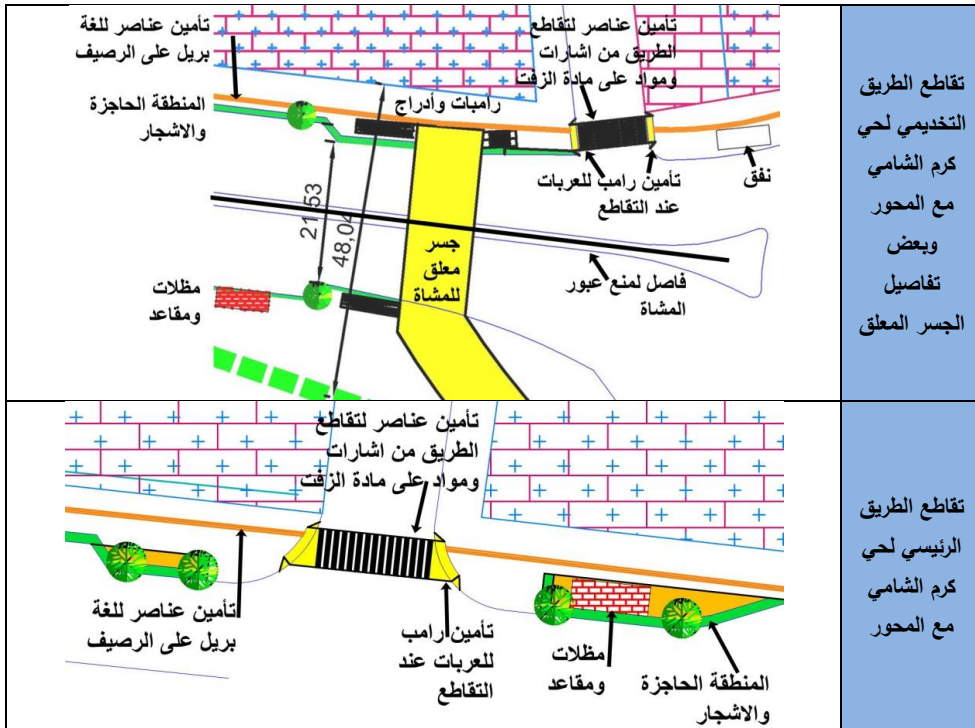




الشكل (20): مقاطع محور المشاة على طول طريق الجامعة/جسر باباعمرى- المصدر: عمل الباحثان  
 4- توفير عرض كاف لزون منطقة الفرش في محاور المشاة (0.9-1.5م)، وتأمين الأشجار وأعمدة الإنارة والمظلات ومقاعد الجلوس فيها كما في الشكل (20) السابق، والعمل على نقل الحاويات الكبيرة أو معالجتها. والعمل على استخدام الفرش المتعدد والفرش الذكي (اعتماد على الطاقة الشمسية- استخدام التكنولوجيا).

- 5- تأمين عناصر للغة برييل على طول مسرب المشاة في كلا الجهتين، وتوفير رامبات لحركة ذوي الاحتياجات الخاصة عند تقاطع الشوارع مع الشارع الرئيسي الجدول (9).
- 6- العمل على تنظيم حركة المواصلات العامة السرافيس (بسبب وجود مواقف غير نظامية أمام محور المشاة بجانب دوار الرئيس وعند تقاطع طريق كرم الشامي الأول) واقتراح مواقف ثابتة لباصات النقل العام في كلا محوري المشاة وخصوصاً بجانب مداخل الجامعة الجدول (9). (وهذا الموضوع من أسس تنظيم الطرق في المدن).
- الجدول (9): تفاصيل المخطط المقترح لمحور المشاة على طول طريق الجامعة/جسر باباعمر -

المصدر: عمل الباحثان بناءً على [3]



	<p>مقترح دوّار الرئيس</p>
<p>اقتراح مسرب للمشاة مفصول عن الجسر الواسطي اقتراح جسر للمشاة للربط مع حي الانشاءات</p>	<p>مقترح جسر بابا عمرو</p>

**11- النتائج والتوصيات:** وتتضمن النتائج العامة والنتائج الخاصة بالمخطط المقترح والتوصيات.

#### 11-1- النتائج العامة:

- 1) تعتبر محاور المشاة عنصر عمراني هام لتأمين حركة السكان وسهولة الوصول والأمان ولذلك لا بدّ من الإلمام بالأسس والمعايير الضرورية لتخطيطها لتأدية عملها ودورها سواء للسكان أو ذوي الاحتياجات الخاصة.
- 2) إنّ المبادئ الأساسية المبوية في البحث لتقييم ودراسة محور المشاة متعدد الاستعمالات وفقاً للمعايير والأسس الموضحة سابقاً قد شملت كل النواحي التخطيطية لدراسة محاور المشاة.
- 3) يجب الفصل بين محور المشاة ومسرب الدراجات منعاً من الحوادث.
- 4) إن التنظيم والمعالجات التخطيطية في تجربة ليتوانيا قد ساهمت في تنظيم محاور المشاة وفق استعمالاته المتعددة وفق مسارات (زون الواجهة، المسير، الفرش، المنطقة الحاجزة) وتعتبر تجربة ناجحة.
- 5) أثبتت الحلول المبكرة في دراسة محور المشاة المتعدد الاستعمالات في روتردام والمتمثلة باقتراح محور وسطي مُدرّج وساحة مائية وبوسطها محور مشاة والجسور عند التقاطع مع طرق الحركة؛ بأنّ محور المشاة عنصر فاعل في تعزيز الحياة الاجتماعية

ويساهم في الرفاهية المجتمعية، وأن تجربة روتردام قد استوفت المعالجات التخطيطية وتعتبر تجربة ناجحة في تنظيم محاور المشاة متعدد الاستخدامات.

(6) إنّ التجربة المصرية قد استوفت بعض معايير دراسة محور المشاة المتعدد الاستعمالات، وتحتاج إلى التطوير لتفادي النقص في مكونات المحور.

(7) تحتاج محاور المشاة في التجربة المحلية /دمشق/ إلى الاهتمام والتنظيم الجيد بسبب كونها تفتقر للعديد من المعالجات التخطيطية حيث لا يوجد تحديد واضح لعناصر المحور وتنسيق الفرش اللازم، وعدم مراعاة لذوي الاحتياجات الخاصة.

(8) إنّ استخدام التكنولوجيا الحديثة والاستدامة الخضراء والفرش المتعدد الاستخدامات له أهمية في تطوير محاور المشاة المتعدد الاستعمالات من أجل مواكبة العمارة المعاصرة الحالية والمستقبلية والمساهمة في تطوير المدن بشكل عام وهو مكون افتقرت معظم التجارب لوجوده، كما أنه من المهم دراسة وتنظيم تقاطع حركة السيارات وحركة المشاة تفادياً للحوادث ولتأمين الأمان للسكان وهو من القضايا التي تمت معالجتها بشكل جزئي في معظم تجارب.

## 11-2- النتائج الخاصة بمحور المشاة المدروس والمخطط المقترح له:

(1) إنّ تأمين الحركة المتعددة للمشاة في المحور التجاري والمحور التعليمي كان بمستوى متوسط من حيث تنظيم تعدد الاستعمالات في كلا المحورين ويجب العمل على تنظيم تعدد الاستخدامات فيهما.

(2) لم يلحظ الاهتمام بمسارات لحركة ذوي الاحتياجات الخاصة ووفق المعايير التي تفيد حركتهم لذلك يجب العمل على تأمين سهولة حركتهم في المحور.

(3) إنّ الاعتناء بالجانب الجمالي من حيث العناصر الجمالية والأشجار لم يكن كاف وهو معدوم في أغلب الأماكن. ولم يتم الاستفادة من العناصر التكنولوجية الحديثة.

(4) إنّ الاعتناء بالجانب الأمان محدود ولم تتواجد العناصر وإشارات التحذير والأمان خصوصاً عند العبور وتقاطع مع حركة السيارات.

(5) لم يلحظ إلا وجود نفق واحد للعبور إلى الجامعة مما يستوجب تطوير المخطط للاستفادة من إنشاء جسور عند دوار الرئيس يفيد لتقاطع المشاة والعبور إلى الجامعة. حيث يجب تحليل المحور ومعرفة العناصر التي يجب إضافتها لحل المشاكل العمرانية.



### 11-3- التوصيات:

- 1) العمل على اتباع المبادئ الأساسية المبوبة سابقاً لتقييم محور المشاة متعدد الاستعمالات حيث أنها استوفت كل متطلبات دراسة حركة المشاة وذوي الاحتياجات الخاصة، وخصوصاً فيما يتعلق بمسارب المحور (زون الواجهة، زون سير المشاة، زون الفرش، المنطقة الحاجزة عن الطريق) وتزويدها بعناصر الفرش الضرورية.
- 2) عادة يتم إهمال العناصر اللازمة للمشاة عند تقاطع مسار المشاة والسيارات فيجب العمل على إضافة تلك العناصر عند عملية دراسة المخطط.
- 3) يجب العمل على مراعاة حركة ذوي الاحتياجات الخاصة وعربات الأطفال عن طريق تزويد المحاور بمسارات لغة بريل والمنحدرات الضرورية عند ارتفاع الرصيف.
- 4) العمل على استخدام مسارات المشاة ثلاثية الأبعاد (الجسور والأنفاق) وتزويدها بعناصر الفرش الضرورية من مظلات وأشجار وبذلك يتم تعزيز الحياة الاجتماعية.
- 5) العمل على استخدام التكنولوجيا المتطورة والفرش الذكي في محاور المشاة، والعمل على استخدام حلول مبتكرة وجديدة.

## 12- المراجع:

### 12-1- المراجع العربية:

1) حامد، حامد & فؤاد، خالد & محمد، هدى & عبد العزيز، منى. "تطوير البيئة الخارجية لمسارات المشاة في محاور الحركة الرئيسية دراسة حالة شارع التحرير - الدقي"، معهد بحوث العمارة والإسكان، المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء، وزارة الإسكان والمرافق والمجمعات العمرانية، مصر، ص 10-12.

2) سنان، لطفي & أبو جبل، محمد & بحور، مصطفى 2017. "ممرات المشاة وكيفية توظيفها داخل المدن الحضرية (مدينة الخمس كنموذج للدراسة)"، المؤتمر الاقتصادي الأول للاستثمار والتنمية في منطقة الخمس، جامعة المرقب، ص 8.

3) مخططات من مبنى محافظة حمص، مدينة حمص، سوريا، 2016م.

1) Hamed, H. & Fouad, Kh. & Mohamed, H. & Abdel Aziz, M.. "Developing the external environment of pedestrian paths in the main movement corridors, a case study of Tahrir Street – Al-Dokki", Architecture and Housing Research Institute, National Center for Housing and Building Research, Ministry of Housing, Utilities and Urban Communities, Egypt, pp. 10-12.

2) Sinan, L. & Abu Jabal, M. & Bahour, M. 2017. "Pedestrian corridors and how to employ them within urban cities (Khums city as a case for study)", the first economic conference for investment and development in the Al-Khums region, Al-Marqab University, p. 8.

3) Schemes of Homs Governorate Building, Homs City, Syria, 2016.

### 12-2- المراجع الأجنبية:

4) <https://www.aketuriarchitektai.lt/projects/kvietiniu-street/>

5) [https://www.archdaily.com/772173/fr-ee-proposes-cultural-corridor-chapultepec-in-mexico-city/55d4a6f4e58ece20e900012b-fr-ee-proposes-cultural-corridor-chapultepec-in-mexico-city-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/772173/fr-ee-proposes-cultural-corridor-chapultepec-in-mexico-city/55d4a6f4e58ece20e900012b-fr-ee-proposes-cultural-corridor-chapultepec-in-mexico-city-photo?next_project=no)

6) Asl,A. & Haghlesan, M. & Taraf ,A.,2012. The role of pedestrian streets in sustainability of urban spaces, Case Study: Tabriz Tarbiyat Street, Iran". Islamic Azad University, Tabriz, Iran. Advances in Natural and Applied Sciences, 6(6):pp. 1014-1021, 2012 . p. 1019-1020.

7) <https://www.behance.net/gallery/11883065/Urban-redesign-Rotterdam-Blaak-Westblaak>

- 8) <https://casavogue.globo.com/Arquitetura/Cidade/noticia/2017/05/elevado-em-seul-e-transformado-em-parque.html>
- 9) <http://www.cicloguia.com/p/guia-de-diseno-especificaciones-tecnicas.html>
- 10) [www.Googleearth.com](http://www.Googleearth.com)
- 11) <http://www.honolulu.gov/tod/dpp-tod-implementation/zoning-and-related-policies.html>
- 12) <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/interim-design-strategies/parklets/>
- 13) <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/street-design-elements/sidewalks/>
- 14) <https://revistaprojeto.com.br/acervo/atualize-nbr-9050-norma-revisada-acessibilidade/>
- 15) <https://www.sidewalklabs.com/blog/four-principles-for-the-future-of-city-streets/>
- 16) <https://sustentarqui.com.br/como-fazer-uma-calcada-para-todos/>
- 17) [https://twitter.com/jen\\_keesmaat/status/1226663606357516288](https://twitter.com/jen_keesmaat/status/1226663606357516288)
- 18) <https://www.un.org/esa/socdev/enable/designm/AD1-04.htm>
- 19) <https://vitruvius.com.br/index.php/revistas/read/projetos/16.183/5956?page=7>
- 20) <https://worldlandscapearchitect.com/global-street-design-guide-launched-as-a-free-download/#.WWLnTVFLckl>
- 21) <https://worldlandscapearchitect.com/the-city-of-austin-proclaims-november-16-2020-street-patio-day/>

