

# مجلة جامعة البعث

سلسلة علوم الهندسة المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 43 . العدد 7

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
42-11	د.م. حنان درويش د.م. عدنان محمد د.م. فادي شعبان	تطوير نموذج للتعلم العميق بالشبكات العصبونية الاصطناعية لاستخراج المناطق العمرانية من صور الاستشعار عن بعد - منطقة الدراسة: حمص- طرطوس
66- 43	م. محمد خير عليوي	مقارنة عوامل السلوك الزلزالي للمنشآت الفولاذية المربطة بتربيط لامكزي و أخرى مربطة بتربيط ممنوع من التحنيط بتطبيق التحليل الستاتيكي اللاخطي
102-67	مريم قيس الابراهيم د.م. سليمان العامودي	تأثير تقوية الأعمدة باستخدام تقنية القميص البيتوني في السلوك الزلزالي للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة
132-103	عبد الله يوسف عبود رباب جوني	أثر تخصيص حارة مستقلة لحافلات النقل العام على أداء منظومة النقل
158-133	م. نجوى عيسى	دراسة تأثير تغير مقاومة الضغط للبيتون على فعالية التطويق العرضي مسبق الإجهاد







## تطوير نموذج للتعلم العميق بالشبكات العصبونية الاصطناعية لاستخراج المناطق

العمرائية من صور الاستشعار عن بعد - منطقة الدراسة: حمص - طرطوس

د.م. حنان كامل درويش\* د.م. عدنان أحمد محمد\*

د.م. فادي عز الدين شعبان\*\*

### المخص

تعتبر عملية تصنيف صور الاستشعار عن بعد من العمليات الأساسية المستخدمة في إنشاء خرائط استعمالات الأراضي وخرائط الغطاء الأرضي، استخراج فئة محددة أو الكشف عن التغييرات بعد الكوارث أو مع مرور الزمن. ويستخدم لتحقيق ذلك خوارزميات مطورة خصيصاً وذلك للوصول إلى أفضل طريقة تمكن من استخلاص البيانات المكانية والمعالم من هذه الصور بحيث تمثل الواقع الحقيقي للأرض رقمياً وبدقة كبيرة.

يمثل البحث المقدم مقارنة جديدة في استخراج فئة محددة تمثل المناطق العمرائية اعتماداً على الذكاء الاصطناعي وتحديداً تعلم الآلة Machine Learning والتعلم العميق Deep learning من خلال الشبكات العصبونية الاصطناعية (ANNs). تم تطبيق المنهجية على صورة لاندسات 8 متعددة الأطياف لمدينة حمص مأخوذة في العام 2017 وبناء نموذج اعتماداً على بياناتها ومن ثم التنبؤ من خلال تطبيق هذا النموذج على صورة لاندسات 8 لمدينة طرطوس في العام 2018 لاستخراج المناطق العمرائية والتأكد من صحة النموذج.

تم الاعتماد في كل مراحل المعالجة وبناء الشبكة وتدريبها والتنبؤ على عدة مكثبات بايثون حرة ومفتوحة المصدر وخاصة مكثبات التعلم العميق وأيضاً على أنظمة المعلومات الجغرافية. دلت نتائج الدراسة على تحسن كبير في الدقة والوقت والجهد من خلال مقارنتها مع طرق التصنيف التقليدية المعتمدة على البيكسل وتحديداً طريقة الاحتمالية العظمى وأيضاً طرق التصنيف القائمة على الكائن.

**كلمات المفتاحية:** تصنيف صور الاستشعار عن بعد، تعلم الآلة، التعلم العميق، الشبكات العصبونية الاصطناعية، أنظمة المعلومات الجغرافية.

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

✉ [hanan.darwisha@hotmail.com](mailto:hanan.darwisha@hotmail.com), ✉ [ad.moh4@gmail.com](mailto:ad.moh4@gmail.com)

\*\* أستاذ مساعد في قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

✉ [fadi.chaaban@tishreen.edu.sy](mailto:fadi.chaaban@tishreen.edu.sy)

## Developing a Model of Deep Learning by ANNs for Urban Areas Extraction from Remote Sensing Images – Study Area: Homs- Tartous

Dr.Eng. Hanan DARWISHE\*      Dr.Eng. Adnan Mohammad\*

Dr.Eng Fadi CHAABAN\*\*

### Abstract

Remote sensing images classification is one of the basic processes used in creating of land use/cover maps, extracting a specific category or detecting changes after disasters or with time. To achieve this, specially developed algorithms are used to find out the best way to extract spatial data and features from these images, and to ensure that they represent the reality of the Earth digitally with high level of accuracy.

This research represents a new approach for extracting a specific category of features that represents urban areas, depending on artificial intelligence, in particular Machine Learning and Deep Learning (Artificial Neural Networks (ANNs)).

The suggested methodology was applied to the Landsat 8 multi-spectral image of Homs city captured in 2017 to build a model for urban areas extraction. To evaluate the validity of the model, it was applied to the Landsat 8 image of Tartous city captured in 2018 to extract similar areas.

Several free and open source Python libraries, especially deep learning libraries, and geographic information systems were used in all stages of processing, network building, training, and prediction.

The results of the study indicated a significant improvement in accuracy, time and effort comparing with the traditional pixel-based classification methods, specifically the Maximum likelihood method, and object-based classification methods.

**Key Words:** Remote Sensing Images classification, Deep Learning, Machine Learning, Artificial Neural Networks, 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)

✉ [ad.moh4@gmail.com](mailto:ad.moh4@gmail.com)

\*\* Associate Professor, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

✉ [fadi.chaaban@tishreen.edu.sy](mailto:fadi.chaaban@tishreen.edu.sy)

---

## 1 مقدمة

يعتبر الاستشعار عن بعد من التقنيات الفعالة لتصوير سطح الأرض ورصدها بتكلفة منخفضة وفي وقت قصير. ومع ذلك، عندما يتم استخلاص المعلومات من الصور وإجراء تقييم للدقة، فإن النتائج التي يتم الحصول عليها لا تحقق دائماً دقة عالية، مما جعل تطوير أساليب التحليل والتصنيف أمراً حتمياً.

توفر طرق الذكاء الاصطناعي وخصوصاً تعلم الآلة والتعلم العميق إمكانية التصنيف الفعال لصور الاستشعار عن بُعد [1]، لأن من بين نقاط قوة هذه الطرق القدرة على التعامل مع البيانات ذات الأبعاد الكبيرة وتعيين الفئات ذات الخصائص المعقدة للغاية. لكن تطبيق التصنيف بالتعلم الآلي ليس بالأمر السهل نظراً لأن الأدبيات تقدم نصائح متضاربة فيما يتعلق بالعديد من القضايا الرئيسية، مما أدى إلى تطوير العديد من النماذج المستخدمة والتي تعتمد على خوارزميات تعلم مختلفة مثل Support Vector Machine شعاع دعم الآلة، Decision Tree شجرة القرار، Neural Networks الشبكات العصبونية، Random Forests الغابات العشوائية، k-Nearest Neighbours (k-NN) الجار الأقرب، Boosted DTs شجرة القرار المعززة وغيرها من الخوارزميات. استخدمت الشبكات العصبونية لتحليل صور الاستشعار عن بعد منذ بداية التسعينيات وأعطت نتائج واعدة [2] [3]، ومن ثم تطورت بشكل كبير خلال السنوات الماضية باعتبارها مقرب عام أو شامل لكل أنواع التحليلات Universal Approximator، وتتمتع بالعديد من المزايا فهي لديها القدرة على تمثيل أي نوع من أنواع الظواهر بالإضافة إلى أنه يمكن استخدامها كنوع من "الصندوق الأسود" وبالتالي سهولة الاستخدام.

يقوم البحث المقدم على بناء نموذج اعتماداً على الشبكات العصبونية الاصطناعية، مهمته تصنيف صور الأقمار الصناعية متعددة الأطياف، ومن ثم مقارنة النتائج مع طرق التصنيف التقليدية المعتمدة على البيكسل وتلك المعتمدة على الكائن.

وستتم المقارنة على أساس حساب دقة التصنيف الكلية، دقة المستخدم، دقة المنتج ومعامل كابتا للحصول على الفروقات بين أداء طرق تصنيف الصورة المختلفة، وسيتم تحديد الأداء الأمثل من خلال التحقق من صحة نتائج التصنيف مع بيانات الواقع.

## 2 هدف البحث وأهميته

استحوذ الذكاء الاصطناعي على غالبية المجالات في حل المشكلات المعقدة، ولا يعد المجال الجغرافي المكاني استثناءً من ذلك. وبالتالي، تهدف هذه الدراسة للاستفادة من التعلم العميق في مجال تصنيف صور الأقمار الصناعية متعددة الأطياف ومتوسطة الدقة المكانية والعمل على تحسين دقة التصنيف مقارنة بالطرق التقليدية في استخلاص الظواهر المختلفة وإنشاء خرائط الغطاء الأرضي.

تكمن الأهمية الخاصة للبحث في توفير الوقت والجهد اللازم لإجراء التصنيف مع تفوق في الدقة للمنتج النهائي.

## 3 مواد وطرائق البحث

### 3.1 تصنيف صور الاستشعار عن بعد

لتحليل صور الاستشعار عن بعد واستخراج عناصر الغطاء الأرضي منها يتم عادةً استخدام توليف وخوارزميات محددة تدعى خوارزميات التصنيف Classification، وهي عملية يتم من خلالها ترتيب خلايا الصورة في مجموعات من الأصناف أو الفئات المحددة حسب معايير تصنيف معينة.

تم تطوير عدد كبير من طرق وخوارزميات التصنيف من قبل الباحثين، وتقسّم هذه الطرق بشكل أساسي إلى تقنيات تعتمد على البيكسل كوحدة تحليل أساسية Pixel-based Classification، وتقنيات تعتمد على الكائن كوحدة تحليل Object-based Classification ويتفرّع ضمن هذه التقنيات خوارزميات عديدة ومنوّعة.

استخدمت تقنيات التصنيف بالاعتماد على البيكسل بشكل واسع في العديد من الأبحاث [4]، وهي تناسب الصور ذات الطبيعة غير المعقدة والتي تمتلك دقة مكانية متوسطة. لكن مع التطور التقني للمستشعرات وازدياد الدقة المكانية لصور الاستشعار عن بعد أصبحت

نتائج هذه الخوارزميات غير كافية، وتوجّه الباحثون إلى تطوير خوارزميات جديدة مبنية على مبادئ تحليل الصور بالاعتماد على الكائن ضمن برامج الرؤية الحاسوبية computer vision والتي تجمع بين المعلومات الطيفية، الشكل، القياس، النسيج والموقع المكاني والجغرافي لاستخلاص العناصر والكائنات المختلفة من صور الاستشعار عن بعد [5].

تتطلب طرق التصنيف السابقة الذكر الوقت والجهد في تنفيذها مما جعل البحث عن طرق أسرع وأسهل مع الحفاظ على دقة مقبولة للنتائج أمراً ضرورياً. ومع تطور برامج الرؤية الحاسوبية وظهور خوارزميات الذكاء الاصطناعي والتعلم العميق بالشبكات العصبونية في تصنيف الصور والتعرف على الأشكال والأشياء فيها ظهرت أهمية استخدام هذه الخوارزميات في تصنيف صور الاستشعار عن بعد سواء متوسطة أو عالية الدقة المكانية. ويمكن تصنيف الشبكات العصبونية للتعلم العميق ضمن ثلاثة أنواع رئيسية وهي تشكل الأساس لمعظم النماذج المدربة مسبقاً [6]:

- 1- الشبكات العصبونية الاصطناعية (ANNs) Artificial Neural Networks
- 2- الشبكات العصبونية الالتفافية (CNNs) Convolution Neural Networks
- 3- الشبكات العصبونية المتكررة (RNNs) Recurrent Neural Networks

وستقوم في هذا البحث بالاعتماد على النوع الأول واختبار نتائجه.

### 3.2 الشبكات العصبونية الاصطناعية ANNs

صممت الشبكات العصبونية الاصطناعية، بوصفها نماذج رياضية، لمحاكاة قدرة العقل البشري على التنبؤ عن طريق عملية التعلم [7].

تتكون شبكة ANN من عدد من الخلايا العصبونية الاصطناعية التي تسمى "العقد" أو "الخلايا العصبونية" «nodes» أو «neurons». وعادةً ما يتم تنظيم عناصر الشبكات العصبونية الاصطناعية في طبقات: طبقة المدخلات؛ وطبقة المخرجات؛ وواحدة أو أكثر من الطبقات الوسطية تسمى "الطبقات المخفية"، وتتكون كل طبقة من مجموعة من الخلايا العصبونية الفردية كما يظهر في (الشكل 1).

ووفقاً لـ McCulloch et Pitts الذي اقترح النموذج الرسمي الأول للخلايا العصبونية عام

1943 ، تتلقى كل خلية مدخلات في شكل ناقلات (X)، وتقوم بتنفيذ مجموع موزون

(WX + b)، وتولد باستخدام تابع خطي أو غير خطي نتيجة فعلية (Y) كما هو

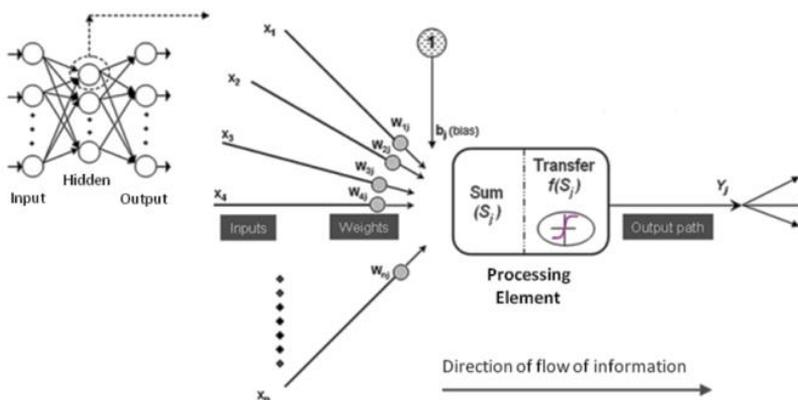
موضح في المعادلة (1).

$$Y = f(WX + b) \quad (1)$$

حيث:  $W = (w_{i,1}, w_{i,2}, \dots, w_{i,N})$  هي أوزان الخلايا العصبونية i (مصنوفة الأوزان)،  $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)$  هي المدخلات للخلايا العصبونية i، b هي انحراف قيم الخلايا العصبونية.

(WX + b) هي المجموع الموزون للمدخلات i، f هي تابع التفعيل أو النقل (تابع التنشيط) للخلايا العصبونية.





الشكل 1 : العناصر الأساسية للشبكات العصبونية الاصطناعية

وهناك أنواع مختلفة من الشبكات العصبونية الاصطناعية وفقاً لبنيتها وطريقة التعلم مع وجود شكلين رئيسيين حسب البنية: الشكل المتداخل recursive مع "Feedback" (كلياً أو جزئياً ضمن حلقة [8] [9])، ونموذج يسمى "feedforward" وهذا النوع من الشبكات لا يوجد لديها تغذية عكسية "Feedback" بين الخلايا العصبونية. تُعد الشبكات العصبونية الأمامية (feedforward) هي النوع الأول والأبسط. في هذه الشبكة تنتقل المعلومات من طبقة الإدخال مباشرة عبر أي طبقات مخفية إلى طبقة الإخراج بدون دورات أو حلقات.

التعلم هو مرحلة من مراحل تطور الشبكة العصبونية التي يتم تغيير سلوك الشبكة فيها حتى الحصول على السلوك المطلوب، وهو يتألف من مرحلة تحديد الوزن للحصول على نتيجة  $Y_0$  المطلوبة والمشابهة للمدخل  $X$ ، ويتم أثناء التعلم تعديل متكرر للأوزان عموماً عن طريق مجموعة من بيانات التدريب. وهناك عدد كبير من قواعد التعلم، والتي يمكن تصنيفها في ثلاث فئات: قواعد التعلم المراقبة، قواعد التعلم غير المراقبة وقواعد التعلم المعززة. قواعد التعلم المراقبة هي الأكثر شيوعاً: حيث يكون المطلوب أن يتوافق الإدخال مع ناتج أو خرج محدد مسبقاً، لذلك نعطي الأمثلة (عينات التدريب) للشبكة التي ستضبط ومن خلال خوارزمية التعلم أوزانها للحد من الأخطاء، ويمكن اعتبار الشبكة منضبطة عند الوصول إلى خطأ مسموح [10].

التعلم غير المراقب هو نوع من التعلم الآلي الذي يبحث عن أنماط محددة في مجموعة بيانات بدون عينات تدريب موجودة مسبقاً وبعدها أدنى من الإشراف البشري، وهو يستخدم في حالة عدم إمكانية الحصول على قاعدة التعلم، وفيها يكون المطلوب بناء الشبكة غير معروفة الناتج مسبقاً، حيث تقدم المدخلات إلى الشبكة ويسمح لها بالتحرك بحرية حتى تستقر [11].

يختلف التعلم المعزز عن التعلم المراقب في عدم الحاجة إلى تقديم أزواج من المدخلات/المخرجات، وفي عدم الحاجة إلى تصحيح القرارات (الاختيارات) غير المثالية بشكل مباشر. بدلاً من ذلك، ينصب التركيز على إيجاد توازن بين استكشاف (منطقة مجهولة) واستغلال (المعرفة الحالية) [12].

### 3.3 تقييم الدقة

#### 3.3.1 تقييم الدقة ضمن نماذج الشبكات العصبونية الاصطناعية

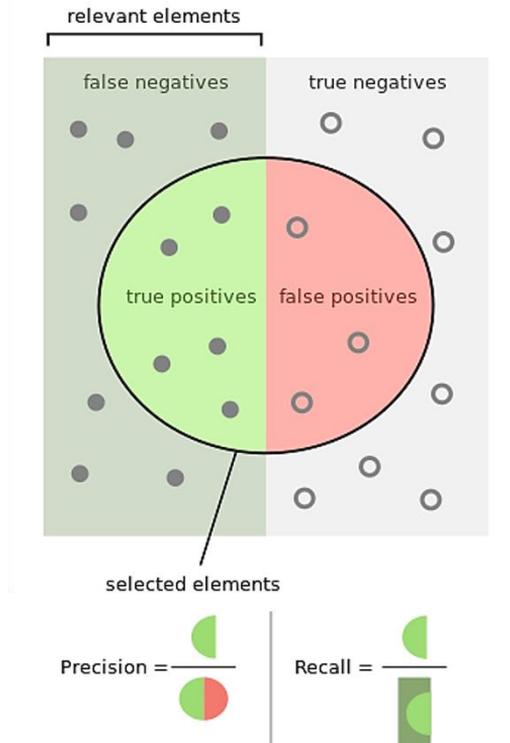
عند التصنيف اعتماداً على التعلم الآلي، يتم حساب الدقة اعتماداً على مجموعة من المعايير أهمها دقة الاسترجاع ودقة الصحة ودقة القياس (F- Recall, Precision, F) (measure) [13].

على سبيل المثال، بالنسبة للبحث عن فئة المباني في صورة يوجد فيها فئتين مباني وأشجار، فإن دقة الاسترجاع هي عدد النتائج الصحيحة للمباني مقسوماً على عدد المباني الكلي التي كان ينبغي استرجاعها (معادلة 2).

من السهل تحقيق دقة استرجاع بنسبة 100% من خلال استخلاص كافة المباني من الصورة. لذلك، لا تكفي دقة الاسترجاع وحدها، ولكن نحتاج إلى قياس عدد الكائنات التي تم استخلاصها مع المباني وهي الأشجار في هذا المثال، عن طريق حساب دقة الصحة وهي عدد النتائج الصحيحة للمباني مقسوماً على عدد الكائنات الكلي التي تم استرجاعها (معادلة 3) (الشكل 2).

$$recall = \frac{|{\text{relevant documents}} \cap {\text{retrieved documents}}|}{|{\text{retrieved documents}}|} \quad (2)$$

$$precision = \frac{|{\text{relevant documents}} \cap {\text{retrieved documents}}|}{|{\text{retrivied documents}}|} \quad (3)$$

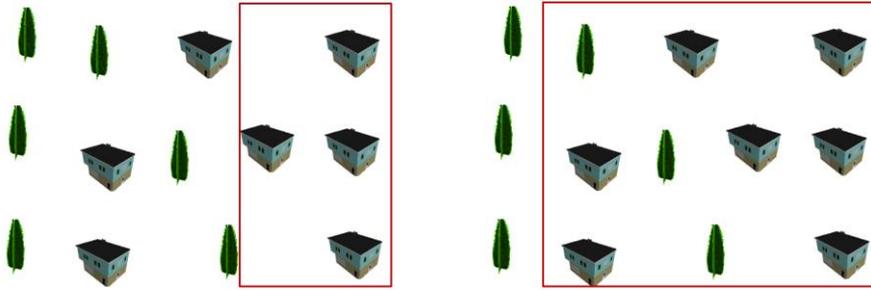


الشكل 2: دقة الاسترجاع ودقة الصحة

أما بالنسبة لمعيار دقة القياس F-measure ويسمى أيضاً F1 score فهو المقياس الذي يجمع بين دقة الاسترجاع ودقة الصحة ويمثل المتوسط التوافقي للثنتين معاً (المعادلة 4).

$$F = 2 \cdot \frac{\text{precision} \cdot \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}} \quad (4)$$

يبين (الشكل 3) نتيجة تطبيق تصنيفين مختلفين لاستخلاص فئة المباني، في الصورة اليسارية تم استخلاص أربعة مباني صحيحة (ضمن المربع) وبدون أي كائن خطأ فهنا دقة الصحة عالية ولكن لم يتم استخلاص كافة المباني من الصورة فدقة الاسترجاع منخفضة، أما الصورة اليمينية فإن كافة المباني تم استخلاصها ولكن يوجد أيضاً أشجار تم استخلاصها بشكل خاطئ مع فئة المباني فهنا دقة الاسترجاع عالية ولكن دقة الصحة منخفضة.



high precision/ low recall

high recall/low precision

دقة استرجاع عالية ودقة صحة منخفضة دقة استرجاع منخفضة ودقة صحة عالية

الشكل 3: دقة الاسترجاع ودقة الصحة

### 3.3.2 تقييم الدقة بعد التصنيف

تقييم الدقة هو الجزء الأهم في التصنيف، حيث تقوم من خلاله بمقارنة الصورة المصنفة بمصدر بيانات آخر يعتبر بيانات دقيقة أو صحيحة كالصور عالية الدقة المكانية أو الصور المصنفة الموجودة مسبقاً أو طبقات بيانات GIS [14]. وهو الإجراء المستخدم لتحديد مدى موثوقية الصورة المصنفة. تتمثل الطريقة الأكثر شيوعاً لتقييم دقة الخريطة المصنفة بإنشاء مجموعة من النقاط العشوائية من بيانات صحيحة وواقعية ومقارنتها بالبيانات المصنفة، حيث يتم بناء "مصفوفة الخطأ" (الجدول 1)، وهي مصفوفة مربعة تمثل فيها الصفوف فئات الغطاء الأرضي من الصورة المصنفة والأعمدة فئات الغطاء الأرضي من الصورة المرجعية، ومن خلالها يتم حساب معايير الدقة المختلفة كدقة التصنيف الكلية A (overall accuracy) (المعادلة 5)، دقة تصنيف المستخدم  $U_i$  (producer's accuracy)  $P_j$  (المعادلة 6)، ودقة تصنيف المنتج (المعادلة 7)، ومعامل كابا (Kappa) (المعادلة 8)، والذي يستخدم لقياس العلاقة بين الاتفاق المتوقع لاحقاً (beyond chance agreement) وعدم الاتفاق (الاختلاف) المتوقع (expected disagreement)، وتستخدم في إيجاده كل عناصر مصفوفة الخطأ وليس فقط العناصر القطرية في المصفوفة، ويمكن أن يأخذ قيمة من 0 إلى 1. إذا كان معامل كابا يساوي 0، فلا يوجد اتفاق بين الصورة المصنفة والصورة المرجعية. إذا كان معامل كابا يساوي 1، فإن الصورة المصنفة وصورة الواقع متطابقتان تماماً. لذلك، كلما زاد معامل كابا، زادت دقة التصنيف.

وتعتبر قيمة كابا بين 0.20-0 عن اتفاق ضعيف، وبين 0.21-0.40 مقبول، وبين 0.41-0.60 متوسط، وبين 0.61-0.80 مهم، وبين 0.81-1 تقريباً مثالي.

الجدول 1: مصفوفة الخطأ

		Reference				
		Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Total
Map	Class 1	P <sub>11</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>13</sub>	P <sub>14</sub>	P <sub>1.</sub>
	Class 2	P <sub>21</sub>	P <sub>22</sub>	P <sub>23</sub>	P <sub>24</sub>	P <sub>2.</sub>
	Class 3	P <sub>31</sub>	P <sub>32</sub>	P <sub>33</sub>	P <sub>34</sub>	P <sub>3.</sub>
	Class 4	P <sub>41</sub>	P <sub>42</sub>	P <sub>43</sub>	P <sub>44</sub>	P <sub>4.</sub>
	Total	P <sub>.1</sub>	P <sub>.2</sub>	P <sub>.3</sub>	P <sub>.4</sub>	1

$$A = \sum_{j=1}^q p_{jj} \quad (5)$$

$$U_i = p_{ii}/p_{i.} \quad (6)$$

$$P_j = p_{.j}/p_{.j} \quad (7)$$

$$kappa = \frac{n \sum_{i=1}^q p_{ii} - \sum_{i=1}^q p_{i.} p_{.i}}{n^2 - \sum_{i=1}^q p_{i.} p_{.i}} \quad (8)$$

يجب اختيار حجم العينة لكل فئة بحيث نضمن أن يكون حجم هذه العينة كبيراً كفاية لإنتاج تقدير دقيق وكافٍ لمساحة الصنف.

يمكن حساب حجم العينات الكلي المناسب لأخذ العينات العشوائي والذي يمكن توزيعه بين الفئات المختلفة حسب المعادلات 9 و 10 [15].

$$n = \frac{(\sum W_i S_i)^2}{[(S(\hat{O}))^2 + (\frac{1}{N}) \sum W_i S_i^2]} \approx \left( \frac{\sum W_i S_i}{S(\hat{O})} \right)^2 \quad (9)$$

$$S_i = \sqrt{U_i(1 - U_i)} \quad (10)$$

N هو عدد البكسلات الكلية،  $S(\hat{O})$  هو الخطأ المعياري لدقة التقدير الكلية المراد الوصول إليها،  $W_i$  هو قسم المساحة الموضوع على الخريطة من الصنف، و  $S_i$  هو الانحراف المعياري للطبقة i.

### 3.4 البرامج والأدوات المستخدمة

- برنامج ArcGIS

تم الاعتماد بشكل أساسي في هذا البحث على برنامج ArcGIS 10.7 المكتبي والمطور من قبل شركة ESRI [16]، وهو عبارة عن برنامج متكامل من برمجيات أنظمة المعلومات الجغرافية. يتكون ArcGIS المكتبي من أربعة تطبيقات متكاملة: ArcMap، ArcCatalog، ArcGlobe و ArcScene. في هذا البحث تم العمل ضمن ArcMap لتشكيل الصور الملونة وقص الصور حسب منطقة الدراسة ومن ثم عرض نتائج النموذج. كما تم إجراء التصنيف المراقب ضمنه بطريقة الاحتمالية العظمى ( Maximum likelihood classification) وإجراء تقييم الدقة بالطرق المختلفة.

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

**TensorFlow**: هي عبارة عن منصة مفتوحة المصدر شاملة للتعلم الآلي وتمثل مكتبة بايثون Python للحساب الرقمي السريع والتي أنشأتها وأصدرتها Google. وهي مكتبة أساسية لإنشاء نماذج التعلم العميق مباشرة أو باستخدام مكتبات مجمعة تبسط العملية المبنية على TensorFlow [17].

**Keras**: هي مكتبة مفتوحة المصدر توفر واجهة Python للشبكات العصبونية الاصطناعية. وتعمل كواجهة لمكتبة TensorFlow [18]، وقد تم استخدامها لبناء الشبكة العصبونية الاصطناعية للتعلم العميق.

**Scikit-Learn**: والمعروفة أيضاً باسم sklearn عبارة عن وحدة نمطية (module) للتعلم الآلي مبنية على مكتبة SciPy [19]. وقد تم استخدامها لمعالجة وتحضير البيانات وإجراء تقييم الدقة.

**Pyrsgis**: هي وحدة نمطية قوية لقراءة البيانات الجغرافية المخزنة بالصيغة المترسية ومعالجتها وتصديرها. وهي مبنية على مكتبة GDAL، وهي فعالة للغاية لتحليلات جغرافية مكانية متعددة [20]. وقد استخدمت لقراءة البيانات المخزنة بالصيغة المترسية من النوع GeoTIFF.

**Numpy**: هي مكتبة بايثون تستخدم للعمل مع المصفوفات. كما أن لديها وظائف للعمل في مجال الجبر الخطي وتحويل فورييه والمصفوفات. تم إنشاء NumPy في عام 2005 بواسطة Travis Oliphant [21]. وقد استخدمت في العمليات الأساسية التي تجرى على المصفوفات.

## - Spyder

هي بيئة تطوير متكاملة مفتوحة المصدر ( IDE : integrated development environment ) للبرمجة العلمية بلغة Python. يتكامل Spyder مع عدد من الحزم العلمية، مثل: Cython, SymPy, IPython, pandas, Matplotlib, SciPy ، بالإضافة إلى المكتبات المذكورة سابقاً. تم إنشاء وتطوير Spyder في البداية بواسطة Pierre Raybaut في عام 2009، ومنذ عام 2012 تم الحفاظ على Spyder وتحسينه باستمرار من قبل فريق من مطوري Python العلميين [22].

## - برنامج eCognition Developer

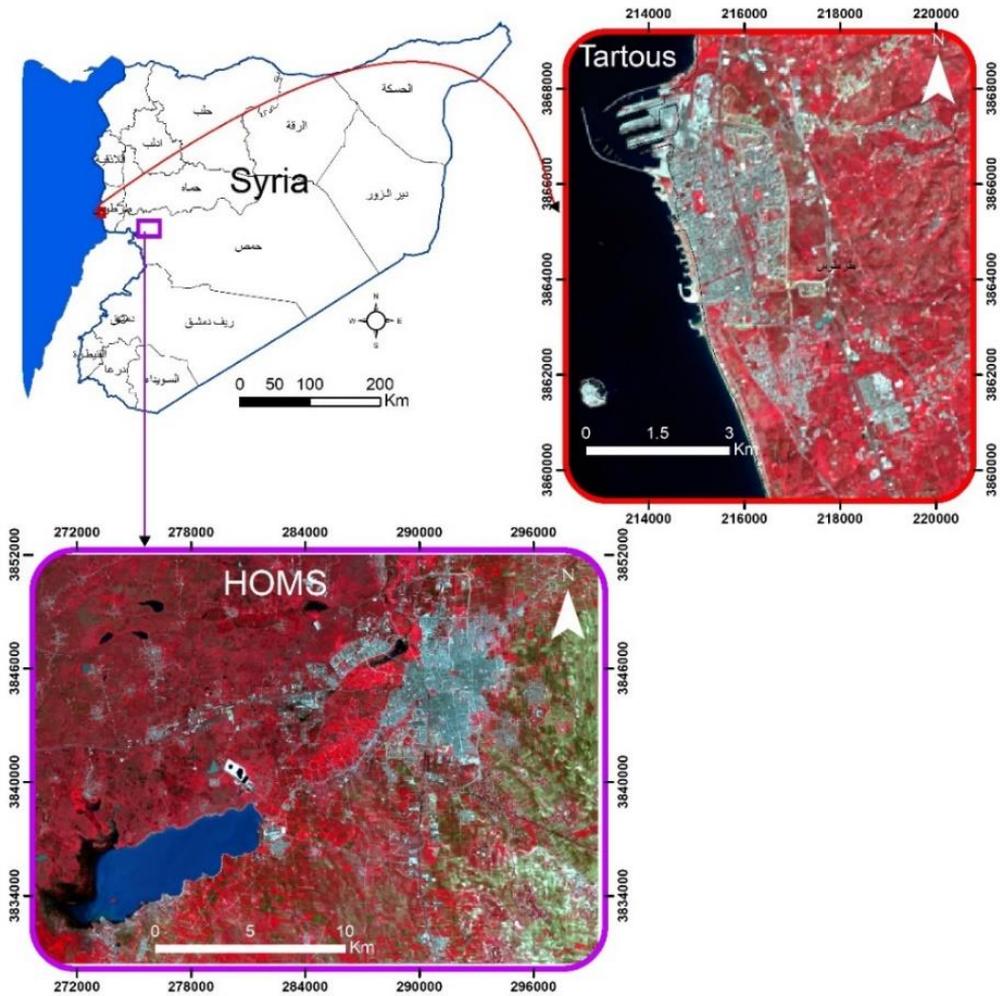
برنامج eCognition هو برنامج مختص بتحليل الصور اعتماداً على الكائن ( object based classification)، تم تطويره من قبل الباحث جيرد بينيغ Gerd Binnig الحائز على جائزة نوبل مع مجموعة من الباحثين في شركة Definiens AG عام 2000 م في مدينة ميونخ في ألمانيا. يقوم باستخراج الفئات من الصور من خلال تسلسل هرمي محدد واعتماداً على عناصر الصورة من خصائص اللون، الشكل، النسيج، والحجم للعناصر بالإضافة إلى الخصائص الطيفية وحالة العنصر وعلاقته مع العناصر المجاورة من أجل الحصول على نتائج دقيقة تحاكي التحليل البشري [23].

## 4 التطبيق العملي

### 4.1 البيانات المستخدمة في البحث

تم تشكيل صورة ملونة لمدينة حمص (الشكل 4) ضمن برنامج ArcGIS باستخدام الأداة (Composite Bands) بدقة مكانية 15 م من تسع نطاقات من نطاقات القمر الصناعي Landsat 8 (OLI): النطاق الأول ( $0.43-0.45 \mu\text{m}$ )، المجال الأزرق ( $0.45 - 0.51 \mu\text{m}$ )، المجال الأخضر ( $0.53 - 0.59 \mu\text{m}$ )، المجال الأحمر ( $0.64 - 0.67 \mu\text{m}$ )، مجال الأشعة تحت الحمراء القريبة ( $0.85 - 0.88 \mu\text{m}$ ) والنطاقين السادس ( $1.57 - 1.65 \mu\text{m}$ ) والسابع ( $2.11 - 2.29 \mu\text{m}$ ) للأشعة تحت الحمراء المتوسطة، النطاق البانكروماتي ( $0.5 - 0.68 \mu\text{m}$ ) والنطاق التاسع ( $1.36-1.38 \mu\text{m}$ ).

وتم اقتطاع منطقة الدراسة وفق مدينة حمص اعتماداً على الأداة (Extract by Mask)،  
لتصبح الصورة النهائية بأبعاد 21585 x 29925 م وتوسع نطاقات طيفية.  
كما تم استخدام صورة ملونة لمدينة طرطوس (الشكل 4) أيضاً مكونة من النطاقات التسع  
نفسها لنفس القمر لتطبيق التصنيف بالطرق التقليدية بدايةً ومن ثم تطبيق النموذج المبني  
بالشبكات العصبونية عليها لتقييم قدرة النموذج على استخراج المباني من باقي فئات  
التصنيف الموجودة في الصورة عن طريق تطبيق معايير الدقة المختلفة.





الشكل 4: منطقة الدراسة والبيانات (صور مركبة ملونة من نوع لاندسات 8 لمدينة حمص وطرطوس معروضة بالتركيبة اللونية التالية: RGB = 5 4 3)

#### 4.2 بناء الشبكة العصبونية الاصطناعية

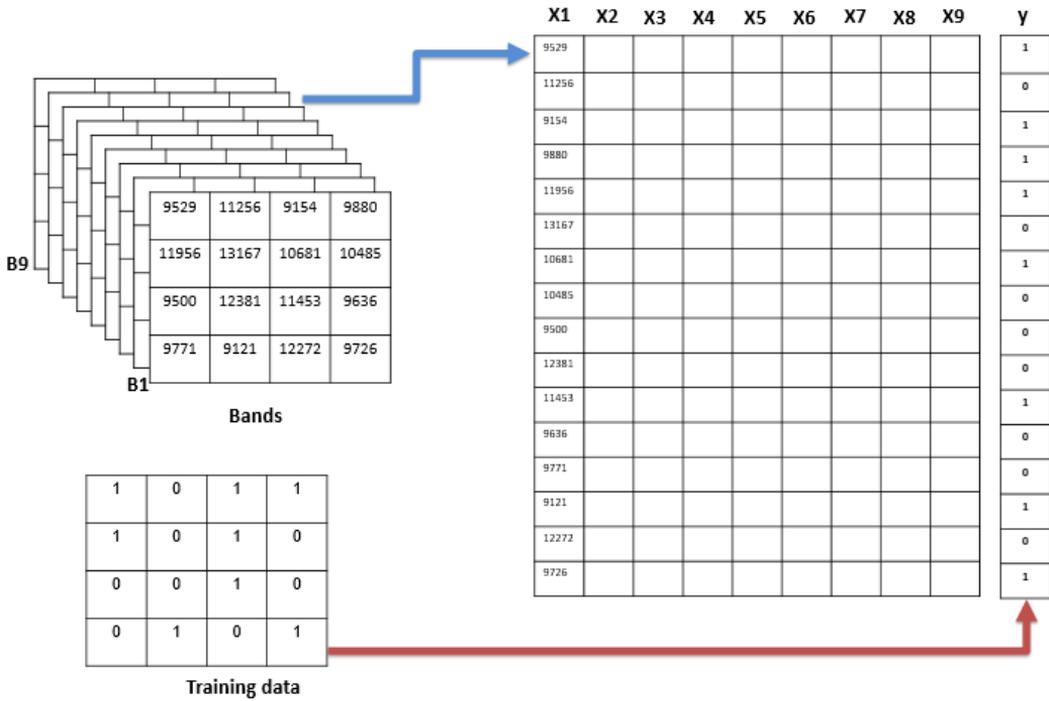
بدأنا ببناء نموذج الشبكة العصبونية الاصطناعية ضمن برنامج Spyder وكتابة النص البرمجي عن طريق مجموعة من المراحل والخطوات (الشكل 5)، في المرحلة الأولى يتم استدعاء كافة المكتبات اللازمة للعمل، ومن ثم تحميل البيانات وقراءة صور لاندسات لمنطقة الدراسة (الصورة الملونة لمدينة حمص المكونة من تسعة نطاقات) عن طريق الوحدة النمطية raster التابعة لـ pyrsgis، حيث تم تشكيل مصفوفة NumPy من صورة الـ GeoTIFF مكونة من الموقع الجغرافي (الإحداثيات) والقيم الرقم الرقمية للبيكسلات (DN).

استخدم التصنيف بالتعلم العميق المراقب، ولذلك اعتمدنا 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، وكان عدد السطور والأعمدة والدقة المكانية (أبعاد البيكسل) هو نفسه تماماً.



الشكل 5: مراحل بناء الشبكة العصبونية الاصطناعية

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 البكسل. تقوم الوحدة النمطية convert التابعة لـ pyrsgis من خلال changeDimension بهذه المهمة كما هو موضح في (الشكل 6).



الشكل 6: تحويل الصور

تم تحويل الصورة المكونة من 1439 سطر و 1995 عمود إلى 2870805 سجل. عادة ما يتم اختيار أكثر من 50% من البيانات لبناء النموذج، قمنا بتقسيم البيانات 65% من أجل التدريب 35% من أجل الاختبار والتحقق من الصحة وهي نسب قياسية مستخدمة عند بناء نماذج الشبكات العصبونية الاصطناعية، ويلعب عدد سجلات البيانات دوراً مهماً بنسب التقسيم، فإذا كان عددها كبيراً فأى نسبة تقسيم تعمل بشكل جيد ولكن عندما تكون مجموعة البيانات محدودة، فإن نسبة التقسيم قد تلعب دوراً حاسماً.

تعمل معظم خوارزميات التعلم الآلي بما في ذلك الشبكات العصبونية ANNs على بيانات طبيعية، حيث قمنا في هذه المرحلة بتحويل البيانات وتقييسها من 0 إلى 1. يمكن تحقيق التطبيع أو ما يسمى بالتقييس بطرح قيمة الحد الأدنى من قيمة البيكسل والقسمة على الفرق بين الحد الأدنى والأعلى. بما أن الدقة الراديومترية لصور Landsat 8 المعالجة هي 16 بت، فإن القيم الدنيا والعليا هي 0 و 65535 ( $2^{16}=65535$ )، وبالتالي تتم عملية التقييس بالقسمة على 65535.

بعد الانتهاء من تحضير البيانات وتطبيعها بدأنا ببناء النموذج باستخدام keras واستخدمنا النموذج المتسلسل sequential لإضافة الطبقات واحدة تلو الأخرى، حيث توجد طبقة إدخال واحدة مع عدد من العقد (العصبونات) يساوي عدد النطاقات (تسع في حالتنا).

يعد تحديد عدد الخلايا العصبونية في الطبقات المخفية جزءاً مهماً جداً من تحديد بنية الشبكة العصبونية الشاملة. على 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 التفرط (Overfitting) [24].

يقترح [23] مجموعة من القواعد لاختيار عدد مقبول من العصبونات في الطبقة المخفية:

1- يجب أن يكون عدد الخلايا العصبونية في الطبقة المخفية محصوراً بين حجم

طبقة الإدخال وحجم طبقة الإخراج.

2- يجب أن يكون عدد الخلايا العصبونية المخفية ثلثي (2/3) حجم طبقة

الإدخال بالإضافة إلى حجم طبقة الإخراج.

3- يجب أن يكون عدد الخلايا العصبونية المخفية أقل من ضعف حجم طبقة

الإدخال.

يمكن الاعتماد على واحدة من هذه القواعد الثلاث كنقطة انطلاق وفي النهاية فإن اختيار

بنية الشبكة العصبونية سيعتمد على مبدأ التجربة والخطأ (trial and error).

في المرحلة اللاحقة 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.

لاختيار توابع التنشيط في الشبكات العميقة تأثير كبير على ديناميكيات التدريب وأداء المهام.

سنقوم فيما يلي بتوضيح أهم توابع التفعيل التي قمنا بتطبيقها والتي أعطت أفضل النتائج. حالياً، أكثر توابع التنشيط نجاحاً والأكثر استخداماً هي الوحدة الخطية المصححة (rectified linear activation function) ReLU [25].

حيث يقوم تابع التفعيل ReLU وبكفاءة عالية بتحويل مدخلات العصبون لناتج يحمل القيمة صفر بحال المدخل سالب أو نفس قيمة المدخل في حال كان موجب (المعادلة (11).



$$\begin{cases} 0 & \text{if } x \leq 0 \\ x & \text{if } x > 0 \end{cases} \\ = \max \{0, x\} = x 1_{x>0} \quad (11)$$

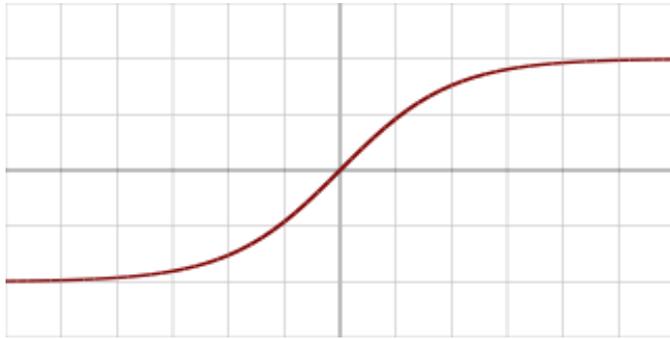
التابع softmax يحول شعاع القيم الحقيقية K إلى شعاع من القيم الحقيقية K التي مجموعها 1. يمكن أن تكون قيم الإدخال موجبة أو سالبة أو صفرية، ويقوم التابع softmax بتحويلها إلى قيم محصورة بين 0 و 1، بحيث يمكن تفسيرهما على أنها قيمة

الاحتمال. إذا كان أحد المدخلات صغيراً أو سالباً، فإن softmax يحوله إلى احتمال صغير، وإذا كان أحد المدخلات كبيراً، فإنه يحوله إلى احتمال كبير، لكنه سيظل دائماً بين 0 و 1 (المعادلة 12).

$$\frac{e^{x_i}}{\sum_{j=1}^J e^{x_j}}$$

for  $i = 1, \dots, J$  (12)

مجال القيم لتابع التفعيل tanh يمتد من (-1 إلى 1). وهو أيضاً تابع سيني أو سيغموئيدي (على شكل s). ويسمى أيضاً تابع الظل (المعادلة 13).

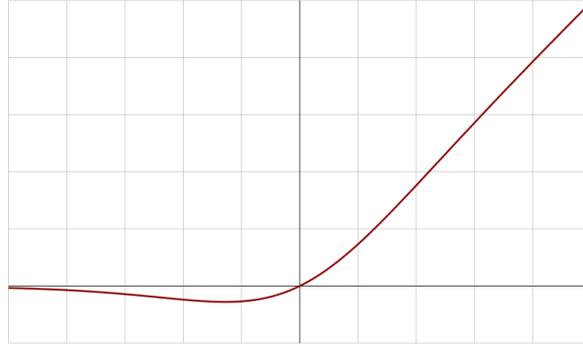


$$f(x) = \tanh x = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (13)$$

يقوم تابع التفعيل Softsign بإعادة تقييس القيم بين -1 و 1 من خلال تطبيق عتبة تماماً مثل وظيفة التابع السيني أو السيغموئيدي (المعادلة 14).

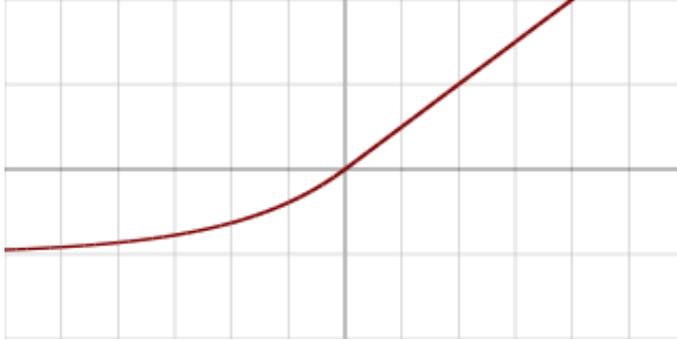
$$\frac{x}{1 + |x|} \quad (14)$$

تابع التفعيل SiLU (Sigmoid Linear Unit) هو تابع تقريب سيغموئيدي خطي تم تقديمه للمرة الأولى عام 2016 [26] (المعادلة 15).



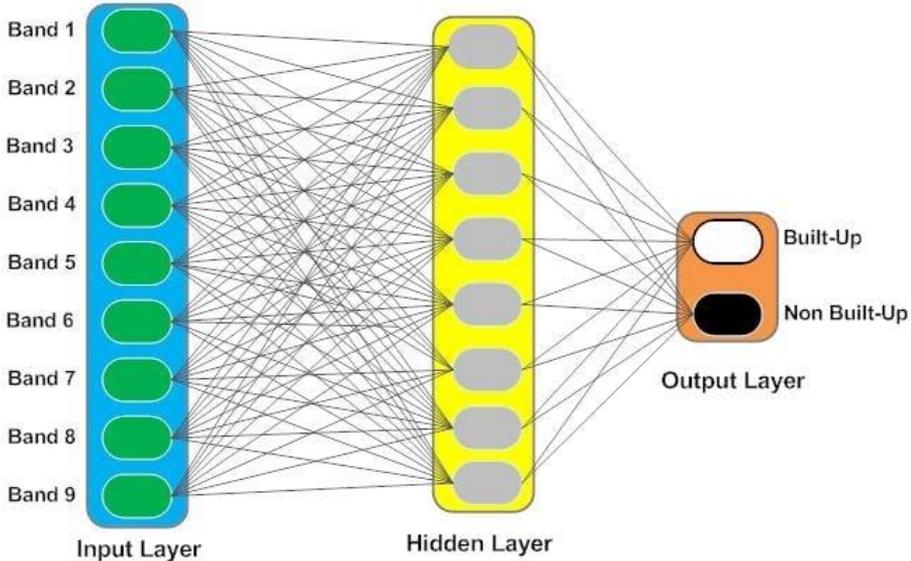
$$f(x) = \frac{x}{1 + e^{-x}} \quad (15)$$

يحاول تابع التفعيل ELU (Exponential linear units) الخطي الأسّي جعل التنشيط المتوسط أقرب إلى الصفر، مما يسرع التعلم. لقد أثبتت بعض الأبحاث أن ELUs يمكنها الحصول على دقة تصنيف أعلى من ReLUs [27] (المعادلة 16).



$$f(x) = \begin{cases} x & \text{if } x > 0, \\ a(e^x - 1) & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (16)$$

تحتوي الطبقة النهائية على عقدتين أو عصبونين للدلالة على وجود مباني من عدمه (الشكل 7) مع تابع تفعيل "softmax"، وهذا النوع مناسب عندما يكون الخرج على شكل فئة.



الشكل 7: تمثيل الشبكة مع طبقة مخفية واحدة

التعلم العميق هو عملية تكرارية للغاية، وعلينا أن نحاول العديد من التجارب لتغيير 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 العصبية لتغيير سمات الشبكة العصبونية مثل الأوزان ومعدل التعلم.

تحتوي مكتبة Keras على مجموعة من خوارزميات التحسين (SGD, RMSprop, Adam, Adadelata, Adagrad, Adamax, Nadam, Ftrl) [18].

قمنا في نموذجنا بالاعتماد على خوارزمية (Adaptive Moment Estimation) Adam وهي عبارة عن خوارزمية تحسين معدل التعلم التكيفي مصممة خصيصاً لتدريب الشبكات العصبية العميقة، نُشرت لأول مرة في عام 2014 [28].

اخترنا "sparse\_categorical\_crossentropy" كتابع للخسارة ويسمى أيضاً تابع التكلفة (loss) 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.

قمنا بإجراء عدة تجارب بطبقة واحدة مخفية واحدة وبطبقتين وفي كل مرة تحتوي على عدد مختلف من العصبونات أو العقد، وعدد متنوع من توابع التفعيل التي تتيحها مكتبة .Keras

تم فحص هذه النماذج ومقارنتها من حيث التنبؤ، الكفاءة ودقة النموذج، وقد كانت تتقارب النتائج في بعض الأحيان من أجل توابع تفعيل مختلفة. تكونت الشبكة النهائية التي أعطت أفضل أداء وتم اعتمادها للتنبؤ من ثمانية عصبونات مع تابع تفعيل relu في الطبقة الخفية، ويبين الجدول (2) بعض التجارب التي تنفذها وأفضل دقة تم الحصول عليها مع الزمن الازم لتدريب الشبكة والتنبؤ.

الجدول (2): نماذج مختلفة من الشبكات العصبونية مع توابع تفعيل وعدد عصبونات مختلفة

تابع التفعيل	عدد العصبونات	دقة الاسترجاع (Recall)	دقة الصحة (Precision)	زمن التنفيذ بالدقائق والثواني
relu	8	0.905	0.935	7 د 3 ثا
softsign	7	0.908	0.931	7 د 21 ثا
selu	6	0.912	0.931	7 د 50 ثا
elu	10	0.903	0.937	7 د 35 ثا
Softmax	9	0.908	0.912	7 د 5 ثا
tanh	8	0.918	0.928	7 د 4 ثا

آخر مرحلة كانت عملية تنبؤ النموذج لمنطقة جديدة، حيث قمنا بإدخال صورة مدينة طرطوس المكونة من النطاقات التسع ومن 656 سطر و 769 عمود، وتم تحويلهم إلى 504464 سجل. حيث سيتعلم النموذج من خلال عملية التدريب تحديد فيما إذا كان البيكسل يحتوي على مناطق عمرانية أم لا بناءً على القيم الرقمية DN لجميع النطاقات، وبالتالي يتوجب أن تكون الصورة المراد التنبؤ بها متعددة الأطياف وبنفس عدد النطاقات وبنفس الترتيب.



تم الاعتماد بالنتيئة على النموذج المكون من ثلاث طبقات: طبقة إدخال مع تسعة عصبونات وطبقة خفية مع ثمانية عصبونات مع تابع تفعيل relu وطبقة الخرج بعصبونين، وكانت دقة النموذج المبني كالتالي: Precision= 0.935, Recall= 0.905، وكانت مصفوفة الخطأ:

Confusion matrix:

$$\begin{bmatrix} 1070101 & 4645 \\ 7002 & 66574 \end{bmatrix}$$

وتم التنبؤ بالمناطق العمرانية في الصورة من خلال نموذج الشبكة العصبونية الاصطناعية الذي تم اعتماده.

### 4.3 التصنيف القائم على البيكسل

يكون التصنيف القائم على البيكسل إما غير مراقب فيتم تقسيم الصورة إلى عدد من الفئات Classes على أساس الإحصائيات الداخلية للصورة أو مراقباً بحيث يتم توجيه البرنامج من قبل المستخدم على أساس مجموعة من البيانات المعبرة عن فئات التصنيف المختلفة يطلق عليها عينات التدريب (Training data) يتم إدخالها للبرنامج مسبقاً ويمكنه من خلالها التعرف على الفئات المختلفة داخل الصورة.

هناك العديد من المناهج التي يتم اتباعها عند التصنيف المراقب منها الطرق الإحصائية وهي الأكثر استخداماً، الطرق غير الإحصائية والطرق الهندسية التي تعمل على الفصل بين الفئات التصنيفية بسطوح هندسية.

يعتبر التصنيف بطريقة الاحتمالية العظمى ( Maximum Likelihood Classification) من أكثر التصنيفات شيوعاً واستخداماً، وهو عبارة عن تصنيف إحصائي تعتمد خوارزميته على منحنيات التوزيع التكرارية (Histogram) للنطاقات ذات التوزيع الطبيعي وعلى قاعدة قرار الاحتمال الأعظمي المستندة على مبدأ الاحتمالات أو ما يسمى بتصنيف بايز Bayes Classification [29].

تمت عملية التصنيف بطريقة الاحتمالية العظمى لصورة مدينة طرطوس ضمن برنامج ArcGIS، حيث تم تصنيف المنطقة إلى مناطق مبنية ومناطق غير مبنية وذلك اعتماداً على مجموعة من عينات التدريب وتم التأكد من العينات وتقييمها قبل البدء بعملية التصنيف.

بعد ذلك، تم فصل المناطق العمرانية عن غيرها عن طريق الأداة ( Raster Calculator) عن طريق عبارة شرطية تنفذ عملية منطقية ينتج عنها صورة ثنائية: تمثل القيم 1 المناطق العمرانية والقيم 0 باقي الفئات.

#### 4.4 التصنيف القائم على الكائن

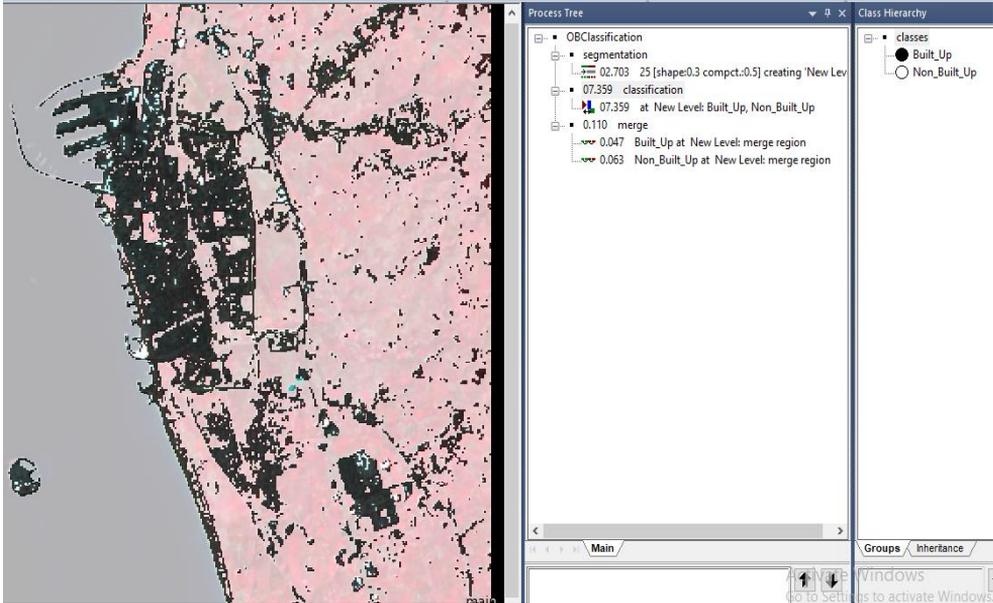
تم تطبيق التصنيف اعتماداً على الكائن على صورة مدينة طرطوس ضمن برنامج eCognition Developer. يعتمد مبدأ العمل على إنشاء تسلسل محدد لتنفيذ التصنيف من خلال (process tree) وهو عبارة عن برنامج نصي يتحكم في العمليات (الخوارزميات) التي يتم تشغيلها وترتيب تنفيذها.

يعتبر التقسيم أو التجزئة (Segmentation) الخطوة الأولى في عملية التصنيف اعتماداً على الكائن، وهو يقوم بإنشاء كائنات أو عناصر الصورة التي سيتم تنفيذ عملية التصنيف بناءً عليها. يتمثل الجزء المهم في عملية التجزئة في تحديد الكائنات التي تمثل السمات التي نرغب في تصنيفها والتي تكون مميزة حسب خصائص محددة مثلاً القيم الطيفية والشكل والنسيج. تم استخدام التقسيم مختلف الدقة (Multiresolution segmentation) مع تحديد معامل المقياس (Scale Parameter) بـ 25 للحصول على عناصر متوسطة الحجم، حيث يتحكم هذا المعامل في مقدار التباين الطيفي داخل الكائنات وبالتالي حجمها الناتج وكلما كانت قيمته أكبر كلما كان حجم العناصر أكبر والعكس صحيح، وقد اعتمد الكثير من الباحثين وفي العديد من الدراسات التطبيقية على نهج التجربة والخطأ لاختيار معامل المقياس المناسب لعملية التصنيف واستخراج كائنات الصورة [30] [31].

تم اختيار قيمة معامل الشكل (Shape) مساوية لـ 0.3 ويمثل هذا المعامل توزيع بين شكل الكائنات ولونها الطيفي، حيث إذا كانت قيمته 0، يتم أخذ اللون بالاعتبار فقط بينما إذا كانت قيمته أكبر من 0 يتم أخذ شكل الكائنات بعين الاعتبار مع اللون وكلما زادت القيمة زادت أهمية أخذ الشكل بالاعتبار، وتم تعيين قيمة معامل الاكتناز (Compactness) بـ 0.5 وهو عبارة عن معامل توزيع لتمثيل انضغاط الأشياء المتكونة أثناء التجزئة.

تم فيما بعد وكمرحلة أساسية ثانية تنفيذ التصنيف بطريقة الجار الأقرب ( Nearest neighbour classification) على الصورة المجزأة وبالاعتماد على متوسط القيم

الرقمية للبيكسلات لكافة النطاقات، ويوضح (الشكل 8) آلية العمل ضمن برنامج eCognition من خلال ثلاث نوافذ، الأولى توضح فئات التصنيف المطلوبة والمتمثلة بفئة المناطق المبنية وفئة المناطق غير المبنية، وتبين النافذة الثانية شجرة المعالجة وترتيب العمليات والخوارزميات المختلفة ابتداءً من عملية التقسيم، ومن ثم التصنيف وانتهاءً بعملية دمج الكائنات الناتجة، وتظهر النافذة الثالثة النتيجة النهائية لعملية التصنيف .

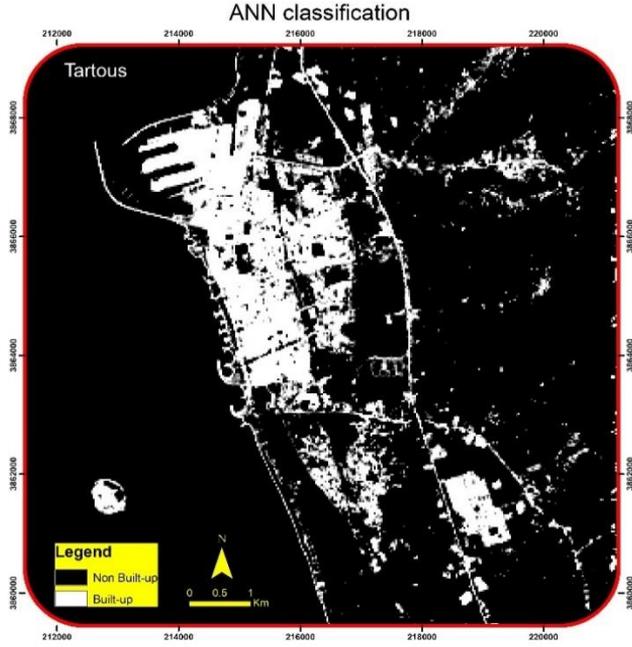


الشكل 8: التصنيف القائم على الكائن في برنامج eCognition

#### 4.5 مقارنة طرق التصنيف الثلاثة

قمنا بتصدير النتائج النهائية من برنامج eCognition وبرنامج Spyder إلى برنامج ArcGIS لعرضها وتقييم دقة النتائج.

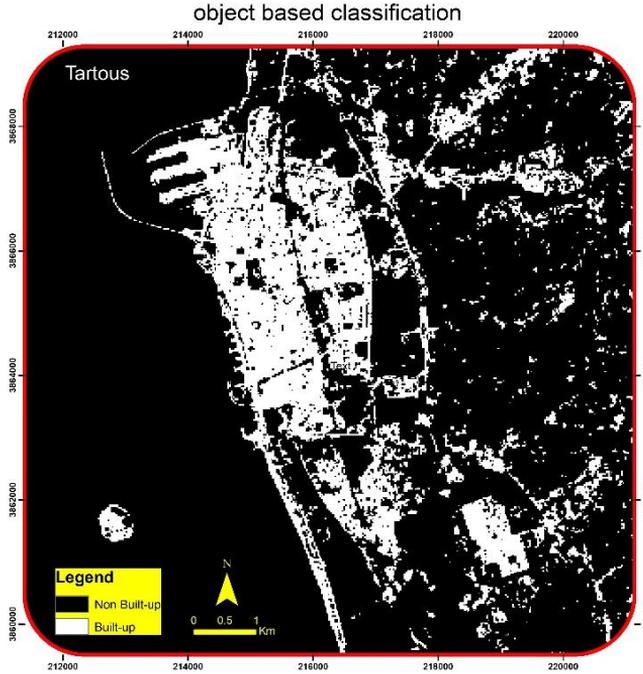
ويوضح الشكل 9 نتيجة التصنيف بالشبكات العصبونية الاصطناعية، الشكل 10 نتيجة التصنيف اعتماداً على البيكسل ومن خلال خوارزمية الاحتمالية العظمى، والشكل 11 النتيجة اعتماداً على التصنيف القائم على الكائن.



الشكل 9: نتيجة التصنيف بالشبكات العصبونية الاصطناعية



الشكل 10: ، التصنيف اعتماداً على البيكسل ومن خلال خوارزمية الاحتمالية العظمى.



الشكل 11: نتيجة التصنيف اعتماداً على التصنيف القائم على الكائن

لمقارنة نتائج الطرق الثلاثة قمنا بتقييم دقة النتائج عن طريق حساب الدقة الكلية، دقة المستخدم، دقة المنتج ومعامل كابتا، حيث قمنا بداية بتعيين عدد العينات اللازم لتقييم الدقة اعتماداً على معادلة Cochran [15]، ويوضح الجدول 3 آلية حساب عدد العينات اللازم لتقييم الدقة استناداً الى وزن كل منطقة حسب مساحتها ودقة المستخدم المتوقعة، مع خطأ معياري مختار للدقة الكلية مساوي لـ 0.01، حيث كان عدد النقاط اللازم لتقييم الدقة 196 عينة.

الجدول 3: حساب عدد العينات لتقييم الدقة

	Not Built-up	Built-up	Total
Area in pixel	440114	64350	504464
Wi (mapped proportion)	0.8724	0.1276	
Ui (expected user's accuracy)	0.98	0.98	
Si (standard deviation)	0.14	0.14	
Wi*Si	0.1221	0.0179	0.14
		SE overall accuracy	0.01
		Total numbers of samples	196

تم تقييم الدقة وبناء مصفوفة الخطأ للطرق الثلاثة المستخدمة ضمن برنامج ArcGIS وقد تم الاعتماد على 196 نقطة من البيانات الحقلية، يتم تقييم الدقة ضمن برنامج ArcGIS على مرحلتين: نقوم بالمرحلة الأولى بإعداد جدول يحتوي عينات التدريب الحقيقية وما يقابلها من الطبقة المصنفة عن طريق الأداة ( Create Accuracy Assessment ) (Points

لإعداد الجدول اللازم وبالإستعانة بالأداة (Extract Values to Points) لاستخراج القيم الموافقة من الطبقات المصنفة بالطرق الثلاثة، ونقوم بالمرحلة الثانية بحساب مصفوفة الخطأ ومعايير تقييم الدقة عن طريق الأداة (Compute Confusion Matrix) ويظهر الجدول 4 النتائج وقيم الدقة المختلفة للطرق الثلاث.

بمقارنة قيم الدقة المختلفة في الجدول يظهر تفوق طريقة الشبكات العصبونية الاصطناعية بدقة كلية أكبر من 93% ، دقة مستخدم 89%، دقة منتج 98% ومعامل كبا 0.87، تليها طريقة التصنيف اعتماداً على الكائن بدقة كلية مساوية لـ 91% ، دقة مستخدم 87% ، دقة منتج 96% ومعامل كبا 0.83، بينما كانت نتائج تقييم الدقة بطريقة التصنيف القائم على البيكسل بخوارزمية الاحتمالية العظمى مساوية لـ 86% ، دقة مستخدم 81% ، دقة منتج 89% ومعامل كبا 0.71.

الجدول 4: تقييم الدقة بالطرق الثلاث

الطريقة	الدقة الكلية	دقة المستخدم	دقة المنتج	معامل كبا
الشبكات العصبونية	0.93	0.89	0.98	0.87
التصنيف القائم على الكائن	0.91	0.87	0.96	0.83
طريقة الاحتمالية العظمى	0.86	0.81	0.89	0.71

## 5 الاستنتاجات والتوصيات

أثبتت المنهجية المقدمة للتعلم العميق بالشبكات العصبونية الاصطناعية أفضليتها على باقي الطرق التقليدية في عملية التصنيف واستخراج فئة محددة تمثلت بالمناطق العمرانية في هذا البحث، الأفضلية كانت بدقة المنتج النهائي وبالجهد والوقت الذي وفرته عند التنبؤ لمنطقة جديدة، فكما نعلم كافة طرق التصنيف المراقب تحتاج لعينات تدريب كمرحلة أولى

وهي خطوة تحتاج الوقت والجهد في جمع العينات وفي تشكيل ملف البصمة الطيفية، ويعتمد الوقت والجهد في هذه المرحلة على خبرة الباحث وعلى منطقة الدراسة وطبيعتها وأيضاً اتساعها، في حالة التعلم العميق بالشبكات العصبونية الاصطناعية تكون هذه الخطوة ضمنية عند بناء النموذج ولا داعي لتكرارها عند التنبؤ لمنطقة جديدة وبالتالي يكون وقت التنفيذ هو الوقت الكافي لتدريب الشبكة والتنبؤ فقط، وفي حالتنا كان الوقت لا يتجاوز 8 دقائق لتدريب شبكة مكونة من 2870805 سجل والتنبؤ لمنطقة جديدة تحوي 504464 سجل، علماً أن مواصفات الحاسب تلعب دوراً مهماً في زمن المعالجة، وقد تمت الدراسة باستخدام حاسب محمول يتميز بالمواصفات التالية ( Dell, 64 bit, Windows 10, Ram: 8 GB, CPU: Intel CoreTM I7, GPU: NVIDIA GeForce GT).

وتجدر الإشارة بأن الدقة المكانية تلعب دوراً مهماً في التعلم العميق ولكن زيادتها ستزيد بشكل كبير من عدد السجلات وبالتالي من زمن تدريب الشبكة ووقت المعالجة. يمكن تطبيق النموذج على أي بيانات مشابهة بالدقة الطيفية ومكونة من نفس عدد النطاقات للصورة الأصلية التي تم بناء النموذج على أساسها، ويجب التنويه الى أنه كان من الممكن اختصار عدد النطاقات الطيفية، حيث قمنا بحساب مصفوفة الارتباط (correlation matrix) ودراسة الترابط بين هذه النطاقات، وكان الترابط كبير بين النطاق الأول والثاني حوالي 98%، فكان من الممكن الاستغناء عن أحد النطاقين ولكن بما أن الدقة المكانية للبيانات المستخدمة متوسطة فضلنا استخدام كامل النطاقات، باستثناء النطاقين الحاربيين الذين يملكان قيم عالية من الانعكاس لكل الظواهر تقريباً، وبذلك تم الاعتماد على الدقة الطيفية بشكل كامل لتحسين دقة الكشف. استخراج المناطق العمرانية من صور متوسطة الدقة المكانية كصور لاندسات لا يعطي دقة كافية للتعامل على مستوى الأبنية والعقارات، لذلك نوصي بتطوير المنهجية المقدمة وتطبيقها على بيانات عالية الدقة المكانية ودراسة تأثير أهمية الدقة المكانية والدقة الطيفية على استخراج حدود المباني.

- [1] 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.
- [2] Atkinson, Peter M., and Adrian RL Tatnall. "Introduction neural networks in remote sensing." International Journal of remote sensing 18.4 (1997): 699-709.
- [3] Kussul, Nataliia, et al. "Deep learning classification of land cover and crop types using remote sensing data." IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters 14.5 (2017): 778-782.
- [4] Bruzzone, Lorenzo, and Diego Fernández Prieto. "Unsupervised retraining of a maximum likelihood classifier for the analysis of multitemporal remote sensing images." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 39.2 (2001): 456-460.
- [5] Gupta, Neha, and H. S. Bhadauria. "Object based information extraction from high resolution satellite imagery using eCognition." International Journal of Computer Science Issues (IJCSI) 11.3 (2014): 139.
- [6] Analytic Svidhya, 2020. [Online]. Available: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2020/02/cnn-vs-rnn-vs-mlp-analyzing-3-types-of-neural-networks-in-deep-learning/>. [Accessed: 15-january-2020].
- [7] Braspenning, Petrus J., Frank Thuijsman, and Antonius Jozef Martha Maria Weijters. Artificial neural networks: an introduction to ANN theory and practice. Vol. 931. Springer Science & Business Media, 1995.
- [8] Darwishe, Hanan, et al. "Prediction and control of nitrate concentrations in groundwater by implementing a model based on GIS and artificial neural networks (ANN)." Environmental Earth Sciences 76.19 (2017): 649.
- [9] Kasabov, Nikola K. Foundations of neural networks, fuzzy systems, and knowledge engineering. Marcel Alencar, 1996.
- [10] Russell, Stuart J., and Peter Norvig. "Artificial Intelligence-A Modern Approach, Third International Edition." (2010): I-XVIII.



- [11] Hinton, Geoffrey E., Terrence Joseph Sejnowski, and Tomaso A. Poggio, eds. Unsupervised learning: foundations of neural computation. MIT press, 1999.
- [12] Kaelbling, Leslie Pack, Michael L. Littman, and Andrew W. Moore. "Reinforcement learning: A survey." Journal of artificial intelligence research 4 (1996): 237-285.
- [13] Powers, David MW. "Evaluation: from precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness and correlation." arXiv preprint arXiv:2010.16061 (2020).
- [14] Foody, Giles M. "Status of land cover classification accuracy assessment." Remote sensing of environment 80.1 (2002): 185-201.
- [15] Cochran, W. G., 1977. Sampling techniques. John Wiley & Sons.
- [16] ESRI, "Environmental Systems Research Institute," 2020. [Online]. Available: <https://www.esri.com>. [Accessed: 05-january-2020].
- [17] Tensorflow, 2021. [Online]. Available: <https://www.tensorflow.org> [Accessed: 05-january-2021].
- [18] keras, 2021. [Online]. Available: <https://keras.io> [Accessed: 05-january-2021].
- [19] Scikit-learn, 2021. [Online]. Available: <https://scikit-learn.org> . [Accessed: 05-january-2021].
- [20] Pyrgis, 2021. [Online]. Available: <https://pypi.org/project/pyrgis>. [Accessed: 05-january-2021].
- [21] numpy, 2021. [Online]. Available: <https://numpy.org> [Accessed: 05-january-2021].
- [22] spyder, 2021. [Online]. Available: <https://www.spyder-ide.org> [Accessed: 05-january-2021].
- [23] Geospatial trimble, 2021. [Online]. Available: <https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/ecognition> [Accessed: 05-january-2021].
- [24] Heaton, Jeff. Introduction to neural networks with Java. Heaton Research, Inc., 2008.
- [25] Ramachandran, Prajit, Barret Zoph, and Quoc V. Le. "Searching for activation functions." arXiv preprint arXiv:1710.05941 (2017).

- [26] Hendrycks, Dan, and Kevin Gimpel. "Gaussian error linear units (gelus)." arXiv preprint arXiv:1606.08415 (2016).
- [27] Clevert, Djork-Arné, Thomas Unterthiner, and Sepp Hochreiter. "Fast and accurate deep network learning by exponential linear units (elus)." arXiv preprint arXiv:1511.07289 (2015).
- [28] Kingma, Diederik P., and Jimmy Ba. "Adam: A method for stochastic optimization." arXiv preprint arXiv:1412.6980 (2014).
- [29] Richards, John A., and J. A. Richards. Remote sensing digital image analysis. Vol. 3. Berlin: Springer, 1999.
- [30] Ma, Lei, et al. "A review of supervised object-based land-cover image classification." ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 130 (2017): 277-293.
- [31] El-naggar, Aly M. "Determination of optimum segmentation parameter values for extracting building from remote sensing images." Alexandria engineering journal 57.4 (2018): 3089-3097.

# مقارنة عوامل السلوك الزلزالي للمنشآت الفولاذية المربطة بتربيط لامكزي و أخرى مربطة بتربيط ممنوع من التحنيب بتطبيق التحليل الستاتيكي اللاخطي

الباحث: م. محمد خير عليوي

حاصل على شهادة الماجستير، قسم الهندسة الإنشائية،

كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق. سورية

## ملخص البحث:

تهدف الدراسة لمقارنة عوامل السلوك الزلزالي التي تعبر عن مطاوعة الإطارات الفولاذية بين الإطارات المربطة لامركزياً بعناصر ربط قصيرة (K-EBFs) والإطارات الفولاذية المربطة مركزياً بتربيط ممنوع من التحنيب (Invert V-BRBFs)، بتطبيق التحليل الستاتيكي اللاخطي (Pushover Analysis)، وذلك بتغيير عدد الطوابق (4-8-12). حيث تم التوصل إلى أن قيم عوامل السلوك الزلزالي تتخفض بازدياد عدد الطوابق لنوعي التربيط المستخدمين، وتكون متقاربة لنوعي التربيط المستخدمين لحالة عامل تعديل الاستجابة وعامل تضخيم التشوهات، وأكبر لحالة التربيط اللامركزي مقارنة مع التربيط الممنوع من التحنيب لعامل زيادة المقاومة، والعكس لحالة عامل تخفيض المطاوعة .

الكلمات المفتاحية: تربيط ممنوع من التحنيب (Invert V-BRBFs)، تربيط لامركزي (K-EBFs)، عوامل السلوك الزلزالي.

## **Comparison of seismic behavior factors for steel structures connected by eccentrically bracing and others connected by the buckling-restrained brace applying nonlinear static analysis**

### **Research Summary**

This study aimed to compare the seismic behavior factors that express the compliance of steel frames between K-EBFs and Invert V-BRBFs by applying nonlinear static analysis (Pushover Analysis) by changing the number of floors (4-8-12), where it was found that the values of the seismic behavior factors decrease with the increase in the number of floors for the two types of bracing used, and they are close to the two types of bracing used for the case of the response modification factor and the distortion amplification factor, and the values are greater for the case of the eccentrically bracing compared with the buckling-restrained brace for the increasing resistance factor, and vice versa for the case of the Ductility Reduction Factor.

Key words: buckling-restrained brace (Invert V-BRBFs), eccentrically bracing (K-EBFs), seismic behavior factors.

## 1- المقدمة: Introduction

تُعدّ الإطارات الفولاذية جيدة لمقاومة الأحمال الزلزالية بسبب مطاوعتها العالية وصلابتها الكبيرة، وبدأت فكرة الإطارات الفولاذية بالإطارات الفولاذية المقاومة للعزوم (MRFs) والتي وجد أن مقاومتها للأحمال الزلزالية تؤدي لانتقالات كبيرة ولتخفيض الانتقالات نشأت فكرة تريبط المنشآت الفولاذية بعناصر ربط قطرية والتي يشكل فيها عنصر التريبط العنصر الحرج المقاوم للأحمال الزلزالية في حين تبقى بقية عناصر الإطار مرنة، وعلى الرغم من الصلابة العالية للإطارات الفولاذية المربّطة مركزياً إلى أن سلوك عنصر الربط على الضغط وانهاره بسبب التحنّب يؤدي لتبديد طاقة منخفض للإطار ككل، من هنا جاءت فكرة الإطارات الفولاذية المربّطة لامركزياً (EBFs) والتي تجمع بين ميزات الإطارات المقاومة للعزوم (MRFs) ذات المطاوعة العالية وميزات الإطارات المربّطة مركزياً (CBFs) ذات الصلابة الجانبية العالية [1]. تملك الإطارات المربّطة لامركزياً قدرة هائلة على تبديد الطاقة الزلزالية من خلال حصر التلدن 1 بعناصر محددة بين عناصر التريبط القطرية أو بين عناصر التريبط القطرية والعمود وتسمى هذه العناصر بعناصر الربط (Link) الشكل (1-1). لكن الباحثين استمروا في البحث عن أنظمة جديدة لتبديد الطاقة الزلزالية ولتطوير التريبط المركزي بنوعيه (CBFs) العادي و (SCBFs) الخاص.

توصل الباحثون لحل مشكلة التحنّب في عناصر التريبط والتي تحد من قدرتها على تبديد الطاقة، وهنا ظهرت فكرة الإطارات الفولاذية المربّطة مركزياً بعناصر تريبط ممنوعة من التحنّب (BRBFs) والتي لها سلوك متماثل على الضغط والشد.

---

1 التلدن هو دخول المادة مرحلة ما بعد المرنة أي تصبح التشوهات غير قابلة للعودة بفعل الأحمال المطبقة حيث يحدث زيادة بالاجهادات تقابها زيادة بالتشوهات في مرحلة النقصية التشوهية.

## 1-1-1 الإطارات الفولاذية المربطة لامركزيّاً (EBFs):

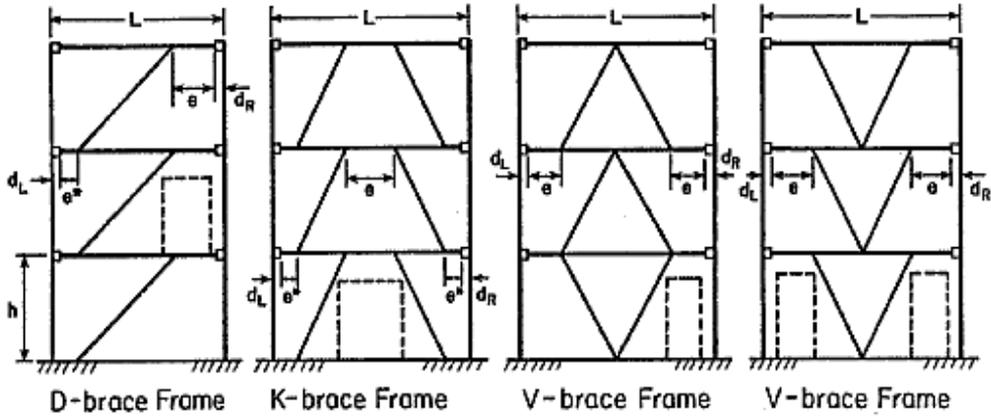
نظام من أنظمة مقاومة القوة الجانبية التي تجمع بين المطاوعة العالية للإطارات المقاومة للعزوم (MRFs) والصلابة الجانبية العالية للإطارات المربطة مركزياً (CBFs)، و اقترحت لأول مرة عام 1930 كجملة ذات كفاءة عالية من الناحية المعمارية لمقاومة أحمال الرياح [2]. يبين الشكل (1-1) بعض الترتيبات الممكنة للإطارات المربطة لامركزيّاً حيث يلاحظ إزاحة عناصر التربيط القطرية عن عقد الإطار والتي تؤدي لنقل القوى المحورية في عناصر التربيط للعمود أو لأي عنصر تربيط آخر عن طريق قوى (قص-انعطاف) والمولدة في الجزء المحصور بين عنصري التربيط والذي يسمى عنصر الرّبط (Link) [2] أو بين عنصر التربيط والعمود.

### 1-1-1 خصائص الإطارات الفولاذية المربطة لامركزيّاً (EBFs):

لمعرفة خصائص الإطارات المربطة لامركزيّاً لا بد من تحري آلية الانهيار فيها (Collapse Mechanism) التي توضح السلوك اللدن في المناطق الحرجة التي تظهر فقط في عناصر الرّبط الشكل (2-1). يُبين الشكل (2-1) آلية الانهيار (Collapse Mechanism) في الإطارات المربطة لامركزيّاً (EBFs) [3] ، ويُلاحظ من الشكل العلاقة التالية:

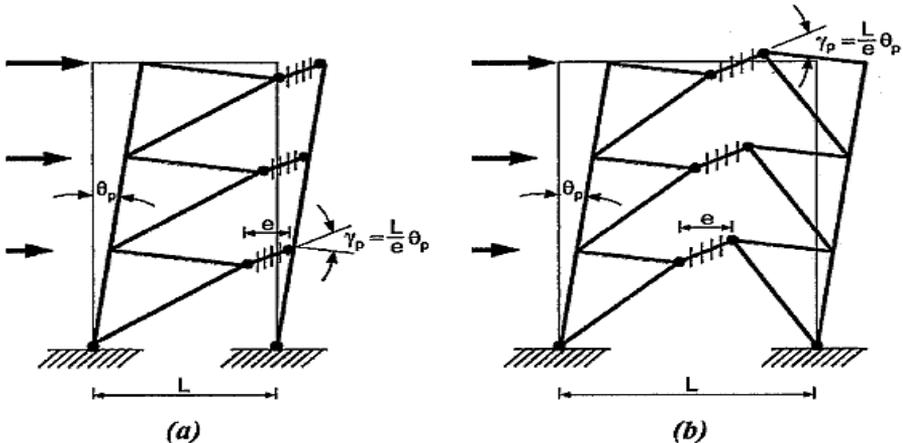
$$\theta_p L = \gamma_p e \quad (1-1)$$

حيث  $\theta_p$ : زاوية الدوران الطابقية اللدنة،  $L$ : مجاز الاطار المربط،  $\gamma_p$ : زاوية الدوران اللدنة لعنصر الرّبط (Link) والتي تمثل العامل الأساسي الذي يصف مقدار التشوهات اللدنة في عنصر الرّبط وبالتالي درجة مطاوعة الإطار ككل وتحدد القيمة العظمى لهذه الزاوية تحت تأثير حمل دوري عكوس من خلال التجارب المخبرية، و  $e$ : طول عنصر الرّبط.



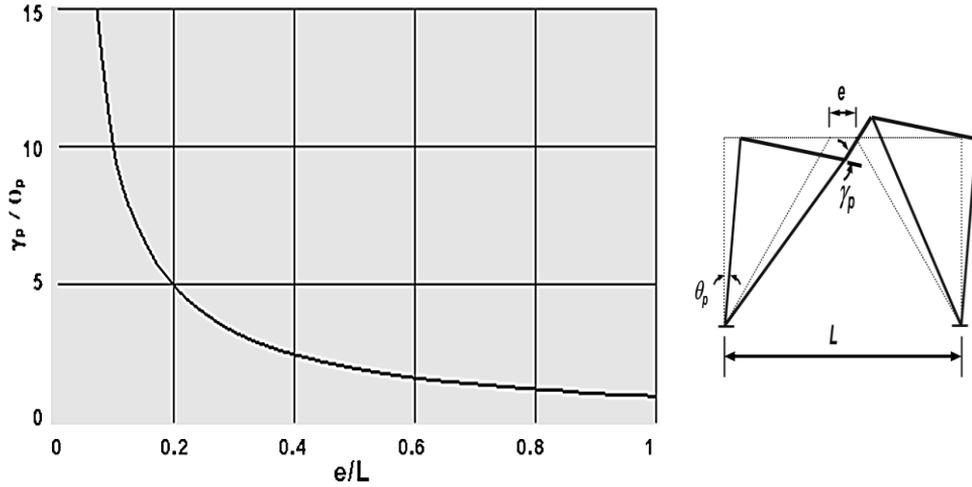
الشكل (1-1): بعض الترتيبات الممكنة للإطارات المرتبطة لامركزياً (EBFs) [2].

حيث يبين الشكل (1-3) العلاقة بين زاوية دوران عنصر الربط والنسبة  $e/L$  [3]، حيث  $L$  هي مجاز الإطار المرتبط. يلاحظ من الشكل (1-3) أن نسبة زاوية الدوران اللدنة لعنصر الربط إلى زاوية الدوران الطابقية ( $\gamma_p/\theta_p$ ) تزداد بانخفاض نسبة طول عنصر الربط إلى طول مجاز الإطار المرتبط ويشير ذلك لزيادة مطاوعة الإطار بانخفاض نسبة  $e/L$  أي يكون الإطار أكثر قدرة على تبديد القوة الزلزالية عن طرق دوران عنصر الربط كلما كان عنصر الربط أقصر [3].



الشكل (2-1): آلية الانهيار Collapse Mechanism في الإطارات المرتبطة

لامركزياً [3].



الشكل (3-1): العلاقة بين زاوية الدوران لعنصر الربط والنسبة  $e/L$  [3].

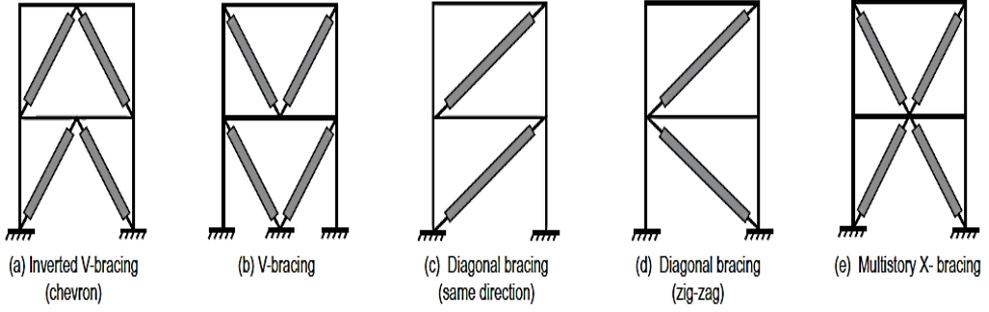
## 2-1 الإطارات الفولاذية المربطة مركزياً بعناصر تربيط ممنوعة من التحنّب (BRBFs):

نظام يتألف من جوائز وأعمدة وعناصر تربيط ممنوعة من التحنّب تقاوم القوى الزلزالية بحيث يحدث سيلان شد وسيلان ضغط في عنصر التربيط ولا يحتب عنصر التربيط على الضغط وتتميز بمرونة ومطاوعة عاليتين [1].

### 2-1-1 أشكال الإطارات الفولاذية المربطة مركزياً بعناصر تربيط ممنوعة من التحنّب (BRBFs):

يبين الشكل (4-1) بعض الترتيبات الخاصة للإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنّب، تربيط قطري (Single Diagonal)، تربيط بشكل V مقلوب (V-Bracing - Inverted V)، تربيط بشكل V (V-Bracing)، تربيط بشكل X (Two Story X-Bracing).





الشكل (1-4): أشكال الإطارات الفولاذية المربّطة مركزياً بعناصر تريبط متنوعة من التحنيط [14].

### 3-1 تحديد قيمة عامل تعديل الإستجابة R : (Response Modification Factor)

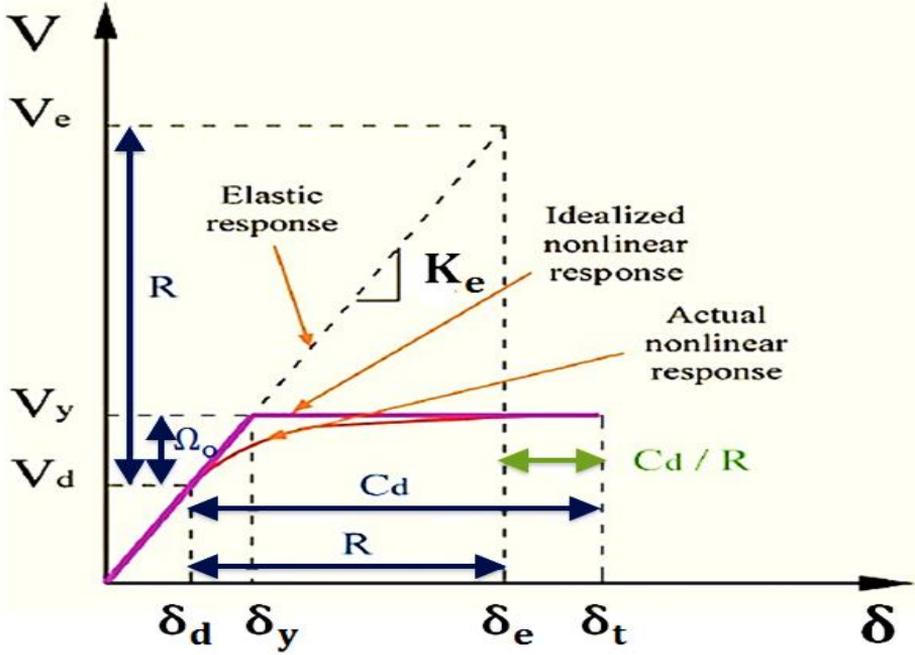
**تعريف:** معامل يأخذ بالحسبان درجة مطاوعة (لدونة) الجملة الانشائية والمتبقي من مقاومتها بعد تشكل أول مفصل لدن فيها وتحدد قيمته بناءً على أداء جمل مماثلة خلال هزات حدثت في الماضي [5].

يبين الشكل (1-5) منحنى الدفع الجانبي الناتج عن التحليل الستاتيكي اللاخطي وفقاً لكود (FEMA451B) [6] حيث يمثل المحور الشاقولي القص القاعدي (V) والمحور الأفقي الانتقال الجانبي (δ). يُلاحظ من الشكل (1-5) منحنى الاستجابة المثالي ثنائي الخطية (Idealized nonlinear response) الذي يقطع منحنى الدفع الفعلي أو ما يسمى بمنحنى الاستجابة اللاخطية (Actual nonlinear response) عند انتقال الهدف (δ<sub>t</sub>) والمعروف وفقاً لـ (FEMA356) [4].

تعريف انتقال الهدف: تمثيل للانتقال الأعظمي المحتمل الحدوث أثناء التصميم الزلزالي [4].

يتيح برنامج (SAP2000) [7] رسم منحنى قوة-انتقال (المنحنى الدفعي) للنماذج المدروسة وحساب خصائصه بما يتوافق مع الكود FEMA356 [5] ، وذلك كنتيجة

للتحليل الستاتيكي اللاخطي (Pushover Analysis) كما أنه يتم تحويل هذا المنحني إلى منحني مثالي ثنائي الخطية كما في الشكل (5-1)



الشكل (5-1): الاستجابة الإنشائية العامة لمنحني (قوة - انتقال) وفقاً FEMA451B [6].

حيث  $\Omega_o$ : (Overstrength Factor) عامل الزيادة في المقاومة ويعطى وفق العلاقة التالية [5]:

$$\Omega_o = \frac{V_y}{V_d} \quad (2-1)$$

حيث  $V_y$ : (Apparent Strength) هي قوة الخضوع الفعال أو القوة الفعلية والموافقة لحدوث أول تلدن هام بالمنشأ الشكل (5-1).

$V_d$ : (Design Strength) هي القوة التصميمية الشكل (5-1).

$R$ : عامل تعديل الاستجابة ويعطى وفق العلاقة التالية [6]:

$$R = \frac{V_e}{V_d} \quad (3-1)$$

حيث  $V_e$  (Elastic Strength Demand) قوة الطلب المرنة فيما لو تصرف المنشأ بشكل مطلق المرنة الشكل (5-1).

$C_d$  (Deflection Amplification Factor) عامل تضخيم التشوهات والذي يأخذ بعين الاعتبار زيادة التشوهات اللدنة عن التشوهات المرنة التصميمية نتيجة الدخول في المرحلة غير الخطية، ويعطى بالعلاقة التالية [6]:

$$C_d = \frac{\delta_t}{\delta_d} \quad (4-1)$$

$\delta_t$ : انتقال الهدف،  $\delta_d$ : الانتقال التصميمي المرن. كما يلاحظ من الشكل (5-1)  $\delta_e$ : الانتقال المرن فيما لو تصرف المنشأ بشكل مطلق المرنة.

عامل تخفيض المطاوعة ( $R_d$ ) (Ductility Reduction Factor) حيث يعطى بالعلاقة التالية [6]:

$$R_d = \frac{V_e}{V_y} \quad (5-1)$$

وبالتالي تعطى قيمة عامل تعديل الاستجابة بالعلاقة التالية [6]:

$$R = R_d \Omega_o \quad (6-1)$$

## 2- هدف البحث:

مقارنة عوامل السلوك الزلزالي ( $T_d, \Omega_o, R, C_d, R_d$ ) بين الإطارات المربطة لامركزياً بعناصر ربط قصيرة (K-EBFs) والإطارات الفولاذية المربطة بتربيط ممنوع من التحنيب (Invert V-BRBFs) بتطبيق التحليل الستاتيكي اللاخطي (Pushover Analysis) وذلك بتغيير عدد الطوابق (12-8-4).

### 3- مواد وطرق البحث:

#### 3-1 آراء الباحثين وتجاربهم:

3-1-1 [8](Abodollahzadeh, et al. 2012) الدراسة التي قام بها الباحثون بعنوان (عامل تعديل الاستجابة للإطارات المزدوجة المقاومة للعزوم والمربطة بتربيط ممنوع من التحنّب). قام الباحثون بإجراء دراسة تحليلية وتوصلوا للنتائج التالية:

تتخفّض قيم عامل تعديل الاستجابة بزيادة ارتفاع المبنى وتغيير شكل التربيط. تكون قيم عامل تعديل الاستجابة وعامل تخفيض المطاوعة مرتفعة لحالة الابنية المنخفضة الارتفاع (5,3) طابق ولتربيط من الشكل (V مقلوب) ومنخفضة لحالة الابنية المرتفعة ذات (15) طابق ولتربيط من الشكل (X).

3-1-2 [9](Mastrandrea et al. 2013) الدراسة التي قدّمها الباحثون بعنوان (التحقّق من إجراءات التصميم للسيطرة على نمط الانهيار للإطارات المربطة لامركزيّاً باستخدام تحليلات الدفع الجانبي والتزايد الديناميكي).

هدفت الدراسة: التحقّق من السلوك الزلزالي للإطارات المربطة لامركزيّاً (K-EBFs) بعناصر ربط متغيرة الطول. وأهم النتائج التي تم التوصل إليها:

بيّنت نتائج التحليل اللاخطي أن عناصر الربط القصيرة (Short Link) تعطي أفضل النتائج، حيث تميزت الإطارات المربطة لامركزيّاً بعناصر ربط قصيرة بمطاوعة محلية مرتفعة، وقدرة مرتفعة على تبديد الطاقة الزلزالية.

3-1-3 [10] (Mahmoudi and Eskandari. 2013) الدراسة التي قام بها الباحثان بعنوان (تأثير الارتفاع وطول عنصر الربط على عوامل تعديل الاستجابة للإطارات الفولاذية المربطة لامركزيّاً).

قام الباحثان بإجراء دراسة تحليلية وتوصلا للنتائج التالية:

عامل تخفيض المطاوعة وعامل تعديل الاستجابة تنخفض مع زيادة ارتفاع المبنى. ينخفض قيم عامل زيادة المقاومة مع ازدياد ارتفاع المبنى، ويرتفع مع ازدياد طول عنصر الرّبط. الكود المتبع في التصميم يعطي قيم ثابتة لعامل تعديل الاستجابة، ومع ذلك ووفقاً للدراسة الحالية فإن عوامل تعديل الاستجابة لها قيم متغيرة وفق شكل التبريط، طول عنصر الرّبط و ارتفاع المبنى.

**3-1-4** الدراسة التي قدمه الباحثون (Rozbahani et al. 2014) [11] بعنوان (حساب استطاعة سلوك الإطارات المربّطة لامركزيّاً باعتبار سلوك (القص-الانعطاف) لعنصر الرّبط).

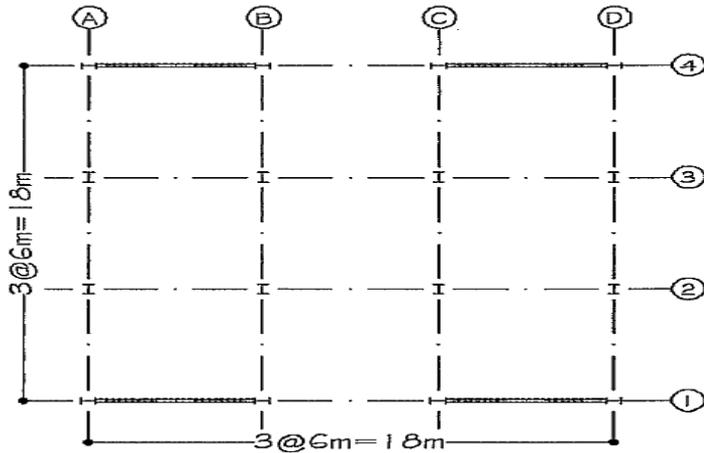
تم دراسة تأثير ارتفاع المبنى وطول عنصر الرّبط على معامل تعديل الاستجابة للإطارات المربّطة لامركزيّاً. ومن أهم النتائج التي توصل إليها البحث [11]: أن استخدام عنصر ربط قصير يعتبر أفضل لأنه يؤدي الى زيادة المطاوعة وبالتالي زيادة عامل تعديل الاستجابة. زيادة عدد الطوابق تؤدي إلى انخفاض قيم عامل تعديل الاستجابة وعامل تخفيض المطاوعة. ينخفض عامل زيادة المقاومة بزيادة عدد الطوابق ويرتفع بزيادة طول عنصر الرّبط. زيادة طول عنصر الرّبط تؤدي إلى انخفاض قيم عامل تعديل الاستجابة وعامل تخفيض المطاوعة.

### 3-2 اجراء الدراسة التحليلية:

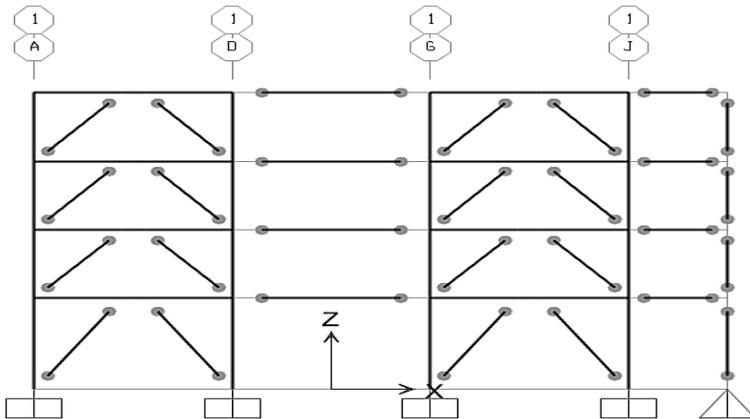
لتحقيق هدف البحث تم نمذجة بناء هيكل بسيط ذي كتل طابقية متساوية وأبعاد متساوية لكافة الطوابق باستخدام برنامج (SAP2000) [7]. يبين الشكل (3-1) المسقط الأفقي للنموذج المدروس و يبيّن الشكل (3-2)، (3-3) شكل الإطار المربّط لامركزيّاً (K-EBFs) والإطار المربط بتبريط ممنوع من التحنّب (Invert V- BRBFs)، بحيث اعتبر الاتجاه المدروس هو الاتجاه (X) والجملة المقاومة للقوة الجانبية هي عبارة عن إطارات مربّطة لامركزيّاً من الشكل K أو إطارات مربّطة مركزياً بتبريط ممنوع من

التحنيب من الشكل (V) مقلوب وعدد الفتحات المربطة هي فتحتين كما في الشكل 1-3) بحيث يكون اتصال الجائز مع العמוד خارج عنصر الربط هو اتصال صلب بينما يكون اتصال الجائز مع العמוד خارج الإطار المربط هو من النوع المتمفصل. تم نمذجة إطارات بارتفاعات مختلفة (4-8-12) طبقاً وتصميمها وفقاً للكود الأمريكي

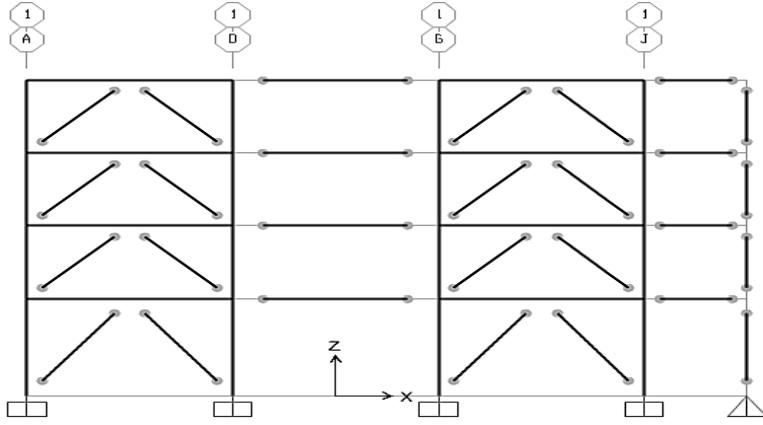
(AISC341-05), [1] (AISC360-05), [12] باستخدام برنامج (SAP2000) [7] ، وذلك لأخذ تأثير الأنماط العليا للاهتزاز على سلوك الإطار.



الشكل (1-3): المسقط الأفقي للنموذج المدروس.



الشكل (2-3): شكل الإطار المرطّب لامركزيّاً (K-EBFs) [7].



الشكل (3-3): شكل الإطار المرطّب مركزياً بعناصر تربيط ممنوعة من التحنيب (InvertV-BRBFs) [7].

تم استخدام فولاذ من النوع (ASTM992GR50) و تم تطبيق الحمل الزلزالي استناداً إلى الكود الأمريكي (ASCE7-05) [13]. تم توحيد طول عنصر الربط على كامل الإطارات المرطّبة لامركزيّاً ذات الشكل K بحيث يكون قصياً (SHORT LINK) للحصول على قيم مرتفعة لعامل تعديل الاستجابة وفقاً للدراسة (Mastrandrea et al. 2013) [9]. تم استخدام التبريط الممنوع من التحنيب من الشكل (V) مقلوب لأنه يعطي قيم مرتفعة لعامل تعديل الاستجابة كما مر في دراسة (Abodollahzadeh, et al. 2012) [8]. في الدراسة الحالية تم تعريف مفصل في نهايتي عنصر الربط يأخذ بعين الاعتبار تأثير القص (V2) فقط وفقاً لدراسة (Mastrandrea et al. 2013) [9] وللكود الأمريكي (FEMA356) [5]. تم تصميم نواة عنصر التبريط الممنوع من التحنيب وفقاً للكود الأمريكي (AISC341-05) [1]، وتم تعريف المفصل اللدن لعنصر التبريط الممنوع من التحنيب بحيث يأخذ تأثير قوة محورية فقط (P) ببرنامج (SAP2000) وفقاً لدراسة (Nour El-Din and Kim. 2014) [14] والمتوافقة مع الكود الأمريكي (FEMA356) [5] والكود الأمريكي (FEMA451B) [6].

### 3-3 التحليل الستاتيكي اللاخطي (POA) Pushover Analysis:

تم تطبيق التحليل الستاتيكي اللاخطي (التحليل بالدفع الجانبي) من أجل تقييم السلوك الزلزالي للإطارات (K-EBFs) المصممة، والإطارات (Invert V-BRBFs) حيث أجريت تحليلات دفع جانبية بهدف التنبؤ بنمط التلددن ومقارنته بشكل مباشر مع هدف التصميم وفق الكود الأمريكي [1,12] للوصول لحالة تلدن تتركز في عناصر الربط (Link) أو في عناصر التربيط الممنوعة من التحنيب (BRB) مع بقاء باقي عناصر الإطارات المرطبة مرنة (جوائز خارج عنصر الربط - أعمدة - عناصر التربيط القطرية-الوصلات)، بالإضافة إلى حساب عوامل السلوك الزلزالي ( $\Omega_0, R, R_d, C_d$ ) وذلك وفقاً للكود الأمريكي (FEMA356) [5]، والكود (FEMA451B) [6].

#### 3-3-1 المقارنة بين نوعي التربيط بتطبيق التحليل الستاتيكي اللاخطي (POA):

تبين الأشكال (3-4)، (3-5) و (3-6) منحنيات الدفع الجانبي للنماذج بارتفاع (8, 12, 4) طابق باستخدام التربيط الممنوع من التحنيب (Invert V-BRBFs) والتربيط اللامركزي (K-EBFs).

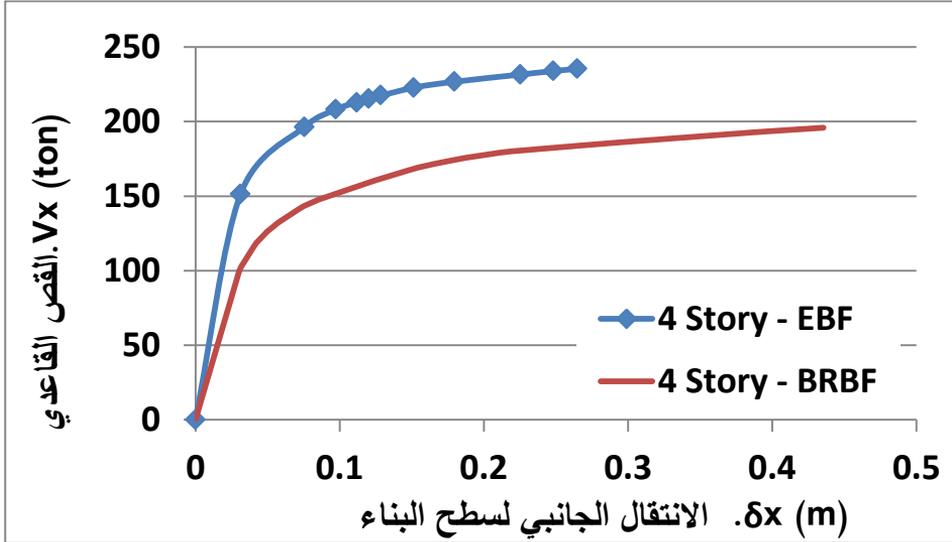
حيث يمثل المحور الأفقي الانتقال الجانبي لسطح البناء ( $\delta_x$ ) ويمثل المحور الشاقولي القص القاعدي ( $V_x$ ). يلاحظ من الأشكال مايلي:

- انخفاض قيمة القص الأعظمي لجميع نماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب عنه لحالة التربيط اللامركزي. حيث بلغت نسبة الانخفاض حوالي % (16.78, 13.7, 15.03) لحالة (4, 8, 12) طابق على التوالي .

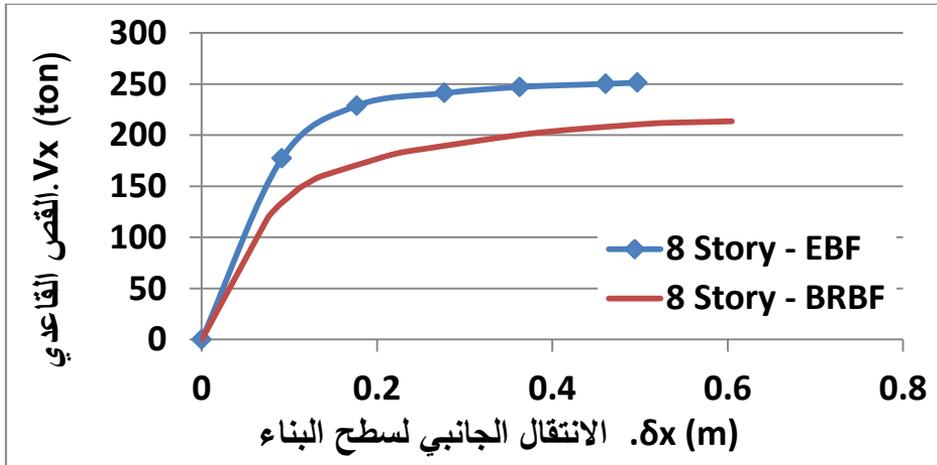
- زيادة الانتقالات الجانبية لجميع نماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب عنه لحالة التربيط اللامركزي بعناصر ربط قصيرة. حيث بلغت نسبة الزيادة حوالي % (64.78, 17.81, 25.3) لحالة (4, 8, 12) طابق على التوالي. مما يدل



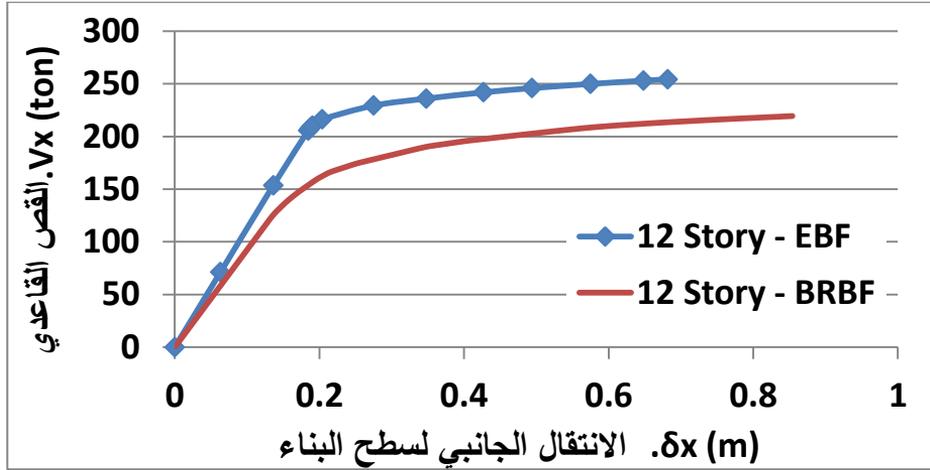
على أن استخدام عناصر (BRB) يؤدي إلى خفض قيم القص القاعدي الأعظمي الناتج عن الدفع الجانبي وزيادة المطاوعة من خلال زيادة الانتقالات الجانبية للمنشآت.



الشكل (3-4): منحنيات الدفع الجانبي لنموذج إطار بارتفاع 4 طوابق باستخدام التثبيت الممنوع من التحنيب (BRBF) و التثبيت اللامركزي (EBF).

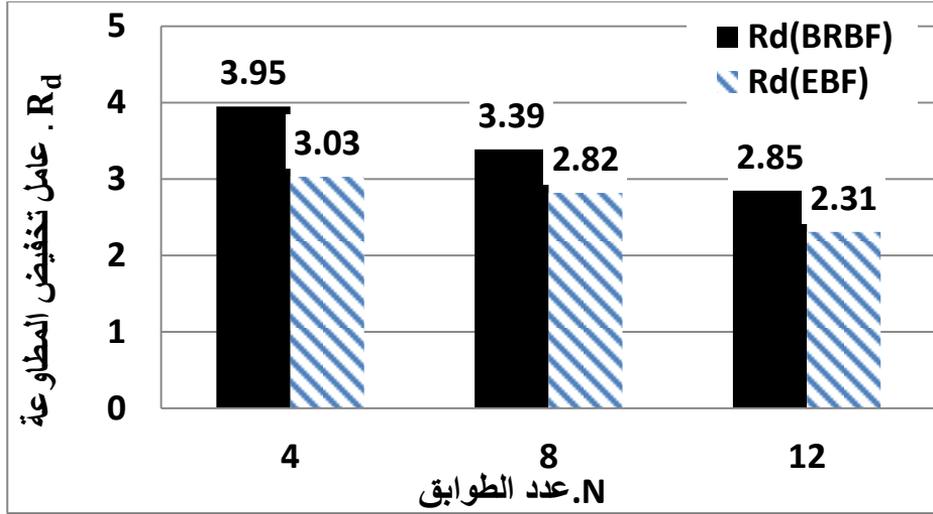


الشكل (3-5): منحنيات الدفع الجانبي لنموذج إطار بارتفاع 8 طوابق باستخدام التثبيت الممنوع من التحنيب (BRBF) و التثبيت اللامركزي (EBF).



الشكل (3-6): منحنيات الدفع الجانبي لنموذج إطار بارتفاع 12 طابق باستخدام التربيط الممنوع من التحنيب (BRBF) و التربيط اللامركزي (EBF).

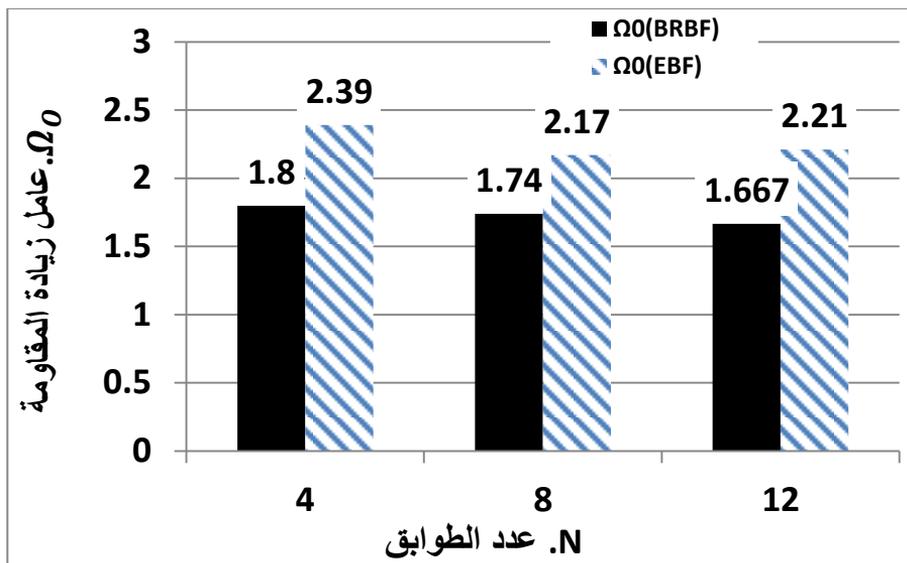
يبين الشكل (3-7) تغير قيم عامل تخفيض المطاوعة ( $R_d$ ) بتغير عدد الطوابق  $N$  لنماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزي (EBFs). حيث يمثل المحور الأفقي عدد الطوابق ويمثل المحور الشاقولي عامل تخفيض المطاوعة ( $R_d$ ). يلاحظ من الشكل انخفاض قيم عامل تخفيض المطاوعة للإطارات المربطة بتربيط لامركزي وللإطارات (3-7) المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب بزيادة عدد الطوابق، بالإضافة لإنخفاض قيم عامل تخفيض المطاوعة لحالة إطار مربط بتربيط لامركزي مقارنة مع إطار مربط بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب لعدد محدد من الطوابق. حيث بلغت نسبة الانخفاض في قيم هذا العامل بين نوعي التربيط المستخدمين حوالي (23.3, 16.81, 18.95) % وذلك لحالة (4, 8, 12) طابق على التوالي. يستنتج أن التربيط الممنوع من التحنيب يملك عامل تخفيض مطاوعة أكبر منه لحالة التربيط اللامركزي، وبالتالي قدرة أكبر على تبديد الطاقة الزلزالية.



الشكل (3-7): تغير قيم عامل تخفيض المطاوعة ( $R_d$ ) بتغير عدد الطوابق لنماذج الإطارات المربطة بتربيط ممنوع من التحنيب (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs).

يبين الشكل (3-8) تغير قيم عامل زيادة المقاومة ( $\Omega_0$ ) بتغير عدد الطوابق N لنماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs). حيث يمثل المحور الأفقي عدد الطوابق ويمثل المحور الشاقولي عامل زيادة المقاومة ( $\Omega_0$ ). يلاحظ من الشكل (3-8) انخفاض قيم عامل زيادة المقاومة للإطارات المربطة بتربيط لامركزي وللإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب بزيادة عدد الطوابق، بالإضافة لارتفاع قيم عامل زيادة المقاومة لحالة إطار مربط بتربيط لامركزي مقارنة مع إطار مربط بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب لعدد محدد من الطوابق. حيث بلغت نسبة الارتفاع في قيمة هذا العامل بين نوعي التربيط حوالي % (32.78, 24.71, 32.57) وذلك لحالة (4, 8, 12) طابق على التوالي. يستنتج أن التربيط اللامركزي يملك عامل زيادة مقاومة أكبر منه لحالة التربيط المركزي ممنوع من التحنيب مما يفسر ارتفاع قيمة القص القاعدي الأعظمي لحالة التربيط اللامركزي عنه لحالة التربيط المركزي ممنوع من التحنيب

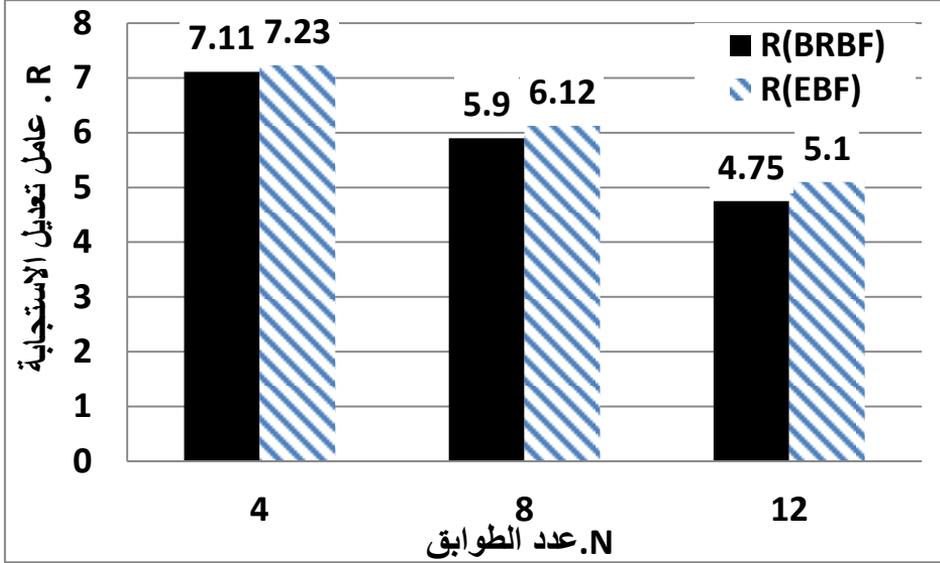
كما هو موضح في الأشكال (3-4, 3-5, 3-6) وانخفاض قيم عامل تخفيض المطاوعة لحالة التربيط اللامركزي كما هو موضح في الشكل (3-7).



الشكل (3-8): تغير قيم عامل زيادة المقاومة ( $\Omega_0$ ) بتغير عدد الطوابق N لنماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيط (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs).

يبين الشكل (3-9) تغير قيم عامل تعديل الاستجابة (R) بتغير عدد الطوابق N لنماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيط (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs). حيث يمثل المحور الأفقي عدد الطوابق ويمثل المحور الشاقولي عامل تعديل الاستجابة (R). يلاحظ من الشكل (3-9) انخفاض قيم عامل تعديل الاستجابة للإطارات المربطة بتربيط لامركزي وللإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيط بزيادة عدد الطوابق، بالإضافة لارتفاع قيم عامل تعديل الاستجابة لحالة إطار مربط بتربيط لامركزي مقارنة مع إطار مربط بتربيط مركزي ممنوع من التحنيط لعدد محدد من الطوابق. حيث بلغت نسبة الارتفاع في قيمة هذا العامل بين نوعي التربيط

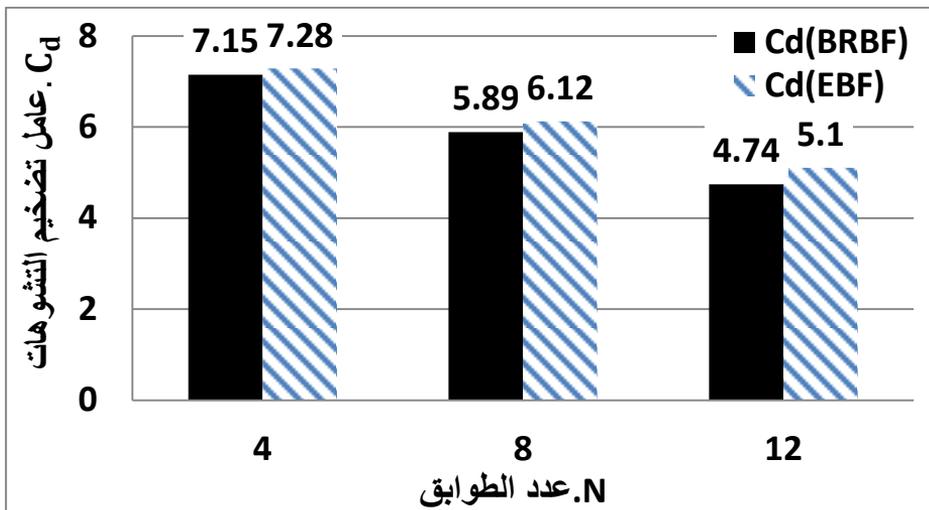
حوالي% (1.69, 3.73, 7.37) وذلك لحالة (4, 8, 12) طابق على التوالي. كما يستنتج تقارب قيمة عامل تعديل الاستجابة بين نوعي التبريط وذلك عند وصول الاستجابة إلى انتقال الهدف.



الشكل (3-9): تغير قيم عامل تعديل الاستجابة (R) بتغير عدد الطوابق N لنماذج الإطارات المربطة بتبريط مركزي ممنوع من التحنيب (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs).

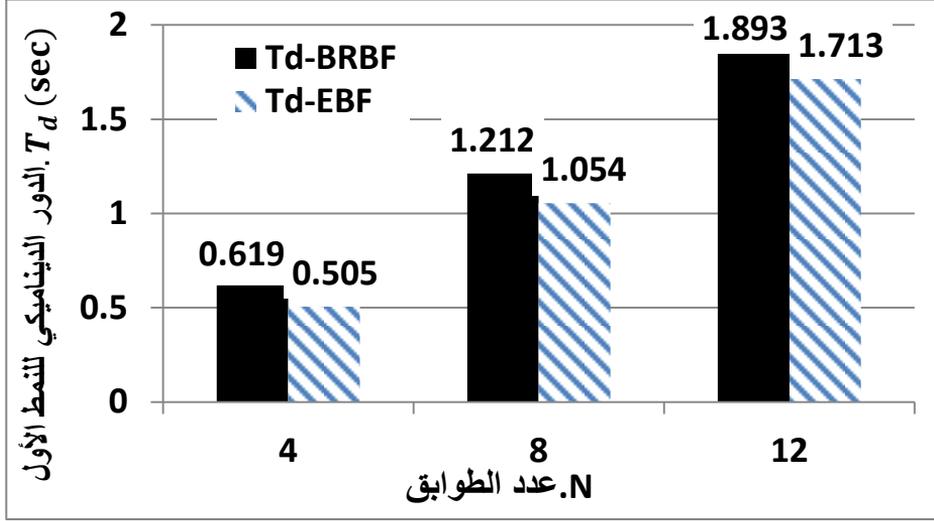
يبين الشكل (3-10) تغير قيم عامل تضخيم التشوهات ( $C_d$ ) بتغير عدد الطوابق N لنماذج الإطارات المربطة بتبريط مركزي ممنوع من التحنيب (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs). حيث يمثل المحور الأفقي عدد الطوابق ويمثل المحور الشاقولي عامل تضخيم التشوهات للإطارات المربطة بتبريط لامركزي وللإطارات المربطة بتبريط مركزي ممنوع من التحنيب بزيادة عدد الطوابق، بالإضافة لارتفاع قيم تضخيم التشوهات لحالة إطار مربط بتبريط لامركزي مقارنة مع إطار مربط بتبريط مركزي ممنوع من التحنيب لعدد محدد من الطوابق. حيث بلغت نسبة الارتفاع في قيم هذا العامل بين نوعي التبريط حوالي% (1.82, 3.9, 7.6) وذلك لحالة (4, 8, 12) طابق على التوالي. يستنتج

تقارب قيم عامل تضخيم التشوهات بين نوعي التربيط وذلك عند وصول الاستجابة إلى انتقال الهدف.



الشكل (3-10): تغير قيم عامل تضخيم التشوهات ( $C_d$ ) بتغير عدد الطوابق  $N$  لنماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيط (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs).

يبين الشكل (3-11) تغير قيم الدور الديناميكي ( $T_d$ ) الموافق للنمط الأول للاهتزاز بتغير عدد الطوابق  $N$  لنماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيط (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs). حيث يمثل المحور الأفقي عدد الطوابق ويمثل المحور الشاقولي الدور الديناميكي الموافق للنمط الأول للاهتزاز ( $T_d$ ). يلاحظ من الشكل (3-11) ارتفاع قيم الدور الديناميكي لحالة الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيط نتيجة انخفاض الصلابة الجانبية مقارنة مع الإطارات المربطة بتربيط لامركزي مما يؤدي إلى خفض القص القاعدي الأعظمي الناتج عن تحليل الدفع الجانبي. حيث بلغت نسبة الانخفاض في قيمة الدور الديناميكي بين نوعي التربيط حوالي (13.04, 9.51, 18.42%) وذلك لحالة (4, 8, 12) طابق على التوالي.



الشكل (3-11): تغير قيم الدور الديناميكي ( $T_d$ ) بتغير عدد الطوابق  $N$  لنماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs).

#### 4- النتائج ومناقشتها: Conclusion and Discussed

1- تتخفف قيم عامل تخفيض المطاوعة ( $R_d$ ) ، عامل زيادة المقاومة ( $\Omega_0$ )، عامل تعديل الاستجابة ( $R$ ) وعامل تضخيم التشوهات ( $C_d$ ) بزيادة عدد الطوابق وتغير نوع التربيط.

2- تملك الإطارات المربطة لامركزيًا من الشكل (K-EBFs) بعناصر ربط قصيرة (SHORT LINK) قيم مرتفعة لعامل تعديل الاستجابة، عامل زيادة المقاومة وعامل تخفيض التشوهات، وقيم أخفض لعامل تخفيض المطاوعة مقارنة بالإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب من الشكل (V-BRBFs) Invert.

3- الإطارات المربطة مركزياً بعناصر تربيط ممنوعة من التحنيب أكثر مرونة (أقل صلابة) من الإطارات المربطة بتربيط لامركزي، وبالتالي تحتاج إلى قوة دفع جانبي أقل للوصول إلى الانتقال الأعظمي مما يفسر ارتفاع قيم الدور

الديناميكي ( $T_d$ ) الموافق للنمط الأول للاهتزاز لحالة الإطارات المربطة مركزياً بعناصر تربيط ممنوعة من التحنيط مقارنة بالأخرى المربطة لامركزياً.

## 5 - التوصيات: Recommendations

- 1- بيان تأثير تغيير عدد الفتحات وبعد الفتحة عند المقارنة بين نوعي التربيط.
- 2- بيان تأثير تغيير شكل التربيط عند المقارنة بين نوعي التربيط.
- 3- إيجاد علاقة رياضية تربط بين عامل تعديل الاستجابة وارتفاع المبنى وبعد الفتحات.
- 4- بيان تأثير عدم الانتظام في المسقط الأفقي أو الشاقولي عند المقارنة بين نوعي التربيط.



## 6 - المراجع: Reference

- [1] ANSI/AISC 341-05, 2005- American Institute of Steel Construction, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, Chicago(IL).
- [2] Malley J. O. and Popov, E. P, (1983), Design of Links and Beam-to-Column Connection for Eccentrically Braced Frames, University of California at Berkeley, Earthquake Engineering Research Center, Report No. UCB/EERC-83/03
- [3] Kasai, K. and Popov, E. P, (1986a), A Study of Seismically Resistant Eccentrically Braced Steel Frame Systems, University of California at Berkeley, Earthquake Engineering Research Center, Report No. UCB/EERC-86/01.
- [4] Kersting, R. Fahnestock, L. and López, W 2016, Seismic design Of steel buckling-restrained braced frames: a guide for practicing Engineers, National Institute of Standards and Technology, NIST GCR 15-917-34.
- [5] FEMA-356, (2000)- Federal Emergency Management Agency, Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of building, Washington, DC.
- [6] FEMA-451B, 2007- Recommended Provisions for New Buildings and Other Structures: Training and Instructional Materials, Federal Emergency Management Agency, FEMA, Washington
- [7] CSI, "SAP 2000v15, 2011- Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Analysis Reference, Computers and Structures , University of California, Berkeley.
- [8] ABDOLLAHZADEH, Gh. BANIHASHEMI, MR. ELKAAE, S and ESMAEELNIA AMIRI, M 2012 Response Modification Factor of Dual Moment-Resistant Frame with Buckling Restrained Brace (BRB), Proceeding of 15th World Conferense of Eearthquake Eengineering, LISBOA, Vol. 1, 638-348
- [9] MASTRANDREA, L. NASTRI, E. and PILUSO, V 2013 Validation of a Design Procedure for Failure Mode Control of EB-

Frames: Push-Over and IDA Analyses, The Open Construction and Building Technology Journal, Vol. 7, 193-207.

[10] MAHMOUDI, M. and ESKANDARI, V 2013 The Effects of Height and Length of Link Beam on Response Modification Factors of Eccentrically Braced Steel Frames, Research in Civil and Environmental Engineering, Vol. 1, NO. 01, 41-53.

[11] ROZBAHANI, M. Touski, FF. and Alirezaei, M 2014 Calculating Behavior Capacity of Eccentrically Braced Frames Considering Bending-Shear Behavior of Link Beam, Advances in Environmental Biology, Vol. 8, NO. 16, 567-579.

[12] ANSI/AISC 360-05, 2005- American Institute of Steel Construction, Inc. (AISC) . Specification for structural steel buildings. Standard. Chicago (IL,USA).

[13] ASCE 7-05, 2005- Minimum Design Loads for Building and Other Structures, American Society of Civil Engineers, ASCE, Reston, Virginia,USA.

[14] NOUR EL-DIN, M. and KIM, J 2014 Seismic Performance of Pile-Founded Fixed Jacket Platforms with Chevron Braces, Structure and Infrastructure Engineering, Vol. 11, NO. 6, 776-795.

# تأثير تقوية الأعمدة باستخدام تقنية القميص البيتوني في السلوك الزلزالي للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة

طالبة الماجستير : مريم قيس الابراهيم

كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث

إشراف : د.م سليمان العامودي

## ملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير تقوية الأعمدة باستخدام تقنية القميص البيتوني على السلوك الزلزالي للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة و الغير المصممة على القوى الزلزالية.

تمّ تصميم الإطارات على القوى الشاقولية وفقاً لمتطلبات الكود العربي السوري ، ثمّ تحليلها لخطياً مع تطبيق قوة قص قاعدية متزايدة تدريجياً من الصفر حتى الوصول الى القوة الأعظمية ، بعد توزيعها على الطوابق بما يتناسب مع توزيع الكتل .

أخذت النماذج المدروسة بعين الاعتبار تغيير عدد الطوابق من طابق حتى أربعة طوابق ، كذلك سماكة القميص ، ونسبة مقاومة بيتون القميص الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي .

أظهرت النتائج فعالية التقوية في زيادة المقاومة الجانبية ، تخفيض الانتقالات الأفقية ، وتخفيض دور الاهتزاز لنماذج الإطارات المدروسة حيث تزداد هذه الفعالية مع زيادة كل من السماكة ونسبة مقاومة البيتون ، بينما تتناقص الفعالية مع زيادة عدد الطوابق .

كلمات مفتاحية : القميص البيتوني - تقوية - الأعمدة البيتونية المسلحة

## The Effect of Columns Strengthening Using Concrete Jacket Technique on the Seismic Behavior of the Reinforced Concrete One Bay Frame Structures

### Abstract

The main objective of this study is to investigate the effect of columns strengthening using concrete jacket technique on the seismic behavior of the reinforced concrete one- bay frame structures not designed for seismic forces .

The frames were designed on vertical loads according to the requirements of the Syrian Arab code , and then analyzed nonlinearly with applying a base shear force increasing gradually from zero until reaching the maximum force , after distributing it to the stories levels according to the masses distribution.

The models took into account the change of the number of stories from one to four , the change of jacket thickness , and the ratio of concrete compressive strength of the jacket to the concrete compressive strength of original section .

The results showed the efficiency of the concrete jacket in increasing the lateral resistance , reducing the horizontal displacements , and reducing the period of vibration for the studied models , whereas this efficiency increases by the increase in both of the thickness and concrete compressive strength . On the other hand , the efficiency will decrease by increasing the number of stories .

**KEYWORDS:** Concrete Jacket – strengthening – Reinforced concrete columns .

## تأثير تقوية الأعمدة باستخدام تقنية القميص البيتوني في السلوك الزلزالي للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة

### 1- مقدمة البحث :

تعد تقنية القميص البيتوني من أكثر الطرق شيوعاً في تقوية الأعمدة البيتونية المسلحة.

تتخذ القمصان البيتونية من خلال صب طبقة إضافية من البيتون بسماكة معينة حول  
العمود المنفذ مسبقاً بعد إضافة قضبان تسليح طولية وأساور عرضية .

تساهم هذه الطريقة في زيادة أبعاد المقطع العرضي، وبالتالي زيادة في صلابة ومقاومة  
العنصر المدروس .

ركزت العديد من الدراسات على البحث في تأثير القميص البيتوني كطريقة لتقوية الأعمدة  
البيتونية المسلحة على زيادة قدرة تحملها المحورية والانعطافية . كما درست التماسك بين  
كل من بيتون العمود والقميص .

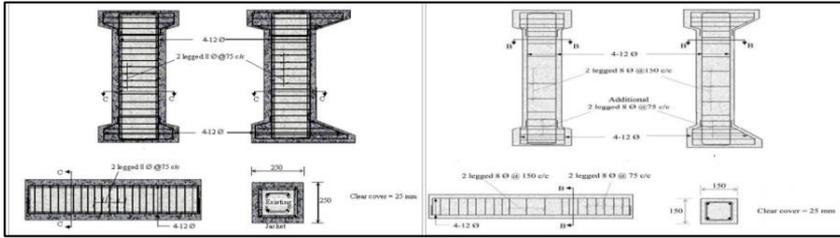
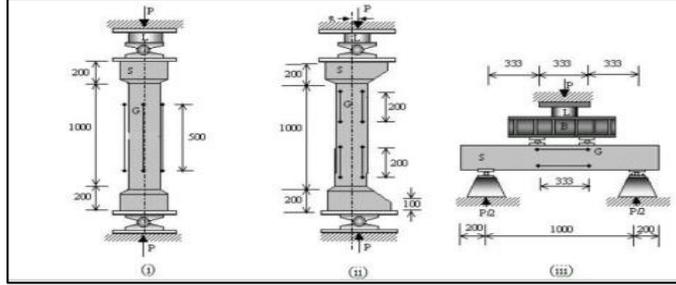
أغلب هذه الدراسات أشارت إلى المساهمة الفعالة لهذه الطريقة في زيادة مقاومة وصلابة  
الأعمدة البيتونية المسلحة .

قام البحث المرجعي [1] بدراسة 114 مبنى تم إعادة تأهيلها وتقويتها بعد زلزال  
مكسيكو عام 1985 ، حيث توصل الى أن الطريقة الأكثر شيوعاً في التقوية هي  
استخدام القميص البيتوني .

أشار البحث المرجعي [2] إلى أنه يكفي تخشين سطح البيتون القديم دون استخدام أي  
مواد كيميائية لتحقيق تماسك جيد بين كل من البيتونين القديم والجديد .

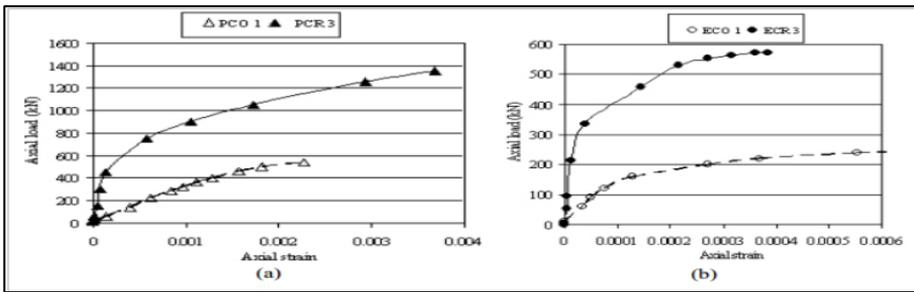
تم في هذا البحث إجراء تجارب على مجموعة من نماذج الأعمدة بهدف التحقق من  
مساهمة التقوية في زيادة قدرة تحملها الانعطافية والمحورية . تم اختبار 9 عينات مرجعية  
بدون تقوية و 9 عينات بعد التقوية ( 3 عينات على الضغط المركزي ، 3 عينات على

الضغط اللامركزي ، و 3 عينات على الانعطاف ) ويبين الشكل (1-1) تفاصيل العينات المختبرة قبل وبعد التقوية .

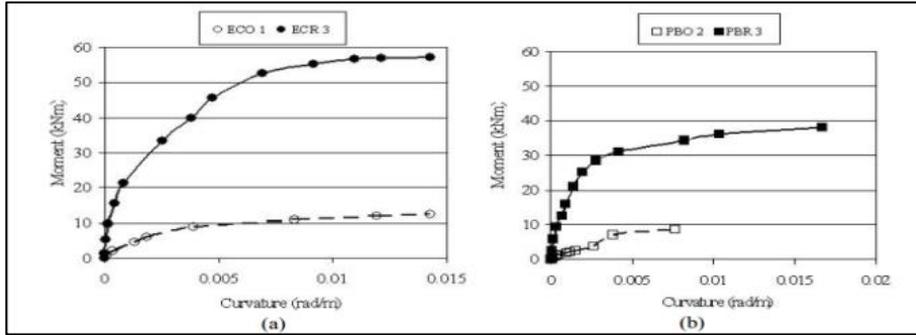


الشكل (1-1) : تفاصيل عينات الأعمدة المختبرة في الدراسة المرجعية [2] .

بينت النتائج التجريبية لاختبار العينات السابقة أن تقوية الأعمدة باستخدام القميص البيتوني تساهم في زيادة قدرة تحمل الأعمدة على الانعطاف بشكل ملحوظ وصلت وسطياً حتى 418% بينما وصل مقدار الزيادة في المقاومة المحورية على الضغط حتى 262% والاشكال التالية توضح مقارنة نتائج الاختبار للعينات السابقة .

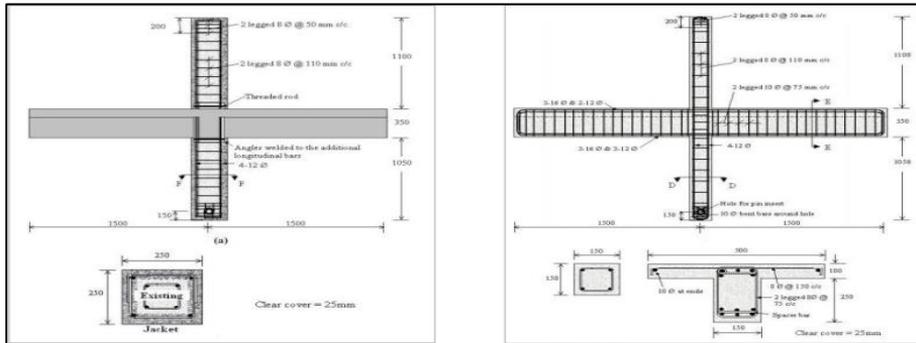


الشكل (1-2) : مقارنة منحنيات القوة المحورية مع التشوه المقابل للعينات المختبرة في الدراسة المرجعية [2] قبل وبعد التقوية a - ضغط مركزي b - ضغط لامركزي



الشكل (3-1): مقارنة منحنيات العزم - التقوس للعينات المختبرة في الدراسة المرجعية [2] قبل وبعد التقوية a - ضغط لامركزي b - انعطاف

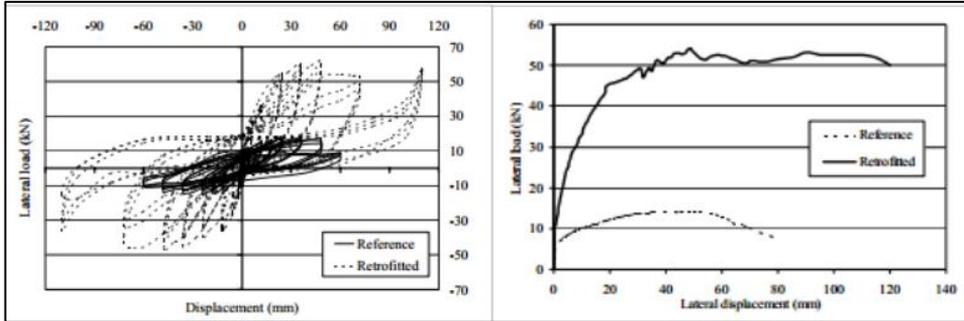
تمّ أيضاً في هذا البحث اجراء تجربة اختبار عقدة جاذز-عمود تحت تأثير حملات أفقية متزايدة تدريجياً وحملات دورية بهدف الحصول على منحنى الدفع (القوة الجانبية مع الانتقال الافقي المقابل لها) ، ويوضح الشكل (4-1) تفاصيل العقدة المختبرة .



الشكل (4-1) : تفاصيل العقدة المختبرة في الدراسة المرجعية [2] قبل وبعد التقوية .

بينت النتائج أنّ استخدام القميص البيتوني في تقوية الأعمدة ساهم في زيادة المقاومة الجانبية للعقدة بمقدار 180% تحت تأثير حملات ستاتيكية متزايدة تدريجياً وبمقدار 330% مرة تحت تأثير الأحمال الدورية ، كما ساهمت التقوية في تحسين قدرة الأعمدة على امتصاص الطاقة بمقدار 280% تحت تأثير التحميل الستاتيكي و 310% تحت تأثير الأحمال الدورية .

والشكل (1-5) يوضح مقارنة منحنيات الدفع قبل وبعد التقوية في حالتي الاختبار .

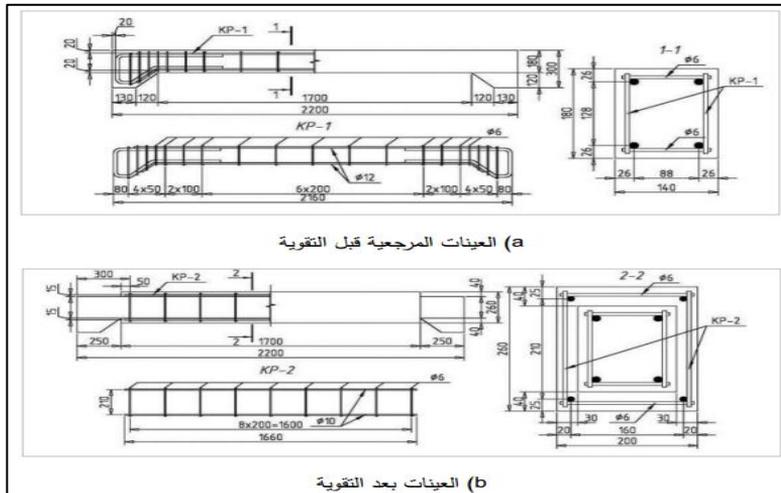


الشكل (1-5) مقارنة منحنيات الدفع للعقدة المختبرة في الدراسة المرجعية [2] قبل

وبعد التقوية تحت تأثير حمولات ستاتيكية متزايدة تدريجياً وحمولات دورية .

ركز البحث المرجعي [3] على دراسة تأثير التحميل المسبق للأعمدة على زيادة المقاومة نتيجة التقوية باستخدام القميص البيتوني .

قام الباحثون باختبار 12 عمود تجريبياً حتى الانهيار ، وقد تم تنفيذ التقوية عند مستويات تحميل مختلفة تراوحت بين عينات بدون تحميل مسبق إلى عينات تم تحميلها مسبقاً حتى 90% من حمولتها الحدية ، ويوضح الشكل (1-6) مواصفات العينات المختبرة .

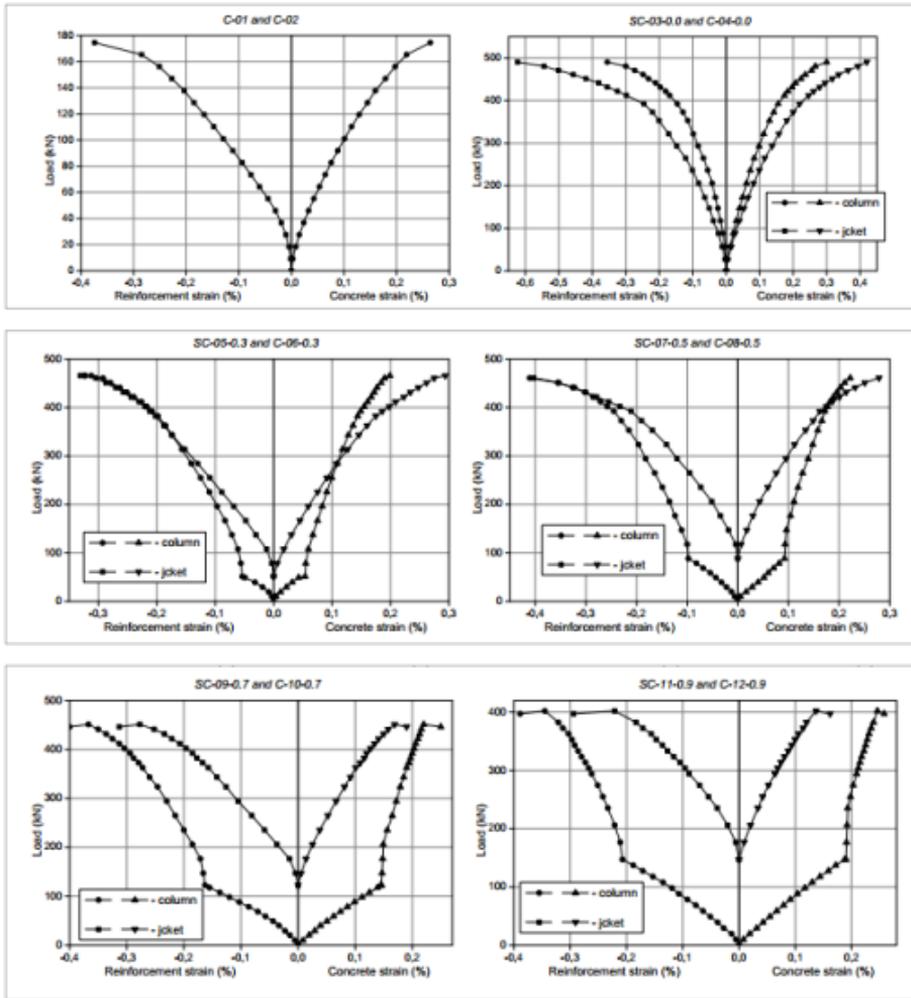


الشكل (1-6) : مواصفات العينات المختبرة في الدراسة المرجعية [3] قبل وبعد التقوية



أشارت نتائج التجارب إلى أنّ استخدام هذه التقنية يكون فعال حتى لو استنفذت كامل مقاومة العمود ، حيث أنّ العينات التي تم تقويتها بعد تحميلها حتى 90% من حملتها الحدية أبدت زيادة بالمقاومة بمقدار 243% .

الشكل (1-7) يوضح نتائج التجارب على العينات المختبرة عند المستويات المختلفة من التحميل .



الشكل (1-7): المخططات التجريبية بين الحمولة المطبقة والتشوهات الناتجة في كل من البيتون والفولاذ لكافة العينات المختبرة في الدراسة المرجعية [3] .

قام البحث المرجعي [4] بإجراء محاكاة زلزالية لأعمدة بيتونية مسلحة متضررة وغير متضررة ، حيث أبدت العينات قبل التقوية مقدار قليل من المطاوعة وتدهور كبير في المقاومة أثناء الاختبار ، بينما أبدت العينات بعد التقوية سلوك مطاوع مع صلابة ومقاومة عاليتين .

أشار البحث أيضاً الى أن الأذى المسبق للعمود ليس له تأثير مهم على السلوك الزلزالي الكلي للمنشأ .

## **2- هدف البحث :**

على الرغم من تركيز الأبحاث على دراسة تأثير استخدام القميص البيتوني كطريقة لتقوية الأعمدة ، إلا أنها أهملت دراسة تأثيرها على سلوك الإطارات البيتونية غير المصممة على قوى زلزالية .

وبالتالي يهدف هذا البحث الى دراسة تأثير استخدام القميص البيتوني كطريقة لتقوية الأعمدة البيتونية المسلحة على الأداء الزلزالي لإطارات بيتونية مسلحة بفتحة واحدة و غير مصممة على تراكيب الأحمال الزلزالية مع تغيير عدد الطوابق من طابق واحد حتى أربعة طوابق ومع إدخال تأثير بعض المتغيرات الخاصة بالقميص مثل سماكة القميص ونسبة مقاومة بيتونه الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي قبل التقوية .

## **3- وصف النماذج التحليلية :**

تمّ في هذا البحث دراسة 88 نموذجاً لإطارات بيتونية مسلحة بفتحة واحدة مجازها 3.9m مع الأخذ بعين الاعتبار المتغيرات التالية :

1- عدد الطوابق : تم دراسة نماذج الإطارات مع تغيير عدد الطوابق من إطارات بطابق واحد حتى أربعة طوابق حيث كان الارتفاع الطابقي 3.5m .

2- سماكة القميص البيتوني :

الجدول (3-1): السماكات المعتمدة للقميص البيتوني

$t_{j1}$	10 cm
$t_{j2}$	15 cm
$t_{j3}$	20 cm

3- نسبة مقاومة بيتون القميص إلى مقاومة بيتون المقطع الأصلي :

الجدول (3-2) : النسب المعتمدة للمقاومات

$f'c_o$	$f'c_j$	$\frac{f'c_j}{f'c_o}$
20 Mpa	18 Mpa	0.9
	20 Mpa	1
	22 Mpa	1.1
	24 Mpa	1.2
	26 Mpa	1.3
	28 Mpa	1.4
	30 Mpa	1.5

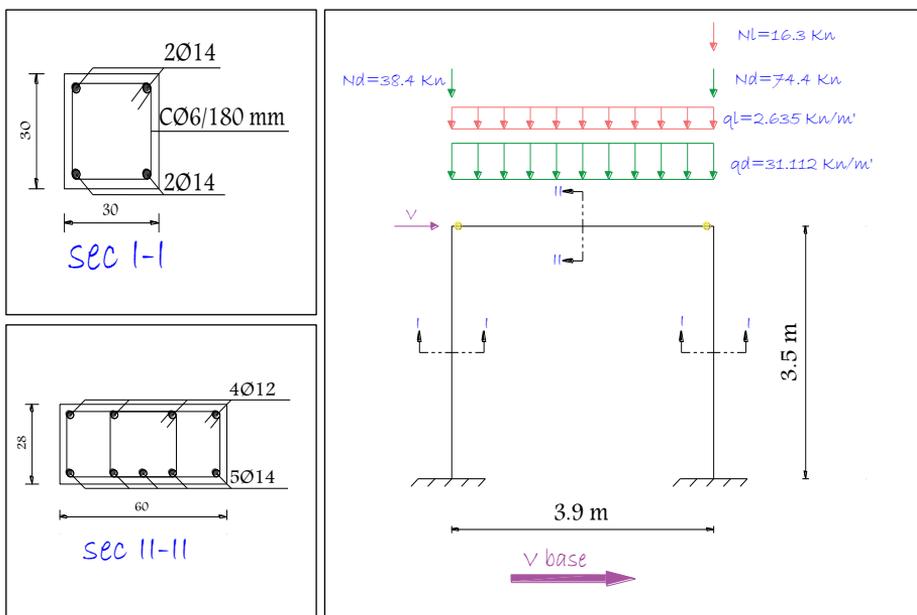
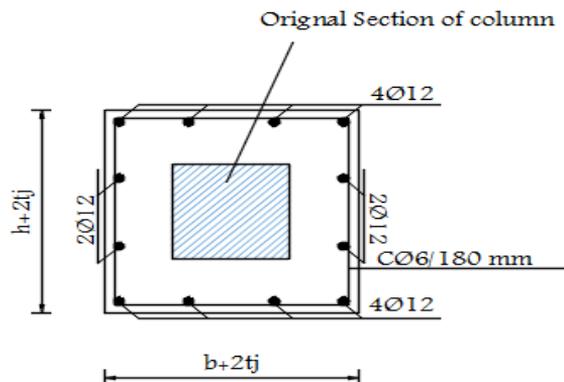
مقاومة البيتون المستخدم في الإطارات كانت  $f'c = 20 \text{ Mpa}$  أما اجهاد خضوع الفولاذ فكان  $f_y = 360 \text{ Mpa}$  .

تمّ اعتماد تسليح ثابت للقميص في كل النماذج المدروسة وهو عبارة عن أربع قضبان قطر 12 mm في كل جهة .

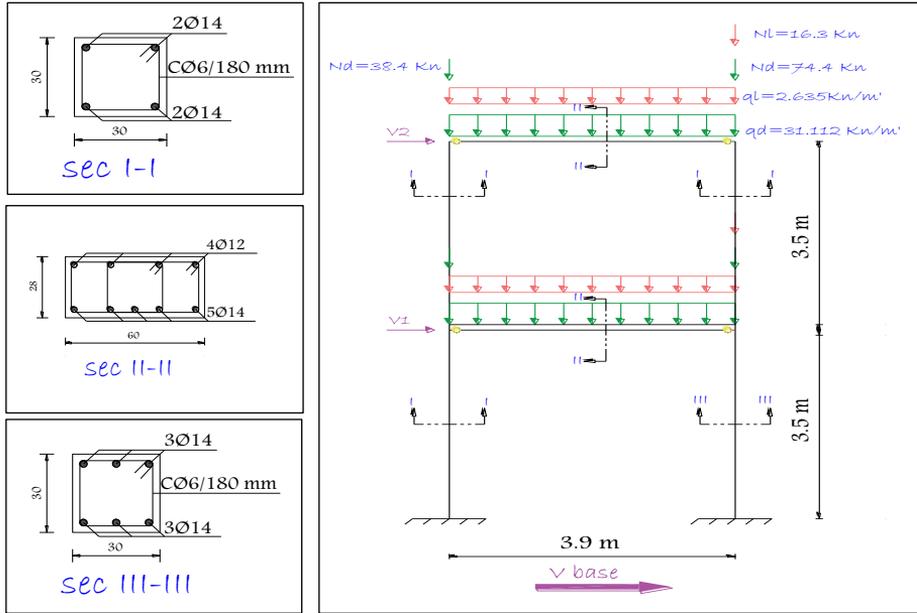
نماذج الإطارات عند كل عدد معين من الطوابق تم تصميمها على الحمولات الشاقولية وفقاً للكود العربي السوري [5] ، ثم تحليلها لاختطياً مع تطبيق قوة قص قاعدي  $V$  متزايدة تدريجياً من الصفر حتى القوة الأعظمية بعد توزيعها في كل مرة على الطوابق بما يتناسب مع توزع الكتل .

الأشكال التالية توضح الأبعاد ، الحمولات ، والمقاطع العرضية لنماذج الإطارات المدروسة :

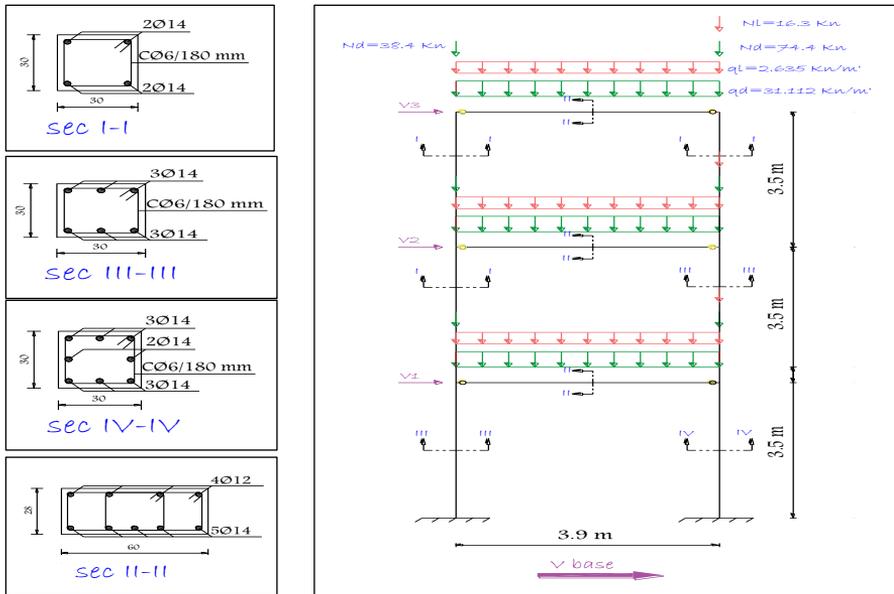
الشكل (3-1) : نموذج  
يوضح تفاصيل القميص  
البيتوني المستخدم في تقوية  
أعمدة الإطارات .



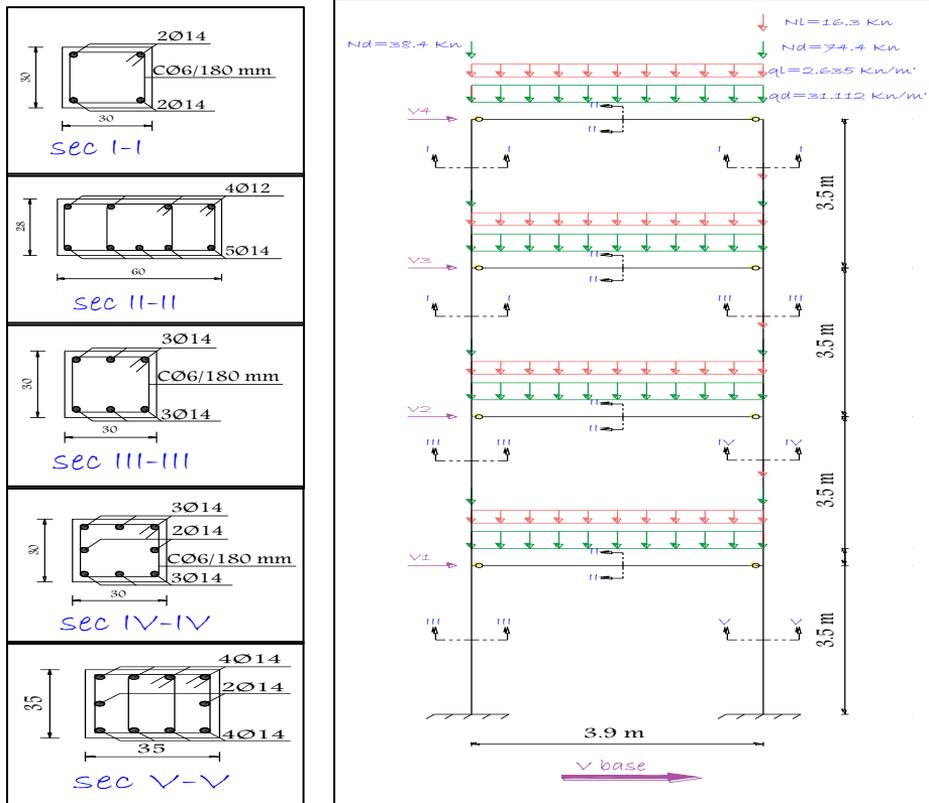
الشكل (3-2) : التفاصيل الإنشائية لنماذج الإطارات بطابق واحد



الشكل (3-3) : التفاصيل الإنشائية لنماذج الإطارات بطابقين



الشكل (3-4) : التفاصيل الإنشائية لنماذج الإطارات بثلاث طوابق



الشكل (3-5) : التفاصيل الإنشائية لنماذج الإطارات بأربع طوابق

#### 4- نتائج التحليل :

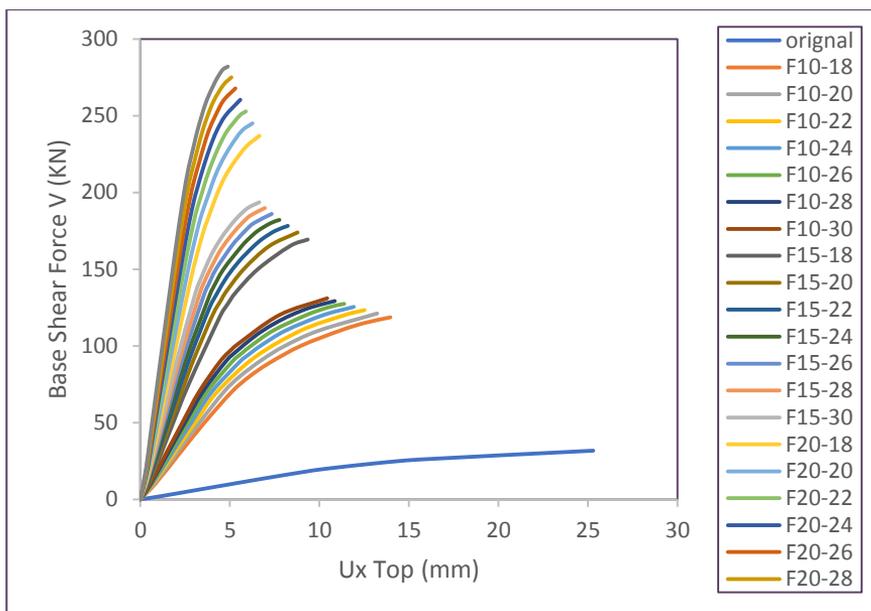
توضح الجداول المعروضة لاحقاً نتائج التحليل للنماذج المدروسة ، حيث تمت مقارنة القوة الجانبية والتي تمثل 75% من القوة الأعظمية ، الانتقال المقابل لهذه القوة ، ودور الاهتزاز لنماذج الإطارات بعد التقوية مع نموذج الاطار المرجعي قبل التقوية .

في كل مرة تمّ رسم منحنيات الأداء للنماذج المدروسة ، والتي تربط بين قوة القص القاعدي والانتقال الأفقي بأعلى عقدة من الاطار .

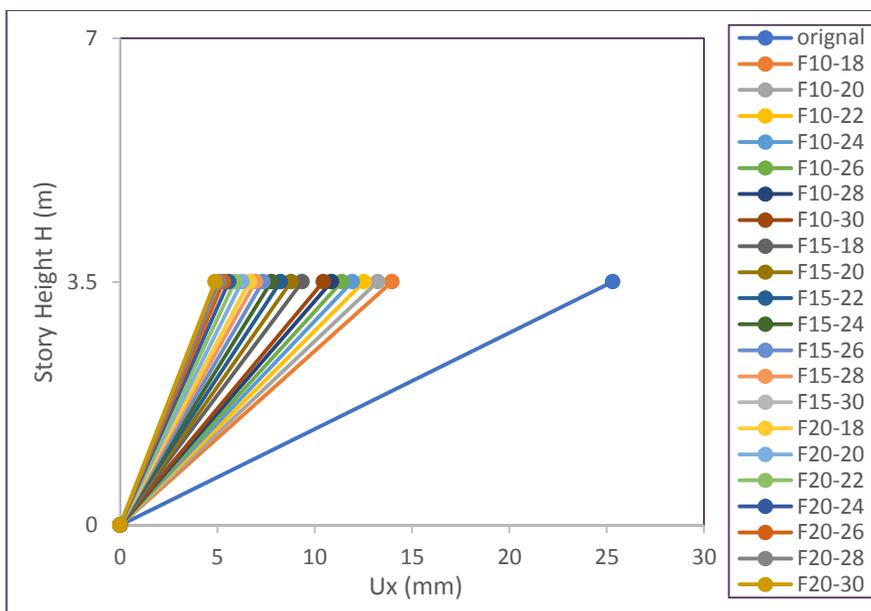
4-1 : نماذج الإطارات بطابق واحد :

الجدول (4-1) : نتائج تحليل نماذج الإطارات بطابق واحد وفتحة واحدة

	$\frac{f'c_j}{f'c_o}$	$V_{base}(KN)$	$T1(Sec)$	$Ux_{top}(mm)$	$\frac{V_j}{V_o}$	$\frac{Ux_j}{Ux_o}$	$\frac{T_j}{T_o}$
original		23.775	0.696	13.391			
F10-18	0.9	88.95	0.2665	7.217	3.741	0.539	0.383
F10-20	1	90.825	0.2557	6.781	3.820	0.506	0.367
F10-22	1.1	92.475	0.246	6.379	3.890	0.476	0.353
F10-24	1.2	94.05	0.2375	6.021	3.956	0.450	0.341
F10-26	1.3	95.55	0.23	5.704	4.019	0.426	0.330
F10-28	1.4	96.9	0.223	5.411	4.076	0.404	0.320
F10-30	1.5	98.25	0.216	5.150	4.132	0.385	0.310
F15-18	0.9	126.975	0.192	4.862	5.341	0.363	0.276
F15-20	1	130.425	0.184	4.539	5.486	0.339	0.264
F15-22	1.1	133.65	0.176	4.257	5.621	0.318	0.253
F15-24	1.2	136.575	0.169	4.005	5.744	0.299	0.243
F15-26	1.3	139.5	0.163	3.788	5.868	0.283	0.234
F15-28	1.4	142.35	0.158	3.597	5.987	0.269	0.227
F15-30	1.5	145.2	0.153	3.431	6.107	0.256	0.220
F20-18	0.9	177.675	0.146	3.605	7.473	0.269	0.210
F20-20	1	183.75	0.139	3.371	7.729	0.252	0.200
F20-22	1.1	189.6	0.133	3.173	7.975	0.237	0.191
F20-24	1.2	195.3	0.1275	3.004	8.215	0.224	0.183
F20-26	1.3	200.85	0.123	2.857	8.448	0.213	0.177
F20-28	1.4	206.25	0.12	2.728	8.675	0.204	0.172
F20-30	1.5	211.5	0.115	2.613	8.896	0.195	0.165



الشكل (4-1) : مقارنة منحنيات الأداء  $V_{base} - Ux_{Top}$  لنماذج الإطارات بطابق واحد



الشكل (4-2) : مقارنة الانتقالات الطابقية لنماذج الإطارات بطابق واحد



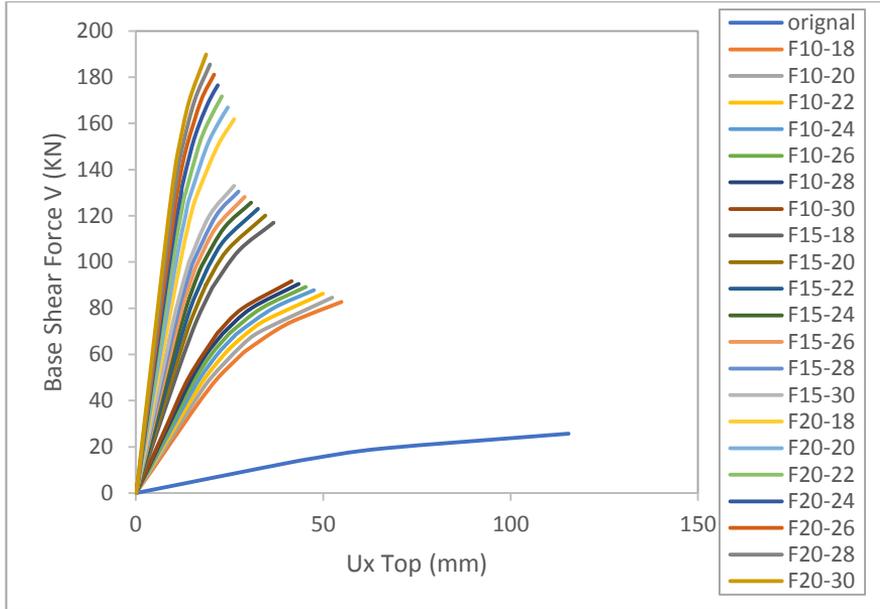
من خلال المنحنيات السابقة نلاحظ أنّ تحسين مواصفات التقوية من خلال زيادة سماكة القميص ، وزيادة نسبة مقاومة بيتونه الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي سوف يساهم في زيادة المقاومة الجانبية للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة وطابق واحد بنسب تراوحت بين %374.1 حتى %889.6 .

كما ساهمت التقوية في تخفيض الانتقالات الافقية لنماذج الإطارات المدروسة بنسب تراوحت بين %46.1 حتى %80.48 ، وتخفيض دور الاهتزاز بنسب بين %61.71 حتى %83.48 .

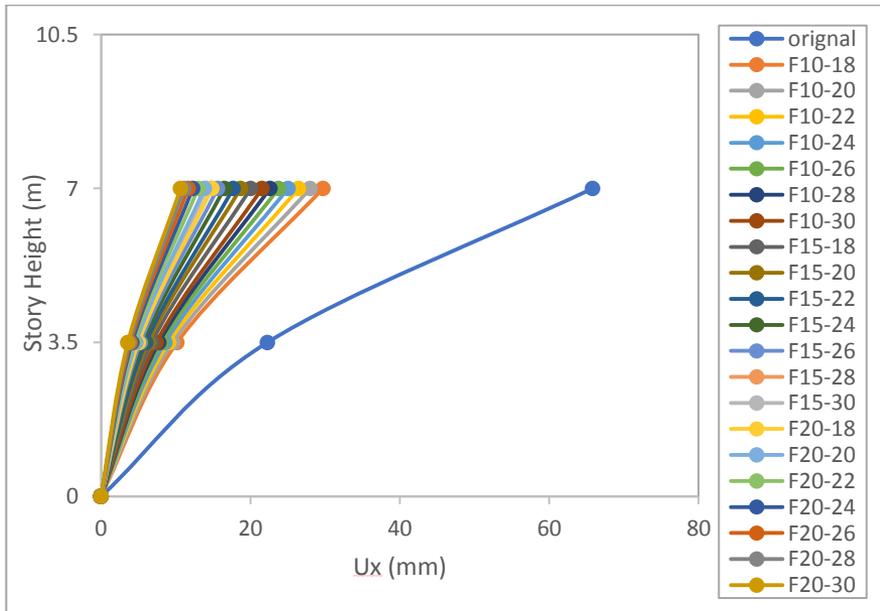
## 4-2: نماذج الإطارات بطابقين :

الجدول (4-2) : نتائج تحليل نماذج الإطارات بطابقين

	$\frac{f'c_j}{f'c_o}$	$V_{base}(KN)$	$T1(Sec)$	$Ux_{top}(mm)$	$\frac{V_j}{V_o}$	$\frac{Ux_j}{Ux_o}$	$\frac{T_j}{T_o}$
original		19.275	1.935	65.816			
F10-18	0.9	62.025	0.814	29.731	3.218	0.452	0.421
F10-20	1	63.45	0.781	28.008	3.292	0.426	0.404
F10-22	1.1	64.725	0.752	26.450	3.358	0.402	0.389
F10-24	1.2	65.85	0.725	25.035	3.416	0.380	0.375
F10-26	1.3	66.9	0.701	23.764	3.471	0.361	0.362
F10-28	1.4	67.875	0.679	22.612	3.521	0.344	0.351
F10-30	1.5	68.775	0.66	21.559	3.568	0.328	0.341
F15-18	0.9	87.75	0.587	20.036	4.553	0.304	0.303
F15-20	1	90.075	0.56	18.686	4.673	0.284	0.289
F15-22	1.1	92.25	0.537	17.713	4.786	0.269	0.278
F15-24	1.2	94.275	0.516	16.507	4.891	0.251	0.267
F15-26	1.3	96.15	0.5	15.607	4.988	0.237	0.258
F15-28	1.4	97.875	0.481	14.807	5.078	0.225	0.249
F15-30	1.5	99.75	0.466	14.141	5.175	0.215	0.241
F20-18	0.9	121.35	0.445	14.819	6.296	0.225	0.230
F20-20	1	125.175	0.424	13.834	6.494	0.210	0.219
F20-22	1.1	128.775	0.406	12.992	6.681	0.197	0.210
F20-24	1.2	132.375	0.389	12.288	6.868	0.187	0.201
F20-26	1.3	135.825	0.375	11.675	7.047	0.177	0.194
F20-28	1.4	139.125	0.362	11.133	7.218	0.169	0.187
F20-30	1.5	142.35	0.35	10.656	7.385	0.162	0.181



الشكل (3-4) : مقارنة منحنيات الأداء  $V_{base} - Ux_{Top}$  لنماذج الإطارات بطابقين



الشكل (4-4) : مقارنة الانتقالات الطابقية لنماذج الإطارات بطابقين

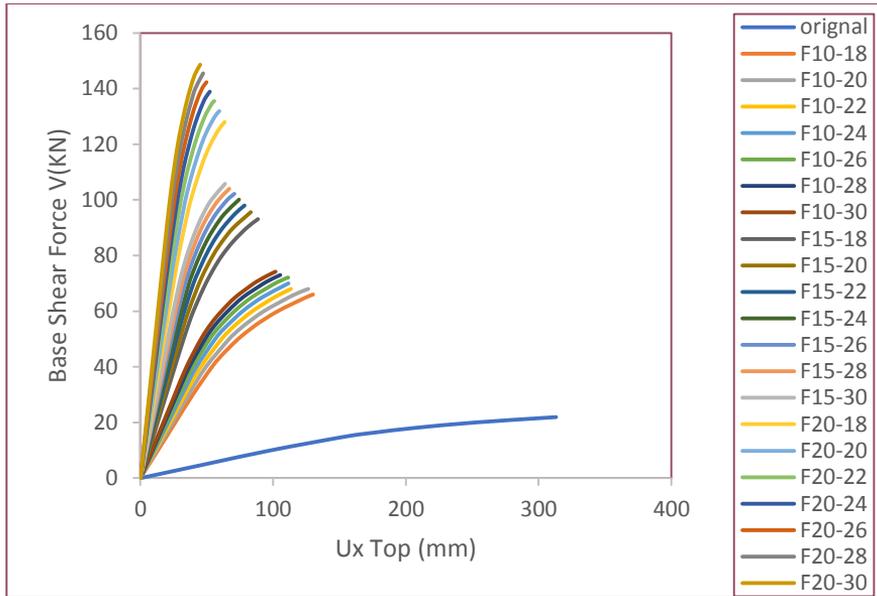
من خلال المنحنيات السابقة نلاحظ أنَّ تحسين مواصفات التقوية من خلال زيادة سماكة القميص ، وزيادة نسبة مقاومة بيتونه الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي سوف يساهم في زيادة المقاومة الجانبية للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة وطابقين بنسب تراوحت بين %321.8 حتى %738.5 .

كما ساهمت التقوية في تخفيض الانتقالات الأفقية لنماذج الإطارات المدروسة بنسب تراوحت بين %54.8 حتى %83.8 ، وتخفيض دور الاهتزاز بنسب بين %57.9 حتى %81.9 .

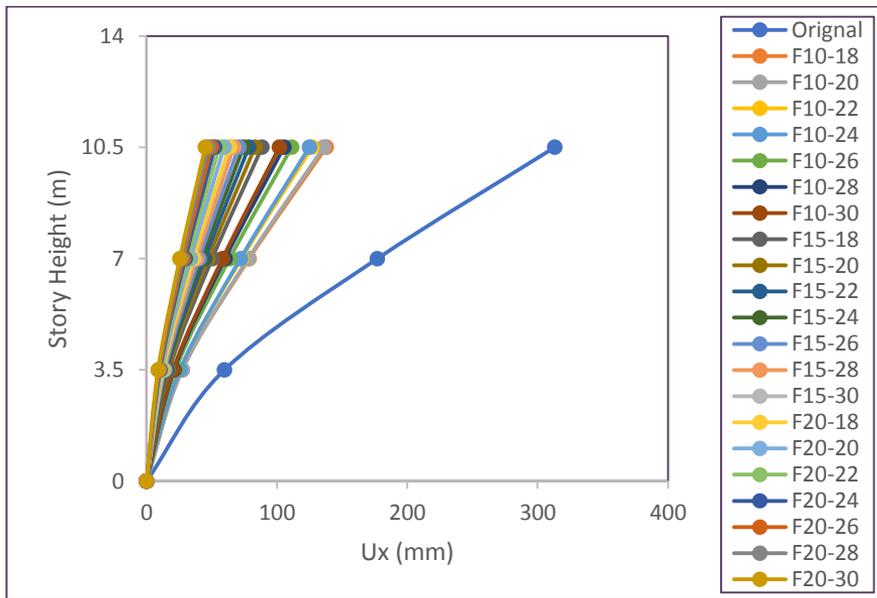
4-3: نماذج الإطارات بثلاث طوابق :

الجدول (4-3) : نتائج تحليل نماذج الإطارات بثلاث طوابق

	$\frac{f'c_j}{f'c_o}$	$V_{base}(KN)$	$T1(Sec)$	$Ux_{top}(mm)$	$\frac{V_j}{V_o}$	$\frac{Ux_j}{Ux_o}$	$\frac{T_j}{T_o}$
original		16.448	4.24	177.838			
F10-18	0.9	50.250	1.61	74.1982	3.055	0.417	0.380
F10-20	1	51.750	1.548	70.6068	3.146	0.397	0.365
F10-22	1.1	52.500	1.49	66.0065	3.192	0.371	0.351
F10-24	1.2	53.550	1.44	62.6723	3.256	0.352	0.340
F10-26	1.3	54.075	1.388	58.8715	3.288	0.331	0.327
F10-28	1.4	54.750	1.345	55.8069	3.329	0.314	0.317
F10-30	1.5	55.650	1.306	53.4657	3.383	0.301	0.308
F15-18	0.9	69.825	1.165	49.0879	4.245	0.276	0.275
F15-20	1	71.700	1.112	45.8071	4.359	0.258	0.262
F15-22	1.1	73.500	1.065	43.0204	4.469	0.242	0.251
F15-24	1.2	75.075	1.024	40.4924	4.565	0.228	0.242
F15-26	1.3	76.650	0.987	38.3373	4.660	0.216	0.233
F15-28	1.4	78.000	0.954	36.3185	4.742	0.204	0.225
F15-30	1.5	79.350	0.924	34.5613	4.824	0.194	0.218
F20-18	0.9	96.000	0.886	35.8804	5.837	0.202	0.209
F20-20	1	98.925	0.843	33.4304	6.015	0.188	0.199
F20-22	1.1	101.625	0.806	31.3283	6.179	0.176	0.190
F20-24	1.2	104.175	0.774	29.5183	6.334	0.166	0.183
F20-26	1.3	106.725	0.745	27.9856	6.489	0.157	0.176
F20-28	1.4	109.125	0.719	26.6232	6.635	0.150	0.170
F20-30	1.5	111.450	0.696	25.421	6.776	0.143	0.164



الشكل (4-5) : مقارنة منحنيات الأداء  $V_{base} - Ux_{Top}$  لنماذج الإطارات بثلاث طوابق .



الشكل (4-6) : مقارنة منحنيات الانتقالات الطابقية لنماذج الإطارات بثلاث طوابق

من خلال المنحنيات السابقة نلاحظ أنَّ تحسين مواصفات التقوية من خلال زيادة سماكة القميص ، وزيادة نسبة مقاومة بيتونه الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي سوف يساهم في زيادة المقاومة الجانبية للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة وثلاث طوابق بنسب تراوحت بين %305.5 حتى %677.6 .

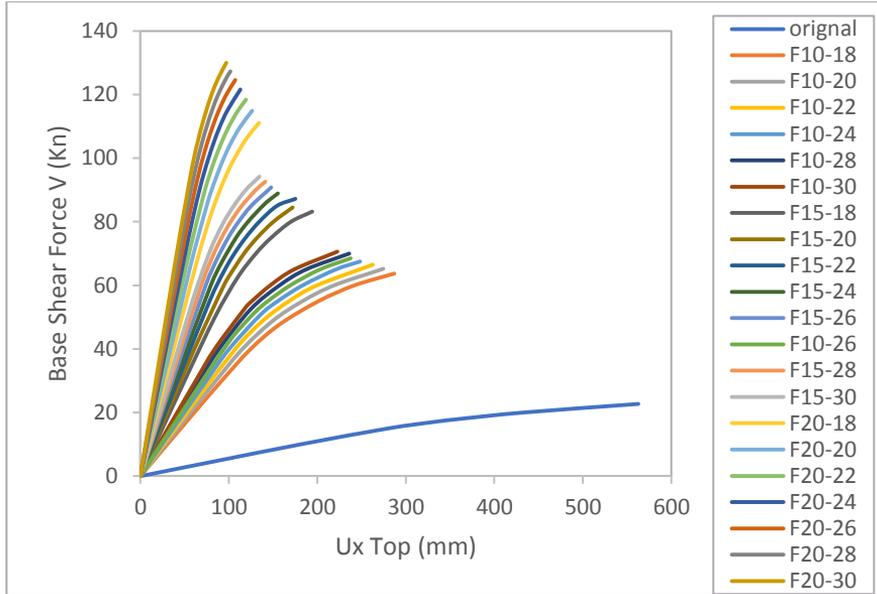
كما ساهمت التقوية في تخفيض الانتقالات الأفقية لنماذج الإطارات المدروسة بنسب تراوحت بين %58.3 حتى %85.7 ، وتخفيض دور الاهتزاز بنسب بين %62 حتى %83.6 .

#### 4-4: نماذج الإطارات بأربع طوابق :

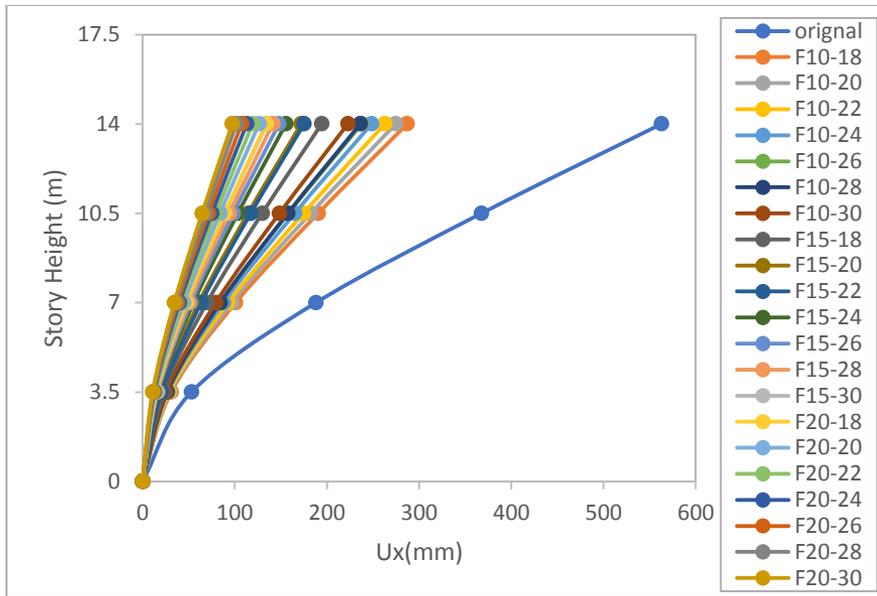
الجدول (4-4) : نتائج تحليل نماذج الإطارات بأربع طوابق

	$\frac{f'c_j}{f'c_o}$	$V_{base}(KN)$	$T1(Sec)$	$Ux_{top}(mm)$	$\frac{V_j}{V_o}$	$\frac{Ux_j}{Ux_o}$	$\frac{T_j}{T_o}$
Original		17.025	6.387	331.439			
F10-18	0.9	47.775	2.750	157.694	2.806	0.476	0.431
F10-20	1	48.900	2.650	149.885	2.872	0.452	0.415
F10-22	1.1	49.875	2.555	142.561	2.930	0.430	0.400
F10-24	1.2	50.625	2.470	135.301	2.974	0.408	0.387
F10-26	1.3	51.375	2.398	128.942	3.018	0.389	0.375
F10-28	1.4	52.500	2.340	124.692	3.084	0.376	0.366
F10-30	1.5	52.950	2.270	118.624	3.110	0.358	0.355
F15-18	0.9	62.400	2.077	109.746	3.665	0.331	0.325
F15-20	1	63.375	1.986	101.322	3.722	0.306	0.311
F15-22	1.1	65.400	1.906	96.384	3.841	0.291	0.298
F15-24	1.2	66.675	1.830	90.797	3.916	0.274	0.287
F15-26	1.3	68.100	1.770	86.270	4.000	0.260	0.277
F15-28	1.4	69.450	1.713	82.230	4.079	0.248	0.268
F15-30	1.5	70.650	1.660	78.472	4.150	0.237	0.260
F20-18	0.9	83.325	1.606	81.077	4.894	0.245	0.251
F20-20	1	86.175	1.530	76.107	5.062	0.230	0.240
F20-22	1.1	88.800	1.465	71.766	5.216	0.217	0.229
F20-24	1.2	91.200	1.407	67.908	5.357	0.205	0.220
F20-26	1.3	93.450	1.355	64.493	5.489	0.195	0.212
F20-28	1.4	95.475	1.309	61.370	5.608	0.185	0.205
F20-30	1.5	97.500	1.267	58.656	5.727	0.177	0.198





الشكل (4-7) : مقارنة منحنيات الأداء  $V_{base} - Ux_{Top}$  لنماذج الإطارات بأربع طوابق .



الشكل (4-8) : مقارنة الانتقالات الطابقية لنماذج الإطارات بأربع طوابق .

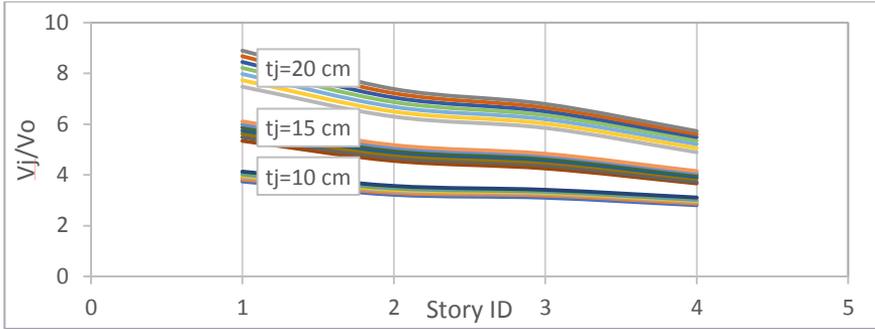
من خلال المنحنيات السابقة نلاحظ أنَّ تحسين مواصفات التقوية من خلال زيادة سماكة القميص ، وزيادة نسبة مقاومة بيتونه الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي سوف يساهم في زيادة المقاومة الجانبية للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة وأربع طوابق بنسب تراوحت بين 280.6% حتى 572.7% .

كما ساهمت التقوية في تخفيض الانتقالات الأفقية لنماذج الإطارات المدروسة بنسب تراوحت بين 52.4% حتى 82.3% ، وتخفيض دور الاهتزاز بنسب بين 56.9% حتى 80.2% .

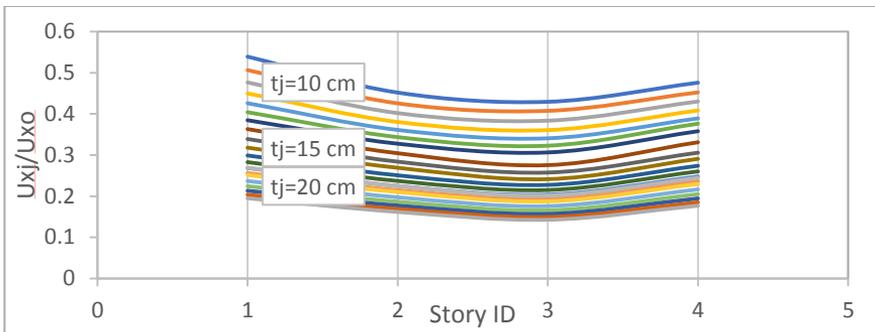
تمَّ تلخيص نتائج تحليل الإطارات في كافة الطوابق كما هو موضح في الجدول (4-5):

**الجدول (4-5) : مقارنة تأثير التقوية على زيادة المقاومة الجانبية ، تخفيض الانتقالات الأفقية ، وتخفيض دور الاهتزاز الأساسي للنماذج المدروسة**

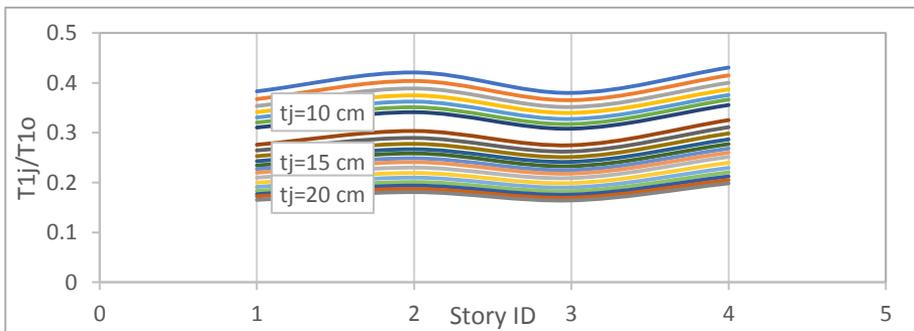
$\frac{f'c_j}{f'c_o}$	عدد الطوابق	سماكة القميص	مقدار الزيادة في المقاومة الجانبية نسبة الى النموذج قبل التقوية	مقدار التناقص في الانتقالات الأفقية نسبة الى انتقالات النموذج قبل التقوية	مقدار التناقص في دور الاهتزاز الأساسي نسبة الى دور الاهتزاز للنموذج قبل التقوية
0.9-1.5	1	10 cm	374.1%-415.3%	46.1%-61.5%	61.7%-69%
		15 cm	534.1%-610.7%	63.7%-74.4%	72.4%-77.8%
		20 cm	747.3%-889.6%	73.1%-80.5%	79%-83.5%
	2	10 cm	321.8%-356.8%	54.8%-67.2%	57.9%-65.9%
		15 cm	455.3%-517.5%	69.6%-78.5%	69.7%-75.9%
		20 cm	629.6%-738.5%	77.5%-83.8%	77%-81.9%
	3	10 cm	305.5%-338.3%	58.13%-69.9%	62%-69.2%
		15 cm	424.5%-482.4%	72.4%-80.6%	72.5%-78.2%
		20 cm	583.7%-677.6%	79.8%-85.7%	79.1%-83.6%
	4	10 cm	280.6%-311%	52.4%-64.2%	56.9%-64.5%
		15 cm	366.5%-415%	66.9%-76.3%	67.5%-74%
		20 cm	489.4%-572.7%	75.5%-82.3%	74.9%-80.2%



الشكل (9-4) : مقارنة تأثير التقوية على زيادة المقاومة الجانبية للنماذج المدروسة مع تغيير عدد الطوابق



الشكل (10-4) : مقارنة تأثير التقوية على تخفيض الانتقالات الأفقية للنماذج المدروسة مع تغيير عدد الطوابق



الشكل (11-4) : مقارنة تأثير التقوية على تخفيض دور الاهتزاز الأساسي للنماذج المدروسة مع تغيير عدد الطوابق

من خلال الشكل (9-4) نلاحظ الزيادة في المقاومة الجانبية للإطارات بفتحة واحدة تكون أكبر ما يمكن للنماذج بطابق واحد عند استخدام قميص بيتوني بسماكة 20 cm ونسبة مقاومة 1.5 ، بينما تتناقص مع زيادة عدد الطوابق بمقدار 35.62% مقارنة مع الاطارات بأربع طوابق وعند استخدام نفس المواصفات للتقوية .

بينما تظهر الأشكال (10-4) و (11-4) التقارب في أثر التقوية على تخفيض كل من الانتقالات الأفقية ودور الاهتزاز الأساسي مع زيادة عدد الطوابق عند المواصفات المختلفة للتقوية .

### 5- تحديد خيار التقوية المناسب لنماذج الإطارات بفتحة واحدة :

بهدف تحديد خيار التقوية المناسب لنماذج الإطارات بفتحة واحدة مع تغيير عدد الطوابق تم حساب قوة القص القاعدي الاعظمية المتوقع أن يتعرض لها كل نموذج من النماذج المدروسة وفق للطريقة الستاتيكية المكافئة المعتمدة في الكود العربي السوري [6] وذلك عند كل تسارع للمنطقة الزلزالية وعند كل صنف من أصناف التربة .

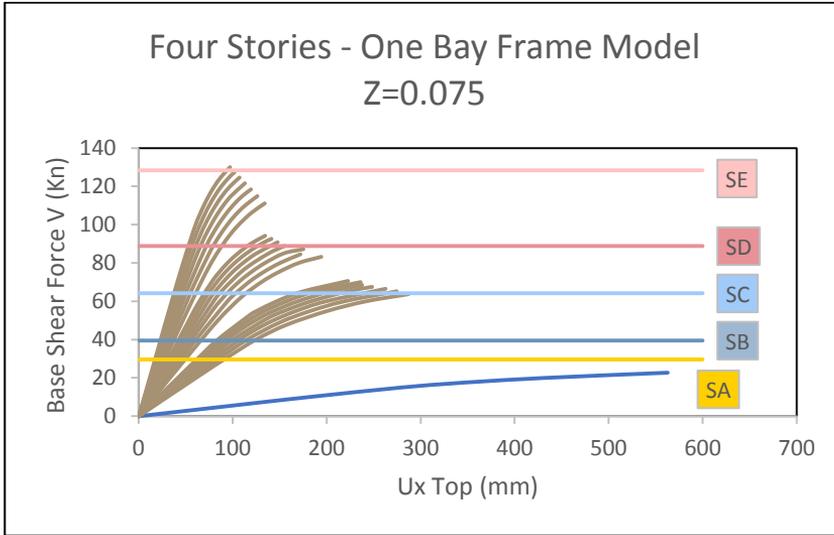
عند حساب قوة القص القاعدي تم اعتماد القيم التالية :

معامل تعديل الاستجابة R	تم اعتبار سلوك الجملة مشابه لسلوك الاعمدة الظرفية واعتماد قيمة $R=4.5$
دور الاهتزاز T	تم مقارنة دور الاهتزاز الناتج عن التحليل مع دور الاهتزاز التقريبي حسب اشتراطات الكود العربي السوري
معاملات السرعة والتسارع	تم اختيارها من جداول الكود بما يتناسب مع تسارع المنطقة الزلزالية وصنف مقطع التربة .

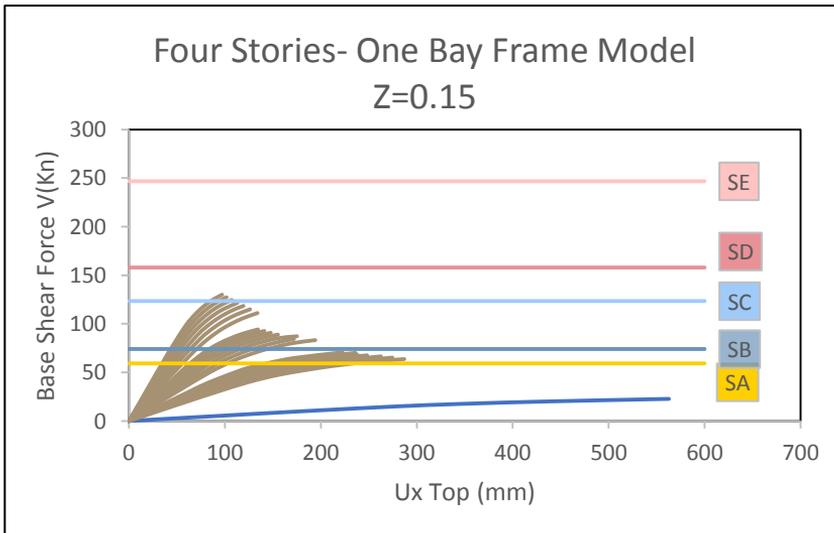
### الجدول (1-5) : قيم بعض المعاملات الداخلية في حساب القص القاعدي

بعد الحساب تم مقارنة قوة القص القاعدي الاعظمية (الطلب الزلزالي) مع منحنيات الأداء للنماذج المدروسة ثم التوصل الى خيار التقوية الممكن استخدامه في كل منطقة زلزالية وعند كل صنف للتربة .

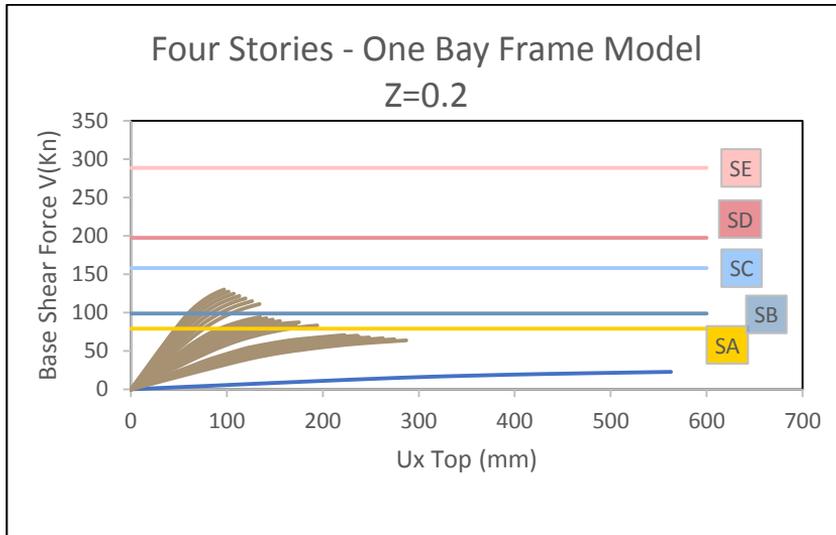
سوف نستعرض مثال عن طريقة المقارنة بين كل من منحنيات الأداء وقوة القص القاعدي لنماذج الإطارات بأربع طوابق عند كل منطقة زلزالية من المناطق المعتمدة وفقاً للكوود العربي السوري .



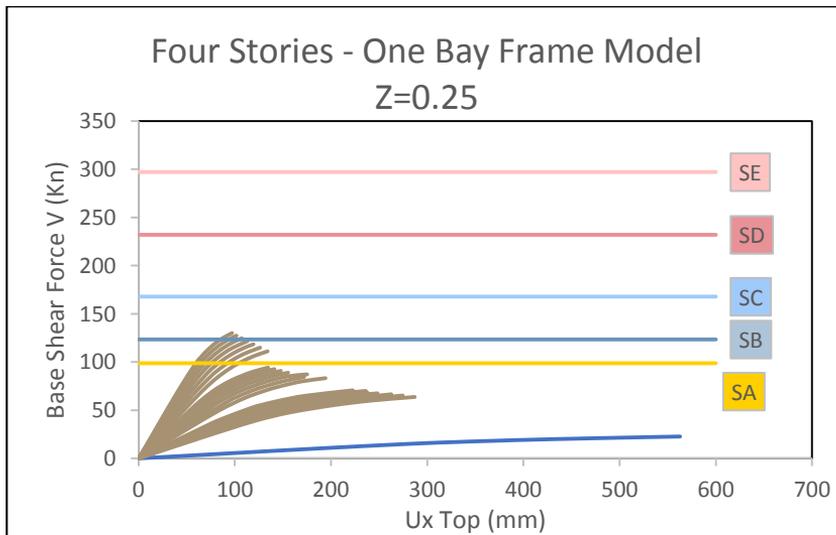
الشكل (5-1) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية Z=0.075



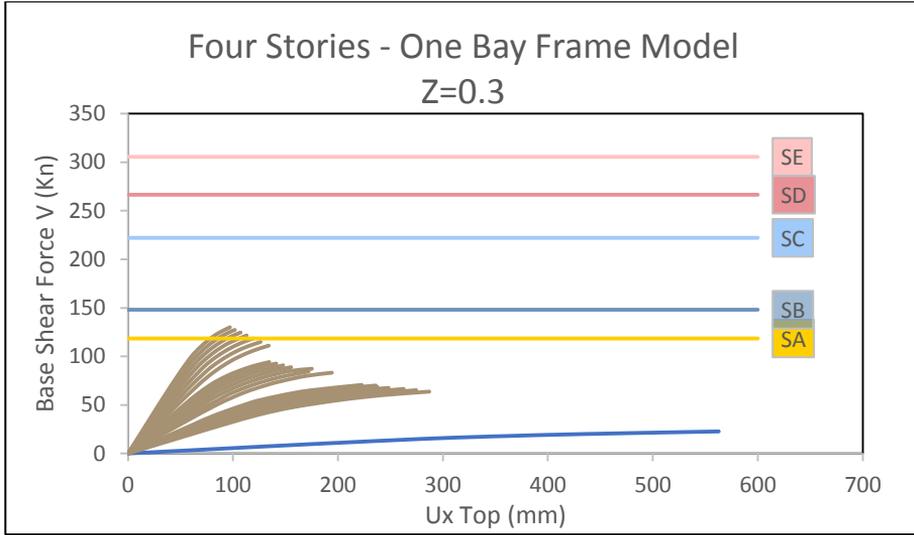
الشكل (5-2) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية Z=0.15



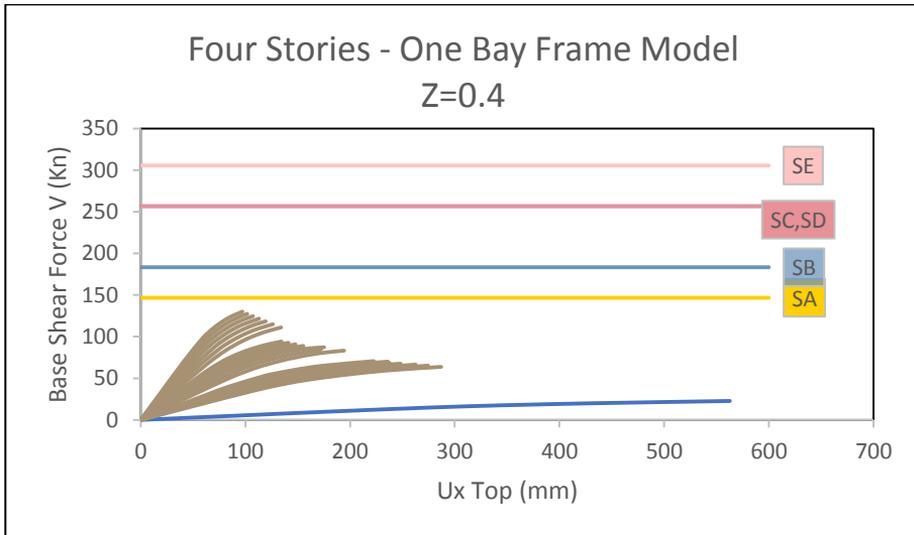
الشكل (3-5) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية  $Z=0.2$



الشكل (4-5) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية  $Z=0.25$



الشكل (5-5) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية  $Z=0.3$



الشكل (5-6) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية  $Z=0.4$

توضح الجداول التالية الخيار الممكن استخدامه للتقوية من حيث سماكة القميص ونسبة مقاومة بيتون القميص إلى مقاومة بيتون المقطع الأصلي عند كل عدد للطوابق من طابق واحد حتى أربع طوابق على التوالي .

الجدول (5-2) : خيار التقوية المناسب للإطارات من طابق واحد وطابقين

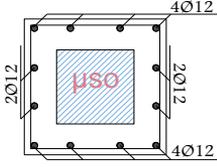
طابقين		طابق واحد		نوع مقطع التربة	التسارع الزلزالي Z
المقاومة الأصغرية للقميص $(\frac{f'c_j}{f'c_o})_{min}$	السماكة الاصغرية للقميص $t_{jmin}$	المقاومة الأصغرية للقميص $(\frac{f'c_j}{f'c_o})_{min}$	السماكة الاصغرية للقميص $t_{jmin}$		
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.075
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SB	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SC	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SD	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SE	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.15
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SB	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SC	
0.9	15 cm	0.9	10 cm	SD	
1.3	15cm	0.9	10 cm	SE	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.2
1.1	10 cm	0.9	10 cm	SB	
0.9	15 cm	0.9	10 cm	SC	
1	15 cm	0.9	10 cm	SD	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SE	
1	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.25
0.9	15 cm	0.9	10 cm	SB	
1.1	15 cm	0.9	10 cm	SC	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SD	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SE	
0.9	15 cm	0.9	10 cm	SA	0.3
1.3	15 cm	0.9	10 cm	SB	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SC	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SD	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SE	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SA	0.4
1.1	20 cm	0.9	10 cm	SB	
1.1	20 cm	0.9	10 cm	SC	
1.4	20 cm	0.9	10 cm	SD	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SE	



الجدول (3-5) : خيار التقوية المناسب للإطارات من ثلاث وأربع طوابق

أربع طوابق		ثلاث طوابق		نوع مقطع التربة	التسارع الزلزالي Z
المقاومة الأصغرية للقميص $(\frac{f'cj}{f'co})_{min}$	السماكة الاصغرية للقميص $t_{jmin}$	المقاومة الأصغرية للقميص $(\frac{f'cj}{f'co})_{min}$	السماكة الاصغرية للقميص $t_{jmin}$		
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.075
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SB	
1.1	10 cm	0.9	10 cm	SC	
1.3	15 cm	0.9	15 cm	SD	
1.5	20 cm	0.9	20 cm	SE	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.15
0.9	15 cm	1.3	10 cm	SB	
1.3	20 cm	0.9	20 cm	SC	
0.9	10 cm	1.3	20 cm	SD	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SE	
0.9	15 cm	0.9	15 cm	SA	0.2
0.9	20 cm	1	15 cm	SB	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		1.5	20 cm	SC	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SD	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SE	
0.9	20 cm	1	15cm	SA	0.25
1.4	20 cm	0.9	20 cm	SB	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SC	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SD	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SE	
0.9	20 cm	0.9	20 cm	SA	0.3
1.3	20 cm	1.3	20 cm	SB	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SC	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SD	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SE	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		1.2	20cm	SA	0.4
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SB	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SC	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SD	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SE	

## ملاحظة :



النتائج السابقة تمّ الحصول عليها مع الاخذ بعين الاعتبار مايلى :

- 1- نسبة تسليح القميص ثابتة وهي عبارة عن اربع قضبان قطر 12 mm في كل جهة .
- 2- تتراوح نسبة تسليح مقاطع الأعمدة الأصلية  $\mu_{s0}$  بين 0.00684 حتى 0.01369

## 6- نتائج البحث :

1- ساهمت تقوية الاعمدة باستخدام القميص البيتوني بزيادة المقاومة الجانبية للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة غير المصممة على القوى الزلزالية بمقدار وصل حتى 889.6% عند استخدام أقصى مواصفات للتقوية ، ثم بدأ تأثير التقوية بالتناقص مع زيادة عدد الطوابق حتى وصل إلى 572.7% بالنسبة للإطارات بأربعة طوابق عند المواصفات السابقة للتقوية أي بفارق 36% تقريباً.

2- أقصى مساهمة للتقوية في تخفيض الانقالات الأفقية للإطارات المدروسة وصل حتى 85.7% للإطارات بثلاث طوابق عند استخدام أقصى مواصفات للتقوية، بينما أقل مساهمة كانت 46.1% للإطارات بطابق واحد عند استخدام أقل مواصفات للتقوية .

3- أقصى مساهمة للتقوية في تخفيض دور الاهتزاز الأساسي وصل حتى 83.58% للإطارات بثلاث طوابق عند استخدام أقصى مواصفات للتقوية، بينما أقل مساهمة كانت 56.94% للإطارات بأربع طوابق عند استخدام أقل مواصفات للتقوية .

4- تمّ تحديد خيار التقوية المناسب لنماذج الإطارات بفتحة واحدة مع اختلاف عدد الطوابق من طابق حتى أربعة طوابق عند كل صنف للتربة بالنسبة لكافة المناطق الزلزالية.

**7- التوصيات :**

- 1- تحليل نماذج الإطارات المدروسة ضمن هذا البحث باستخدام طرق تحليل ديناميكي أكثر تطوراً مثل التحليل اللاخطي بالسجل الزمني .
- 2- مقارنة السلوك الزلزالي لجمل فراغية قبل وبعد تقوية أعمدتها باستخدام القميص البيتوني .

### المراجع الأجنبية :

- [1] Aguilar, J., Juarez, H., Ortega, R., & Iglesias, J. (1989). The Mexico earthquake of September 19, 1985—Statistics of damage and of retrofitting techniques in reinforced concrete buildings affected by the 1985 earthquake. *Earthquake Spectra*, 5(1), 145–151.
- [2] Kaliyaperumal, Gnanasekaran, and Amlan Kumar Sengupta. "Seismic retrofit of columns in buildings for flexure using concrete jacket." *ISET Journal of Earthquake Technology* (2009).
- [3] Pavlo KRAINSKYI, Zinoviy BLIKHARSKIY, Roman KHMIL, "Experimental Investigation Of Reinforced Concrete Columns Strengthened By Jacketing" *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST) ISSN: 3159–0040* ,Vol. 2 Issue 7, July – 2015.
- [4] Rodriguez, M. and Park, R. (1994). "Seismic Load Tests on Reinforced Concrete Columns Strengthened by Jacketing", *ACI Structural Journal*, Vol. 91, No. 2, pp. 150–159.

### المراجع العربية :

- [5] الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة ، الطبعة الرابعة، دمشق ، 2012 .
- [6] الملحق رقم (2) للكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة ، تصميم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل ، الطبعة الثانية ، دمشق ، 2012



# **أثر تخصيص حارة مستقلة لحافلات النقل العام على أداء منظومة النقل**

**The effect of allocating a separate lane for  
public transport buses on the performance of  
the transport system**

اعداد المهندس

**عبد الله يوسف عبود**

اشراف

الدكتورة المهندسة

**رباب جوني**

## ملخص البحث

ان أحد الطرق التي تؤدي لرفع مستوى خدمات النقل العام في مدينة دمشق هي العمل على إيجاد مسارات خاصة لحافلات النقل في شوارعها، وكمثال على ذلك تم تحديد ودراسة أحد هذه المسارات الممكنة (مركز الانطلاق الغربي- طريق السومرية- أوتوستراد المزة-شارع شكري القوتلي- شارع الاتحاد-شارع بغداد-شارع حلب- شارع فارس الخوري- شارع المعامل-مركز انطلاق البولمان).

هذا الاجراء سيؤدي لتجاوز مشكلة الازدحامات المرورية، وزيادة عدد المتقّلين على المسار المذكور، وتوفير وقت انتقالهم، وتخفيض كلفته، والتشجيع على استخدام النقل العام.

تضمنت هذه الدراسة عمليات الإحصاء المروري على أجزاء المسار، ووضع المواصفات الهندسية لمقاطعها العرضية، ثم إعادة دراسة هذه المقاطع لاستيعاب حارة الباص المستقلة، وتأمين متطلبات الطريق المرورية الأخرى، ثم حساب زمن الرحلة لكل من الوضع الحالي (75) دقيقة، والمدرّوس (48) دقيقة، وبالمقارنة بينهما تبين امكانية توفير زمناً قدره (27) دقيقة، وبالتالي تخفيض زمن الرحلة الحالية بحدود الثلث.

الكلمات المفتاحية: نقل، ازدحام مروري، حارة مرورية، باص، حارة باص، زمن الرحلة، الغزارة المرورية، مستوى الخدمة.



## **The effect of allocating a separate lane for public transport buses on the performance of the transport system**

### **Abstract**

The study included traffic statistics on the parts of the route, setting engineering specifications on their cross sections, then restudy these sections to accommodate separate bus lane, securing other road traffic requirements, then calculate the trip time for each of the current situation (75) minute, the studied one (48) minute, by comparison it shows the possibility of saving time of (27) minute, thus reducing the trip time about one-third.

## 1. مقدمة:

تعاني مدينة دمشق من أزمة نقلية ناتجة عن أسباب عديدة منها:

- الافتقار لسياسة واضحة في حل المشكلات النقلية، والدور الذي تلعبه في حل المشاكل المرورية ضمن المدينة.
  - ضيق الطرق ضمن المدينة، وعدم امكانية بناء المزيد منها، أو تعريضها لزيادة سعتها، كما أن الإبقاء على نمط الإدارة الحالية للطرق والنقل ضمنها يشكل عبئا " ماديا" وتشغيليا" وبيئيا" متزايدا" على المدى الطويل، وان كانت قد حققت بعض الأهداف على المدى القصير.
  - الازدياد الحاصل في عدد السكان الفعال في مدينة دمشق وريفها القريب.
  - تزايد الاعتماد على وسائل النقل الخاصة، مما تسبب بظهور عدد من المشاكل ضمن المدينة كالازدحام المروري، وارتفاع مستويات التلوث، وزيادة وقت التنقل، وارتفاع معدل استهلاك الطاقة.
- لهذه الأسباب لا بد من العمل على وضع الدراسات وخطط النقل الفعالة لرفع مستويات خدمات النقل في مدينة دمشق بما يحقق:

- زيادة الطاقات التشغيلية وكفاءة وسعة نظام النقل
- تحسين مستويات الحركة والراحة للمتقلين
- تحسين مستوى السلامة المرورية
- تخفيض الآثار السلبية البيئية
- رفع الإنتاجية الاقتصادية

## 2. مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث بالتأخير في زمن رحلات النقل العام ضمن مدينة دمشق.

### 3. الهدف من البحث:

تقليل زمن الرحلة، وذلك عن طريق فصل حركة الحافلات عن حركة المرور المختلطة.

### 4. منهجية البحث:

تتضمن منهجية البحث التالي:

- الاطلاع على دراسات مرجعية من بعض البلدان التي قامت بتطبيق هذه الاجراءات.
- الاطلاع على دراسات مرورية ونقلية سابقة لمدينة دمشق.
- اختيار وتحديد المسارات التي ستجري عليها الدراسة.
- (دراسة تصميمية هندسية، دراسة مرورية للمسارات).
- دراسات إحصائية لغزارات وسائط النقل في مدينة دمشق.
- دراسات ميدانية لمعرفة سرعة وأزمنة الرحلات في المحور المدروس.
- اسقاط هذه الدراسة على الواقع الحالي لاستخراج النتائج وتحليلها.

### 5. الدراسة النظرية للبحث:

≡ تعود أسباب الازدحامات المرورية بشكل عام إلى سبعة عوامل رئيسية وهي  
[1]:

بلوغ الطاقة الاستيعابية للشارع أعلى مستوياتها - الحوادث الطارئة - أعمال الطريق - سوء الأحوال الجوية - أجهزة التحكم في الطريق - أنشطة خاصة (الأنشطة الاستثنائية) - التذبذب في حركة السير الطبيعية.

≡ بعض المؤشرات المرورية والشروط الواجب توفرها عند تخصيص حارة مستقلة لحافلات النقل العام [2]:

- تجاوز حجم تدفق حركة المرور لسعة الطريق.
  - الطلب الكبير على النقل ضمن الطرق في المدينة، ويتراوح وسطي الطلب على النقل بين (22000-25000) راكب/ سا /اتجاه في المدن (المتوسطة).
  - يفضل ان تكون سرعة الباص ضمن المناطق السكنية (40-60) كم / سا.
  - تواتر حركة الباص المطلوبة المدروسة (4-5) دقيقة.
  - يجب أن تُعطى الحافلة على هذه الحارة استقلالية المرور على حساب بقية وسائل نقل الأخرى، وأولوية مرورها عند التقاطعات والاشارات الضوئية ويمكن أن تكون هذه الحارة مع اتجاه السير أو بعكسه وعلى يمين الطريق أو يساره.
  - يمكن فصل الحارة المخصصة ماديا" بواسطة الأرصفة والاسيجة والمسامير الطرقية...مع تلوينها وتزويدها بالإشارات الأرضية والشاخصات اللازمة.
- ≡ ان دراسة زمن الرحلة، وزمن التأخير تعطي مؤشر جيد لمستوى الخدمة في المسار المحدد وتتعلق ببعض، المصطلحات الشائعة الاستخدام[4] ومنها:

1. التأخير(D)Delay : هو الوقت الضائع لأسباب خارجه عن إرادة السائق ويقاس بالثانية.

2. تأخير التشغيلOperational Delay : هو التأخير الذي يعيق تيار المرور لأسباب مرورية أخرى مثل: وجود المواقف وانخفاض سعة الطريق ... ويقاس بالثانية.

3. تأخير التوقف Stopped-time delay: هو وقت توقف المركبة أي تكون المركبة

في حالة راحة ويقاس بالثانية.

4. التأخير الثابت Fixed delay: هو التأخير الناجم عن أجهزة التحكم المرورية الثابتة الموجودة في الطريق بغض النظر عن حجم المرور، مثل أجهزة الإشارات الضوئية ويقاس بالثانية.

5. سرعة الرحلة أو متوسط السرعة Travel Speed (TS) or Average Speed

هو متوسط السرعة اللازمة لقطع مسافة محددة في وحدة الزمن

6. زمن الرحلة Travel Time (TT) : هو الوقت اللازم لعبور مقطع معين من الطريق.

7. سرعة التشغيل Running Speed (RS) : هي المسافة اللازمة لعبور مقطع محدد خلال زمن التشغيل.

8. زمن التشغيل Running Time (RT) : هو الوقت اللازم الفعلي اللازم لعبور مقطع معين مضافاً إليه التأخير.

9. طرق القياس [4] : هناك عدة طرق للقياس، منها ما يحتاج عربة اختبار كتقنية السيارة الجواله، أو تقنية متوسط السرعة، أو تقنية العربة المتحركة، وطرق أخرى لا تحتاج لعربة اختبار، مثل جمع المعلومات عن طريق مراقبين في المواقع المحددة المطلوبة، أو الوقوف على جانب الطريق وسؤال السائقين، أو تقنية السيارة المتحركة وهي طريقة عملية لجمع المعلومات وخاصة متوسط أزمنا الرحلات وحجوم النقل.

**5-1 بعض الاستراتيجيات العالمية في زيادة الاعتماد على وسائط النقل العام ضمن المدن:**

فرض النمو السريع للمدن اعتماد بعض الدول على الحارة المخصصة للنقل العام، وذلك للاستفادة القصوى من السعة الكامنة غير المستخدمة للطريق، لحل جزء من

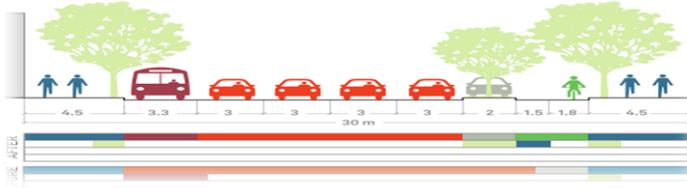
المشكلات التي تواجه منظومة النقل العام، وزيادة كفاءة نظام النقل، وتعزيز السلامة المرورية وتوفير الراحة للأفراد، وفيما يلي بعض هذه التجارب:

### 5-1-1 الولايات المتحدة الأمريكية - مدينة نيويورك - مانهاتن:

- يبلغ عدد سكان الجادة الثانية في منطقة مانهاتن (8.4) مليون نسمة، ويتميز الشارع الرئيسي فيها بأنه شارع متعدد الاستخدامات (مكتبي/تجاري/سكني)، وعرضه (30) م، والسرعة القصوى فيه (40) كم/سا، وقد تم تعديله بتمويل عام، حيث كانت التغييرات في البداية عبارة عن علامات رصف على الطريق، ثم تم إدخال مسار خاص لحافلات النقل العام، وقد ساعد هذا التحول إلى تخفيض أعداد السيارات السياحية.

- تم استخدام العناصر الأساسية التالية في إعادة تأهيل الجادة الثانية في مانهاتن:

- إلغاء مسرب واحد للسيارات وتضييق عرض الحارات المرورية.
- تقصير مسافة العبور للمشاة بإدخال جزر حماية للمشاة من (12-18) م.
- تخصيص مسار محمي للدراجات الهوائية بعرض (1.8) م.
- تخصيص حماية بعرض (1.5) م بين مسار الدراجات ومواقف السيارات.
- إنشاء مسار مخصص لحافلات النقل العام مزود بكافة الوسائل (زفت ملون - تطبيقات التشغيل الأوتوماتيكي - الخ...).



Users Legend:  
Pedestrian space  
Cycles  
Transit  
Mixed traffic  
Landscape

الشكل (1) يبين المقطع العرضي للجادة الثانية في مانهاتن بعد إعادة تأهيله

وقد أدى ذلك الى زيادة في حجم استخدام الدرجات الهوائية بنسبة (60 %)، وانخفاض في استخدام سيارات النقل الخاصة في الفترة الصباحية بنسبة (- 12 %)، زيادة استخدام حافلات النقل العام بنسبة (9 %)، انخفاض في استخدام سيارات النقل الخاصة في الفترة المسائية بنسبة (- 15 %)، وانخفاض نسبة حوادث المرور بمقدار (- 7%) [7].

### 5-1-2 بريطانيا - ميدلاندر الغربية:

لا تشمل الاستراتيجية لغرب ميدلاندر التوسع في بناء الطرق لحل أزمة الازدحامات فقط، بل التحكم في التأثيرات السلبية الناتجة عن زيادة أعداد المركبات على الطرق، بالتركيز على:

- التكامل بين استخدام الأراضي والتخطيط النقلي.
- مبادرات مستدامة للنقل.
- التحكم بشبكة الطرق وإدارة حركة السير.

وبذلك قامت ميدلاندر الغربية بالاستثمار في تطوير المبادرات والجوانب المذكورة، مما أدى إلى تحويل 5% من مستخدمي السيارات إلى وسائل النقل العام، في أوقات الذروة [8].

### 5-1-3 فرنسا - باريس:

يوجد أوسع نظام نقل في باريس من حيث الخدمة، وطرق النقل المختلفة المتعددة الوسائط والتي تستقل بحارات مخصصة المسارات [7].

يبين الجدول (1) منظومة النقل العامة في مدينة باريس.

الجدول (1) وسائط النقل في مدينة باريس

وسيلة النقل	عدد الخطوط	عدد الوسائط	طول المسار	عدد المحطات
-------------	------------	-------------	------------	-------------

43	30.3 كم	178 عربة	4	المترو
	1.2 كم	6 عربات	2	سكة حديد معلقة
	48.8 كم	73 ترام	4	ترام واي
	45 كم	120 باص	7	ترولي بوس
	1142 كم	860 باص	98	باص - ميني باص
	1060 كم	112 باص	141	باص مدرسة

## 5-2 بعض الدراسات المتعلقة بالجدوى الفنية والاقتصادية لتحسين نظام نقل عام حضري في مدينة دمشق:

من أجل تطوير سياسات النقل في دمشق فقد قامت عدد من الشركات والمنظمات الأجنبية بدراسة الجدوى الاقتصادية لنظام نقل عام في المدينة، ومنها:

### 5-2-1 دراسة شركة JICA اليابانية:

كانت غاية الدراسة [15]:

- إعداد المخطط التنظيمي للنقل الحضري بمدينة دمشق.
- تحديد دراسة الجدوى للمشاريع ذات الأولوية العظمى.
- وضعت استراتيجية التخطيط العامة لإعداد المخطط العام بما يحقق:
- انجاز البنية العامة لنموذج الطريق.
- تقليص أعمال البناء في المناطق الحضرية وتطبيق تقنيات الإدارة المرورية لحل مشكلات النقل.
- تحسين فعالية العوامل المرورية المتوفرة.
- دعم تحسينات فعاليات أنظمة النقل العام .

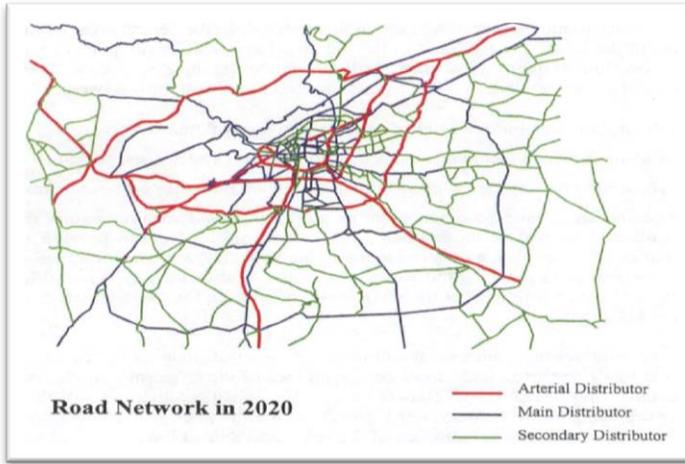


- تطوير البنى الطرقية التحتية بالتنسيق مع مخطط استخدام الأرض .

حيث تم تصنيف الطرق الى:

- موزعات شعاعية Arterial Distributors
- موزعات رئيسية Main Distributors
- موزعات ثانوية Secondary Distributors

ويبين الشكل (2) تصنيف الطرق وفق دراسة جايكا.



الشكل (2) تصنيف الطرق وفق دراسة جايكا

وانتهت الدراسة الى اقتراح استخدام نظام وسائط نقل بحجوم نقل كبيرة وبعده أقل من الباصات، لتخفيف الازدحامات المرورية الناتجة عن الاعداد الكبيرة للميكرو باصات عن طريق إدخال باصات ذات حجم كبير بسعة 150 راكب. وإدخال مسالك باصات استثنائية لتؤمن سرعة تشغيل مبرمجة بفضله عن حارات المرور الأخرى.

وتم اختيار: أوتوستراد المزة - شكري القوتلي - شارع الاتحاد - شارع الثورة - شارع 6 تشرين كمسار لباص الترنك. مع اعتماد ثلاثة محطات تبادلية لتخدم المسافرين تربط بين باص الترنك وخطوط التغذية، وهي على التوالي: المزة - جسر الرئيس - القابون، إضافة لتحسين محطات التبادل بهدف تقليص معوقات التحويل بين خط الترنك والمركبات الأخرى في الطريق. ويتضمن المخطط العام أنواع

مختلفة من مشاريع تحسين النقل التي لا تتضمن فقط تحسين فيزيائي ولكن أيضاً تحسيناً إدارياً، وخصوصاً التحكم بالمرائب، وهذه المشاريع هي كالتالي: - تحسين الطرق - تحسين التقاطع - نظام باص الترنك - تحسين الإشارات الضوئية - التحكم بالمرائب.

### 5-2-2 دراسة شركة BCEOM الفرنسية:

قامت الشركة الاستشارية الهندسية الفرنسية BCEOM [16] وتمويل من الحكومة الفرنسية بإجراء دراسة لتحديد الحلول الفعالة والدائمة للمشكلات التي تواجه مستخدمي النقل العام في مدينة دمشق.

ولقد أعدت الدراسة برنامجاً زمنياً لإنشاء بنى تحتية استثمارية هامة بهدف تحسين وتوسيع شبكة الطرق، حيث أدرجت فيه بناء أنفاق في تقاطعات المدينة الرئيسية، وتنفيذ محور شمال جنوب، وتوسيع الشوارع الرئيسية الهامة في مركز المدينة.

وقد اختارت الدراسة المحاور ذات الأولوية اعتماداً على المعايير التالية:

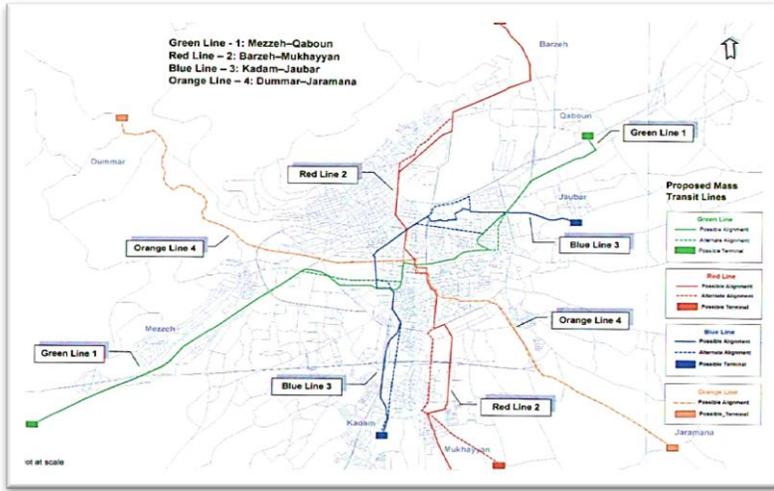
- تغطية المحاور لكافة المناطق الحضرية المكتظة في دمشق.
- تتبع المحاور للطرق الرئيسية بما يتعلق بالمركبات والنقل العام.
- تغطية المحاور لأكثر خطوط النقل جذباً، عن طريق ربط مناطق المنبع الأكثر أهمية مع مناطق المصب أو الوجهة المقصودة.
- الإحاطة بمناطق توالد الرحلات الأكثر أهمية.
- تجنب المحاور للمواقع التاريخية والأثرية.

إضافة إلى إعداد دراسة الجدوى الاقتصادية لنظام نقل عام في مدينة دمشق وفق أسس مرجعية العمل من خمسة مراحل تم خلالها اختيار خطوط النقل الأربعة الأكثر جذباً وأولويةً بالنسبة للنقل الجماعي وهي:

- الخط الأخضر (المزة - قابون): ويمتد على مسافة (15.7) كم، حيث يربط محيط المدينة الشمالي الشرقي بمحيطها الجنوبي الغربي مروراً بمركز المدينة من خلال (22) محطة للركاب.
- الخط الأحمر (برزة - المخيم): ويمتد على مسافة (12.6) كم، حيث يربط محيط المدينة الشمالي بمحيطها الجنوبي مروراً بمركز المدينة من خلال (21) محطة للركاب .
- الخط الأزرق (القدم - جوبر): ويمتد على مسافة (10) كم، حيث يربط محيط المدينة الشرقي بمحيطها الجنوبي مروراً بمركز المدينة.
- الخط البرتقالي (دمر - جرمانا): ويمتد على مسافة (13) كم، حيث يربط محيط المدينة الشمالي الغربي بمحيطها الجنوبي الشرقي مروراً بمركز المدينة .

وتصل مجموع أطوال هذه المسارات حوالي (50) كم.

ويبين الشكل (3) خطوط النقل المقترحة لمدينة دمشق من قبل شركة BCEOM



الشكل (3) خطوط النقل الأربعة المقترحة لمدينة دمشق من قبل شركة BCEOM

### 5-2-3 اختيار المسار من أجل تخصيص حارة مستقلة لحافلات النقل العام:

في عام (2007) قامت الشركة الفرنسية SYSTRA بمنحة من بنك الاستثمار الأوربي بالتوسع بدراسة مقترح المرحلة الرابعة لدراسة شركة BCEOM من حيث التصميم التشغيلي للمسار للبدء بالتنفيذ، وأهم ما توصلت إليه تلك الدراسة [17] يتلخص بما يلي:

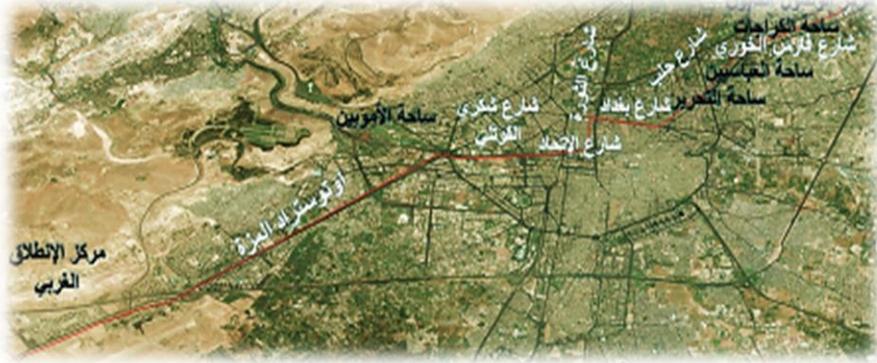
- يمتد مسار الخط الأخضر (المقترح لتنفيذ الخط الأول من شبكة مترو دمشق) من المعظمية إلى القابون.
- طول المسار (16) كم تقريباً ويضم (17) محطة.
- يقسم المسار إلى عدة أجزاء (جزء مرفوع على أعمدة - جزء نفق سطحي حفر وتغطية - وجزء نفق عميق TBM).
- سيكون المترو قادراً على نقل (35000) راكب/ساعة/الاتجاه الواحد في عام 2030 وذلك خلال ساعة الذروة بأمان كامل وراحة تامة ويتطلب ذلك (40) قطاراً في العام ذاته.

- وفقاً لتقديرات الدراسة ستصل تكاليف التنفيذ الكلية إلى (1.2) مليار يورو (2009) متضمنة البنى التحتية - المعدات - تجهيزات الخط - القاطرات - الإدارة والمساعدة الفنية - استملاكات الأراضي - الخ....

بناءً على الدراسات النقلية في مدينة دمشق (والتي تم استعراض قسم منها سابقاً) يلاحظ أن الخط الأخضر من أهم محاور النقل العام في مدينة دمشق، ونظراً للكلفة العالية المقدره لتنفيذ مترو ثقيل على هذا الخط فقد تم اختيار هذا الخط كمحور للدراسة في هذا البحث لتخصيص حارة مستقلة لحافلات النقل العام كمرحلة أولى مبدئية وذلك استناداً إلى المعطيات التالية [16]:

- يعتبر المحور الأكثر جذباً لتنتقلات المواطنين حيث يغطي هذا المحور المناطق ذات الكثافة السكانية العالية التي تصب عليه.
- يستوعب هذا المحور أكبر عدد من الميكرو باصات وخصوصاً في ساعة الذروة الصباحية.
- وقوع أبنية الخدمات والمؤسسات الهامة على طول محوره، تشمل جامعة دمشق، أبنية حكومية متعددة (جمارك، أبنية التشريع المستقبلية .... الخ)، فنادق (الفور سيزن، داما روز، شيراتون، الجلاء)، بالإضافة الى قريه من دمشق القديمة.
- يعتبر المحور الأكثر غزارة في حركة المرور.
- وجود الكثير من الاختناقات والحوادث المرورية ضمن المسار بسبب أعداد الميكرو باصات وسيارات الأجرة المستخدمة للنقل العام.
- ان المحور محاط بمناطق توالد الرحلات الأكثر أهمية.
- سيستخدم الطرف الشرقي الشمالي لهذا المحور كمحطة تبادلية مع محطة السكة الحديدية الشمالية ومع وسائل نقل المناطق الواقعة في المنطقة الشرقية البعيدة مثل حرسنا ودوما والضمير، وسيستخدم الطرف الغربي من نفس المحور كمحطة تبادلية مع وسائل نقل المناطق الغربية والغربية الشمالية مثل قطنا والديماس.

- سيوفر الجزء الغربي من هذا المحور سهولة استخدام طريق قطنا وأوتوستراد المزة والربط مع محطات السكة الحديدية من المزة إلى محطة الحجاز.
- سيسهل بناء هذا القطاع بداية منظومة النقل الجماعي وسيعمل كدليل لنظام النقل العام في مدينة دمشق لاحقاً.



الشكل (4) المسار المقترح مع أجزائه

#### 6. الدراسة العملية - الإحصاء المروري لوسائط النقل العام

بينت عمليات الإحصاء المروري لوسائط النقل العام (الموجودة في أرشيف محافظة دمشق التي تم اعدادها بهدف انشاء قاعدة بيانات تساهم في دراسة الجزء المتعلق بالنقل العام ضمن المصور التنظيمي الجديد في مدينة دمشق) لعدة مواقع من المحور المدروس لتعداد المركبات بمختلف أنواعها [18] ، تفاوتاً ملحوظاً بحجم الغزارات خلال أوقات النهار المختلفة وإيام الاسبوع وتم تنفيذ هذه الإحصاءات كما يلي: بشكل مستمر بين (7.00) صباحاً و(8.00) مساءً في يوم واحد- خلال يوم عادي (اثنين أو ثلاثاء أو أربعاء) - خلال يوم عطلة وأيام الأعياد.

تم تقسيم المحور المدروس الى قطاعات محورية وذلك باعتماد: استمرارية عرض المقطع العرضي، رفق أو تفريغ تيار النقل العام، وجود الساحات أو التقاطعات...

يبين الجدولان (2)، (3) غزارات وسائط النقل العام ضمن أجزاء المسار ذهاباً وإياباً:

الجدول (2) الغزارة الساعية الوسطية لوسائط النقل العام من مركز الانطلاق الغربي حتى مركز انطلاق البولمان

الغزارة مركبة/ساعة	القطاع المحوري	
	نهاية	بداية
1054	بداية شارع فايز منصور	مركز انطلاق السومرية
952	ساحة الامويين	بداية شارع فايز منصور
278	نهاية شارع بغداد	ساحة الأمويين
1032	شارع فارس الخوري	نهاية شارع بغداد
1532	مركز انطلاق البولمان	نهاية شارع فارس الخوري

## أثر تخصيص حارة مستقلة لحافلات النقل العام على أداء منظومة النقل

الجدول (3) الغزارة الساعية الوسطية لوسائط النقل العام من مركز انطلاق البولمان حتى مركز الانطلاق الغربي

الغزارة مركبة/ساعة	القطاع المحوري	
	نهاية	بداية
1369	بداية شارع فارس الخوري	مركز انطلاق البولمان
640	نهاية شارع مرشد خاطر	بداية شارع فارس الخوري
952	ساحة الامويين	نهاية شارع مرشد خاطر
988	نهاية شارع فايز منصور	ساحة الامويين
1304	مركز انطلاق الغرب	نهاية شارع فايز منصور

### 6-1 دراسة تنفيذ الحارة المخصصة المقترحة للباص وحساب الوفر في زمن الرحلة:

من الدراسة الميدانية وأثناء قياس أزمنا الرحلة ميدانياً "لمرتين يومياً" (16-14) ظهراً

و (21-19) مساءً" خلال كافة أيام الأسبوع تبين أن معدل زمن الرحلة من:

- مركز انطلاق الغرب إلى مركز انطلاق البولمان يتراوح بين (60-75) دقيقة.

- من مركز انطلاق البولمان الى مركز انطلاق الغرب يتراوح بين (60-90) دقيقة.

وقد لوحظ أن تواترات الحركة على محور الدراسة غير منتظمة ومضطربة في معظم الأجزاء، ولا يمكن قياسها بسبب عشوائية سرعة وحركة وتوقف وسائط النقل ومزاجية سائقي تلك الحافلات، ولا يوجد التزام لوسائط النقل بالحارات اليمينية أو المخصصة لها من الطريق.

لتنفيذ الحارة المقترحة من الضروري إعادة دراسة المقاطع العرضية على كامل المسار المحدد وبشكل يوظف المقطع الجديد[5] لتحقيق ما يلي:

- أن تكون الأرصفة كافية ومريحة وآمنة تؤمن حركة ذوي الاحتياجات الخاصة.



- وجود معابر للمشاة في الأماكن المطلوبة سهلة الاستخدام.
- وجود مسارات للدراجات.
- تحقيق السلامة المرورية.
- تنفيذ مواقف الباصات خارج الحارة المخصصة حسب الإمكانيات المتاحة.
- تلوين الطبقة الاسفلتية التابعة للحارة المخصصة والقيام بزراعة النباتات والورود والأشجار في الأماكن المتاحة مما يساعد في تحسين المنظر العام للشوارع وتقليل الضوضاء فيها.
- التصميم الصحيح للتقاطعات والاشارات الضوئية.

#### 2-6 المقاطع العرضية المدروسة للقطاعات المحورية:

يبين الجدول (4) أبعاد ووظيفة المقطع العرضي لكل قطاع من المسار المدروس.

الجدول (4) المقاطع العرضية المدروسة للقطاعات المحورية

القطاع	الأرصفة	حارات المرور	حارات الوقوف	حارات النقل العام	اتجاه الحركة
أوتوستراد المزة	5m	3mx4	5m	يسارية 4m	اتجاهين
شارع شكري القوتلي والاتحاد	3m	3.25mx2	-	يسارية 4m	اتجاهين
شارع بغداد	4m	3mx3	4mx2	يمينية 4m	اتجاه واحد
شارع حلب	3.5m	3.3mx2		يمينية 4m	اتجاه واحد
شارع فارس الخوري	4m	3.5mx2	5m	يمينية 4m	اتجاهين
شارع حرستا	5m	3.3mx2	5m	يمينية 4m	اتجاهين

يتم فصل الحارة المخصصة مادياً بواسطة الأرصفة، أو الأسيجة، أو المسامير  
الطرقية، وتزويدها بالعلامات والإشارات الأرضية والشاخصات اللازمة ويتم  
تمييزها بتلوين الاسفلت بالألوان المحددة لها.



صورة توضح فصل حارات حافلات النقل العام وتلوينها وتزويدها بالعلامات والشاخصات  
اللازمة

## 2-6 المعلومات الهندسية للمسار المقترح:

- تم جمع المعلومات الحالية والمقترحة، في كافة الأجزاء المكونة للمسار المقترح (الطول، السرعة، المسار وموقعه ضمن المقطع العرضي، الزمن اللازم لحافلة النقل العام لقطع الرحلة) ونتيجة ذلك تم حساب زمن الرحلة بعد تخصيص الحارة الخاصة بالنقل العام، [3] ومقارنتها بالزمن قبل التخصيص وتحليل النتائج المستخلصة.
- تم تنظيم المعلومات المذكورة وبعض المقترحات اللازمة لإعادة تنظيم مقطع العرضي وتنفيذ الحارة المقترحة في الجداول اللاحقة (4-13).

الجدول (5) المقطع الممتد من مركز الانطلاق الغربي حتى بداية شارع فايز منصور

ملاحظات	الوضع المدرّوس	الوضع الحالي	الوحدة	المقطع الأول
تنفيذ موقف واحد عند جسر المشاة بالاتجاهين على أن يكون خارج مسار الباص تعديل مسارات الخطوط القادمة من غرب المدينة، ومسارات خطوط الميكروباص القادمة من المدينة الى السومرية	2400	2400	M	طول الطريق
	50	45	km/ h	سرعة الحافلات
	يمينية	عشوائي	-	حارة مسار الحافلات
	-	2	عدد	الإشارات الضوئية
	2	عشوائي	عدد	مواقف الحافلات
	60	90	Sec	زمن الوقوف - المواقف
	-	60	Sec	زمن الوقوف - الإشارات الضوئية
	173	192	Sec	زمن قطع المسافة
<b>الوفّر في الوقت 109</b>	233	342	Sec	زمن قطع الرحلة

الجدول (6) المقطع الممتد أوتوستراد المزه حتى بداية شارع شكري القوتلي

ملاحظات	الوضع المدرّوس	الوضع الحالي	الوحدة	المقطع الثاني
-حارة الباص المقترحة على يسار الأوتوستراد بالاتجاهين. -الإشارات الضوئية ذات طورين - ثقب أنفاق المشاة في الجزيرة الوسطية وتنفيذ أدراج مشاة لها .	5300	5300	M	طول الطريق
	50	45	km/ h	سرعة الحافلات
	يسارية	عشوائي	-	حارة مسار الحافلات
	6	6	عدد	الإشارات الضوئية
	8	11	عدد	مواقف الحافلات
	480	990	Sec	زمن الوقوف - المواقف
	60	180	Sec	زمن الوقوف - الإشارات الضوئية
	922	424	Sec	زمن قطع المسافة
<b>الوفّر في الوقت 672</b>	922	1594	Sec	زمن قطع الرحلة

أثر تخصيص حارة مستقلة لحافلات النقل العام على أداء منظومة النقل

الجدول (7) المقطع الممتد من بداية شكري القوتلي حتى بداية أسفل جسر الثورة

ملاحظات	الوضع المدروس	الوضع الحالي	الوحدة	المقطع الثالث
-أحداث ممري مشاة ضمن الشارع نظرا" لكثافة المشاة في شارع شكري القوتلي. -إخراج موقف الباص خارج المسار	2600	2600	M	طول الطريق
	50	30	km/ h	سرعة الحافلات
	يسارية	عشوائي	-	حارة مسار الحافلات
	2	2	عدد	الإشارات الضوئية
	2	2	عدد	مواقف الحافلات
	120	135	Sec	زمن الوقوف - المواقف
	20	60	Sec	زمن الوقوف - الإشارات الضوئية
187	312	Sec	زمن قطع المسافة	
<b>الوفر في الوقت 180</b>	327	507	Sec	زمن قطع الرحلة

الجدول (8) المقطع الممتد من بداية شارع بغداد حتى بداية شارع حلب

ملاحظات	الوضع المدروس	الوضع الحالي	الوحدة	المقطع الرابع
منع الوقوف الا للقاطنين	1350	1350	M	طول الطريق
	50	30	km/ h	سرعة الحافلات
	يمينية	عشوائي	-	حارة مسار الحافلات
	4	4	عدد	الإشارات الضوئية
	4	4	عدد	مواقف الحافلات
	240	360	Sec	زمن الوقوف - المواقف
	30	75	Sec	زمن الوقوف * الإشارات الضوئية
	97	162	Sec	زمن قطع المسافة
<b>الوفر في الوقت 230</b>			Sec	زمن قطع الرحلة

الجدول (9) المقطع الممتد من بداية شارع حلب حتى ساحة العباسيين

ملاحظات	الوضع المدرّوس	الوضع الحالي	الوحدة	المقطع الخامس
-توحيد اتجاه السير	1200	1200	M	طول الطريق
باتجاه ساحة العباسيين	50	30	km/ h	سرعة الحافلات
- تخصيص حارة	يمينية	عشوائي	-	حارة مسار الحافلات
معزولة للباص بالاتجاه	2	3	عدد	الإشارات الضوئية
المعكّس	2	3	عدد	مواقف الحافلات
- وقوف مجاني لسكان	120	270	Sec	زمن الوقوف - المواقف
المنطقة يمين الشارع	20	60	Sec	زمن الوقوف - الإشارات الضوئية
	86	144	Sec	زمن قطع المسافة
<b>الوفر في الوقت 248</b>	226	474	Sec	زمن قطع الرحلة

الجدول (10) المقطع الممتد من بداية شارع فارس الخوري حتى ساحة الكراجات

ملاحظات	الوضع المدرّوس	الوضع الحالي	الوحدة	المقطع السادس
-تحويل مسارات كافة	1050	1050	m	طول الطريق
خطوط الميكرو باصات	50	30	km/ h	سرعة الحافلات
المارة بالشارع الى	يمينية	عشوائي	-	حارة مسار الحافلات
المتعلق الوسطي.	1	1	عدد	الإشارات الضوئية
-تأمين وقوف مجاني	2	2	عدد	مواقف الحافلات
لسيارات القاطنين على	120	180	Sec	زمن الوقوف - المواقف
طرفي الطريق -حارة	10	40	Sec	زمن الوقوف -الإشارات الضوئية
دراجات بالاتجاهين .	76	126	Sec	زمن قطع المسافة
<b>الوفر في الوقت 140</b>	206	346	Sec	زمن قطع الرحلة

الجدول (11) المقطع الممتد من بداية ساحة الكراجات حتى مركز انطلاق البولمان

ملاحظات	الوضع المدروس	الوضع الحالي	الوحدة	المقطع السابع
-تحويل مسارات كافة خطوط الميكرو باصات المارة بالشارع الى المتحلق الوسطي. -تأمين وقوف مجاني لسيارات القاطنين على طرفي الطريق -حارة دراجات بالاتجاهين . <b>الوفر في الوقت 44</b>	1050	1800	M	طول الطريق
	50	45	km/ h	سرعة الحافلات
	يمينية	عشوائي	-	حارة مسار الحافلات
	-	-	عدد	الإشارات الضوئية
	2	2	عدد	مواقف الحافلات
	120	90	Sec	زمن الوقوف - المواقف
	-	-	Sec	زمن الوقوف - الإشارات الضوئية
	130	144	Sec	زمن قطع المسافة
190	234	Sec	زمن قطع الرحلة	

الزمن(sec)			السرعة(km/h)		المسافة	المقطع
الموفر	المدروس	الحالي	المقترحة	الحالية	M	(الطريق)
109	233	342	50	45	2400	السومرية
672	922	1594	50	45	5300	المزه
180	327	507	50	30	2600	شكري القوتلي
-	366	366	30	30	800	الثورة
230	367	597	50	30	1350	بغداد
248	226	474	50	30	1200	حلب
140	206	346	50	30	1050	فارس الخوري
44	190	234	50	45	1800	حريستا

1623	2837	4460		16500	المجموع
------	------	------	--	-------	---------

الجدول (12) معلومات المسار الحالية والمدرسة

وتكون نسب الوفرة في زمن الرحلة على المسار المقترح مع السرعة الوسطية:

الجدول (13) معلومات الزمن والسرعة للمسار المقترح

السرعة الوسطية على كامل المسار مع وجود حارة الباص	السرعة الوسطية على كامل المسار حالياً	نسبة زمن الرحلة مع وجود حارة باص الى زمن الرحلة الحالية	نسبة الوفرة في الزمن الى زمن الرحلة مع تخصيص حارة باص	نسبة الوفرة في الزمن الى زمن الرحلة حالياً
21.00 km / h	13.3 km / h	0.64	0.57	0.36

يمكن توضيح الوفرة المادي لحالتين من الحالات المتعلقة بالجدوى الاقتصادية وهي:

▪ نسبة الوفرة المادي الحاصل من تقليل زمن الرحلة:

ان الوفرة الناتج عن تخصيص حارة خاصة للباس

الجدول (14) الوفرة في زمن الرحلة

نسبة الوفرة الناتج	الوفرة الناتج عن تخصيص حارة خاصة للباس	زمن الرحلة المدرس	زمن الرحلة الحالي
36 %	27 دقيقة.	48 دقيقة	75 دقيقة

## 7. النتائج والمقترحات

- امكانية تخصيص حارة خاصة للباصات على المحور من مركز الانطلاق الغربي - طريق السومرية- شارع فايز منصور- شارع شكري القوتلي - شارع الاتحاد-شارع الثورة- شارع بغداد- شارع حلب- شارع فارس الخوري- شارع حرسنا (المعامل بالقابون) - مركز انطلاق البولمان، ويكون المسار ذاته في الإياب مع استبدال شارع حلب بشارع مرشد خاطر.
- امكانية مشاركة الدراجات في هذه الحارة بشارع بغداد وشارع حلب وشارع فارس الخوري. ومشاركة بقية أنواع المركبات له في القسم الممتد من أسفل جسر الثورة حتى تقاطع الازبكية.
- امكانية توفير وقت يقدر ب (27) دقيقة من زمن الرحلة الكلي في حال تخصيص حارة مستقلة للباص على المحور المذكور، وبالتالي توفير ثلث قيمة تذكرة الرحلة تقريبا".
- ان استبدال الميكرو باصات الموجودة حاليا" بباصات للعمل في المسار المخصص المقترح ' يوفر كميات كبيرة من الوقود المدعوم اللازم للحافلات.

### التوصيات:

- اعتماد هذه الدراسة وتخصيص موازنة خاصة لها من قبل الجهات المختصة
- استبدال الميكرو باصات العاملة في منظومة النقل الداخلي في مدينة دمشق بباصات كبيرة لتخفيف مشكلة النقل والمرور بالإضافة الى تحسين البيئة والاقبال من هدر الوقود.
- تفعيل وتشجيع استخدام النقل العام بدلا" من السيارة الخاصة.
- ضرورة تنفيذ مركز للمراقبة والتحكم بقطاع النقل العام لمنح الأولوية من خلاله لعبور الباصات والتعقب الآلي لها.
- وجوب تحقيق التكامل بين وسائل النقل المختلفة في مدينة دمشق.



- تسهيل دفع النقود عند الصعود الى الباص من خلال الدفع المسبق[2] .

#### 8- المراجع:

1. خاير وهزيم، هندسة المرور، 2007
2. JICA "الدراسة النقلية والمرورية لمدينة دمشق"، محافظة دمشق، 1998.
3. BCEOM "توصيات دراسة النقل العام في مدينة دمشق". محافظة دمشق، 2002.
4. SYSTRA "نتائج دراسة الخط الأخضر في مدينة دمشق"، محافظة دمشق، 2010.
5. خطيب وعلمي، "توصيات المصور التنظيمي لمدينة دمشق"، محافظة دمشق، 2010.
6. محافظة دمشق، مديرية الدراسات، الدراسة المعمارية لمركز انطلاق الشمال. 2008.

- 7) ALLPORT R J and J M THOMSON, "*Study of mass rapid transit in developing countries*", TRRL Contractor Report 188. Crow home: Transport Research Laboratory, 1990.
- 8) ARMSTRONG-WRIGHT A, "*Urban transit systems: Guidelines for examining options*", World Bank Technical Paper N0 52 Washington DC: Word Bank. 1986.
- 9) OVERSEAS RODA NOTE 12, "*Design Guidelines for Busway Transit-Overseas, Center*", TRL, 1993-ISSN0951-8987.
- 10) Garber and Hole – *Traffic and Highway Engineering* – University of Virginia.
- 11) NACTO: National Association City Transportation Officials. "*Global Street Design Guide*", New York ،2013.
- 12) District of Columbia Department of Transportation. *DC Streetcar History*. Washington, DC 2014, Accessed June 25, 2014.
- 13) Mineta Transportation Institute, "*Shared-Use Bus Priority Lanes on City Streets: Case Studies in Design and Management*. California (2012) Accessed July1/2014.

- 14) LTP, " *West Midlands Local Transport Plan provisional*", shropshire.gov.uk/public-transport/ local-transport-plan, 2005.
- 15) Federal Highway Administration, " *Traffic Congestions and reliability: Trends and Advanced Strategies for Congestionmitigation*" Cambridge Systematic and Texas Transportation Institute, 2005.
- 16) Bhuiyan Alam, Hilary Nixon and Qiong Zhang, " *Investigating The Determining Factors for Transit Travel Demand by Bus Mode in US Metropolitan Statistical Areas*", Mineta Transportation Institute, 2015.
- 17) Darshini Mahadevia, Ruthul Joshi and Abhijit Datey, " *Low-Carbon Mobility in India and the Challenges of Social Inclusion: Bus Rapid Transit (BRT) Case Studies in India*", CEPT University Centre for Urban Equity, United Nations Environmental Program, 2013.
- 18) Asian Development Bank, " *Changing Course: A New Paradigm for Sustainable Urban Transport*", ADB, 2009.
- 19) Marlon G. Boarnet " *The Declining Role of the Automobile and The Re-Emergence of Place in Urban Transportation: The Past Will Be Prologue,*" *Regional Science Policy & Practice, Special Issue: The New Urban World – Opportunity Meets*

*Challenge*", Vol. 5/2, June, pp. 237–253 (DOI: 10.1111/rsp3.12007), (2013).



## الدراسة التحليلية لتصرف بلاطة بيتونية لاحقة الشد باستخدام توزيع مختلف لكابلات الشد

الباحثة : م. نجوى عيسى - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق

### المخلص

تعتبر البلاطات الفطرية لاحقة الشد من الجمل الإنشائية المستخدمة في الأبنية متعددة الطوابق و التي أثبتت كفاءتها و فاعليتها واقتصاديتها بالمقارنة مع البلاطات البيتونية العادية من حيث تخفيض كمية التسليح و تخفيف السهوم و التشققات بشكل كبير وواضح، توفر الكودات المختلفة طرقاً تقريبية لحساب البلاطات لاحقة الشد و التي يمكن تطبيقها فقط على البلاطات ذات التوزيع المنتظم للأعمدة، أما بالنسبة للمنشآت غير المنتظمة فيجب إجراء التحليل العددي باستخدام طرق دقيقة مثل طريقة العناصر المحدودة (FEM)، حيث تستخدم برامج مختلفة لتحليل و تصميم البلاطات لاحقة الشد و التي لا تعطي بالضرورة نتائج متطابقة مثل ETABS [1] و ADAPT Builder [2] و ، عند تصميم البلاطات لاحقة الشد يمكن استخدام توزيع مختلف لكابلات الشد [3] مثل التوزيع المنتظم في الاتجاهين (Distributed/Distributed) أو التوزيع المركزي للكابلات ضمن شريحة عمودية في أحد الاتجاهين والتوزيع المنتظم بالاتجاه الآخر (Banded/Distributed) أو تركيز الكابلات ضمن شريحة عمودية في كلا الاتجاهين (Banded/Banded)، و يعتمد بشكل أساسي اختيار توزيع الكابلات في البلاطات الفطرية لاحقة الشد على خبرة المصمم.

سيتم في هذه المقالة تصميم بلاطات لاحقة الشد بنسب طول إلى عرض مختلفة و ذلك تحت تحت تأثير حمولات شاقولية موزعة بانتظام، و مقارنة النتائج العددية باستخدام برامج تستخدم طريقة العناصر المحدودة ، كما سيتم مقارنة السهم و قدرة تحمل الإنعطاف للبلاطات في حال استخدام توزيع مختلف لكابلات الشد.

تبين من هذه الدراسة بأن استخدام البرنامج ADAPT أفضل من ETABS بسبب المرونة و السهولة في نمذجة البلاطات لاحقة الشد و استخلاص النتائج، كما اتضح من الدراسة بأن استخدام التوزيع من النوع Banded-Distributed يزيد من قدرة تحمل المقطع على العزم و

بنفس الوقت يقلل م من السهم الأعظمي للبلاطات لاحقة الشد بشكل واضح مقارنة مع النموذجين الباقيين.

الكلمات المفتاحية: بلاطة لاحقة الشد ، طريقة عناصر محدودة ، توزيع كابلات ، سهم ، انعطاف

## Analytical Study of Post-Tensioned Concrete Slab Using Different Tendons Arrangement

### Abstract

Post-tensioned slabs are increasingly recently used in multi-story buildings since they are effective and economic in comparison with flat slabs in relevant to decreasing obviously the reinforcement quantities deflections and cracks, codes provide approximate methods for designing of post-tensioned flat slabs with regular columns arrangements, however, numerical analysis should performed regarding to irregular buildings, by finite elements methods (FEM), many commercial programs are used for analyzing and designing pt. slabs as ETABS [1] and ADAPT Builder [2], Different tendons arrangements are used when designing pt. slabs as Banded-Distributed, Distributed-Distributed and Banded-Banded, and choosing the best arrangement depend on the engineer experience.

This paper aim to study post-tensioned slabs with different aspect ratios under regularly distributed vertical loads, where firstly, numerical comparison study are performed using finite elements programs and secondly, deflections and nominal moment capacity of pt. slab are compared due to different tendon arrangements.

This study shows that using ADAPT Builder is significantly easier than ETABS in modeling, designing and checking post-tensioned slabs. Moreover, using the tendons arrangement type Banded-Distributed can increase the bending resistance and decrease the deflection significantly together with improving the ductility whatever the pt. slab aspect ratio in comparison with the other arrangements.



**Key words:** Post-tensioned slab, FEM, Tendon arrangements, Deflection, Moment

## المقدمة:

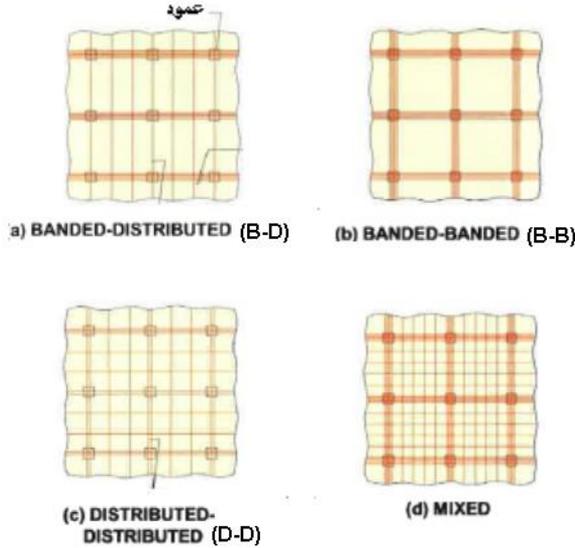
تم استخدام البيتون لاحق الشد في العقود الأخيرة بنجاح في أمريكا و جنوب شرق آسيا و استراليا و أوروبا، حيث أنه تم في أمريكا استثمار ما يعادل بليون متر مربع من البلاطات لاحقة الشد [4]، بلاطات الأقبية زادت من استخدامه بسبب الحاجة الى مجازات كبيرة و سماكة صغيرة للبلاطة، كما تم استخدامه في الجسور و بلاطات الأرضيات ( slab on grade) و الأساسات و بلاطات النقل (transfer slab) [3]

بالإضافة الى الاقتصادية العالية في تنفيذ و صيانة البلاطات لاحقة الشد بالمقارنة مع البلاطات البيتونية المسلحة بتسليح عادي فإن للمباني لاحقة الشد مميزات كثيرة منها [3]:

- 1) مقاومة الشد العالية للكابلات و التي تساوي أربع مرات و نصف مقاومة التسليح العادي، (2) لا تحتاج الى تسليح أصغري لمقاومة التقلص و التغيرات الحرارية،
  - 3) السماح بمجازات كبيرة و سماكات صغيرة، حيث أنه بمجرد زاد المجاز عن 5 متر فإن البلاطة لاحقة الشد تحتاج الى سماكة أخفض بثلاث من سماكة البلاطات العادية بافتراض التحميل نفسه و بالتالي الحاجة الى كميات أقل للأعمدة و الجدران و الأساسات،
  - 4) مناسبة للتوزع غير المنتظم للأعمدة و الجدران،
  - 5) القدرة الكبيرة على تحمل القوى المركزة في المرحلة الاستثمارية بدون حدوث تشققات أو سهوم مقارنة مع البلاطات التقليدية،
  - 6) تشققات قليلة و بالتالي حفظ التسليح من الصدأ،
  - 7) تخفيض الارتفاع الطابقي و بالتالي تخفيض الارتفاع الإجمالي للمبنى.
- يجب تصميم البلاطات لاحقة الشد بحيث تكون إجهادات الشد و الضغط في مرحلتي التنفيذ (transfer of post tensioning condition) و الاستثمار (serviceability condition) ضمن الحدود المسموحة، و بحيث تؤمن مقاومة كافية للانعطاف و القص تحت تأثير الأحمال المصعدة.

يتم توزيع كابلات الشد بطرق مختلفة (الشكل 1) مثل التوزيع المنتظم في الاتجاهين (Distributed-Distributed) أو التوزيع المنتظم بالاتجاه الطويل و التوزيع المركزي للكابلات ضمن شريحة عمودية في الاتجاه القصير (Distributed-Banded) أو التوزيع المركزي للكابلات ضمن شريحة عمودية في الاتجاه الطويل والتوزيع المنتظم بالاتجاه القصير (Banded-Distributed) أو تركيز الكابلات ضمن شريحة عمودية في كلا الاتجاهين (Banded/Banded).

سيتم في هذه المقالة تصميم البلاطات لاحقة الشد، حيث ستنمذج البلاطة باستخدام برامج مختلفة ثم مقارنة النتائج، و أخيرا سيتم دراسة تأثير توزيع كابلات الشد على تصرف الانعطاف والسهم .



الشكل (1): التوزيع المختلف لكابلات الشد [4]

## 1- التحليل الإنشائي باستخدام طريقة العناصر المحدودة (FEM) - مقارنة برامج النمذجة:

في هذه الفقرة سيتم إجراء التحليل الإنشائي للبلاطة البيتونية لاحقة الشد باستخدام برامج النمذجة الإنشائية [1] ETABS، [2] ADAPT Builder، حيث سيتم مقارنة قيم عزوم الانعطاف و قوة سبق الإجهاد بعد أخذ الضياعات بعين الاعتبار.

تم تصميم البلاطة باعتماد الفرضيات التالية:

- (1) التصميم باستخدام الكود الأمريكي ACI 318 M-11.
- (2) أبعاد البلاطة 12m x12m و بسماكة 30cm بحيث تكون نسبة طول المجاز إلى السماكة مساوية إلى 40.
- (3) تم افتراض أبعاد الأعمدة 400mm x400mm
- (4) الحمولة الحية المطبقة (LL) = 5KN/m<sup>2</sup>، و الحمولة الميتة المطبقة (DL) (وزن ذاتي + وزن تغطية) حيث وزن التغطية = 2.5 KN/m<sup>2</sup>.
- (5) مقاومة الضغط الإسطوانية للبيتون (cylindrical compressive strength)  $f'_c = 35 \text{ Mpa}$  (of concrete) و مقاومة الضغط الإسطوانية للبيتون في مرحلة الشد الابتدائية (cylindrical compressive strength of )  $f_{ci} = 26 \text{ Mpa}$  (concrete at time of initial prestress) ، و معامل المرونة للبيتون (Modulus of elasticity concrete)  $E_c = 29734 \text{ Mpa}$
- (6) تم افتراض كابلات بدون تماسك (unbonded tendons) بحيث قطر الكابل الواحد 13mm و مساحة مقطعه 99 mm<sup>2</sup>، و إجهاد الشد للكابل (specified tensile strength of prestressing reinforcement)  $f_{pu} = 1860 \text{ Mpa}$ ، و إجهاد السيالان للكابل (specified yield strength of )  $f_{py} = 1700 \text{ Mpa}$  (prestressing reinforcement) و معامل المرونة لفولاذ الكابلات (Modulus of elasticity prestressing steel)  $E_p =$

- 29734 Mpa، و قوة الشد الفعالة (effective force) في كل كابل تساوي  $P= 118KN$  و ذلك بعد حسم الضياعات.
- (7) تم افتراض أن الكابلات تمتد بشكل قطع مكافئ مع افتراض بعد مركز ثقل الكابلات عن أسفل و أعلى المقطع يساوي 25cm.
- (8) تم اعتماد توزيع و عدد الكابلات بحيث تتمركز ضمن شريحة عمودية في الاتجاه الأفقي وتتوزع بشكل منتظم بالاتجاه الشاقولي (Banded/Distributed) ، و يمكن ترميزها ب B-D بحيث تكون إجهادات الشد و الضغط في مرحلتي التنفيذ و الاستثمار ضمن الحدود المسموحة، و يوضح الشكل (2) توزيع هذه الكابلات و عددها في المسقط.
- (9) توضح الأشكال (من 3 إلى 10) ملخص لنتائج عزوم الانعطاف و قوى سبق الإجهاد و قيم السهوم الناتجة في كل برنامج، حيث يظهر في الشكلان (3 و 4) قيم عزوم الإنعطاف عند المواقع a ، b ، c تحت تأثير تركيب الحملات الإستثمارية الكلية (حمولة مينة + حمولة حية + قوة سبق إجهاد)، أما الشكل (5) فيوضح المقارنة في قيم عزوم الإنعطاف عند المواقع a ، b ، c، كما يوضح الشكلان (6 و 7) قيم قوى سبق الإجهاد عند المواقع e ، f ، g و ذلك بعد أخذ الضياعات بعين الاعتبار، أما المقارنة في قيم قوى سبق الإجهاد يمكن توضيحها في الشكل (8)، و الشكلان (9 و 10) يوضحان قيم السهوم المرنة الناتجة في البلاطة و ذلك تحت تأثير تركيب الحملات الإستثمارية الكلية.

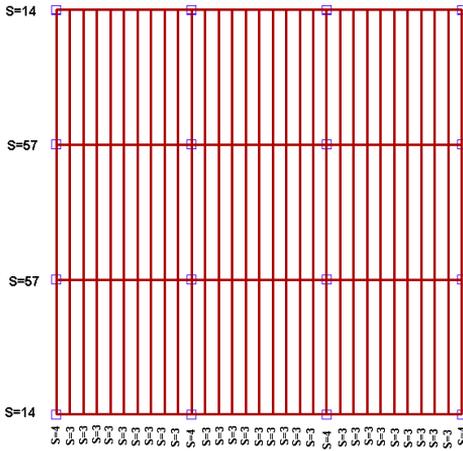
يمكن ملاحظة مايلي من النتائج الموضحة في الشكلان (5 و 8):

- 1- قيم العزوم السالبة عند المواقع a و c في برنامج الـ ETABS أكبر بالمقارنة مع برنامج الـ ADAPT ، أما قيم العزوم الموجبة عند الموقع b فهي متقاربة جدا، و قد يعود السبب إلى أن برنامج الـ ETABS يأخذ بعين الاعتبار صلابة الأعمدة

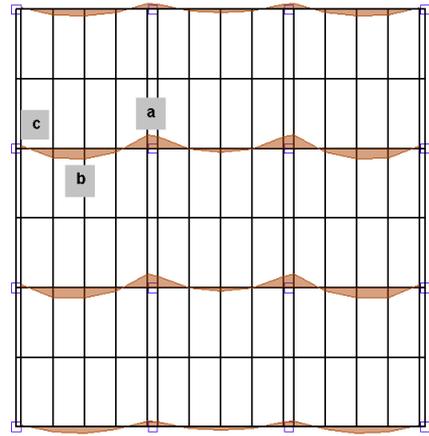
2- إن قيم قوة سبق الإجهاد متقاربة بشكل كبير بين البرنامجين، و أيضا قيمها قريبة من الحساب اليدوي.

3- إن برنامج الـ ADAPT يزود المستخدم بقيم الاستطالة للكابلات (Elongation) بينما برنامج الـ ETABS لا يوجد فيه خاصية حساب الاستطالة

4- من الواضح أن قيم السهوم الناتجة في البرنامجين متطابقة.



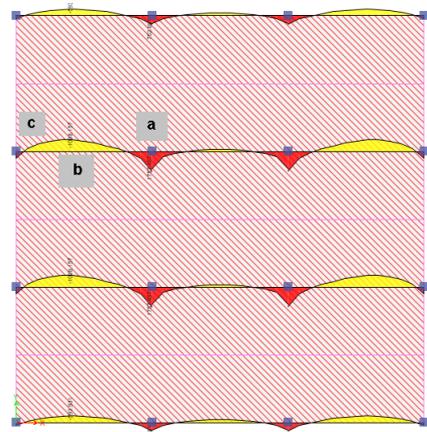
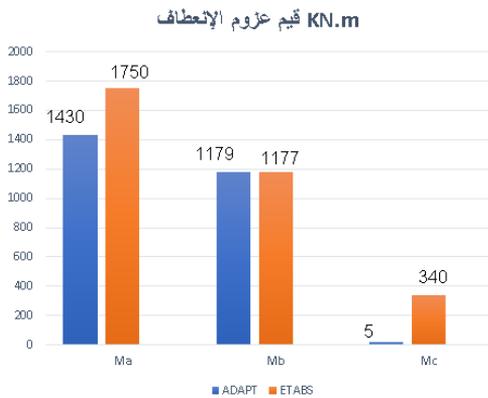
الشكل (3): مخطط عزم الإنعطاف باستخدام



الشكل (2): التوزيع banded/distributed

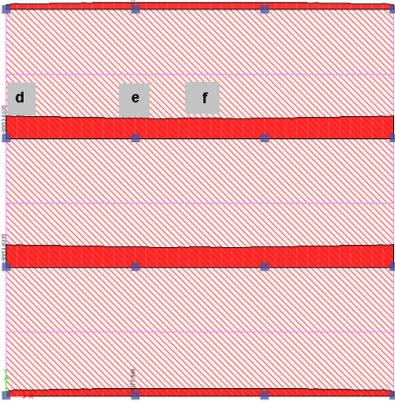
برنامج ADAPT

و عدد الكابلات



الشكل (5): مقارنة نتائج عزوم الانعطاف

في المواقع a ، b ، c

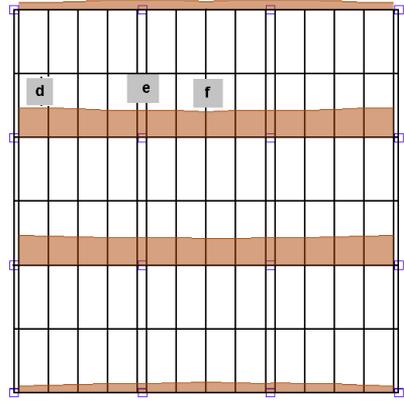


الشكل (7): مخطط قوة سبق الإجهاد

باستخدام برنامج ETABS

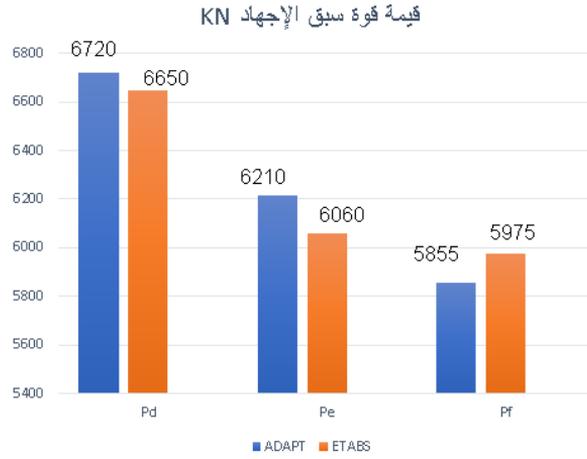
الشكل (4): مخطط عزم الإنعطاف باستخدام

برنامج ETABS

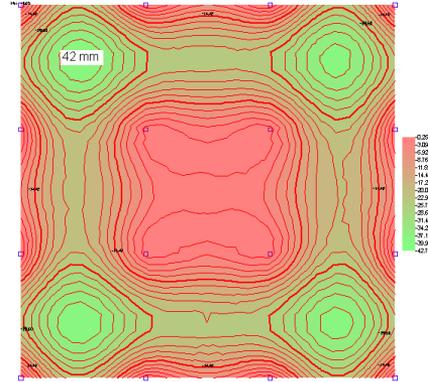
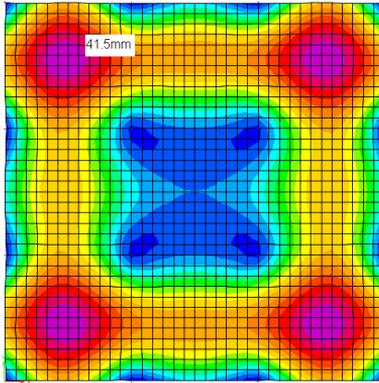


الشكل (6): مخطط قوة سبق الإجهاد

باستخدام برنامج ADAPT



الشكل (8): مقارنة نتائج قوى سبق الإجهاد في المواقع  $f, e, d$



الشكل (10): مخطط السهم باستخدام

برنامج ETABS

الشكل (9): مخطط السهم باستخدام

برنامج ADAPT

## 2- دراسة تأثير التوزيع المختلف للكابلات و اختلاف نسب أبعاد البلاطة على قيم السهم و عزوم الإنعطاف:



سيتم في هذه الفقرة دراسة بلاطات لاحقة الشد باستخدام برنامج ADAPT مع افتراض نسب مختلفة لأبعاد البلاطة (aspect ratio) و توزيع مختلف للكابلات، و ذلك لدراسة تأثيرها على قيم السهوم و عزوم الإنعطاف حيث سيتم دراسة مايلي:

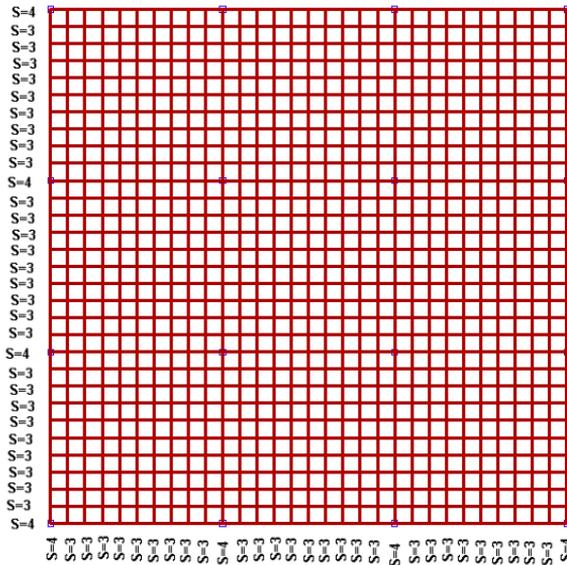
1- بلاطة بأبعاد 12 m x 2 m (نسبة الطول إلى العرض = 1)

2- بلاطة بأبعاد 12 m x 9 m (نسبة الطول إلى العرض = 1.33) و

3- بلاطة بأبعاد 12 m x 6 m (نسبة الطول إلى العرض = 2)

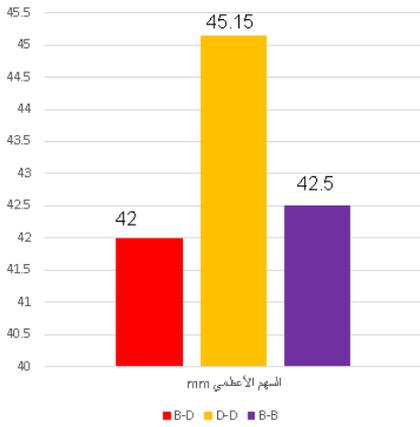
3-1 بلاطة بأبعاد 12 m x 2 m (نسبة الطول إلى العرض = 1):

تم مسبقا دراسة توزيع كابلات من نوع distributed banded (B-D) ، و سيتم في هذه الفقرة دراسة نوعين إضافيين هما distributed-distributed (D-D) و banded-banded (B-B)، و كانت كمية الكابلات المستخدمة في كل نموذج 5.3 kg/m<sup>2</sup> و 4.15 kg/m<sup>2</sup> و 4.7 kg/m<sup>2</sup> على الترتيب، حيث يتبين من الشكلان (11 و 12) توزيع و عدد الكابلات في النموذجين بحيث تكون إجهادات الشد و الضغط ضمن الحدود المسموحة.

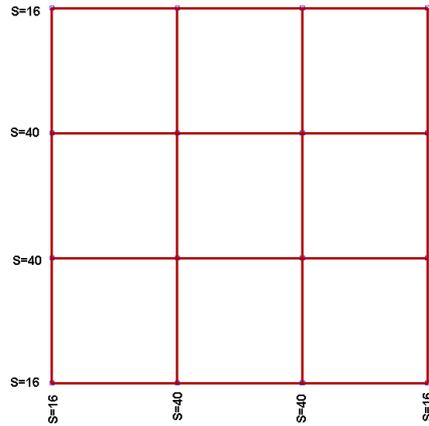


الشكل (11): التوزيع من نوع D-D و عدد الكابلات

و يمكن توضيح قيم السهوم تحت تأثير تراكيب الأحمال الإستثمارية الكلية في الشكل (13)، و بالمقارنة بين النماذج الثلاثة يمكن الوصول إلى نتيجة أنه من أجل نسبة أبعاد للبلاطة مساوية إلى 1 فإن قيم السهم متطابقة في حال تم اعتماد توزيع B-D أو B-B و تزداد قيم السهم عند استخدام النموذج D-D، أما عند مقارنة قدرة المقطع على تحمل عزوم الإنعطاف (moment capacity) للنماذج الثلاثة في منتصف المجاز -عند الموقع b- مع افتراض وجود كابلات فقط و عدم وجود تسليح عادي، فإن الشكل (14) يوضح أن اعتماد التوزيع من نوع B-D يزيد من قدرة تحمل مقطع البلاطة لاحقة الشد على العزم، بينما التوزيع من نوع D-D قد أعطى أقل قيمة لقدرة المقطع على تحمل عزم الإنعطاف و هذا يدل على أن النموذج D-D يحتاج إلى كمية تسليح عادي إضافية أكثر من النموذجين الباقيين و أن النموذج B-D يتطلب تسليح عادي إضافي أقل.

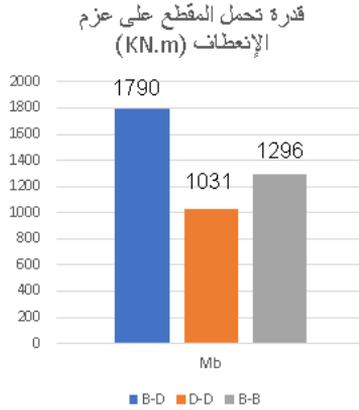


الشكل (13): مقارنة قيم السهوم الأعظمية للنماذج



الشكل (12): التوزيع من نوع B-B و عدد الكابلات الثلاثة

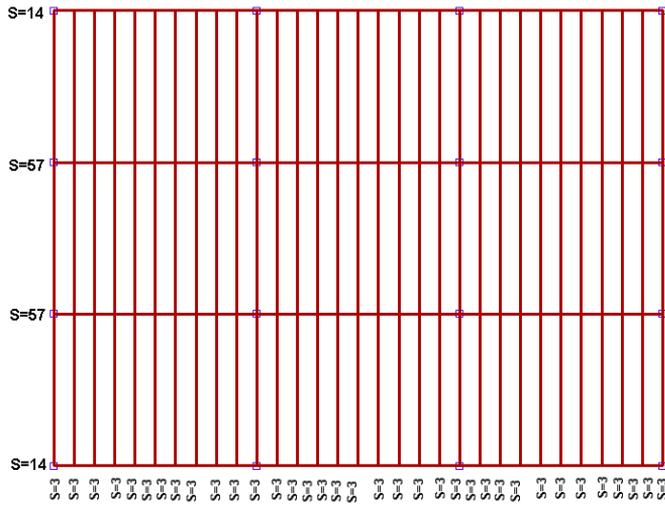
من أجل بلاطة بنسبة طول إلى عرض = 1



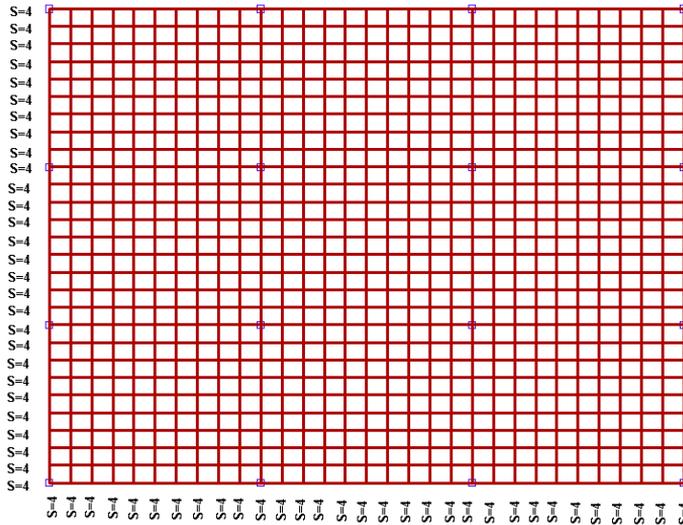
الشكل (14): مقارنة نتائج قدرة تحمل المقطع على العزم للنماذج الثلاثة في منتصف المجاز-النقطة b- من أجل بلاطة بنسبة طول إلى عرض = 1

### 2-3 بلاطة بأبعاد 1 2mx 9 m (نسبة الطول إلى العرض = 1.33):

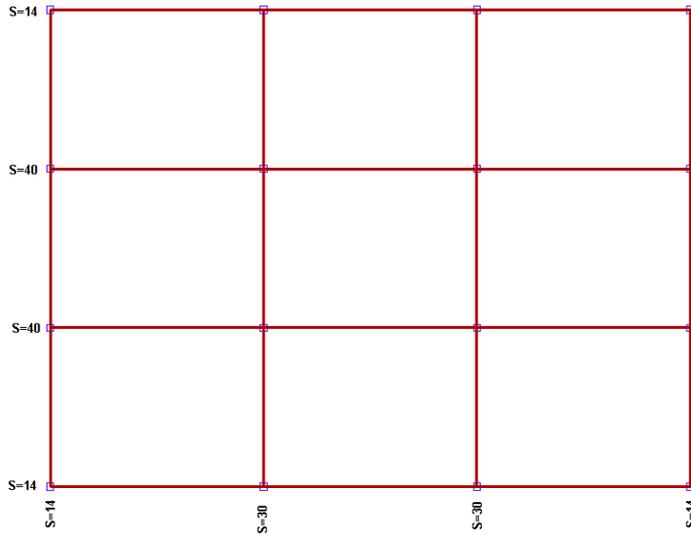
سيتم في هذه الفقرة دراسة ثلاثة أنواع من التوزيع B-) banded-distributed و (D) distributed-distributed و (D-D) distributed-distributed و (B-B) banded-banded، و كانت كمية الكابلات المستخدمة في كل نموذج  $6 \text{ kg/m}^2$  و  $5.8 \text{ kg/m}^2$  و  $4.95 \text{ kg/m}^2$  على الترتيب، حيث يتبين من الأشكال (15 و 16 و 17) توزيع و عدد الكابلات في النماذج الثلاثة بحيث تكون إجهادات الشد و الضغط ضمن الحدود المسموحة.



الشكل (15): التوزيع من نوع B-D و عدد الكابلات

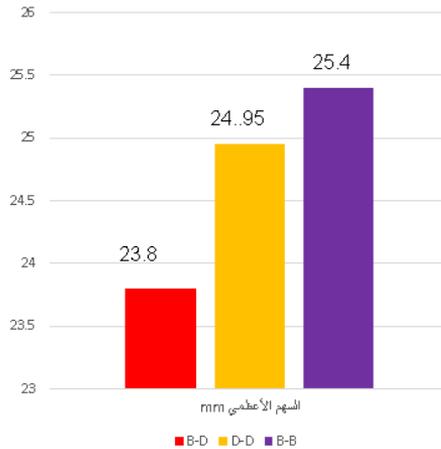


الشكل (16): التوزيع من نوع D-D و عدد الكابلات



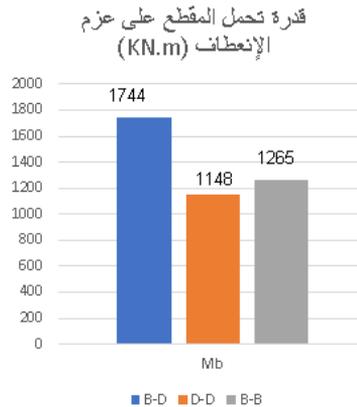
الشكل (17): التوزيع من نوع B-B و عدد الكابلات

و يمكن توضيح قيم السهوم تحت تأثير تراكيب الأحمال الإستثمارية الكلية في الشكل (18)، و بالمقارنة بين النماذج الثلاثة يتبين أنه من أجل نسبة أبعاد للبلاطة مساوية إلى 1.33 فإن التوزيع من نوع B-B يعطي قيم سهم أكبر بالمقارنة مع النموذجين الباقيين ، بينما تقل قيم السهوم عند استخدام النموذج B-D، أما عند مقارنة قدرة المقطع على تحمل عزوم الإنعطاف (moment capacity) للنماذج الثلاثة في



الشكل (18): مقارنة قيم السهوم الأعظمية للنماذج الثلاثة من أجل بلاطة بنسبة طول إلى عرض = 1.33

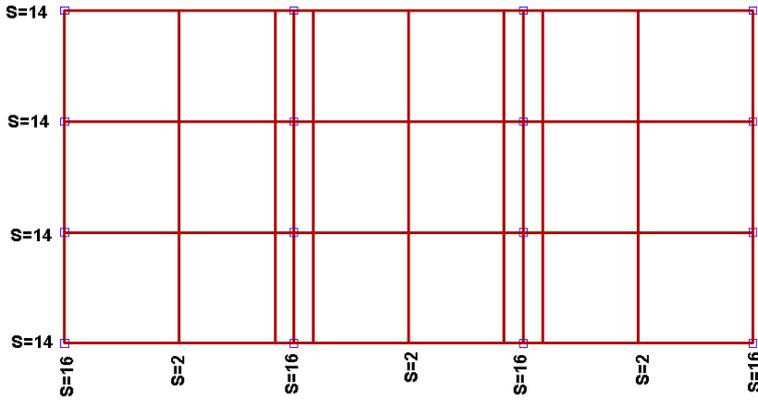
منتصف المجاز - عند الموقع b- مع افتراض وجود كابلات فقط و عدم وجود تسليح عادي، فإن الشكل (19) يوضح أن اعتماد التوزيع من نوع B-D يزيد من قدرة تحمل مقطع البلاطة لاحقة الشد على العزم، بينما التوزيع من نوع D-D قد أعطى أقل قيمة لقدرة المقطع على تحمل عزم الإنعطاف و هذا يدل على أن النموذج D-D يحتاج إلى تسليح عادي إضافي أكثر من النموذجين الباقيين و أن النموذج B-D يتطلب تسليح إضافي أقل.



الشكل (19): مقارنة نتائج قدرة تحمل المقطع على العزم للنماذج الثلاثة في منتصف المجاز -النقطة b من أجل

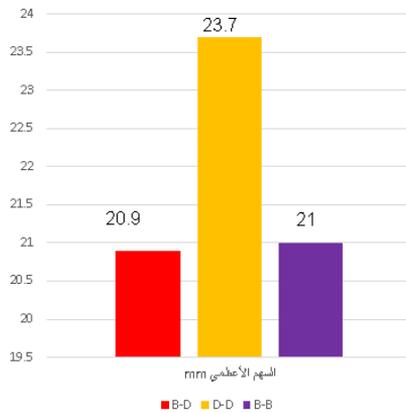
بلاطة بنسبة طول إلى عرض = 1.33





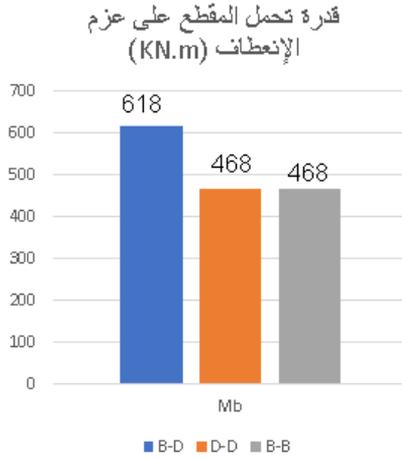
الشكل (22): التوزيع من نوع B-B و عدد الكابلات

عند مقارنة السهم الأعظمي الناتج عن تأثير التراكيب الاستثمارية الكلية حسب الشكل (23) يمكن ملاحظة قيم سهم متطابقة في حال استخدام نوعي التوزيع B-B و D-B ، و تكبر القيمة بنسبة 13% عند استخدام التوزيع من نوع D-D ، و بمقارنة قيم تحمل عزم الإنعطاف الإسمية لمقطع البلاطة مع افتراض استخدام كابلات فقط فيمكن الملاحظة من الشكل (24) بأن التوزيعين B-B و D-D قد أعطيا نفس القيمة بينما نتج عن التوزيع B-D قيمة تحمل أكبر بالمقارنة مع النموذجين الباقيين، و هذا ينعكس بدوره على قيم التسليح العادي التي يجب إضافتها من أجل قدرة تحمل إنعطاف كافية لمقاومة تراكيب الأحمال المصعدة.



الشكل (23): مقارنة قيم السهوم الأعظمية للنماذج الثلاثة من أجل بلاطة بنسبة طول إلى عرض = 2





الشكل (24): مقارنة نتائج قدرة تحمل المقطع على العزم للنماذج الثلاثة في منتصف المجاز-النقطة b من أجل بلاطة بنسبة طول إلى عرض = 1.33

#### 4 الملخص:

عند إجراء الدراسة التحليلية لتأثير توزيع الكابلات على تصرف بلاطات بيتونية لاحقة الشد لها نسبة مجاز إلى سماكة مساوية إلى 40 و لها نسب طول إلى عرض مختلفة 1 و 1.33 و 2 تبين أن:

- بالمقارنة بين برنامجي التحليل تبين أن برنامج ETABS يعطي قيم عزوم كبيرة فوق المساند بينما تتساوى القيم في منتصف المجاز عن استخدام ETABS أو ADAPT، و أيضا تنتج قيم سهوم أعظمية و قوى سيق إجهاد متقاربة عند استخدام كلا البرنامجين.
- برنامج ADAPT مخصص للبلاطات لاحقة الشد، لذلك يوجد سهولة في النمذجة ووضوح في تحقيق الإجهادات و حساب الاستطالة.
- من أجل بلاطات بنسبة طول إلى عرض = 1 فإن استخدام توزيع كابلات من نوع B-D يعطي سهم أقل و كفاية مقطع على العزم أكبر، لذلك يعتبر التوزيع الأمثل لهذا النوع من البلاطات أما التوزيع من النوع B-B قد نتج عنه قيمة سهم صغيرة مساوية تقريبا لما نتج عن التوزيع B-D إلا أنه أعطى قدرة تحمل أقل على العزم، و يعتبر

التوزيع من النوع D-D هو الأسوأ في هذه الحالة لأنه نتج عنه السهم الأكبر و قدرة التحمل على الانعطاف الأقل.

- من أجل بلاطات بنسبة طول إلى عرض = 1.33 فيعتبر التوزيع B-D هو التوزيع الأمثل بسبب قيم السهم الأصغرية الناتجة و قدرة تحمل الأكبر مقارنة مع النوعين الباقيين، و يعتبر التوزيع B-B هو الأسوأ من ناحية السهم، أما القيم المتدنية في قدرة التحمل على عزم الإنعطاف فقد نتجت بسبب استخدام التوزيع من نوع D-D.
- من أجل بلاطات بنسبة طول إلى عرض = 2، إن هذه النسبة تعني أن البلاطة تعمل باتجاه وحيد و هو الإتجاه القصير حيث تفرض على المصمم وخصوصا في التوزيع من النوع B-D بتكثيف الكابلات عند الشريحة العمودية في الإتجاه القصير و توزيعها بشكل منتظم في الإتجاه الطويل و بذلك ينتج عن هذا التوزيع قيم سهم قليلة و قدرة تحمل على العزم كبيرة بالمقارنة مع النوعين الباقيين، و قد نتج عن التوزيعين B-B و D-D نفس قدرة التحمل، أما التوزيع B-B قد أعطى القيمة الأكبر للسهم و بذلك يعتبر التوزيع من النوع B-B هو التوزيع الأسوأ في هذا النموذج من البلاطات.

References:

- [1] ETABS Version 16.0.0, Structural Analysis Program, Computers, and Structures, Inc...
- [2] ADAPT structural concrete software system, ADAPT-FLOOR” Post-tensioning institute, Aalami, B.O., and Boinmer, A.
- [3] B.O.Aalami,(2014), "Post- tensioned buildings design and construction ", Library of congress, China.
- [4] Bondy, K. B., (2012). "Two-way post- tensioned slab with bonded tendons," PTI J., **8**(2), 43-48.
- [5] ACI 318 M-11, and Commentary, (ACI 318 RM-11) Building Code Requirements for Structural Concrete.

## 6 الرموز المستخدمة:

$f'_c$ : مقاومة الضغط الإسطوانية للبيتون ( cylindrical compressive strength of concrete )

$f_{ci}$ : مقاومة الضغط الإسطوانية للبتون في مرحلة الشد الإبتدائية ( cylindrical compressive strength of concrete at time of initial prestress )

$E_c$ : معامل المرونة للبيتون (Modulus of elasticity concrete)

$f_{pu}$ : إجهاد الشد للكابل ( specified tensile strength of prestressing reinforcement )

$f_{py}$ : إجهاد السيلاّن للكابل ( specified yield strength of prestressing reinforcement )

$E_p$ : معامل المرونة لفولاذ الكابلات ( Modulus of elasticity of prestressing steel )

P: قوة سبق الإجهاد

LL: الحمولة الحية المطبقة

DL: الحمولة الميتة المطبقة





