

مجلة جامعة البعث

سلسلة علوم الهندسة المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 43 . العدد 10

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

. 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 (كتابية 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
38-11	رشا إحسان بنیان أ.د. مصدق جانات	تأثير إضافة بعض المواد الكيميائية إلى مياه الصرف الصحي المعالجة نباتياً بهدف صرفها إلى الأنهار والقنوات المائية
64- 39	م. محمّد لؤي الساعاتي د.م عصام ملحم	دراسة تأثير تغير مقاومة الضغط للبيتون على فعالية التطويق العرضي مسبق الإجهاد
88-65	د. محمد بشار المفتي	أثر عدد ساعات التغذية على أداء شبكات المياه عند استخدام نظام التغذية المتقطعة
110-89	علي عواد د. الياس دبانة د. غازي خلف	تحسين الخصائص الهندسية للخلطات الإسفلتية بإضافة الألياف النباتية
148-121	الدكتورة شذى إبراهيم أسعد	التنبؤ بشدة خطورة الحوادث المرورية في مدينة اللاذقية باستخدام تقنيات الذكاء الصناعي

تأثير إضافة بعض المواد الكيميائية إلى مياه الصرف الصحي المعالجة نباتياً بهدف صرفها إلى الأنهار والقنوات المائية

طالبة الدكتوراه: م. رشا إحسان بنيان

قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق - سورية

إشراف أ.م.د. عبود عبود أستاذ مساعد - قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة

المدنية - جامعة دمشق - سورية

مشرف مشارك: أ.د. مصدق جانات أستاذ دكتور - رئيس دائرة الري والمقننات المائية

- هيئة الطاقة الذرية - سورية

الملخص

إن أنظمة المعالجة البيولوجية التقليدية لمياه الصرف الصحي في سوريا لم تكن كافية للوصول بمواصفات المياه المعالجة إلى التراكيز المطلوبة في المواصفة القياسية السورية 3474 الخاصة بصرف المياه المعالجة إلى الأنهار والقنوات المائية، من حيث إزالة بعض المركبات لاسيما الفوسفاتية حيث كان تركيز الفوسفات المطلوب في المواصفة يساوي 6mg/l، مما قد يسبب مشكلة الإثراء الغذائي في المياه. لذا كان هدف البحث وهو استكمال معالجة هذه المياه معالجة ثالثة (متقدمة) وتخفيض مركبات الفوسفات في المياه المعالجة. من خلال مراحل البحث وهو اختبار نبات عدس الماء في الظروف المحلية بسبب قدرته على تخفيض العديد من العناصر من الوسط المائي الذي يعيش فيه بما فيها مركبات الفوسفور. إلا أنه وبعد استزراع النبات لم يتم الوصول إلى التراكيز المطلوبة حسب المواصفة السورية 3474، فتم الاستعانة بإضافة بعض المواد الكيميائية، ونظراً لارتفاع تكاليف مركبات الحديد والألمنيوم والجير المستخدمة عالمياً عادةً لهذا الغرض، لذا تم اختبار إضافة كبريتات الكالسيوم المائية (الجبس) وكربونات الكالسيوم

تأثير إضافة بعض المواد الكيميائية إلى مياه الصرف الصحي المعالجة نباتياً بهدف صرفها إلى الأنهار والقنوات المائية

(المتوفرة طبيعياً وبوفرة في سوريا) إلى المياه قيد المعالجة بعدس الماء، بحيث تم إضافة كل منهما على حدى ومن ثم إضافتهما معاً، ودراسة كفاءة إزالة الفوسفور عند استخدام كلٍ من الإضافات المذكورة، ومقارنة النتائج مع نتائج المعالجة باستخدام عدس الماء بدون إضافات، ومقارنة التراكيز الناتجة بعد المعالجة بالتركيز المطلوب في المواصفة السورية 3474 للتوصل إلى طريقة المعالجة الأجدى ذات المردود الأفضل بأقل كلفة، وذلك بعد اختبار عدة نسب للمواد المضافة واختيار الأفضل. بالنتيجة أظهرت المعالجة الكيميائية النباتية كفاءة عالية بإزالة الفوسفور مع تحقيق التركيز المطلوب في المواصفة السورية، وقد كانت كفاءة الإزالة الأعلى عند اتباع المعالجة بـ (عدس الماء + الجبس + كربونات الكالسيوم) حيث كانت القيمة الوسطية للتركيز الناتجة بعد المعالجة بحدود 3mg/l، تلتها الكفاءة الناتجة عند اتباع المعالجة بـ (عدس الماء + الجبس) فكانت التراكيز الناتجة بعد المعالجة بحدود 4 mg/l، ومن ثم المعالجة بـ (عدس الماء + كربونات الكالسيوم) حيث كانت التراكيز الناتجة بحدود 5 mg/l، إلا أن المعالجة بعدس الماء فقط لم يحقق التركيز المطلوب في المواصفة. لذا يُنصح باستخدام هذا النوع من المعالجة النباتية الكيميائية ذات الكلف المنخفضة والمردود العالي في سوريا.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي - المعالجة النباتية - المعالجة الكيميائية - إزالة الفوسفور.

Chemicals Effect on Plant Treated Wastewater to be Discharged into Rivers and Water Channels

Abstract

Traditional biological wastewater treatment systems have not been sufficient to be realized to required concentration in standard specifications of Allowable Wastewater Discharge to the Environment of Water Recipient Bodies /3474/ in Syria, exactly to rivers and water channels, in terms of removing certain compounds, particularly phosphorus compounds. Required phosphorus concentration in standard specifications is 6 mg/l. Therefore, it will be Eutrophication problem in water resources. So research purpose has been to completing treatment of this water, and reduce phosphorus compounds in treated water. That's by test Duck weed in local conditions because of its ability to reduce many elements from water, including phosphorus compounds. But after planting Duck weed, it did not reach required concentrations in standard specifications 3474, therefore, supporting by chemicals was done. Because of lime, iron and aluminum compounds expensive (which are generally used internationally to this aim), chemicals as gypsum and calcium carbonate are tested, (which are cheap and available in Syria), by add them to plant treated wastewater, each separately, and then together, later study efficiency of phosphorus removal during use each of additions. by comparing results between them and plant treatment, it can be known the best way of phosphorus removal from water which has cheap expensive and best efficiency. All that after testing several rates of chemicals, and choose best efficiency.

تأثير إضافة بعض المواد الكيميائية إلى مياه الصرف الصحي المعالجة نباتياً بهدف صرفها إلى الأنهار والقنوات المائية

As result, chemical plant treatment had high efficiency of phosphorus removal with achieving required concentrations in standard specifications 3474, best efficiency was at treatment (Duck weed + gypsum + calcium carbonate) which had resultant concentrations about 3 mg/l, then at treatment (Duck weed + gypsum) which had resultant concentrations about 4 mg/l, then at treatment (Duck weed + calcium carbonate) which had resultant concentrations about 5 mg/l, but treatment with Duck weed didn't reach required concentrations in standard specifications 3474. So it's advised to use this plant chemical treatment in Syria which is cheap and has high phosphorus removal efficiency.

Keywords: wastewater - plant treatment – chemical treatment - phosphorus removal.

1- مقدمة

نجحت طرق المعالجة الأولية والبيولوجية الثانوية إلى حد كبير بالوصول إلى كفاءة معالجة جيدة وخاصة بمؤشرات التلوث (BOD-COD-SS)، أما باقي المؤشرات فلم تكن كفاءتها ضمن المردود المطلوب، لاسيما المركبات المغذية الفوسفاتية، مما قد يسبب ظاهرة الإثراء الغذائي.

ولتحقيق هذا الهدف كان لا بد من التقيد بالموصفة القياسية السورية 3474 الخاصة بصرف المياه المعالجة إلى البيئة المائية، وهي

PO_4^{-3} ل تساوي 6 mg/l بحال إلقائها في الأنهار والقنوات المائية

1 mg/l بحال إلقائها في المسطحات المائية

بالتالي لم يعد بالإمكان اختيار نظام المعالجة لمياه الصرف الصحي على أساس الأهداف الرئيسية للمعالجة فقط، بل كان من الضروري التدقيق في كفاية المعالجة حسب الغرض من استخدام المياه المعالجة سواءً كان الهدف منها هو استخدامها لأغراض الري وفقاً للموصفة السورية 2752، أو صرف هذه المياه إلى البيئة المائية وفقاً للموصفة 3474.

وفي حال صرف المياه المعالجة إلى البيئة المائية دون تحقيق هذه الموصفة؛ فإن هذا سيؤدي إلى ارتفاع معدل نمو العوالق النباتية بشكل كبير، مما يشكل عبئاً عليها لاسيما بعد موت هذه النباتات وترسبها إلى القاع ومن ثم تحللها، بالتالي استنزاف الأكسجين المنحل في المياه وموت الكائنات الحية المائية ومن ثم تحللها أيضاً، مما قد يرفع تركيز الأمونيا التي تعتبر سامة لبعض الأحياء المائية ولو كانت بتراكيز صغيرة [1]. هذا سيؤدي إلى تغيير النظام البيولوجي الذي يدعى بظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication.

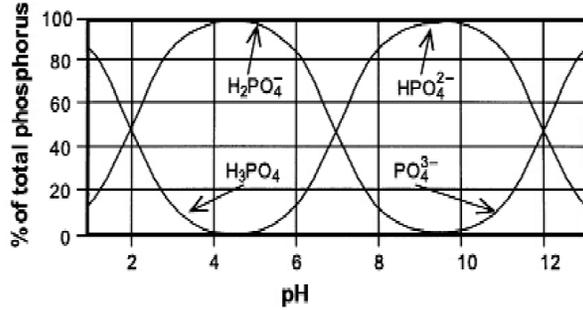
انطلاقاً مما سبق ومن ضرورة حماية المسطحات المائية، انصب الاهتمام للتحكم بالظروف المحيطة لتعزيز الآليات البيولوجية المسؤولة عن إزالة المغذيات، تم البحث في إمكانية استخدام أحد النباتات المائية المحلية المسمى عدس الماء (Duck weed) في المعالجة الثالثة (المتقدمة) لمياه الصرف الصحي المعالجة لإزالة المعادن الثقيلة

والمغذيات ومن ضمنها مركبات الفوسفور، حيث بينت بعض الدراسات أن لعدس الماء القدرة على امتصاص العناصر الثقيلة ومركبات الفوسفور والنترات من المياه واستخدامها ضمن نسيجه [2]، إضافة إلى تمتعه بالعديد من الخصائص المورفولوجية مما يتعلق بعمليات المعالجة، مع انخفاض تكاليف إنشاء برك المعالجة بعدس الماء والطاقة المستخدمة فيها وسهولة تشغيلها وصيانتها، وإمكانية استخدام النبات المحصود كعلف للطيور والحيوانات والأسمك وكسماد عضوي لتغذية النباتات، وأيضاً استخدامه كمصدر جيد للكربوهيدرات لإنتاج الوقود الحيوي، لا سيما وأن مياه الصرف الصحي توفر العناصر الغذائية اللازمة لإنتاج كميات ضخمة من الكتلة الحيوية لعدس الماء [3]. إلا أنه في أغلب الأبحاث لم تصل تراكيز الفوسفات بعد المعالجة بعدس الماء للتراكيز المطلوبة كما هو وارد في المواصفة القياسية السورية الخاصة بصرف المياه المعالجة إلى الجداول والمسطحات المائية، وبالغلة 6 mg/l لشوارد الفوسفات PO_4^{-3} ، حيث أن ذلك يتطلب زيادة مدة مكث المياه المعالجة ثلاثياً في أحواض عدس الماء من خلال تخفيض غزارة المياه المعالجة مما يؤدي إلى انخفاض الجدوى الفنية للمعالجة، أو تكبير المساحة السطحية للنبات مما يؤدي إلى تكبير حجم أحواض المعالجة وارتفاع الكلف الإنشائية.

من هنا كان مبرر الاستعانة بإضافة المواد الكيميائية المرسبة حيث يتحول الفوسفات الذائب إلى الصورة غير الذائبة (الراسبة)، بهدف الوصول إلى أفضل مردود إزالة للفوسفور تزامناً مع تحقيق ظروف التشغيل والاستثمار الأفضل وبأقل الكلف الممكنة. ولقد تم اختيار كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم المائية لأن المرسبات المعدنية المعتاد استخدامها عالمياً كمركبات الحديد والألمنيوم عالية الكلفة، أما بالنسبة للجير فاستحصاله عالي الكلفة إضافة إلى صعوبة تخزينه.

كذلك من العوامل التي دعت إلى اختبار كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم المائية هو توافر كلٍ منهما بكثرة وانخفاض الثمن وسهولة النقل والتخزين إضافة إلى الديمومة، وإلى انحلالية الجبس العالية نسبياً والتي تبلغ 2.5 g/l [4].

إن ما يحدد أشكال الفوسفات الموجودة في المياه هو pH المياه، حيث تظهر أنواع شوارد الفوسفات المذابة التوازن التالي المعتمد على الرقم الهيدروجيني وفق الشكل (1):



الشكل (1) تحديد أشكال الفوسفات اعتماداً على درجة pH

$pH > 2$: هو النوع السائد في المياه. H_3PO_4

$pH > 2$: هو النوع السائد. $H_2PO_4^{-1}$

$pH > 7$: هو النوع السائد. HPO_4^{-2}

$pH > 12$: هو النوع السائد. PO_4^{-3}

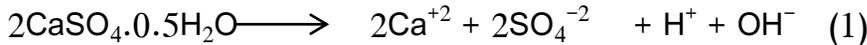


إزالة الفوسفور من المياه باستخدام كبريتات الكالسيوم المائية ($CaSO_4 \cdot 0.5H_2O$):

إن إزالة الفوسفور من المياه من خلال الإضافات الكيميائية المساعدة يعتمد على

التفاعلات التبادلية الأيونية [5]، فعند إضافة كبريتات الكالسيوم المائية ذات الانحلال

العالي إلى المياه الحاوية على شوارد الفوسفات الذائبة يتشرد وفق المعادلة:



ونظراً لكون pH مياه الصرف الصحي يتراوح حول 7، فهذا يعني أن شوارد الفوسفات

السائدة في المياه هي ($H_2PO_4^{-1}$, HPO_4^{-2})، بالتالي سيتحول الفوسفات الذائب إلى

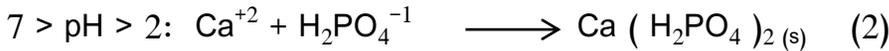
الصورة غير الذائبة (الراسبة) من خلال التجاذب الأيوني لكاتيونات الكالسيوم الموجبة

مع أيونات الفوسفات السالبة مشكلاً فوسفات أحادي الكالسيوم $Ca(H_2PO_4)_2$ ،

تأثير إضافة بعض المواد الكيميائية إلى مياه الصرف الصحي المعالجة نباتياً بهدف صرفها إلى الأنهار والقنوات المائية

وفوسفات ثنائي الكالسيوم CaHPO_4 ، وغالباً ما يوجد هذا المركب (CaHPO_4) على شكل ثنائي هيدرات $[\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ [6].

عندئذٍ يمكن تحديد معادلات ترسيب الفوسفات مع الجبس (أو تشكيل مركبات الفوسفات غير الذائبة) في المياه وفق pH المياه كالتالي:



إن المركبات الناتجة من المعادلات (2-3) هي مركبات راسبة تبقى غير منحلة في ظروف مياه الصرف الصحي المعتدلة ومتوسطة القلوية.

إزالة الفوسفور من المياه باستخدام كربونات الكالسيوم (CaCO_3):

تختلف آلية إزالة الفوسفات عند إضافة كربونات الكالسيوم ذات الانحلال الضعيف إذ أكدت الدراسات العالمية حدوث ادمصاص الفوسفات على كربونات الكالسيوم لا سيما عندما يكون الوسط مائلاً للقلوية، أما إذا كان الوسط حمضياً فإن شوارد السلفات والأيونات العضوية الموجودة في المياه هي التي ستمص على الكربونات [7]، هذا الامتزاز الذي يحدث في المياه الجارية على الأسطح الكلسية بحال احتوائها على شوارد الفوسفات المنحلة، كذلك يحدث على مواد الطبقات الصخرية المائية مثل الحجر الجيري والذي يؤدي إلى إزالة الكثير من الفوسفات من المياه الجوفية، وهذا يحافظ على تركيز الفوسفات في المياه الجوفية منخفضاً أو ثابتاً نسبياً [8]، كذلك يمكن للفوسفات أن يمتز على المواد العضوية في حال وجودها [9].

بالتالي ستعتمد الاستفادة من الفوسفات بواسطة النبات في المياه عند تواجد كربونات الكالسيوم فيها، وستترسب الكربونات مع الفوسفات المدمص عليها إلى الأسفل بينما تبقى كميات قليلة منها في الماء [10].

2- هدف البحث:

إن الهدف من البحث هو الحصول على أفضل كفاءة إزالة للفوسفور من المياه المعالجة بأقل زمن وكلفة، وذلك من خلال البحث عن أفضل المركبات الكيميائية الممكن إضافتها إلى المعالجة الثالثة لمياه الصرف الصحي باستخدام نبات عدس الماء.

3- مواد وطرق البحث

تم اختيار محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة السومرية في ريف دمشق والتي تعمل بنظام المعالجة البيولوجية SBR (Sequencing Batch Reactor) لإجراء البحث فيها، وهو نظام يعتمد على المعالجة بالدفعات المتتالية وهو نفس النظرية التقليدية لمعالجة الحمأة النشطة إلا أن جميع الخطوات تتم في نفس الخزان بطريقة متتابعة: ملء الخزان، تفاعل (تهوية)، ترسيب (ترويق)، تصريف المياه المعالجة والسكون. تجمع المياه المعالجة في هذه المحطة ضمن خزان تجميع بحيث تُستخدم المياه المعالجة لسقاية الأشجار على جانبي الطريق، لذا قمنا بتركيب مضخة مياه ضمن خزان التجميع بحيث تقوم بضخ قسم من المياه المعالجة منه إلى المحطة التجريبية من خلال أنبوب من البولي إيثيلين بقطر (20 mm)، كما في الشكل (2):



الشكل (2) مضخة المياه المركبة ضمن خزان تجميع مياه الصرف الصحي المعالجة

ومن ثم القيام بمعالجة ثالثية باستخدام نبات عدس الماء بهدف إزالة الفوسفور الزائد، من خلال:

- بيان كفاءة المعالجة بعدس الماء فقط.
- بيان تأثير إضافة المركبات الكيميائية على مردود المعالجة (إزالة الفوسفور) وذلك باستخدام:

1- كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$).

2- كبريتات الكالسيوم المائية - الجبس - $(CaSO_4 \cdot 0.5H_2O)$.

3- كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم المائية مع بعضهما.

ثم مقارنة نتائج كفاءة إزالة الفوسفور عند استخدام كل من الإضافات المذكورة ومقارنتها مع بعضها، ثم مقارنتها مع نتائج المعالجة عند استخدام عدس الماء بدون إضافات، وبالتالي التوصل إلى الحل الأمثل.

تتألف المحطة التجريبية كما في الشكل (3) من أربعة أحواض بمساحة سطحية ثابتة $(1m^2)$ ، بحيث تدخل المياه المراد معالجتها إليها على التوالي كما في الشكل (4)، وبحيث تم تثبيت العوامل التصميمية التالية:

- الغزارة $(0.96 m^3/d)$

- زمن المكث $(24 h)$ [4]

- ارتفاع المياه $(90 cm)$ [4]

- المساحة السطحية للنبات $(1 m^2)$

حيث كان الاختلاف محصوراً بالمواد المضافة مع عدس الماء.

وبعد استنبات عدس الماء في كل من الأحواض المدروسة، تم قطف عينات من المياه عند مدخل ومخرج كل حوض من الأحواض، وإجراء تحاليل لهذه العينات ثم حساب نسب الإزالة لتراكيز PO_4^{-3} في كل حوض.

مع ملاحظة أن:

- المياه تدخل إلى الحوض الأول بوجود عدس الماء فقط بدون أي إضافات.

- المياه تدخل إلى الحوض الثاني بوجود عدس الماء مع إضافة كربونات الكالسيوم

وكبريتات الكالسيوم المائية (الجبس) معاً.

- المياه تدخل إلى الحوض الثالث بوجود عدس الماء مع إضافة كربونات الكالسيوم.

- المياه تدخل إلى الحوض الرابع بوجود عدس الماء مع إضافة كبريتات الكالسيوم

المائية.



الشكل (3) أحواض عدس الماء الأربعة المختبرة مع إضافة المواد الكيميائية إلى بعضها



الشكل (4) مسقط جانبي للأحواض المختبرة

4- وصف المحطة التجريبية:

لمعرفة مواصفات المياه المدروسة تم تحليل عينات من المياه المعالجة في محطة السومرية فكانت قيم (BOD) تتراوح بين $(60-80)$ mg/l، بينما دلت تحاليل (COD)

تأثير إضافة بعض المواد الكيميائية إلى مياه الصرف الصحي المعالجة نباتياً بهدف صرفها إلى الأنهار والقنوات المائية

على قيم mg/l (85-110)، أما تحاليل (PO_4^{-3}) فتم بيانها في الجدول (2) للعينات المختبرة.

تدخل المياه المعالجة من خزان التجميع عبر المضخة وأنبوب نقل المياه إلى الأحواض الأربعة على التوازي، وبحيث يشكل كل حوض وحدة مستقلة لها مدخل ومخرج مستقل عن الأحواض الأخرى، وهذا يتيح إمكانية دراسة كفاءة عمل الأحواض كل على حدى ومقارنتها فيما بينها.

تم بناء الأحواض الأربعة بأبعاد متساوية من مادة الإسمنت والبلوك وبشكل متلاصق، مع تحقيق العزل اللازم بين الماء والأحواض من خلال استخدام مادة عازلة هي (BRUSH.BOND) من خلال خلطها مع المونة الاسمنتية المستخدمة في الإكساء الداخلي للأحواض (الطينة)، وقد كانت أبعاد كل حوض $(70*150) cm^2$ وبعمق $(100 cm)$ كما يبين الشكلين (2) و(3).

وبفرض ارتفاع الماء في الأحواض الأربعة $90cm$ ، فيكون حجم المياه فيها:

$$V=L*B*H=1.5*0.7*0.9=0.945 m^3$$

وبفرض زمن المكث فيها: $T=24 h$

فتكون الغزارة الداخلة للأحواض الأربعة:

$$Qh = \frac{V}{T} = \frac{0.945}{24} = 0.04 m^3 / h = 0.96 m^3 / d \\ = 0.67 l / min$$

ويكون التحميل السطحي الموافق للأحواض الأربعة:

$$q_h = \frac{Qh}{A} = \frac{0.04}{0.7*1.5} = 0.038 m^3 / m^2 .h = 0.91 m^3 / m^2 .d$$

تم الاعتماد على المرجع [7] لتحديد نسب إضافة المواد الكيميائية، حيث تم اختبار ثلاث نسب من الجبس في المخبر لإضافتها إلى المياه هي (0.1 %، 0.25 %، 0.5 %) كما في الجدول (1)، وذلك بإضافة g/l (1، 2.5، 5) إلى عينات من مدخل محطة المعالجة التجريبية، وقد تم قياس تركيز الفوسفات في عينة مياه المدخل بدون إضافات والعينات المختبرة مع إضافة نسب الجبس المختلفة، وحساب كفاءة إزالة الفوسفات للعينات الثلاثة.

تم الاختبار في مخبر الموارد المائية حيث كانت النتائج كالتالي:
تركيز الفوسفور في عينة مياه المدخل قبل إضافة الجبس ($PO_4^{-3} = 13.6 \text{ mg/l}$)

0.5 %	0.25 %	0.1 %	نسبة الجبس المضافة التحليل
7.4	7.75	9.3	تركيز PO_4 في المياه بعد إضافة الجبس بعد 24h (mg/l)
45.6	43	31.6	كفاءة إزالة PO_4 من المياه المختبرة (%)

الجدول (1) نتائج اختبار كفاءة إزالة الفوسفور عند إضافة نسب مختلفة من الجبس نلاحظ أن كفاءة الإزالة تزداد بازدياد نسبة الجبس المضافة، وذلك بسبب ازدياد نسبة الكالسيوم المتشرد في المياه بعد إضافة الجبس وازدياد احتمالية التقائه مع شوارد الفوسفات وارتباطه بها مشكلاً مركبات غير منحلة. لذلك اخترنا إضافة النسبة 0.5 % من الجبس إلى المياه مع افتراض ازدياد كفاءة الإزالة مع ازدياد النسبة المضافة.

ومن ثم تم اختيار إضافة نفس النسبة من الكربونات لإمكانية المقارنة بين الأحواض، كذلك فيما يخص إضافة كربونات الكالسيوم والجبس حيث كانت النسبة المضافة 0.25% لكل منهما ليكون مجموعهما 0.5%.

تأثير إضافة بعض المواد الكيميائية إلى مياه الصرف الصحي المعالجة نباتياً بهدف صرفها إلى الأنهار والقنوات المائية

تم اختبار عدة أحجام من كربونات الكالسيوم لبيان مدى اختلاف كفاءة الإزالة باختلاف أبعاد حبيبات كربونات الكالسيوم المستخدمة، وذلك من خلال نخلها في مخبر التربة في كلية الهندسة المدنية على مناخل الرمال الخشنة والمتوسطة والناعمة الخاصة بتجربة التدرج الحبي، كان تركيز الفوسفور في العينات المختبرة للمياه الخام قبل إضافة المواد الكيميائية ($PO_4 = 16.1 \text{ mg/l}$)، كانت النتائج موضحة في الجدول (2):

كربونات الكالسيوم الناعمة 0.15 mm	كربونات الكالسيوم المتوسطة 0.6 mm	كربونات الكالسيوم الخشنة 2.4 mm	
13.33	13.95	14.88	تركيز PO_4 في المياه بعد إضافة كربونات الكالسيوم بعد 24h (mg/l)
17.2	13.35	7.58	كفاءة إزالة PO_4 من المياه المختبرة (%)

الجدول (2) اختبار كفاءة ادمصاص الفوسفور على أحجام مختلفة لحبيبات كربونات الكالسيوم

تم الاختبار في مخبر الموارد المائية من خلال إضافة نفس النسبة المعتمدة والبالغة 0.5% أي ($5mg/l$) من حبيبات الكربونات الخشنة والمتوسطة والناعمة إلى ثلاث عينات من المياه الداخلة إلى المحطة التجريبية وقياس كفاءة الإزالة في هذه العينات بعد مرور زمن مكث (24h)، وقد كان كفاءة إزالة الفوسفور باستخدام حبيبات كربونات الكالسيوم الناعمة أكبر من المتوسطة والمتوسطة أكبر من الخشنة، وقد فُسر ذلك بزيادة مساحة السطح النوعي للحبيبات الأنعم، بالتالي قادتنا هذه النتائج إلى استخدام حبيبات كربونات الكالسيوم الناعمة ذات القطر 0.15 mm. تبين الاختبارات السابقة بعض النتائج الممكن الوصول إليها لمعرفة كفاءة إزالة الفوسفور بالمعالجة الثالثة بالإضافة الكيميائية فقط. تم اختيار المعالجة النباتية الكيميائية لاختبار وتقييم كفاءة إزالة الفوسفور عند الجمع بين الطريقتين، ولبيان مدى تأثيرهما معاً.

عملياً تم ملء الأحواض التجريبية بمياه الصرف الصحي المعالجة ثانوياً، ومن ثم تم إضافة المواد الكيميائية كمادة صلبة (بودرة) بشكل مباشر للأحواض وخلطها قبل استنبات عدس الماء، وذلك بعد تحديد وزنها بحسب النسبة المعتمدة (5%) بناءً على نتائج الجدول (1)، فكانت التراكيز المضافة إلى الأحواض كما يلي:

- تم إضافة كبريتات الكالسيوم المائية بتركيز (2.5 g/l) مع كربونات الكالسيوم بتركيز (2.5 g/l) إلى الحوض الثاني.

- تم إضافة كربونات الكالسيوم إلى الحوض الثالث بتركيز (5 g/l).

- تم إضافة كبريتات الكالسيوم المائية إلى الحوض الرابع بتركيز (5 g/l).

تم حساب وزن المادة المضافة للحوض الثالث والرابع كما يلي:

$$V=0.945m^3 \longrightarrow G=5*0.945=4.725kg$$

فكانت الكمية المضافة للحوض الثاني تقريباً 2.36kg من كلٍ من الجبس والكربونات.

تم استنبات عدس الماء بإضافة (6 kg) تقريباً من النبات إلى الأحواض الأربعة، أي بمعدل (1.5 kg/m²) تقريباً لكل حوض، بالمشاهدة غطت الكمية المضافة لكل حوض نصف المساحة السطحية للحوض والبالغة (1m²) تقريباً. بعد حوالي يومين من إضافة النبات لوحظ بأنه غطى كامل المساحة السطحية للأحواض.

تم البدء بقطف عينات المياه من مدخل المحطة التجريبية ومخارج الأحواض في اليوم الثالث للاستنبات وإجراء القياسات لمعرفة تركيز شوارد (PO₄⁻³) باستخدام جهاز يعتمد على مبدأ الطيف اللوني (سبيكتروفوتومتر (Spectrophotometric)).

نتائج التحاليل موضحة في الجدول (3)، حيث تم حساب كفاءة إزالة الفوسفور في كل

$$E=[(C-C_1)/C] * 100\%$$

حيث: C تركيز الفوسفور في المياه الداخلة لكل حوض.

C₁ تركيز الفوسفور في المياه الخارجة من كل حوض منشأ في المحطة التجريبية.

تأثير إضافة بعض المواد الكيميائية إلى مياه الصرف الصحي المعالجة نباتياً بهدف صرفها إلى الأنهار والقنوات المائية

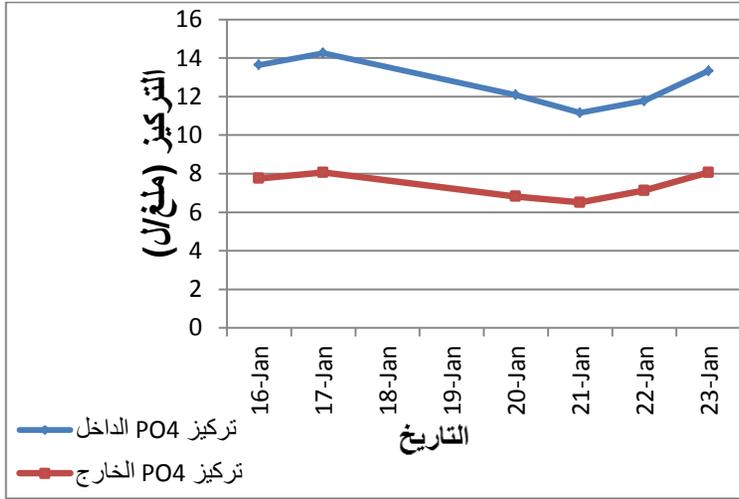
5- النتائج والمناقشة:

تاريخ أخذ العينة	مدخل أحواض المحطة		الحوض الأول عدس الماء فقط		الحوض الثاني (عدس الماء + كربونات الكالسيوم + جبس)		الحوض الثالث (عدس الماء + كربونات الكالسيوم)		الحوض الرابع (عدس الماء + جبس)	
	تركيز PO_4^{-3} عند المدخل (mg/l)	تركيز PO_4^{-3} عند المخرج (mg/l)	كفاءة الإزالة (%)	تركيز PO_4^{-3} عند المخرج (mg/l)	كفاءة الإزالة (%)	تركيز PO_4^{-3} عند المخرج (mg/l)	كفاءة الإزالة (%)	تركيز PO_4^{-3} عند المخرج (mg/l)	كفاءة الإزالة (%)	
16/1/2019	13.64	7.75	43.18	2.945	78.41	5.58	59.09	4.34	68.18	
17/1/2019	14.26	8.06	43.48	3.131	78.04	5.89	58.70	4.34	69.57	
20/1/2019	12.09	6.82	43.59	2.852	76.41	5.27	56.41	4.03	66.67	
21/1/2019	11.16	6.51	41.67	2.821	74.72	4.65	58.33	4.03	63.89	
22/1/2019	11.78	7.13	39.47	2.883	75.53	4.96	57.89	4.03	65.79	
23/1/2019	13.33	8.06	39.53	3.286	75.35	5.89	55.81	4.65	65.12	
القيمة الوسطية	12.71	7.39	41.82	2.99	76.44	5.37	57.71	4.24	66.54	

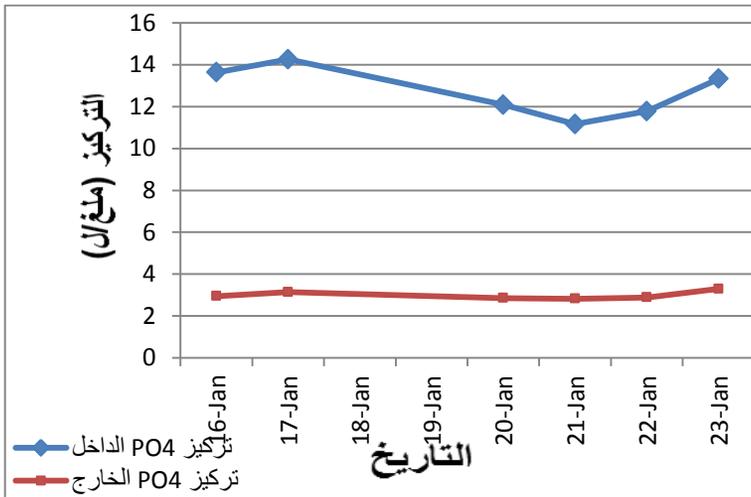
الجدول (3) يبين تراكيز PO_4^{-3} الداخلة والخارجة وكفاءة الإزالة في الأحواض الأربعة

تم قياس شوارد الكبريتات SO_4^{-2} في حوض النبات مع الجبس عدة مرات للتأكد من عدم تجاوز شوارد الكبريتات للنسب المسموحة في المواصفة السورية 3474 الخاصة بإلقاء المياه المعالجة في المسطحات المائية وبالبالغة (300 mg/l)، ويهدف إلقاءها في الأنهار والقنوات المائية وبالبالغة (400 mg/l)، فكانت نتيجة التحليل الأول: تركيز شاردة الكبريتات SO_4^{-2} في عينة مدخل حوض النبات مع الجبس يساوي 4 mg/l، وفي عينة المخرج تساوي 124 mg/l، وفي تحليل ثاني لعينة من مخرج حوض النبات مع الجبس بعد يومين كان تركيز شوارد الكبريتات SO_4^{-2} يساوي 130 mg/l. وفي كلا التحليلين كانت التراكيز ضمن الحدود المسموحة للإلقاء في المسطحات والمجاري المائية، ومن الطبيعي أن ينطبق ذلك على حوض النبات مع الجبس مع الكربونات حيث أن كمية الجبس المضافة إليه تساوي نصف الكمية المضافة إلى حوض النبات مع الجبس.

بتمثيل النتائج الموجودة في الجدول (3) بيانياً تم الحصول على الأشكال (5-6-7-8) والتي تبين تراكيز PO_4^{-3} الداخلة إلى المحطة التجريبية والخارجة من كل حوض من الأحواض الأربعة التجريبية:

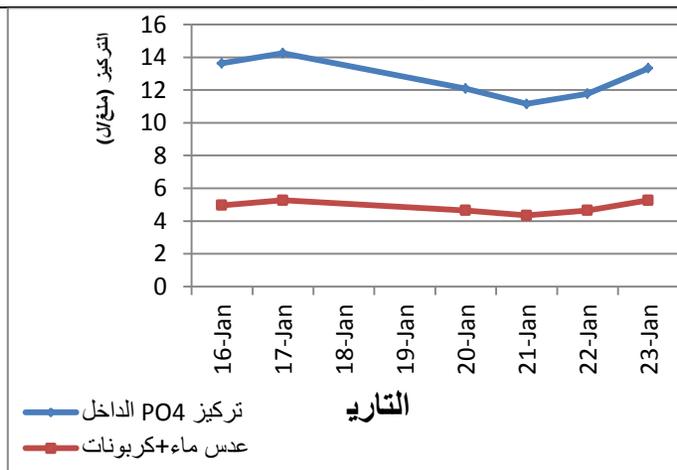


الشكل (5) يبين تراكيز PO_4^{-3} الداخلة والخارجة في حوض عدس الماء فقط

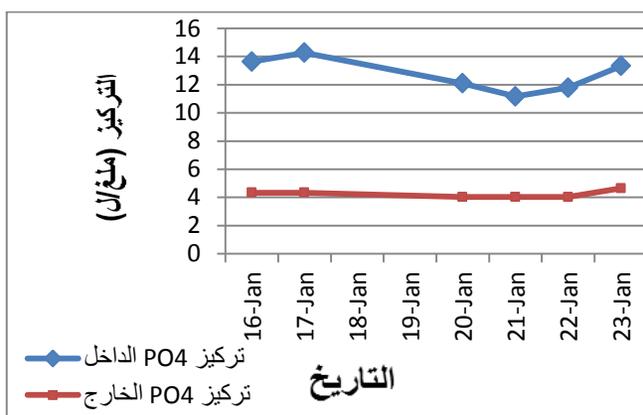


الشكل (6) يبين تراكيز PO_4^{-3} الداخلة والخارجة في حوض عدس الماء مع كربونات الكالسيوم والجبس

تأثير إضافة بعض المواد الكيميائية إلى مياه الصرف الصحي المعالجة نباتياً بهدف صرفها إلى الأنهار والقنوات المائية

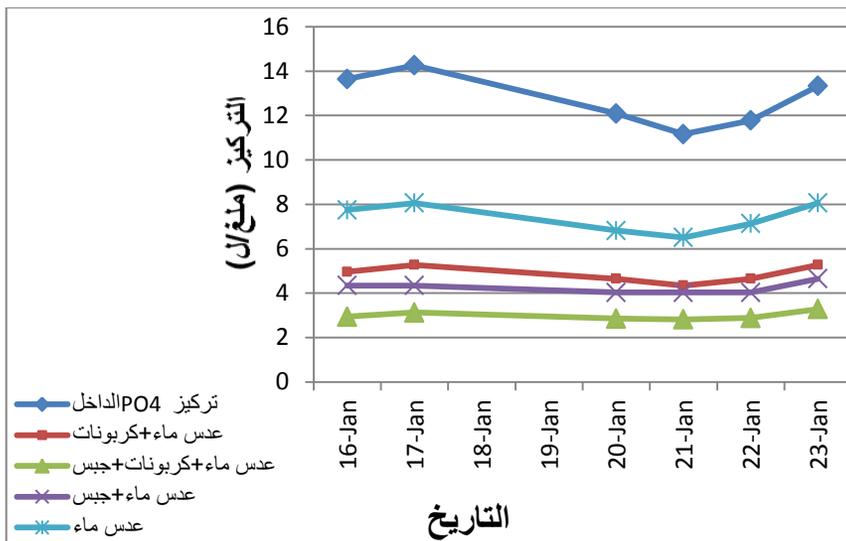


الشكل (7) يبين تراكيز PO_4^{-3} الداخلة والخارجة في حوض عدس الماء مع كربونات الكالسيوم

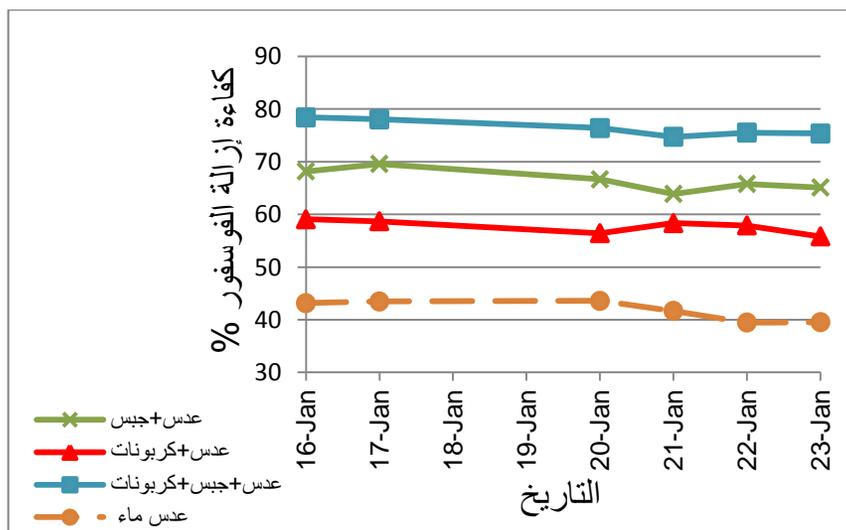


الشكل (8) يبين تراكيز PO_4^{-3} الداخلة والخارجة في حوض عدس الماء مع الجبس

ولمقارنة أداء عمل الأحواض الأربعة وبيان تأثير الإضافات الكيميائية على المعالجة الثالثة بنبات عدس الماء وجدوى هذه الإضافات، تم تمثيل التراكيز الخارجة في الأحواض الأربعة ونتائج كفاءة إزالة الفوسفور فيها بيانياً كما في الشكلين (9-10):



الشكل (9) تراكيز PO_4^{-3} الداخلة والخارجة في الأحواض الأربعة



الشكل (10) كفاءة إزالة الفوسفور PO_4^{-3} في الأحواض الأربعة

يبين الجدول (3) ما يلي:

- لم تصل تراكيز شوارد الفوسفات PO_4^{-3} إلى القيمة المذكورة في المواصفة السورية 3474 لإلقاء مياه الصرف الصحي المعالجة في الأنهار والقنوات المائية والبالغة (6 mg/l) عند اتباع المعالجة الثالثة بعدس الماء فقط وفق العوامل التصميمية الأولية في هذا البحث (زمن مكث 24h، ارتفاع المياه 90 cm، بتحميل هيدروليكي سطحي 0.9 $m^3/m^2.d$)، وقد يُعزى ذلك إلى ارتفاع تراكيز الفوسفات الخارجة من المعالجة الثانوية والداخلية إلى المحطة التجريبية.

- حققت تراكيز العينات الخارجة من أحواض المعالجة النباتية الكيميائية المواصفة السورية 3474 لإلقاء مياه الصرف الصحي المعالجة في الأنهار والقنوات المائية والبالغة (6 mg/l)، مما يدعو إلى اقتراح المزيد من الاختبارات لإضافة نسب مختلفة من كربونات الكالسيوم والجبس إلى المعالجة بعدس الماء، لتحديد النسب الأنسب من المواد المضافة، مع الأخذ بعين الاعتبار أنها لم تحقق بعد المواصفة السورية 3474 لإلقاء مياه الصرف الصحي المعالجة في المسطحات المائية والبالغة (1 mg/l)، مما يجعل هذه الاختبارات دلالة مساهمة للوصول إلى النسب الأمثل الممكن إضافتها لهذا النوع من المعالجة.

يبين الشكل (9) ما يلي:

- تقارب في قيم تراكيز شوارد الفوسفات PO_4^{-3} الخارجة في أحواض المعالجة النباتية الكيميائية، بينما اختلفت التراكيز الخارجة في حوض عدس الماء تبعاً لظروف المناخ والإشعاع الشمسي وتطور نمو النبات في أيام الاختبار.

- ارتفاع تراكيز شوارد الفوسفات PO_4^{-3} الخارجة في الأحواض التجريبية بعد 21 Jan بسبب اقتراب نهاية دورة نمو النبات مما سيؤدي إلى تراجع عن التغذية بمركبات الفوسفور، بالتالي تراجع نسبة الإزالة وارتفاع التراكيز في مياه المخرج. إضافة إلى بدء تشكل البساط الأخضر لنبات عدس الماء واقتراب موعد الحصاد الجزئي للنبات.

- انخفاض تركيز شوارد الفوسفات PO_4^{-3} في أحواض المعالجة بعدس الماء مع كربونات الكالسيوم وبشكل يفوق الإزالة عند اتباع المعالجة بعدس الماء فقط، مما يؤكد ادمصاص شوارد الفوسفات عليها، وهذا ما تؤكدته الدراسات العالمية.
 - انخفاض أكبر في تركيز شوارد الفوسفات PO_4^{-3} في أحواض المعالجة بعدس الماء مع الجبس، مما يبين إزالة عالية لشوارد الفوسفات نتيجة اتحاد شوارد الكالسيوم المتأينة مع شوارد الفوسفات المنحلة.
 - الانخفاض الأكبر في تركيز شوارد الفوسفات PO_4^{-3} كان في أحواض المعالجة بعدس الماء مع الجبس وكربونات الكالسيوم نتيجةً لادمصاص بعض هذه الشوارد على الكربونات واتحاد بعضها مع شوارد الكالسيوم المتأينة نتيجة انحلال الجبس وتشرده في المياه.
- يبين الشكل (10) ما يلي:

- إزالة جيدة لشوارد الفوسفات PO_4^{-3} في الأحواض الأربعة تراوحت بين (40-75)%، مع ثبات للكفاءة في الأيام الأربعة الأولى ومن ثم تراجع بسيط للكفاءة في الأحواض باستثناء حوض عدس الماء مع الكربونات حيث ازدادت الكفاءة قليلاً.
- كفاءة الإزالة الأعلى للفوسفور كانت في الحوض الثاني (حوض عدس الماء + كبريتات الكالسيوم المائية + كربونات الكالسيوم) حيث كانت كفاءة الإزالة الوسطية 76.44%، ثم تلتها الكفاءة الناتجة في الحوض الرابع (عدس ماء + كبريتات الكالسيوم المائية) بكفاءة وسطية 66.54%، ومن ثم الحوض الثالث (حوض عدس الماء + كربونات الكالسيوم) حيث كانت كفاءة الإزالة الوسطية 57.71%، وأخيراً كانت كفاءة الإزالة الأدنى في الحوض الأول (عدس الماء فقط) بكفاءة وسطية 41.82%.

بهدف دراسة العلاقة بين تراكيز PO_4^{-3} الداخلة إلى المحطة التجريبية والخارجة من كل حوض من الأحواض الأربعة، تم حساب معامل الارتباط بيرسون (Person) وحساب معنويته، وكانت النتائج موضحة في الجدول (4):

تأثير إضافة بعض المواد الكيميائية إلى مياه الصرف الصحي المعالجة نباتياً بهدف صرفها إلى الأنهار والقنوات المائية

		Pearson Correlation	
Variables	N	Pearson Correlation value	p-value
PO ₄ ⁻³ في مدخل أحواض المحطة التجريبية	6	0.936	0.006*
PO ₄ في مخرج الحوض الأول	6		
PO ₄ ⁻³ في مدخل أحواض المحطة التجريبية	6	0.728	0.101
PO ₄ في مخرج الحوض الثاني	6		
PO ₄ ⁻³ في مدخل أحواض المحطة التجريبية	6	0.942	0.005*
PO ₄ ⁻³ في مخرج الحوض الثالث	6		
PO ₄ ⁻³ في مدخل أحواض المحطة التجريبية	6	0.754	0.083
PO ₄ ⁻³ في مخرج الحوض الرابع	6		

الجدول (4) يبين معامل الارتباط بيرسون ومعنويته بين تراكيز PO₄⁻³ الداخلة إلى المحطة التجريبية والخارجة من كل حوض من الأحواض الأربعة

* يوجد دلالة إحصائية عند مستوى ($p - value \leq 0.05$)

ومن الجدول (4) تبين ما يلي:

- يوجد علاقة خطية طردية قوية ذات دلالة إحصائية بين تركيز PO_4^{-3} الداخل إلى أحواض المحطة التجريبية وتركيز PO_4^{-3} في مخرج الحوض الأول (عدس الماء فقط) عند مستوى الدلالة (0.05) حيث أن ($p.value = 0.006 < 0.05$) وبلغت قيمة معامل الارتباط ($R = 0.936$) وهذا يدل على أنه كلما ازداد تركيز PO_4^{-3} الداخل إلى أحواض المحطة التجريبية يزداد تركيز PO_4^{-3} في مخرج الحوض الأول (عدس الماء فقط)، والعكس صحيح.

- يوجد علاقة خطية طردية قوية ذات دلالة إحصائية بين تركيز PO_4^{-3} الداخل إلى أحواض المحطة التجريبية وتركيز PO_4^{-3} في مخرج الحوض الثالث (عدس الماء + كربونات الكالسيوم) عند مستوى الدلالة (0.05) حيث أن ($p.value = 0.005 < 0.05$) وبلغت قيمة معامل الارتباط ($R = 0.942$) وهذا يدل على أنه كلما ازداد تركيز PO_4^{-3} الداخل إلى أحواض المحطة التجريبية يزداد تركيز PO_4^{-3} في مخرج الحوض الثالث، والعكس صحيح.

- لا يوجد علاقة خطية ذات دلالة إحصائية بين تركيز PO_4^{-3} الداخل إلى أحواض المحطة التجريبية وكل من تركيز PO_4^{-3} في مخرج الحوض الثاني (عدس الماء + كربونات الكالسيوم + جبس) و مخرج الحوض الرابع (عدس الماء + جبس) عند مستوى الدلالة (0.05) حيث أن ($p.value = 0.101, 0.083 > 0.05$) على الترتيب.

ويفسر الارتباط بين تراكيز PO_4^{-3} الداخلة والخارجة في الحوضين الأول والثالث بسبب زيادة إمكانية النبات من امتصاص PO_4^{-3} من المياه مع زيادة تركيز PO_4^{-3} في المياه، كذلك فيما يخص ادمصاص PO_4^{-3} على الكربونات. إلا أن وجود الجبس في الحوضين الثاني والرابع كان له التأثير الغالب في تخفيض تركيز PO_4^{-3} في المياه، بسبب فعاليته العالية وآلية عمله الكيميائية في إزالة الفوسفور سواءً كانت التراكيز الداخلة إلى المحطة التجريبية عالية أو منخفضة.

لم تؤثر الإضافات الكيميائية سلباً على نمو النبات حيث أنها مواد غير سامة للنبات، وبالرغم من انخفاض تركيز شوارد الفوسفات PO_4^{-3} في المياه إلا أنه بقي يغطي حاجة النبات منه، وهذا ما دلّ عليه نمو النبات بشكل جيد.

بالمشاهدة تم ملاحظة تطور نمو عدس الماء في حوض عدس الماء مع الجبس بشكل أكثر من باقي الأحواض، وتم نفسي ذلك بأن زيادة تركيز الكالسيوم في السائل المغذي لجذور النبات تسبب زيادة في نمو النبات، كذلك فإن وجود الكبريتات بحد ذاته يساعد جداً في نمو النبات [7].

وهذا ما برر زيادة نمو عدس الماء في هذا الحوض عن باقي الأحواض نتيجة تشتت الجبس إلى شوارد الكالسيوم الموجبة والكبريتات السالبة، يليه حوض الكبريتات والكربونات، مما ساهم في رفع كفاءة إزالة الفوسفور في هذه الأحواض.

الإستنتاجات

- 1-ازدياد كفاءة إزالة الفوسفور عند إضافة أملاح الكالسيوم (لا سيما الجبس مع كربونات الكالسيوم) مع استنابات عدس الماء كمعالجة ثالثية لمياه الصرف الصحي المعالجة.
- 2-تحقيق المواصفة المطلوبة لإلقاء مياه الصرف الصحي المعالجة في الأنهار والقنوات المائية من خلال إضافة الجبس فقط أو الجبس مع كربونات الكالسيوم مع استنابات عدس الماء كمعالجة ثالثية لمياه الصرف الصحي.
- 3-الانخفاض الملحوظ في التراكيز الناتجة بعد المعالجة بعدس الماء والمواد الكيميائية لما دون التركيز المطلوب في المواصفة السورية يتيح إمكانية زيادة التحميل الهيدروليكي السطحي في أحواض المعالجة إلى أن تصل التراكيز الخارجة لقيمة الواصفة السورية (6 mg/l)، مما يساهم في:
 - إمكانية استخدام هذه المعالجة لتجمعات سكانية أكبر وزيادة الجدوى الفنية للمعالجة.
 - تخفيض المساحة السطحية لأحواض المعالجة، مما يوفر الكلف المادية التشغيلية والاستثمارية في المحطة.
- 4-إن كلفة المعالجة الثالثية باستخدام كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم المائية كانت منخفضة، بسبب سعرها المنخفض مقارنةً بغيرها من المواد الكيميائية المستخدمة عالمياً، لا سيما مع توفر هذه المواد محلياً في سورية.
- 5-إن إضافة الجبس إلى المعالجة النباتية أثرت إيجابياً على نمو النبات وبالتالي على كفاءة إزالة شوارد الفوسفات PO_4^{-3} في هذه الأحواض.
- 6-ازدادت كفاءة إزالة شوارد الفوسفات PO_4^{-3} بازدياد نسبة الجبس المضاف إلى المياه.

المقترحات

- 1- استخدام نبات عدس الماء مع إضافة الجبس أو الجبس مع كربونات الكالسيوم إلى مياه الصرف الصحي كمعالجة ثالثة بهدف إلقاء المياه المعالجة إلى المسطحات المائية، بسبب المردود العالي لهذه الطريقة في المعالجة.
- 2- استنبات عدس الماء في المياه المعالجة بسبب تخفيضه للمغذيات والعديد من المركبات، إضافة إلى إمكانية الاستفادة من النبات المحصود كسماد وعلف للحيوانات ولإنتاج الوقود الحيوي.
- 3- توجيه المختصين إلى استخدام تراكيز منخفضة من صيغ الفوسفات في المنظفات قدر الإمكان.
- 4- تحويل تصريف مياه الصرف الصحي المعالجة قدر الإمكان إلى مسطحات مائية أقل تأثيراً سلبياً بهذه المياه.
- 5- استخدام المعالجة بعدس الماء مع الإضافات الكيميائية مع رفع نسبة المواد الكيميائية المضافة عن النسبة المستخدمة في البحث لتخفيض التراكيز الخارجة، وذلك للحصول على مياه نوعية لاستعمالات خاصة، على ألا تؤثر هذه الإضافات على الغاية من استخدام هذه المياه.
- 6- من المجدي أن تصرف مياه الصرف الصحي المعالجة إلى مسطحات مائية ذات أرضية غنية بكربونات الكالسيوم أو الجبس (كالأراضي الجبسية) حيث ستكون عاملاً فعالاً في إزالة الفوسفور من المياه.

التوصيات:

- 1- إجراء دراسة تبحث في مدى ديمومة فعالية كربونات الكالسيوم والجبس في إزالة الفوسفور من المياه المعالجة المحلية.
- 2- إجراء دراسة تبحث في حجم الرواسب المتشكلة والزمن اللازم لعملية تنظيفها.
- 3- دراسة كفاءة إزالة الفوسفات من مياه الصرف الصحي المحلية المعالجة ثانوياً عبر إمرارها على أسرة من كربونات الكالسيوم.

المراجع:

- 1- LENG, R.A., STAMBOLIE, J.H., & BELL, R.E., 1995. Duck weed a potential high protein feed resource for domestic animals and fish, Livestock Research for Rural Development, Vol.7,1- 36.
- 2- IQBAL, 1999- Duckweed Aquaculture Sandec, Report no. 6199, 87p.
- 3- HAMID, M. A., CHOWDHURY, S.D., RAZZAK, M.A. and ROY, C.R., 1993 – Effect feeding an aquait weed lemnatrisulca as partial replacement of fish meat on the performance of growing ducklings, Journal of Science of Food and Agriculture, Vol.6l(1): 137 – 139.
- 4- TCHOBANOGLIOUS, G. BURTON,F. &STENSEL,D., 2003- Wastewater Engineering : Treatment , Disposal , and Reuse. McGraw-Hill Companies, 4 Edition, ISBN. USA, 1878p.
- 5- LEE, C.Y et al., 2004- Performance of subsurface flow constructed wetland taking pretreated swine effluent under heavy loads, Bio resource. Technol., Essex, Vol. 92(2), 173-179.
- 6- SMITH,P &SCOTT,J., 2005- Dictionary of Water and Waste Management. IWA, 2 Edition, London. U.K., 493p.
- 7- KHASAWNEH F. E., SAMPLE E. C., KAMPRATH E. J., 1976- The Role of Phosphorus in Agriculture, American Society of Agronomy, 910p.
- 8- SIMMONS, J. &Lyons, W., 1994- The groundwater flux of nitrogen and phosphorous to Bermuda's coastal waters, Water Resources Bulletin, Vol. 30(6), 983 – 991.
- 9- MC GUIRE,E., 2011- Phosphorus Cycling in the Ellison Park Wetland at the Mouth of Irondequoit Creek, Rochester, NY: A Case Study Evaluating the Movement of Phosphorus as it Transits a Coastal Wetland of Lake Ontario. Environmental Science and Ecology, New York, 110p.
- 10- HADAD, H.R. et al., 2006- Macrophyte growth in a pilot-scale constructed wetland for industrial wastewater treatment, Chemosphere, Oxford, Vol. 63(10), 1744-1753.

دراسة تأثير تغير مقاومة الضغط للبيتون على فعالية التطويق العرضي مسبق الإجهاد

د.م عصام ملحم¹ م. محمد لؤي الساعاتي²

المُلخَص

يقدم هذا البحث دراسةً تحليليةً لعددٍ من العينات البيتونية الموشورية ذات الأبعاد النظامية (مربع طول ضلعه 150mm وارتفاعه 300mm) معرضة إلى ضغط مركزي والمطوقة عرضياً بتقنية الأحزمة الفولاذية مسبقة الإجهاد وذات مقاومات مكعبية متغيرة من 30 MPa وحتى 60 MPa بهدف دراسة فعالية التطويق العرضي بالأحزمة الفولاذية مسبقة الإجهاد على مختلف أنواع البيتون، من البيتون عادي المقاومة وحتى البيتون عالي المقاومة حيث يكون تأثير التطويق أقل ما يمكن بشكل عام بسبب أن البيتون عالي المقاومة يملك تمدداً عرضياً قليلاً بالمقارنة بالبيتون عادي المقاومة. أظهرت الدراسة التحليلية أن تأثير التطويق مسبق الإجهاد يقل بزيادة مقاومة الضغط للبيتون، وتكون أكبر ما يمكن عندما تكون مقاومة البيتون بين (40 - 35) MPa ثم تقل فعالية التطويق حتى الوصول إلى أقل قيمة عند 60 MPa.

الكلمات المفتاحية: تطويق، مسبق إجهاد، مطاوعة، تمدد عرضي.

Effect of Concrete Compressive Strength on Lateral Post-Tension Metal Strap

Dr. Eng. Esam Melhem¹ Eng. Mohammad Louai Alsaati²

Abstract

This research presents an analytical study of Prismatic concrete specimens with standard dimensions (square section of 150mm and height of 300mm) subjected to axial compression and laterally confined with Steel Strapping Tensioning Technique, the specimens have different compressive strength varying from 30 MPa to 60 MPa to study the effectiveness of active confinement on different kind of concrete from normal-strength concrete to high-strength concrete, when the

confinement effectiveness in lowest, because the lateral dilation of high-strength is low comparing with normal-strength concrete. This study shows that Steel Strapping Tensioning Technique becomes less effective as the concrete compressive strength increases, and the effect of steel strapping tensioning technique is at best when the compressive strength is between 35–40 MPa

Key words: confinement, post-tension, ductility, lateral dilation.

قائمة الرموز والاختصارات LIST OF ABBREVIATIONS

MPa	المقاومة المميزة للبيتون	:
MPa	الإجهاد المحوري للبيتون المطوق	:
MPa	الإجهاد المحوري للبيتون غير المطوق	:
MPa	إجهاد التطويق العرضي	:
mm/m	التشوه الطولي للبيتون المطوق	:
mm/m	التشوه الطولي للبيتون غير المطوق	:
.....	النسبة الحجمية للتطويق	:
MPa	معامل المرونة الطولي للفلواز	:
MPa	معامل المرونة الطولي للبيتون	:
MPa	إجهاد خضوع فولاذ التطويق	:

1- مقدّمة:

يعد البيتون عالي المقاومة مادة متطورة تقدم خصائص عالية مثل المقاومة العالية، والصلابة والديمومة الطويلة مقارنة مع البيتون عادي المقاومة. ويمكن إنتاجه باستخدام المواد الخام نفسها الموجودة في البيتون عادي المقاومة مع نسبة ماء منخفضة وبعض الإضافات الخاصة التي تضاف إلى الخلطة. في الوقت الحالي، يستخدم البيتون عالي المقاومة في أعمدة الأبنية متعددة الطوابق وفي البيتون مسبق الصنع وفي الأبنية التي تتطلب مقاومات عالية وديمومة طويلة. تكون مقاطع العناصر من البيتون عالي المقاومة أصغر وبالتالي أقل وزناً.

تؤدي زيادة مقاومة البيتون إلى نقصان في المطاوعة أو زيادة في الهشاشة. وإن البيتون ذا الانهيار القصيف لا يستطيع أن يتحمل أية زيادة في الحمولة بعد الوصول إلى المقاومة العظمى، وبعدها تنخفض المقاومة بشكل سريع بعد الوصول إلى الذروة، وهذا النوع من الانهيارات يسمى انهياراً انفجارياً، لذلك يجب أخذ الحذر عند تصميم البيتون عالي المقاومة من أجل متطلبات المطاوعة خاصة في العناصر الإنشائية التي يمكن أن تتعرض إلى قوى عرضية ناتجة عن الزلازل والانفجارات والرياح، إلخ....

إنّ نقص المطاوعة في البيتون عالي المقاومة يمكن أن يلاحظ من خلال صعود حاد في منحنى الإجهاد - التشوه حتى الذروة ويتبعه انخفاض حاد بعد الذروة كما هو موضح في الشكل (1)

يعتبر السلوك النمطي للبيتون العادي سلوكاً هشاً تحت تأثير إجهاد ضغط محوري. ويتم استخدام التطويق العرضي بشكل شائع من أجل تأخير انهيار البيتون وتحسين المطاوعة، هذه الخاصية هامة في الأبنية المعرضة لحمولات عالية مثل

الزلازل، كان العمل الرائد لـ (1928) Richart [2] والذي هدف إلى دراسة سلوك البيتون تحت الإجهاد متعدد المحاور وبيّن فعالية التطويق العرضي على سلوك البيتون، حفّز العديد من الباحثين على البحث في سلوك البيتون على التطويق العرضي، ودراسة عدة طرق لتطبيق ضغط التطويق العرضي بشكل عملي.

الشكل 1 - منحنى العلاقة بين الإجهاد - تشوه لمختلف أنواع البيتون

من جهةٍ أخرى تمت ملاحظة أن التطويق العرضي لا يؤثر فقط على المقاومة الأعظمية بل يؤثر أيضاً على زيادة المطاوعة (Ductility) ولوحظ في التجارب زيادة تشوه الانهيار الأعظمي و تخفيض ميلان منحن الإجهاد - التشوه الهابط بعد الوصول إلى القيمة العظمى للبيتون)... وكما نعلم جميعاً تُعتبر خاصية توافر المقاومة مع المطاوعة أساسية جداً في مناطق المفاصل اللدنة في العناصر المقاومة للزلازل لأنها ترتبط بشكل مباشر بالحلقة الهستيرية الناتجة للمفصل اللدن وبالتالي قدرته على تبديد الطاقة الزلزالية المدخلة.

يبين الشكل (2) رسماً مبسطاً للفرق بين منحنى الإجهاد - التشوه بين البيتون العادي غير المطوق (Unconfined concrete)، والبيتون المطوق (Confined concrete)

الشكل 2 - منحنى الإجهاد - تشوه للبيتون المطوق وغير المطوق

يوجد عملياً طريقتان للتطويق العرضي: التطويق الفعلي والتطويق السلبي.

ففي حال التطويق السلبي، فإن ضغط التطويق يزداد تدريجياً كنتيجة لتمدد البيتون عرضياً حالماً يتم تحميله محورياً. ويتم تطبيق التطويق السلبي (والذي هو شائع

الاستخدام) في الأبنية البيتونية الحديثة عن طريق الفولاذ العرضي الداخلي (الأساور العرضية والحلزونية)، وفي الأبنية القديمة التي لا تتمتع بمطاوعة كافية، فإن التطويق السليبي يتم تطبيقه على شكل قمصان فولاذية أو ألياف البوليمير (FRP).

تم اكتشاف التطويق العرضي من قبل (Saki and Sheikh 1989) على شكل أساور حلزونية في الأعمدة البيتونية. وقد اقترح (Richard, Brandtzaeg and Brown) [2] العلاقة التالية بين المقاومة والضغط العرضي للبيتون المطوق، بالاعتماد على نتائج التجارب الكثيفة وهذه العلاقة تطبق على الأعمدة المطوقة بالأساور العرضية داخل المقطع والتطويق خارج المقطع:

حيث أن:

: الإجهاد الطولي للبيتون المطوق (MPa)

: الإجهاد الطولي للبيتون غير المطوق (MPa)

: إجهاد التطويق العرضي (MPa)

ركزت العديد من الدراسات على البحث في سلوك البيتون المطوق بتسليح عرضي (Sheikh et al. 1982) [4]. فقد قام الباحث (Mander 1988) [5] بإجراء دراسة على أعمدة بيتونية بمقاطع موشورية ودائرية وجدران مستطيلة مطوقة بأساور حلزونية ومعرضة إلى حمولات دورية وأحادية. ومؤخراً اهتم العديد من الباحثين في البحث في سلوك الأعمدة البيتونية المطوقة بألياف البوليمير (FRP) [6]

2- هدف البحث:

يهدف البحث بشكل رئيسي زيادة مقاومة الأعمدة ومطاوعتها بدون زيادة في المقطع أو زيادة في نوع البيتون المستخدم

دراسة الأعمدة الموشورية المعرضة إلى الضغط المركزي بتدعيمها بأحزمة فولاذية عالية المقاومة ذات إجهاد خضوع ($F_y = 800 \text{ Mpa}$)

3- مواد وطرق البحث:

بالاستعانة ببرنامج ABAQUS تمّت دراسة مجموعة من العينات البيتونية وفق المتغيّرات المبينة في الشكل (4) والتي تضمنت مقاومة البيتون على الضغط مع المحافظة على نسبة حجمية ثابتة للتطويق لكافة العينات. العينات المستخدمة موشورية بمقطع عرضي مربع $150 \times 150 \text{ mm}$ وارتفاع 300 mm ويبين الشكل (5) شكل وأبعاد العينات والأحزمة المستخدمة في التطويق وكما يبين الجدول (1) مواصفات فولاذ الأحزمة المستخدمة في التطويق.

الجدول (1) مواصفات فولاذ الأحزمة المستخدمة في التطويق.

التطاول (%)	إجهاد الخضوع (MPa)	السماكة (mm)	العرض (mm)	نوع الأحزمة
0.47	803	0.8	32	الأحزمة من النوع S

الشكل 3 مخطط الإجهاد - التشوه لأحزمة الفولاذية المستخدمة في البحث

الشكل (4) المتغيّرات المدروسة في البحث

الشكل (5) شكل وأبعاد العينات والأحزمة المستخدمة في التطويق

لقد تم بناء العنصر المحدود اللاخطي بالاعتماد على نموذج العنصر الصلب ذي الثماني عقد باستخدام برنامج (ABAQUS). وتم استخدام نموذج البيتون اللدن المتضرر (Concrete damage plasticity) في البرنامج في نمذجة السلوك اللاخطي للبيتون. هذا النموذج استخدم فيه مفهوم المرونة المتماثلة الخواص مع اللدونة المتماثلة الخواص على الشد والضغط. لتمثيل السلوك غير الخطي للبيتون.

يعتبر هذا النموذج واحداً من النماذج الأولية التي تتنبأ بسلوك البيتون. يصف هذا النموذج سلوك البيتون من خلال إدخال عدة متغيرات عديدة تعبر عن مقدار تضرر البيتون.

يتألف النموذج من خليط من اللدونة متعددة الصلابات غير المرتبطة مع المرونة المتضررة لوصف الضرر غير القابل للرجوع الذي يحصل خلال عملية التخریب. وإن نموذج البيتون اللدن المتضرر يتطلب أن يكون السلوك المرن للمادة متماثل الخواص وخطياً. والنموذج يجب أن يضمن الاستمرارية واللدونة للبيتون. وتم فرض ميكانيزمي انهيار أساسيين هما: التشقق نتيجة الشد، والتحطم نتيجة الضغط للبيتون، والذي يتحكم في انهيار سطح البيتون هما متغيران متعلقان بالصلابة () و ()

بعد إجراء العديد من المقارنات بين النماذج المقترحة (Hognestand1951, Kent & Park1971, Popovisc1973, Thorenfledt1987, Tsai1988, (Rush, Pikove) ومعايرة العديد من التجارب تم الاعتماد على نموذج الباحثين [1] (Domingo J.Carreira & Kuang-Han Chu)

ويوضح الشكل (6) المقارنة بين نماذج البيتون غير المطوق لبيتون ذي مقاومة ثابتة (C30)

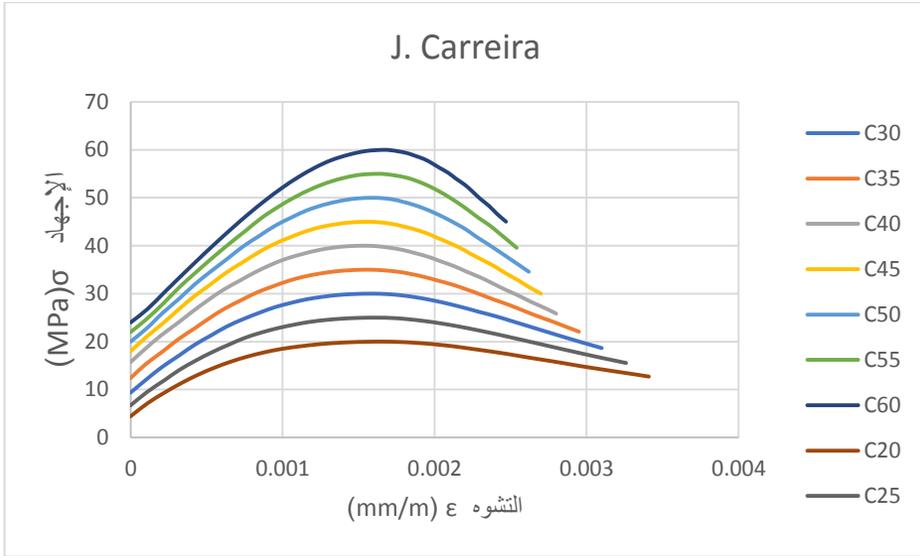
الشكل (6) منحنى الإجهاد - تشوه لبعض نماذج البيتون غير المطوق

والذي تبين بعد إجراء العديد من المقارنات على بيتون بمقاومات مختلفة MPa (20 ~ 60) وعلى عينات بأبعاد مختلة (أسطوانية ومربعة) تم الوصول إلى نسبة خطأ تتراوح بين 0.6 ~ 8% بين نتائج التجارب والنموذج التحليلي في برنامج ABAQUS. هذا النموذج يعبر عنه بالعلاقة على الشكل التالي وبين الشكل (7) مخطط الإجهاد - تشوه لنموذج الباحثين لمختلف أنواع البيتون

(1)

(2)

: معامل المادة والذي يعتمد على شكل منحنى الإجهاد - تشوه



الشكل (7) منحنى الإجهاد - التشوه للبيتون (نموذج الباحثين & Domingo J.Carreira

[1] (Kuang-Han Chu

ثم بالاعتماد على نموذج الباحثين (Kent & Park) المعدل للبيتون المطوق والذي يعبر عنه بالعلاقات التالية

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

(8)

حيث أن

: مقاومة البيتون المطوق على الضغط (MPa)

: تشوه البيتون عند الإجهاد في الذروة يساوي ()

: معامل يأخذ بعين الاعتبار الزيادة في المقاومة نتيجة التطويق العرضي (معامل فعالية التطويق)

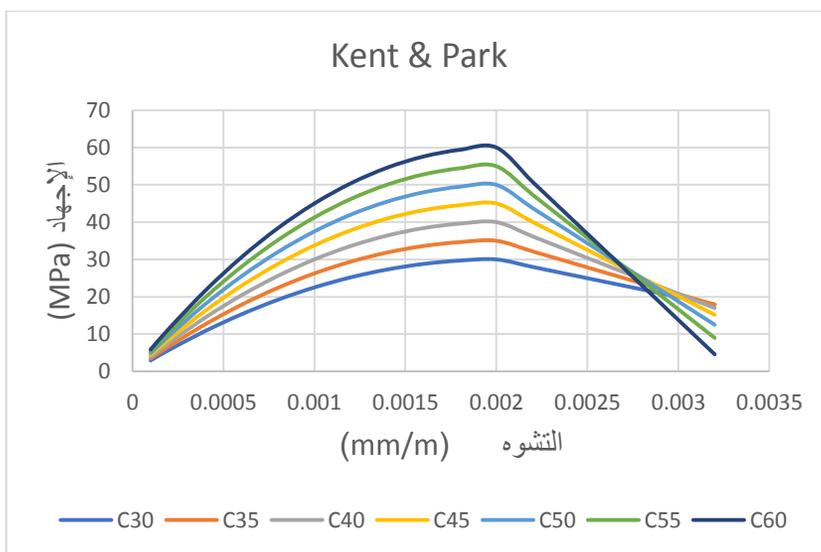
: معامل تحسين ميل القسم الهابط للمنحني

: نسبة حجم فولاذ التطويق إلى حجم النواة البيتونية المطوقة

: التباعد بين مراكز الأطاق العرضية (mm)

ويوضح الشكل (8) شكل منحنى الإجهاد - التشوه للبيتون المطوق وغير المطوق

للباحثين (Kent & Park) [4]

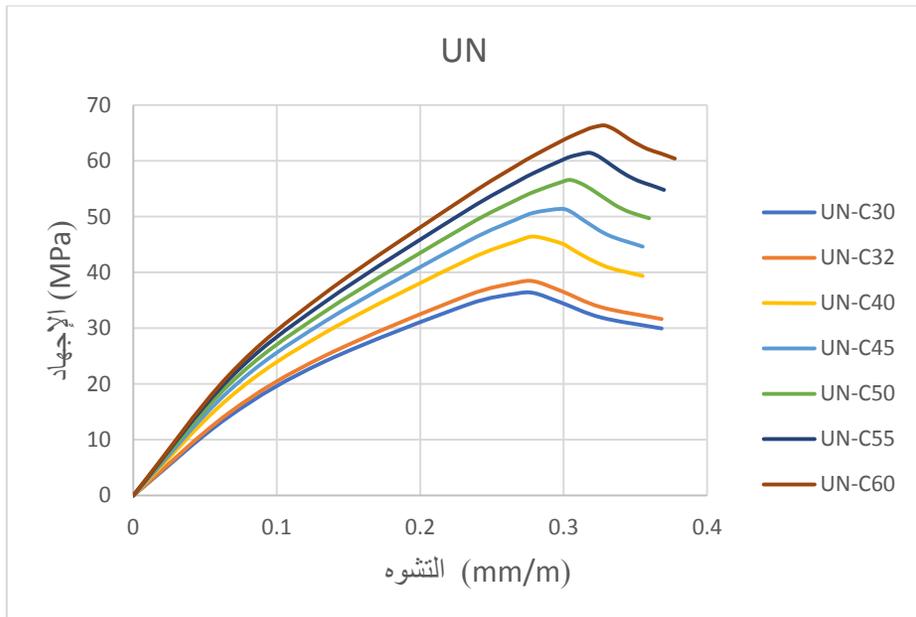


الشكل (8) منحنى الإجهاد - التشوه للبيتون المطوق وغير المطوق - نموذج الباحثين (Kent & Park) المعدل [4]

4- النتائج ومناقشتها:

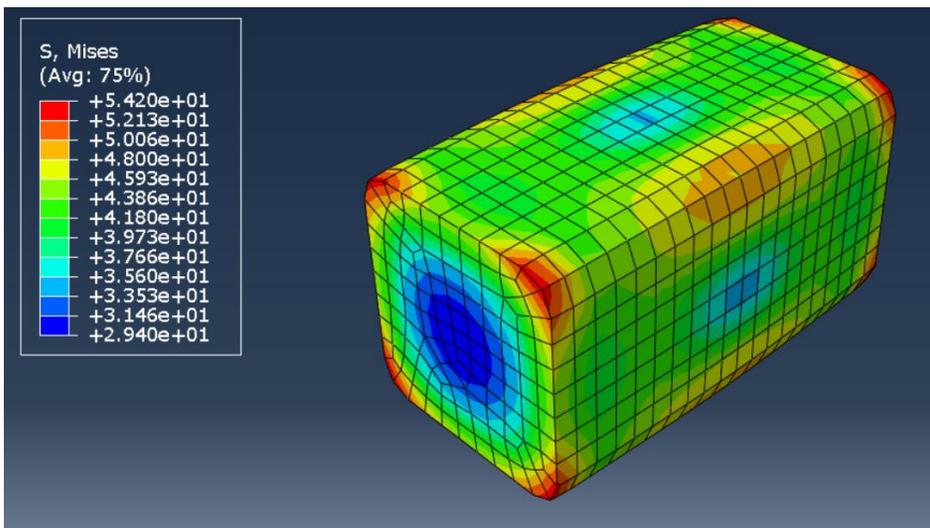
4-1 نتائج العينات غير المطوقة

في البداية، تم نمذجة العينات غير المطوقة وتعرضها إلى قوة ضغط محوري حتى الانهيار وإيجاد منحنى الإجهاد - التشوه لها، ومقارنة قيم التشوهات. ولقد لوحظ انخفاض في مطاوعة العينة بازدياد مقاومة البيتون وزيادة في ميل منحنى الإجهاد - التشوه والانخفاض السريع بعد نقطة الذروة كما هو موضح في الشكل (9) والذي يوضح منحنى الإجهاد - التشوه لمجموعة العينات غير المطوقة



الشكل (9) منحنى الإجهاد - تشوه لمجموعة العينات غير المطوقة

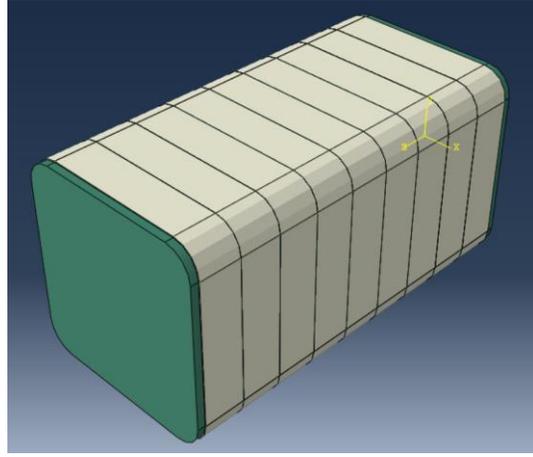
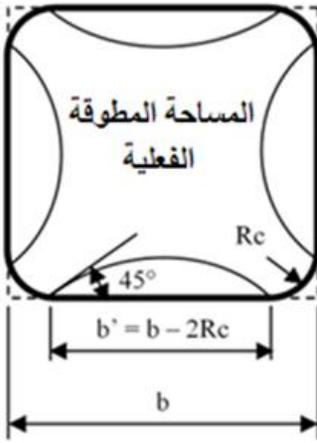
وبيين الشكل (10) توزيع الإجهادات الرئيسية في إحدى عينات المجموعة غير المطوقة



الشكل (10) الإجهادات الرئيسية لعينة من مجموعة العينات غير المطوقة

2-4 نتائج العينات المطوقة

تم أخذ العينات نفسها وتطويقها بالأحزمة الفولاذية تطويقاً كاملاً (التباعد الصافي بين الأحزمة 0 مم) وتطبيق إجهاد شد مسبق وقدره 240 MPa (30% من إجهاد خضوع فولاد الأحزمة) والتي تعادل قوة شد 6.144 KN



الشكل (11) نموذج العينة البيتونية المطوقة بالكامل

النسبة الحجمية للتطويق

(9)

حساب ضغط التطويق البدائي على محيط العينة

(باعتبار نصف قطر التدوير $Rc=20\text{mm}$)

(10)

(11)

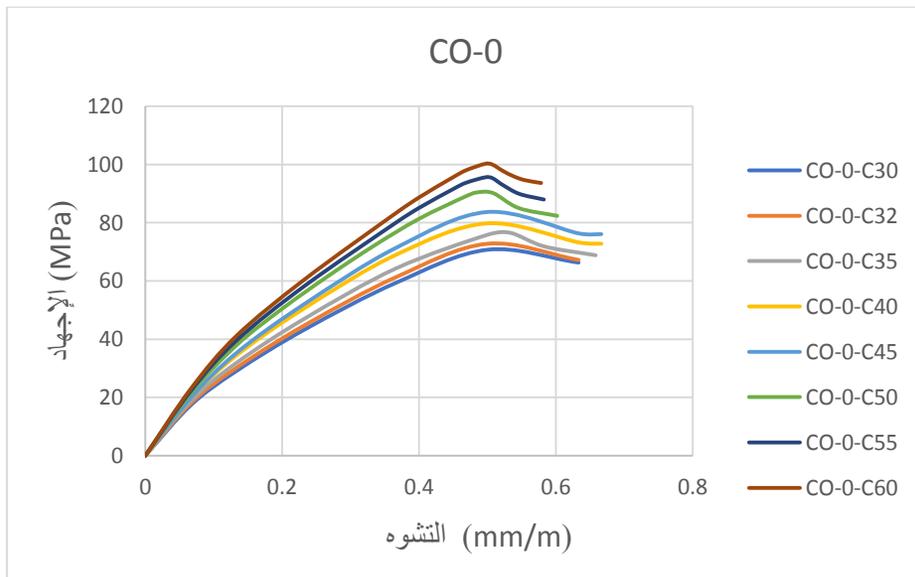
(mm)	: سماكة مادة التطويق
(MPa)	: معامل مرونة مادة التطويق
(mm/m)	: التشوه النسبي لمادة التطويق
(mm)	: قطر العينة المطوقة
	: النسبة الحجمية للتطويق

وبإدخال أثر التطويق على النماذج، تم إدخال نموذج الباحثين (Kent & Park) المعدل للبيتون المطوق، ويبين الجدول (2) نموذج البيتون المطوق لمختلف مقاومات البيتون

وبعد إدخال نموذج البيتون المطوق وتطويق العينات وتعريضها إلى ضغط محوري حتى الانهيار، تم إيجاد منحنى الإجهاد - التشوه لكل عينة من العينات المطوقة. ويبين الشكل (12) منحنى الإجهاد - التشوه للعينات المطوقة

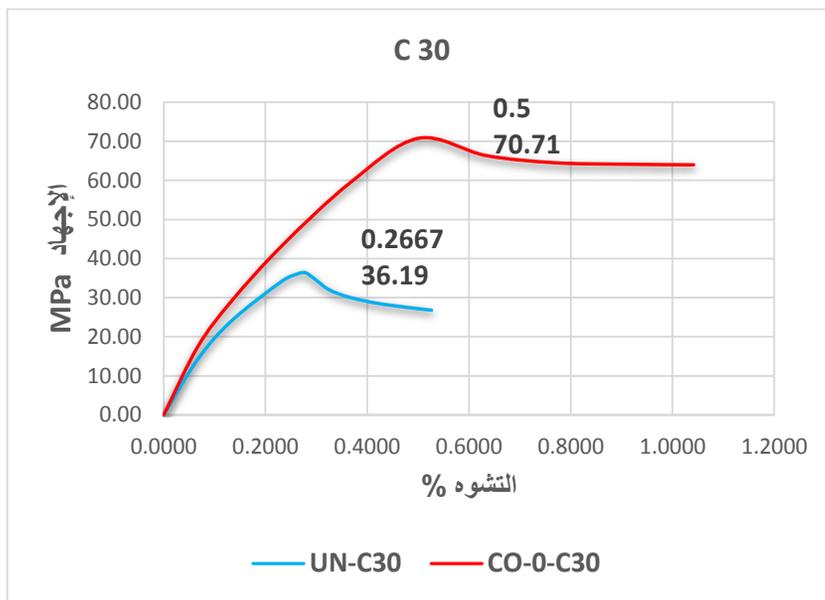
الجدول (2) نموذج (Kent & Park) المعدل للبيتون المطوق لمقاومات مختلفة للبيتون

30	0.0213	0.0346	0.0035	14.287	1.569	47.07
32	0.0213	0.0346	0.0034	14.307	1.533	49.06
35	0.0213	0.0346	0.0032	14.320	1.488	52.08
40	0.0213	0.0346	0.0030	14.356	1.427	57.08
45	0.0213	0.0346	0.0029	14.373	1.379	62.06
50	0.0213	0.0346	0.0028	14.385	1.341	67.05
55	0.0213	0.0346	0.0027	14.394	1.31	72.05
60	0.0213	0.0346	0.0026	14.400	1.284	77.04

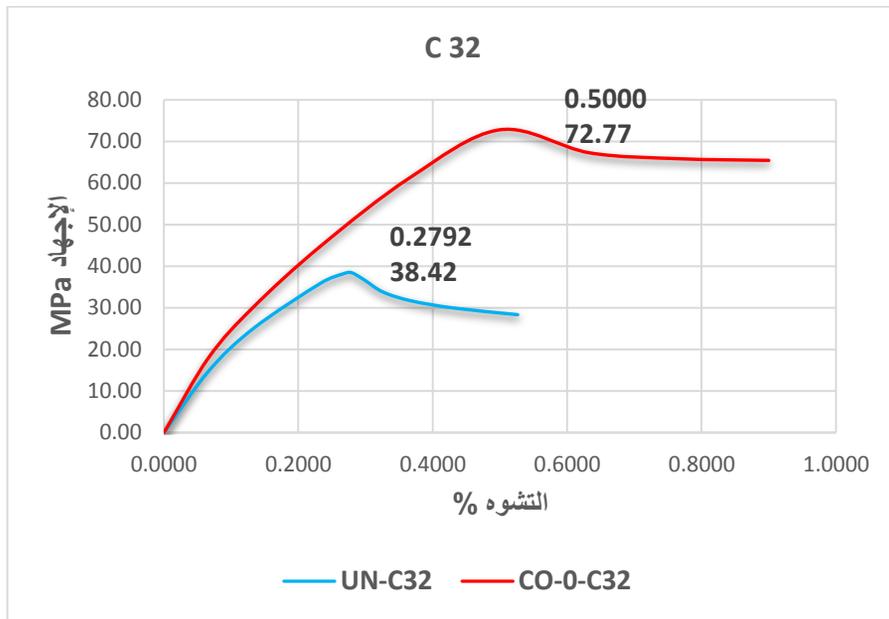


الشكل (12) منحنى الإجهاد - التشوه لمجموعة العينات المطوقة

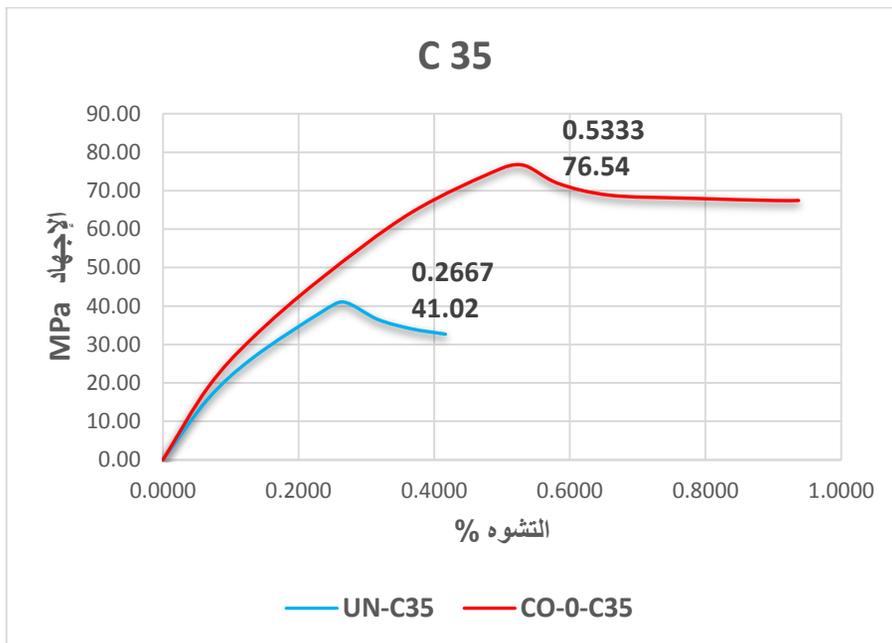
والأشكال (13-a) وحتى (13-h) تعرض مقارنة بين منحنيات الإجهاد - التشوه للعينات المطوقة وغير المطوقة لمختلف مقاومات البيتون



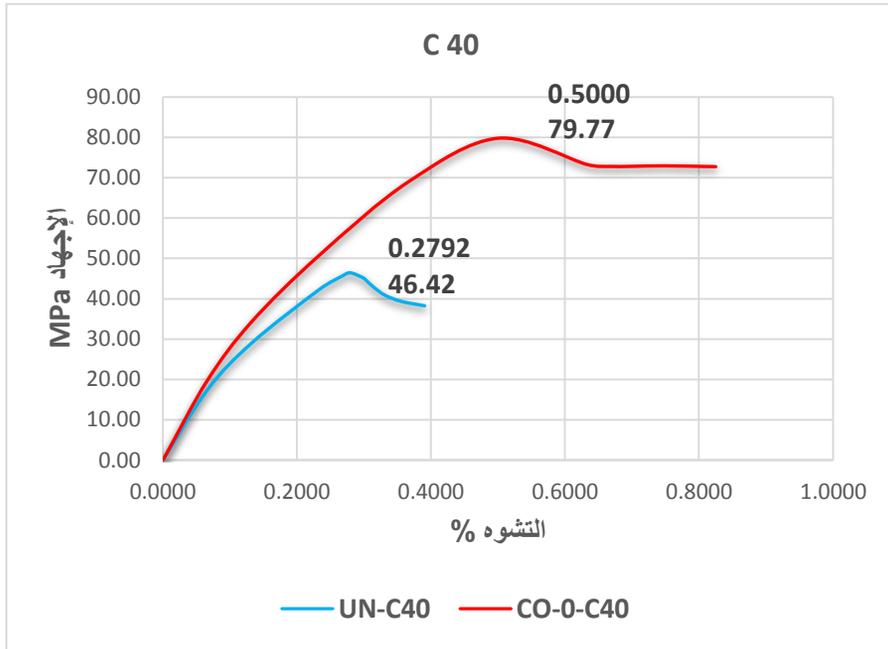
الشكل (13-a)



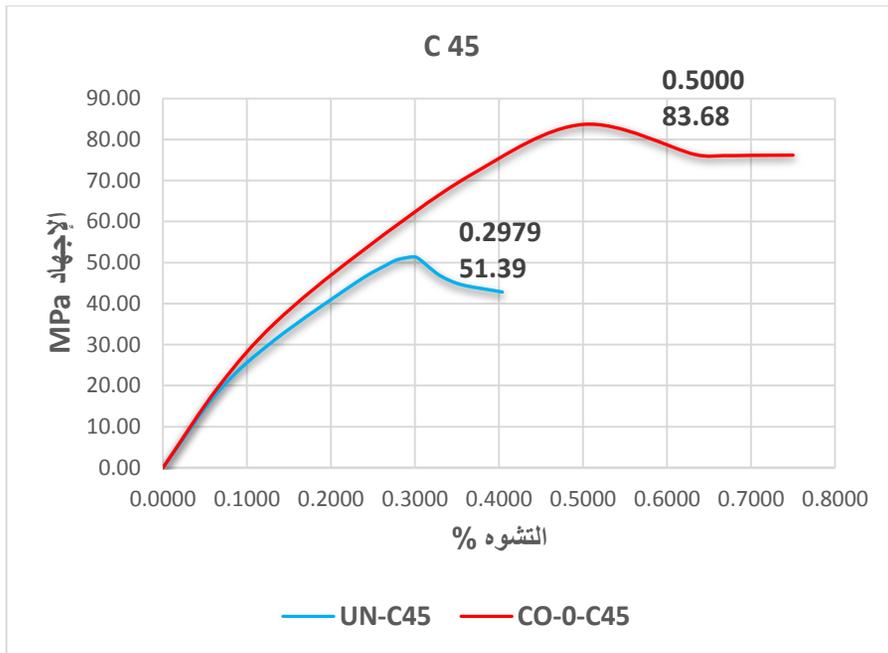
الشكل (13-b)



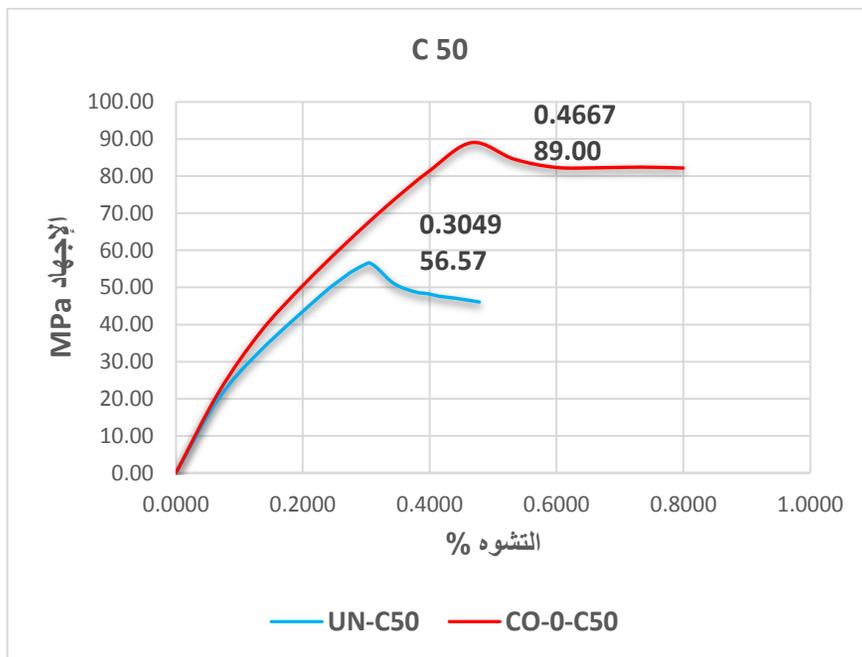
الشكل (13-c)



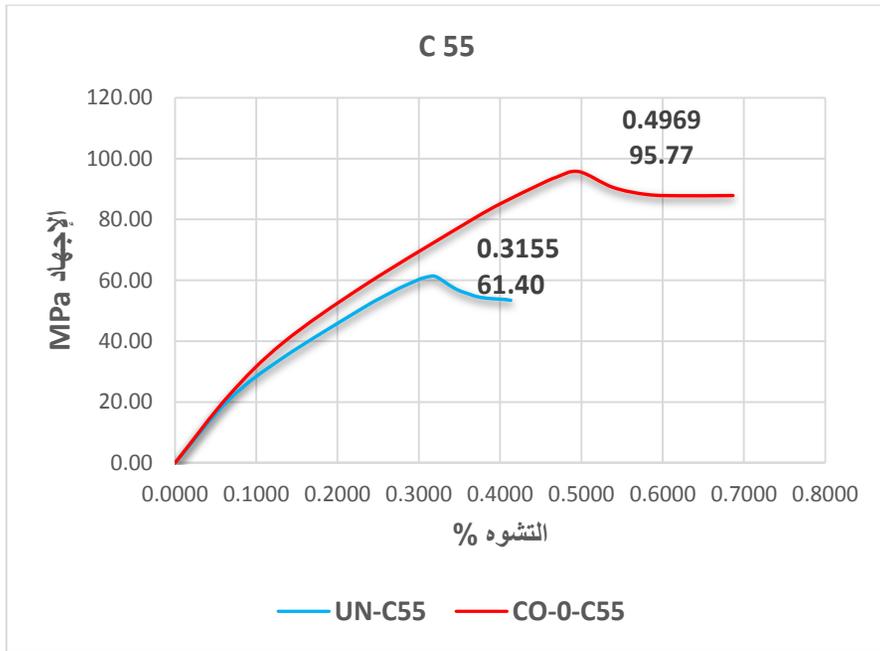
الشكل (13-d)



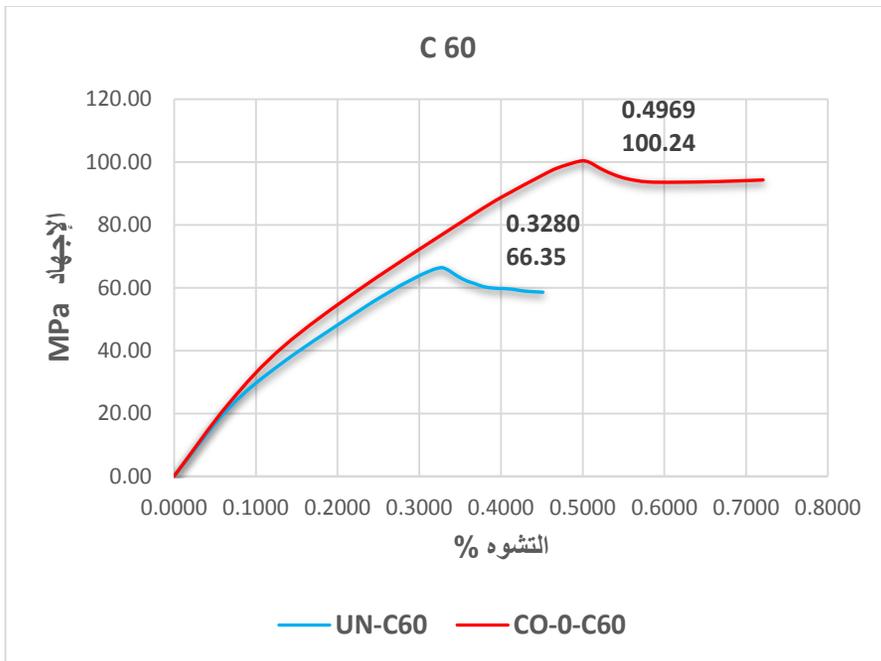
الشكل (13-e)



الشكل (13-f)



الشكل (13-غ)



الشكل (13-h)

من الأشكال السابقة (13-a, h) نلاحظ ازدياد مقاومة ومطاوعة العينات بشكل كبير (وهذا واضح في ازدياد ارتفاع منحنى الإجهاد - تشوه)، ثم تنهار العينات - وهذا واضح عند انخفاض منحنى الإجهاد - تشوه للعينات - وبعدها يبدأ المنحنى بالارتفاع بسبب أن الأطواق تبدأ بتحمل الحمولات الخارجية بعد خروج البيتون عن العمل.

ويخلص الجدول (3) نتائج المقارنة بين كافة العينات المطوقة وغير المطوقة ومقدار الزيادة في المقاومة والمطاوعة لكل عينة

الجدول (3) مقدار الزيادة في المقاومة والمطاوعة للعينات المطوقة

σ MPa	ϵ (%)	P (%)
30	79.10	94.74
32	79.10	89.41
35	100.00	86.61
40	79.10	71.85
45	67.83	62.83
50	57.03	57.32
55	55.49	55.97
60	51.48	51.06

حيث أن:

ϵ : التشوه الأقصى عند الانهيار للعينات (%)

P: الإجهاد الأقصى للعينات على الضغط (mPa)

ويوضح الشكل (13) مقدار الزيادة في المقاومة والمطاوعة للعينات المطوقة تطويقاً كاملاً بتغير مقاومة البيتون

وبالمقارنة مع النموذج المقترح من قبل الباحث AWANG [7] والذي اقترح نموذجاً للبيتون المطوق بإجهاد تطويق مسبق، والنموذج موضح في العلاقة (12):

حيث أن:

إجهاد خضوع فولاذ التطويق (mPa)

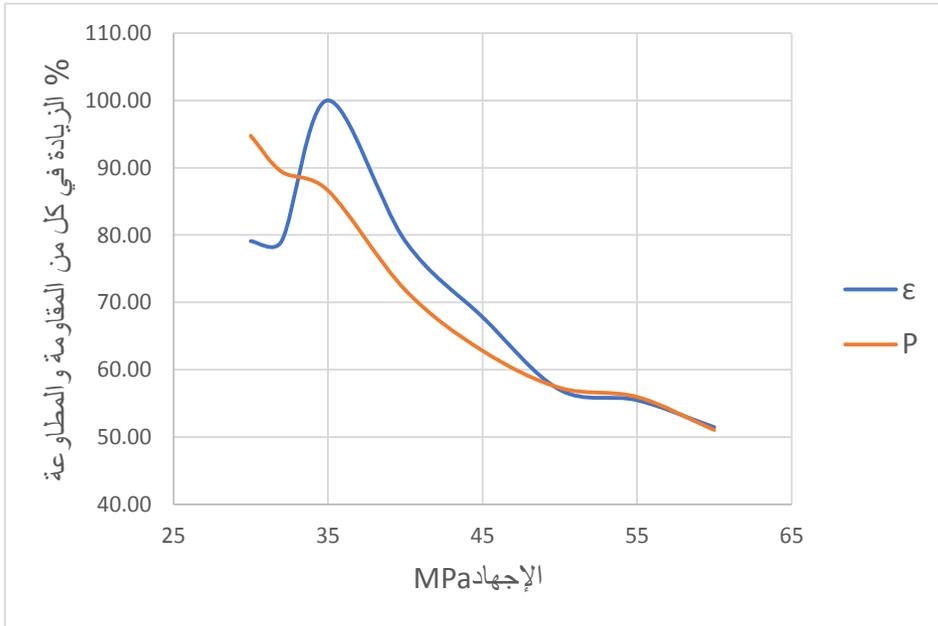
مقاومة البيتون غير المطوق على الضغط (mPa)

مقاومة البيتون المطوق على الضغط (mPa)

النسبة الحجمية للتطويق

ونتائج المقارنة بين النموذج التحليلي للباحث (AWANG) ونتائج التجارب التحليلية

موضحة في الجدول (4)



الشكل (13) العلاقة بين مقاومة البيتون والزيادة في المقاومة والمطاوعة للعينات المطوقة بالكامل

نلاحظ من الشكل (13) انخفاض في معدل زيادة المقاومة بازدياد مقاومة البيتون على الضغط وزيادة في تحسن المطاوعة عندما تكون مقاومة البيتون على الضغط بحدود 35 MPa ثم انخفاض في معدل الزيادة بمقاومة البيتون على الضغط. ويعود ذلك إلى أن البيتون منخفض المقاومة لا يتحمل إجهادات التطويق العالية والتي تؤدي إلى انهيارات موضعية في العينة

الجدول (3) مقدار الزيادة في المقاومة والمطاوعة للعينات المطوقة

σ MPa	نموذج الباحث AWANG	النموذج التحليلي	نسبة الفرق بين النموذجين (%)
	P (%)		
30	94.37	94.74	0.39
32	89.4	89.41	0.01
35	82.75	86.61	4.66
40	73.24	71.85	1.9
45	65.27	62.83	3.74
50	58.45	57.32	1.93
55	52.52	55.97	6.57
60	47.3	51.06	7.95

5 الاستنتاجات والتوصيات:

1-5 الاستنتاجات:

- 1) إن تقنية الأحزمة الفولاذية مسبقة الإجهاد (SSTT) تزيد من مقاومة البيتون على الضغط بشكل ملحوظ والأهم أنها تزيد من المطاوعة بشكل كبير، وبالتالي تغير من سلوك البيتون عالي المقاومة وتجعل انهياره غير قصيف
- 2) التطويق ليس له تأثير ملحوظ على الصلابة الأولية للعينات البيتونية
- 3) إن تأثير التطويق مسبق الإجهاد على زيادة المطاوعة يكون أعظماً عندما تكون المقاومة للبيتون بين (35-40)MPa وتصل حتى 100% وتقل بازديادها، ويقل تأثير التطويق مسبق الإجهاد (SSTT) على زيادة المقاومة على الضغط للبيتون بشكل عام بازدياد مقاومة البيتون.
- 4) إن تطبيق إجهاد شد بدائي في تطويق البيتون يعتبر طريقة جيدة من أجل زيادة تأثير التطويق إلى الحد الأقصى، ولكن الدراسات السابقة بينت أن الشد المسبق الزائد للتطويق غير فعال. إن النماذج المطوقة بشد مسبق بنسبة 30% تملك أعلى نسبة تحسن في المقاومة والمطاوعة، والعينات المطوقة بنسبة شد 20% تملك أقل نسبة تحسن في المقاومة، والعينات المطوقة بنسبة شد 40% تملك نسبة تحسن أعلى في المقاومة وأنسبة تحسن أقل في المطاوعة بالمقارنة مع العينات المطوقة بنسبة شد 20% [13]
- 5) بعد مقارنة النتائج التحليلية مع نموذج الباحث (AWANG) تبين أن النتائج التحليلية مطابقة له بشكل مقبول جداً (نسبة خطأ لا تتجاوز 8%) مثل نسبة الخطأ المعتمدة في النموذج التحليلي.

2-5 التوصيات:

- 1- إجراء تجارب مخبرية تدعم النتائج التحليلية
- 2- البحث في تأثير وضع عدة طبقات من الأحزمة الفولاذية على مقاومة البيتون على الضغط وتأثيرها على المطاوعة خاصة للبيتون عالي المقاومة

3- تم إجراء الدراسة التحليلية بالأخذ بعين الاعتبار تأثير التطويق الخارجي مسبق الإجهاد، ولكن يجب ملاحظة أن الأعمدة في الواقع تصمم بوجود تسليح عرضي داخلي متمثل بالأساور العرضية والتي تساهم في زيادة المقاومة. ويوجد تأثير إضافي للتطويق في مناطق تكثيف الأساور والتي يمكن أن تؤثر على دقة النتائج التحليلية، ويجب إجراء دراسات أكثر من أجل إيجاد نموذج تحليلي أكثر دقة يأخذ تأثير التسليح الداخلي على النموذج المدروس

6 المراجع:

[1] Domingo J. Carreira and Kuang-Han Chu, **Stress-Strain Relationship for Plain Concrete in Compression**, TECHNICAL PAPER, ACI JOURNAL, November-December 1985

[2] Richard, F. E., Brandtzaeg, A. and Brown, R. L., "**A Study of The Failure of Concrete Under Combined Compressive Stresses**," University of Illinois, Engineering Experimental Station, Illinois, USA, 1928.

[3] Ma Chau Khu, Abdullah Zawawi Awang, Wahid Omar, "**New theoretical model for SSTT-confined HSC columns**", University of Technology, Magazine of Concrete Research · April 2014

[4] Kent, D.C. and Park, R. (1971), "**Flexural members with confined concrete**", J. Struct. Division, 97(7), 1969-1990

[5] Mander, J.B., Priestley, M.J.N., and Park R., "**Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete**" ASCE Structural Journal, Vol. 114, No.8, Aug. 1988(b), pp. 1804-1826

[6] Amir Mirmiran1 and Mohsen Shahawy, **BEHAVIOR OF CONCRETE COLUMNS CONFINED BY FIBER COMPOSITES**, Journal of Structural Engineering · May 1997

- [7] Abdullah Zawawi Bin Awang, **Stress-Strain behavior of high-strength Concrete with lateral pre-tensioning confinement**, University of Technology Malaysia, 2013
- [8] T. Imjai, U. Chaisakulkiet R. Garcia and K. Pilakoutas, **Strengthening of RC members using post-tensioned metal straps: state of the research**
- [9] Hoong-Pin Lee, Abdullah Zawawi Awang, Wahid Omar, **Experimental Investigation on SSTT Confined Concrete with Low Lateral Pre-tensioning Stresses**, University of Technology, Malaysia 2014
- [10] Hoong-Pin Lee, Abdullah Zawawi Awang, Wahid Omar, **Behavior of Steel Straps-Confined Concrete Column with Lateral Pre-tensioning Stresses under Uniaxial Cyclic Compression**, University of Technology, Malaysia, 2013
- [11] Niall Holmes, Dervilla Niall, **Active confinement of weakened concrete columns**, Dublin, Ireland, 2014
- [12] H. MOGHADDAM, M. SAMADI, S. MOHEBBI, **RC MEMBERS STRENGTHENING BY LATERAL POST-TENSIONING OF EXTERNAL METAL STRIPS**, Department of Civil Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran.
- [13] N. Holmes, D. Niall, and C. O'Shea, **"Active confinement of weakened concrete columns"** Materials and Structures, vol. 48, pp. 2759-2777, 2015

أثر عدد ساعات التغذية على أداء شبكات المياه عند استخدام نظام التغذية المتقطعة

الدكتور المهندس محمد بشار المفتي

قسم الهندسة الصحية والبيئية بكلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق

ملخص البحث:

بسبب عدم توفر الكميات الكافية من المياه العذبة تلجأ العديد من دول العالم إلى إجراءات لتقنين استخدام المياه، ومن هذه الإجراءات استخدام نظام التغذية المتقطعة، وبالرغم من فعالية هذا النظام في إجبار السكان على الاقتصاد في استهلاك المياه إلا أن له العديد من المشاكل، خصوصاً أن الشبكات مصممة في معظم الحالات على حالة التغذية المستمرة، تم في هذا البحث تلخيص آثار التغذية المتقطعة، ودراسة تأثير زمن التغذية على كل من ضاغط الشبكة وتوزيع السرعة على شبكة افتراضية باستخدام برنامج EPANET 2.2 ، وقد تبين أن زمن تغذية أقل من 3 ساعات يؤدي لتأثر ضواغط الشبكة بشكل كبير مما يؤدي لعدم العدالة في توزيع المياه، كما أنه تتشكل سرع أكبر من 3.5 m/s، أما عند استخدام زمن تغذية أكبر من 8 ساعات فسيكون أداء الشبكة مشابهاً لحالة التغذية المستمرة.

كلمات مفتاحية: شبكات توزيع المياه، التغذية المستمرة، التغذية المتقطعة، المياه المرسلة، الاحتياج المائي، تلوث المياه، هدر المياه، نمذجة الشبكات، EPANET 2.2، التحليل المعتمد على الاحتياج، التحليل المعتمد على الضاغط.

Abstract:

Because of drink water scarcity, most of developing country are forced to employ water conservation measures, one of most attractive alternatives is the use of water intermittent supply, although this approach is very effective to enforce consumer to rationalize their water uses, it has many consequences as the water distribution systems are designed for continuous supply. This paper summaries the main issues associated with intermittent supply, focusing to the influences of supply duration on the pressure distribution and flow velocity in a virtual distribution system, the system was analyzed with EPANET 2.2, it has found that a supply duration less than 3 h may cause low pressure even negative pressure in most of the system, that lead to uneven distribution of water on the consumers, a flow velocities more than 3.5 m/s are observed, the performance of the system with more than 8h supply duration is similar to the continuous supply performance.

Keywords: water distribution systems, continuous supply; intermittent supply, water delivery, water demand, water contamination, water wasting, water distribution systems modeling, EPANET 2.2, demand dependent analysis (PDA), pressure dependent analysis (PDA).

مقدمة:

تعاني العديد من دول العالم النامية خاصة تلك الواقعة في المناطق الجافة وشبه الجافة ومنها سوريا من شح كبير في موارد المياه العذبة، مما أدى إلى ضغط كبير على كمية المياه المتوفرة للأغراض المنزلية. وقد ترافق ذلك مع النمو الاقتصادي وهجرة السكان من الأرياف وزيادة تركيزهم في مراكز المدن مما أدى إلى توسعها بشكل سريع، وزاد استهلاك المياه للأغراض المختلفة ومنها مياه الشرب [1]. وقد أثر التغير المناخي الناتج عن ارتفاع حرارة الأرض بشكل سلبي على كميات المياه المتوفرة مما أدى لزيادة الضغط على موارد المياه العذبة.

وقد كانت النتيجة عجز مصادر المياه العذبة المتوفرة والصالحة لأغراض الاستهلاك المنزلي عن تأمين كميات المياه اللازمة لتغطية متطلبات السكان وارتفاع كلفة تنقية المياه وفي العديد من الحالات عدم توفر مصادر بديلة. لذا لجأت العديد من الدول إلى إجراءات لتقنين كمية المياه المرسلة في شبكات تغذية التجمعات السكانية بالمياه، ومن أكثر الإجراءات المتبعة انتشاراً التغذية المنقطعة.

نقول عن التغذية أنها مستمرة إذا تم تزويد الشبكة بالمياه لمدة 24 ساعة يومياً خلال 7 أيام أسبوعياً (24/7)، في هذه الحالة تتطابق كمية المياه المرسلة في الشبكة مع الاحتياج المائي الفعلي للسكان (بما فيه فواقد الشبكة). هيدروليكيًا تتطابق الغزارة الواصلة لأي من عقد الشبكة مع احتياجات السكان في هذه العقدة، وتصمم الشبكة على أساس أن لا يقل الضاغط المتوفر في أي عقدة من عقد الشبكة عن الضاغط الأدنى اللازم لإيصال المياه للسكان.

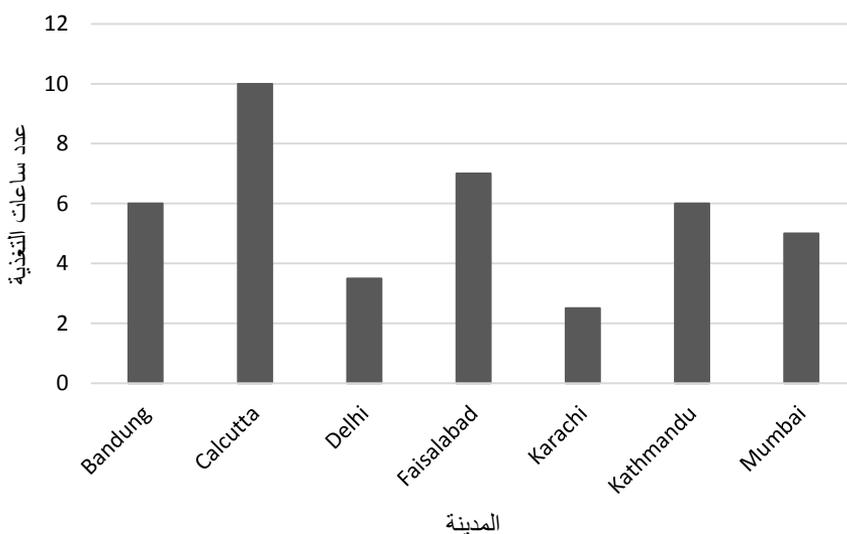
أما في حالة التغذية المنقطعة فيتم تزويد الشبكة بالمياه لمدة أقل من 24 ساعة يومياً، وقد لا تتجاوز فترة التزويد 8 ساعات يومياً، ويمكن أن يتم التزويد بالمياه يومياً أو مرة واحدة كل يومين أو بتواتر أقل خلال أيام الأسبوع، ويتم في هذه الحالة تزويد الشبكة

بكمية مياه أقل من الاحتياج الفعلي للسكان، وبالتالي لا تتطابق كمية المياه الواصلة لغالبية عقد الشبكة مع احتياجات السكان الفعلية فيها.

تسود التغذية المتقطعة في معظم الدول النامية، حيث لا تزيد فترة تغذية الشبكات بالمياه في معظمها عن 2-4 ساعات [2]، وقد بينت إحصائيات منظمة الصحة العالمية WHO أن 91% من أنظمة التغذية بالمياه في جنوب شرق آسيا تعمل على مبدأ التغذية المتقطعة [3]. وعملياً فإن كل مدن الهند تعمل على أساس التغذية المتقطعة [1]، كذلك فإن شبكات المياه في معظم مدن الضفة الغربية تعمل على أساس التغذية المتقطعة [4]. وفي مدينة جاكرتا في أندونيسيا يتغذى حوالي 38% من السكان بالمياه من شبكة مركزية، وحوالي 9% منهم تصله المياه بشكل متقطع [5]، و(الشكل-1) يعطي عدد ساعات التغذية في عدد من مدن آسيا [5].

والوضع مشابه في معظم دول أفريقيا فعلى سبيل المثال تصل المياه في مدينة زاريا- نيجيريا إلى 11% من السكان الموصولين إلى شبكة المياه كل يومين مرة واحدة، و4% تصلهم المياه مرة واحدة أسبوعياً، أما في مدينة مومباسا-كينيا فيتغذى السكان بالمياه وسطياً 2.9 ساعة يومياً [5]. وفي دول حوض البحر الأبيض المتوسط تنتشر أيضاً التغذية المتقطعة بشكل واسع [6] [7].

أما في سوريا فتسود التغذية المتقطعة في معظم المدن، والسبب الأساس في ذلك عدم كفاية المصادر المائية لتأمين احتياجات السكان، ويتم ذلك في فصول الجفاف فقط مثل مدينة دمشق التي تتغذى بالمياه بشكل متقطع خلال أشهر التحاريق، ويمكن أن يتغير طول الفترة زيادة أو نقصاناً من سنة لأخرى (حسب الهطولات).



الشكل-1: عدد ساعات التغذية في عدد من مدن آسيا

المشاكل المرتبطة بالتغذية المتقطعة:

يتم عادة تصميم شبكات المياه على حالة التغذية المستمرة 24/7 دون مراعاة طريقة التشغيل، لكن كما تم استعراضه سابقاً تعمل الشبكات في معظم الدول النامية بشكل منقطع، مما يدفع المستهلكين لسحب أكبر كمية من المياه خلال فترة التغذية، كما يقوم العديد منهم بتركيب خزانات تقوم بجمع المياه خلال فترة التغذية لاستهلاكها خلال فترة الانقطاع، مما يؤدي لحصول عدد من المشاكل، من أهمها [1] [6] [8]:

1. **انخفاض الضاغط:** في نظام التغذية المتقطعة تبقى الحفريات مفتوحة بالكامل خلال فترة التغذية بهدف سحب أكبر كمية ممكنة من المياه، مما يتسبب بمرور غزارات أكبر من التصميمية وينتج عن ذلك تشكل سرعات جريان عالية وبالتالي تزداد الفواقد الهيدروليكية بشكل كبير، مما يؤدي بالمحصلة إلى انخفاض الضاغط في الشبكة، وقد يصل الضاغط إلى الصفر في أطراف الشبكة البعيدة عن المصدر المائي.

2. **التوزيع غير العادل للمياه:** بما أن كمية المياه المتوفرة أقل من الاحتياج المائي يحاول السكان جمع أكبر كمية من المياه خلال فترة التغذية لتغطية احتياجاتهم، وتتعلق كمية المياه التي يمكن جمعها بالضاغط عند مأخذ المياه، وبما أن الضاغط يختلف كثيراً من عقدة لأخرى فيتمكن السكان في مناطق الضاغط العالي من جمع كمية مياه أكبر من السكان في مناطق الضاغط المنخفض [2] [9]، والذين قد لاتصلهم المياه أصلاً.
3. **احتمال تلوث المياه وتشكل خطر على الصحة العامة:** للحصول على المياه خلال فترة الانقطاع يقوم المستهلكون بتركيب خزانات أرضية بمنسوب أخفض من منسوبها، أو يقومون بضخ المياه من الشبكة مباشرة مما قد يسبب تفرغ أنابيب الشبكة من المياه وتشكل ضغط سلبي ضمنها [10] مما يؤدي إلى احتمال دخول المياه الجوفية والتي قد تكون ملوثة عبر الوصلات السيئة أو عبر ثقب الأنابيب إلى ضمن الشبكة مما يهدد بتلوث المياه ضمنها، كما تشكل خزانات المياه المنزلية مصدراً إضافياً لتلويث المياه، فقد بينت اختبارات الكوليفورم التي أجريت على عينات مياه مأخوذة من الخزانات المنزلية في استانبول في تركيا وجود 24% منها إيجابية، بينما كانت نسبة 4% فقط من العينات المأخوذة من شبكة المياه في نفس الفترة إيجابية [7].
4. **هدر المياه:** حيث يلجأ جزء من المستهلكين إلى تخزين كمية أكبر من احتياجاتهم الفعلي خلال فترة التغذية، وبعد انتهاء فترة التقنين ومع بداية فترة التغذية التالية يقومون برمي المياه المتبقية من الفترة السابقة في شبكة الصرف للحصول على مياه جديدة [7].
5. **تشكل كلف إضافية على المستهلكين:** يتوجب على المستهلكين دفع كلف إضافية ناتجة عن سعر خزانات المياه، المضخات، وحدات تنقية المياه المنزلية، سعر الطاقة اللازمة لضخ المياه، كما أن هناك كلفة ناتجة عن الحصول على

المياه من مصادر بديلة عند عدم كفاية كمية المياه المزودة ضمن الشبكة خلال فترة التغذية أو امتداد القطع لفترات طويلة [11].

6. **تشكل كلف إضافية على مؤسسات المياه:** التشغيل المستمر للصمامات من أجل قطع ووصل المياه يؤدي إلى زيادة استهلاكها وسرعة اهترائها مما يتطلب زيادة أعمال الصيانة والاستبدال، كما أن التغير المستمر للضغط ضمن الشبكة الناتج عن التغذية المتقطعة يؤدي إلى تسريع تلف الأنابيب والوصلات، ومرور غزارات أكبر من التصميمية يؤدي لزيادة سرعة الجريان وتجاوزها 3 m/s والتي تسبب سرعة اهتراء الأنابيب مما يشكل بالمحصلة كلفة إضافية على مؤسسات المياه [11].

7. **عدم دقة عدادات المياه:** قد ينتج عن انخفاض الضغط ضمن شبكة المياه وتشكل ضغط سلبي دوران عدادات المياه عكسياً مما يتسبب بتلفها، يضاف لذلك دوران العدادات بسرعة عالية جداً بسبب خروج الهواء خلال فترة ملء الشبكة بالمياه مما يؤدي للإضرار بمحاورها، كما أن تناوب حالتها الجفاف والامتلاء بالمياه يساهم في تراجع أداء العدادات، وبالمحصلة تتراجع دقة العدادات وتسجل كمية مياه أقل من المستهلكة [7].

الهدف من البحث:

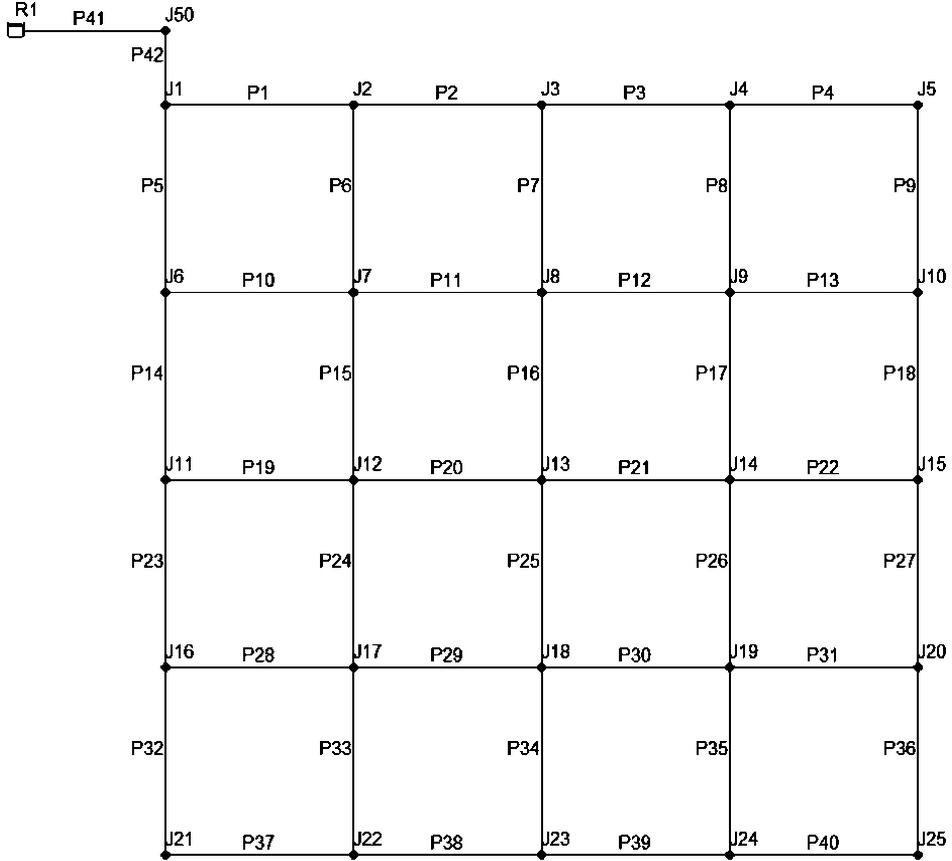
بيان أثر مدة التغذية على أداء شبكة المياه، حيث سيتم معالجة أثر مدة التغذية بالمياه على الضاغط المتوفر في عقد الشبكة وعلى سرعة جريان المياه ضمن أنابيبها.

مواد وطريقة البحث:

سيتم استخدام برنامج EPANET 2.2 لتحليل أداء شبكة افتراضية خلال مدد تغذية 2-3-4-6-8 ساعات.

استخدمت في البحث شبكة افتراضية مؤلفة من 25 حلقة كما هو وارد في (الشكل-1)، أطوال كل من أنابيب الشبكة 125 m، تغذي الشبكة بالمياه ضاحية تحوي على 312 بناء، مساحة كل بناء 600 m^2 مقام على أرض مساحتها 800 m^2 ، تتألف الأبنية من خمسة طوابق في كل منها 4 شقق، شقتين بمساحة 140 m^2 لكل شقة، وشقتين بمساحة 100 m^2 لكل شقة، بعدد سكان إجمالي 31200 P وكثافة سكانية 1248 P/ha. وقد اعتبرت الشبكة أفقية تماماً بهدف إلغاء أثر فروق المناسيب على أداء الشبكة وتركيز البحث على أثر زمن التغذية. تم الحساب باستخدام دارسي-فايسباخ مع $k=1.0 \text{ mm}$

[12]



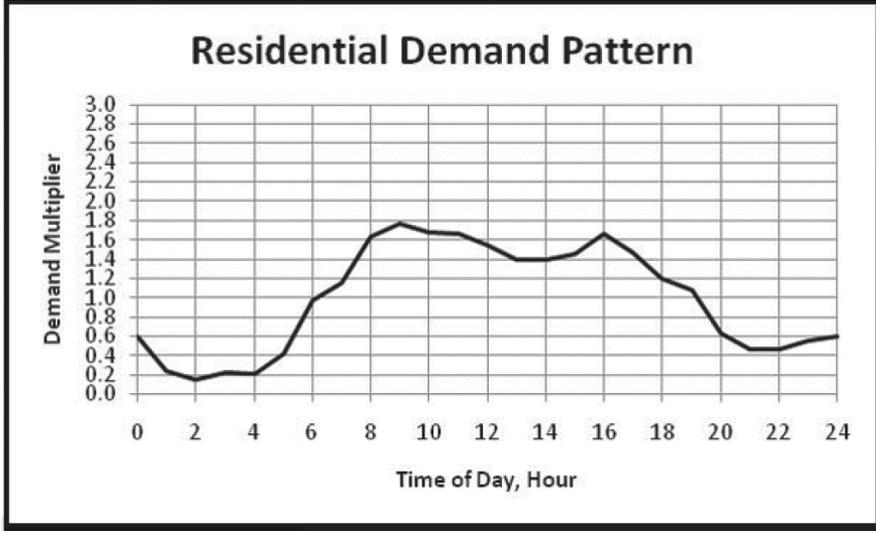
الشكل-1: مخطط الشبكة الافتراضية

النتائج ومناقشتها:

تم تصميم الشبكة على التغذية المستمرة مع اعتماد الفرضيات التالية: الضاغط الأدنى اللازم لإيصال المياه للطابق الخامس 34 m، بحيث يتشكل ضاغط أدنى على أي جهاز صحي لا يقل عن 10 m، وفوائد مجموعة العداد مع الوصلة المنزلية 8.5 m [13]. الاحتياج المائي للفرد $I/P/d = 125$ ، عوامل الذروة المستخدمة في التصميم $Pf_{d,max}=1.72$ $Pf_{h,max}=3.18$ محسوبة على أساس الغزارة اليومية الوسطية $Q_{d,av}$ [14]. بنتيجة الحساب: الغزارة اليومية الوسطية $Q_{d,av}=3900 \text{ m}^3/d$ ، والغزارة اليومية الأعظمية $Q_{d,max}=6708 \text{ m}^3/d$ ، والغزارة الساعية الأعظمية $Q_{h,max}=143.54 \text{ l/s}$. تم حساب الغزارات في العقد باستخدام طريقة توزيع الغزارات على أنابيب الحلقات حسب أطوالها، وكل عقدة تغذي المساحة المشكلة من أنصاف الأنابيب المتصلة بها [15].

تمت نمذجة الشبكة على برنامج EPANET 2.2 وفقاً للمعطيات التالية: الغزارة الخارجة من عقدة الزاوية $Q_{h,max}=2.26 \text{ l/s}$ ومن العقد الطرفية $Q_{h,max}=4.48 \text{ l/s}$ ومن العقد الوسطية $Q_{h,max}=8.97 \text{ l/s}$. وبعد الحساب لحالة الاستقرار Steady-State وكانت نتائج الحساب كالتالي: تراوحت أقطار الأنابيب بين 80-400 mm، وتراوحت سرعة جريان المياه بين 0.22 m/s في الأنابيب بقطر 80 mm وهو القطر الأدنى الذي تم اعتماده في التصميم و 1.14 m/s، وتراوحت الضواغط ضمن الشبكة بين 34.0 m عند العقدة الطرفية J25 و 45.57 m عند عقدة المدخل J1، ارتفاع الخزان 46.2 m.

أعيد الحساب لحالة العمل المستمر (EPS) لمدة 24 h، مع اعتماد عوامل الذروة الساعية الواردة في (الشكل-2) محسوبة على أساس الغزارة اليومية الأعظمية $Q_{d,max}$ [16].



الشكل-2: التغيرات الساعية للاستهلاك المنزلي للمياه [16]

فكانت نتيجة الحساب كالتالي: غزارة الاستهلاك الأعظمية عند الساعة 9:00 صباحاً، تراوحت سرعة جريان المياه ضمن أنابيب الشبكة بين 1.05 m/s في أنبوب تغذية الشبكة من الخزان (d400)، السرعة الدنيا 0.2 m/s في الأنبوب P36 (d80)، الضاغط الأعظمي 45.67 m عند عقدة المدخل J1 والضاغط الأدنى 35.87 m عند العقدة الطرفية J25.

في حالة التغذية المتقطعة يختلف تعريف معامل الذروة P_f عن حالة التغذية المستمرة، فبسبب قيام السكان بتكيب خزانات لجمع المياه خلال فترة التغذية وعدم استهلاكهم للمياه من الشبكة مباشرة، فإن الغزارة المارة بالشبكة تصبح أكثر انتظاماً، ولا تتعرض لتغيرات ساعية واضحة، لذا يمكن اعتبار معامل الذروة ثابتاً خلال فترة التغذية [10]، ويحسب من العلاقة التالية:

$$P_f = \frac{24}{N}$$

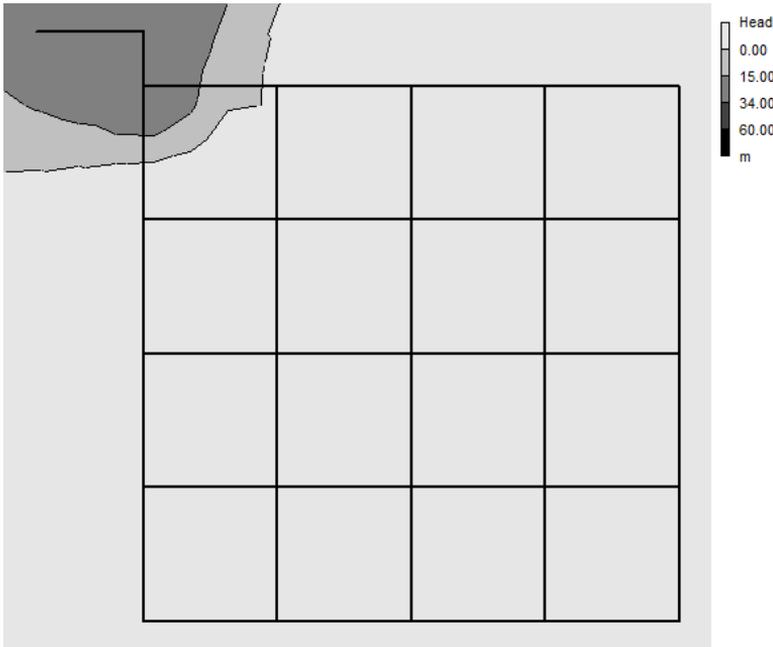
حيث N: عدد ساعات التغذية في اليوم

ويتم حساب الغزارة الساعية على أساس الغزارة اليومية الأعظمية من العلاقة:

$$Q_{h,max} = \frac{Q_{d,max}}{24} \cdot P_f$$

تم حساب الشبكة على أساس التغذية لمدة ساعتين يومياً باستخدام معامل ذروة $P_f=12$ فكان توزيع الضواغط في الشبكة كما هو وارد في (الشكل-3)، ويلاحظ أن معظم الضواغط كانت سلبية وهذا يعني وجود مشكلة في وصول المياه إلى المستهلكين، كما تبين وجود 38 أنبوباً تجاوزت فيها سرعة المياه 3.5 m/s .

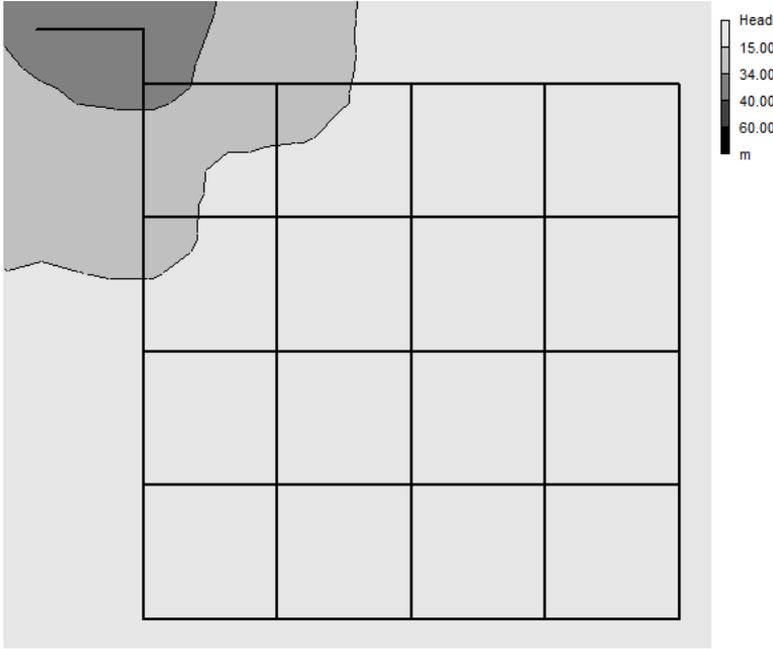
أعيد حساب الشبكة على أساس التغذية لمدة ثلاث ساعات يومياً بمعامل ذروة $P_f=8$ ، وكان توزيع الضواغط في الشبكة كما هو وارد في (الشكل-4)، ويلاحظ أيضاً في هذه الحالة أن معظم الضواغط سلبية، حيث تبين أن عددها 20 عقدة، كما تبين أن عدد الأنابيب التي تجاوزت سرعة الجريان فيها 3.5 m/s قد بلغ 29 أنبوباً.



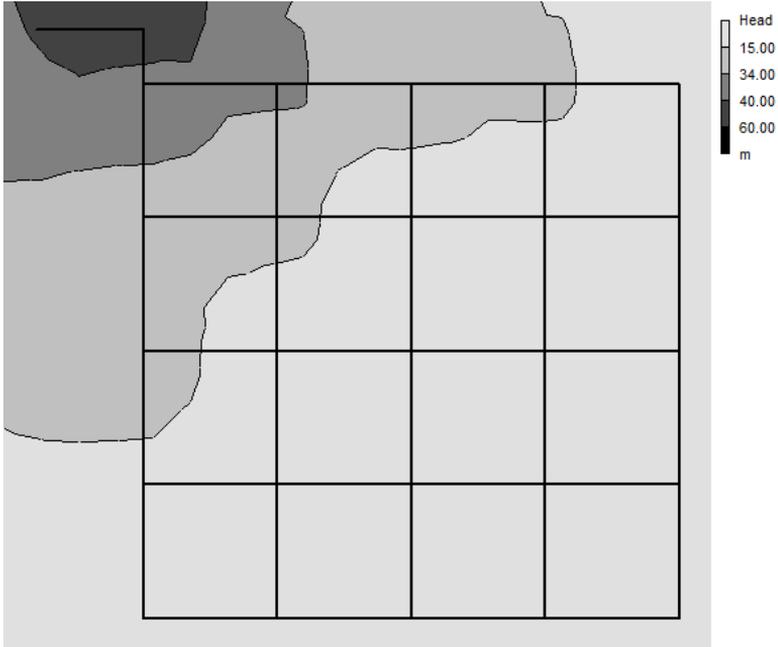
الشكل-3: توزيع الضواغط في الشبكة عند التغذية لمدة ساعتين يومياً، $P_f=12$

أما في حالة التغذية لمدة أربع ساعات يومياً بمعامل ذروة $P_f=6$ فقد كان توزيع الضواغط في الشبكة كما هو ظاهر في (الشكل-5)، ويلاحظ وجود 17 عقدة الضاغط فيها سلبية، أما عدد الأنابيب التي تجاوزت سرعة الجريان فيها 3.5 m/s فقد بلغ 13 أنبوباً.

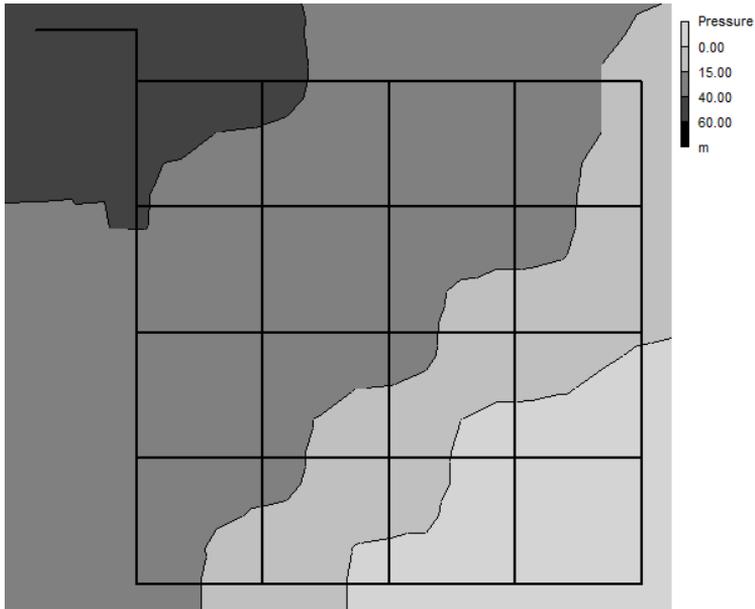
يظهر (الشكل-6) توزيع الضواغط في الشبكة في حالة التغذية لمدة ست ساعات يومياً بمعامل ذروة $P_f=4$ ، ويلاحظ وجود ست عقد فقط تسيطر فيها الضواغط السلبية، وعدم وجود أي أنبوب تتجاوز سرعة الجريان فيه 3.5 m/s



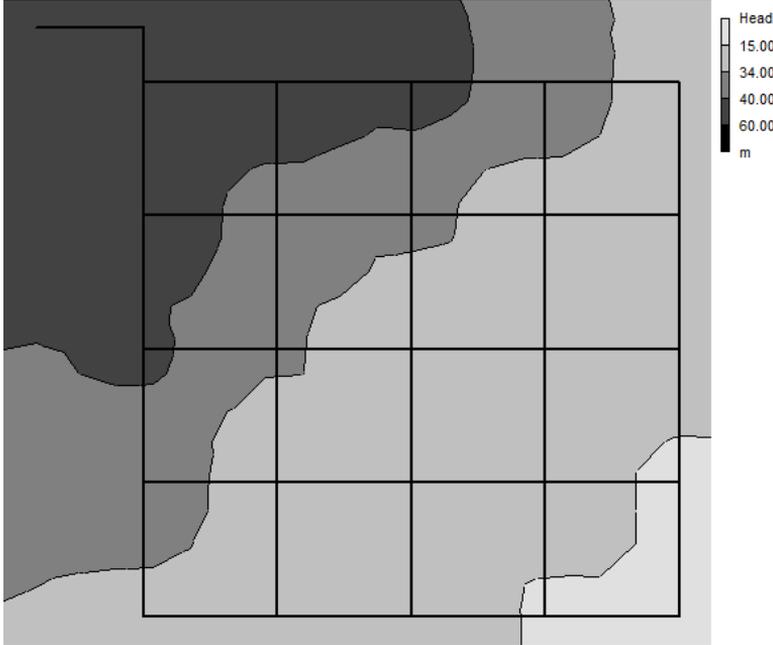
الشكل-4: توزيع الضواغط في الشبكة عند التغذية لمدة ثلاث ساعات يومياً، $P_f=8$



الشكل-5: توزيع الضواغط في الشبكة عند التغذية لمدة أربع ساعات يومياً، $P_f=6$



الشكل-6: توزيع الضواغط في الشبكة عند التغذية لمدة ست ساعات يومياً، $P_f=4$



الشكل-7: توزيع الضواغط في الشبكة عند التغذية لمدة ثماني ساعات يومياً، $P_f=3$

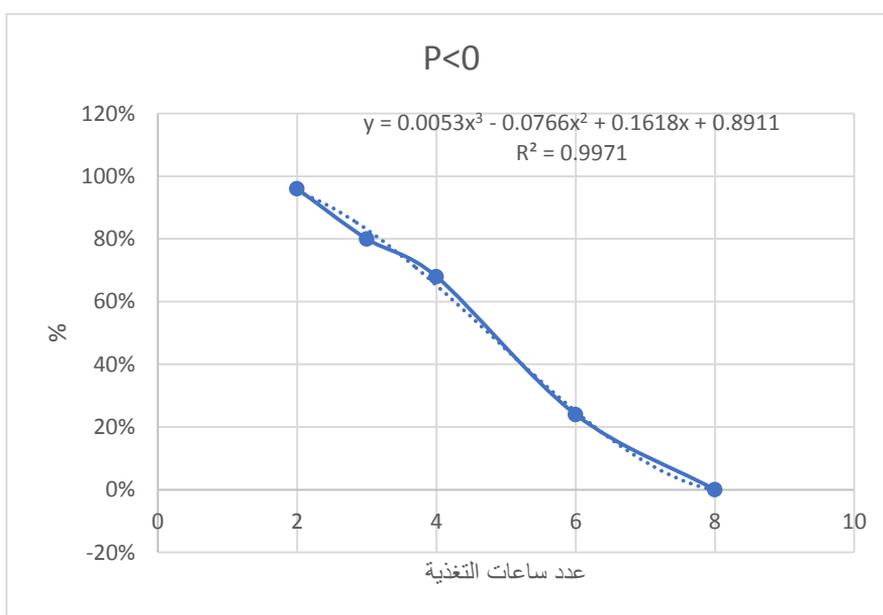
أما في حالة التغذية لمدة ثماني ساعات يومياً $P_f=3$ ، فيظهر (الشكل-7) توزيع الضواغط في الشبكة، ويلاحظ اقتراب عمل الشبكة من حالة التغذية المستمرة، حيث غابت الضواغط السلبية عن عقد الشبكة، وكانت هناك ثلاث عقد انخفض فيها الضاغط عن 15 m، وتراوحت سرعة الجريان بين 0.37 m/s في الأنبوب P36، وبين 2.17 m/s في الأنبوب P28.

الاستنتاجات والتوصيات:

بالعودة إلى الأشكال 4-7 يلاحظ تركيز الضواغط السلبية والمنخفضة على أطراف الشبكة البعيدة عن مصدر المياه، وبالتالي فلن يتأثر السكان القاطنين قرب مصدر المياه بشكل كبير بنظام التغذية المتقطع، بينما سيعاني السكان البعيدون من عدم وصول المياه الكافية للاستخدام، مما يسبب عدم عدالة في توزيع المياه، كما قد يقوم بعض السكان

باتخاذ إجراءات إضافية للحصول على المياه مثل تركيب مضخات لسحب المياه مباشرة من الشبكة مما يزيد مشاكل الشبكة سوءاً.

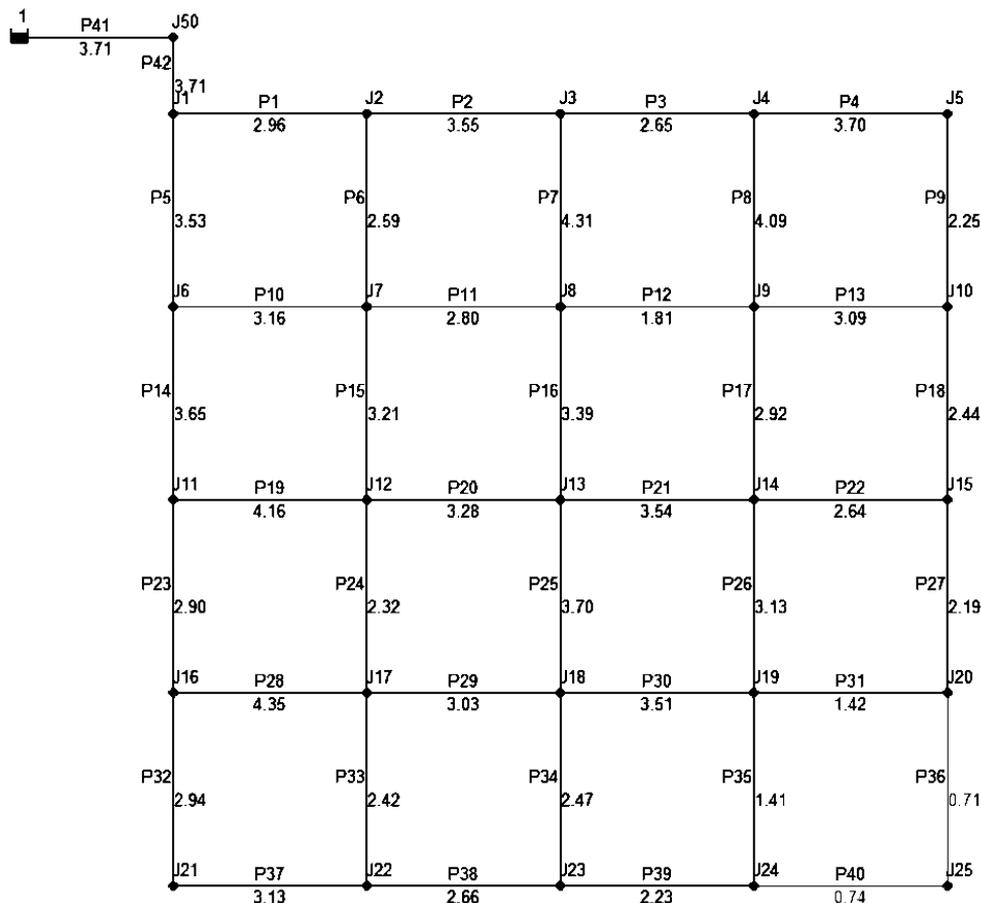
برسم العلاقة بين عدد ساعات التغذية والنسبة المئوية للعقد التي يسود فيها ضاغط سلبي (الشكل-8) نجد أن استخدام فترة تغذية أقل من أربع ساعات سيتسبب بمشاكل ضاغط كبيرة في الشبكة، وتقل المشاكل تدريجياً مع زيادة مدة التغذية حتى تختفي المشاكل تقريباً مع فترة تغذية ثماني ساعات.



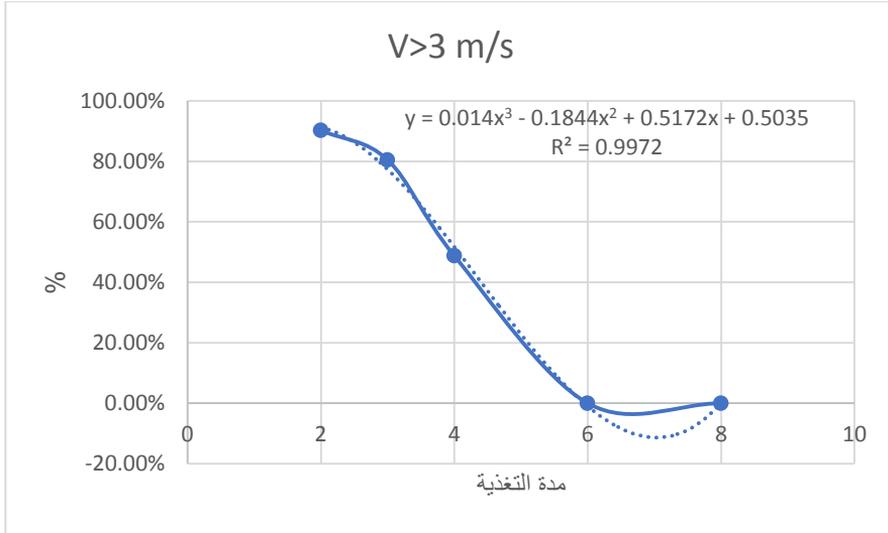
الشكل-8: النسبة المئوية للعقد التي يسود فيها ضاغط سلبي

يضاف إلى مشاكل الضاغط مشاكل سرعة الجريان الكبيرة ضمن الأنابيب، حيث أن زيادة سرعة الجريان عن 3 m/s لفرات طويلة وبشكل متكرر يؤدي إلى سرعة اهتراء الأنابيب، ويعرض (الشكل-9) توزع السرعة في أنابيب الشبكة في حالة التغذية لمدة أربع ساعات يومياً، يلاحظ من الشكل تركيز السرعات العالية في مداخل الشبكة مما يهدد

باهتراء الأنابيب، ويؤثر ذلك على عمل الشبكة كاملة كونها أنابيب التغذية الرئيسة للشبكة، وإصلاح أعطالها يتطلب قطع التغذية عن جزء كبير من الشبكة لفترات طويلة.



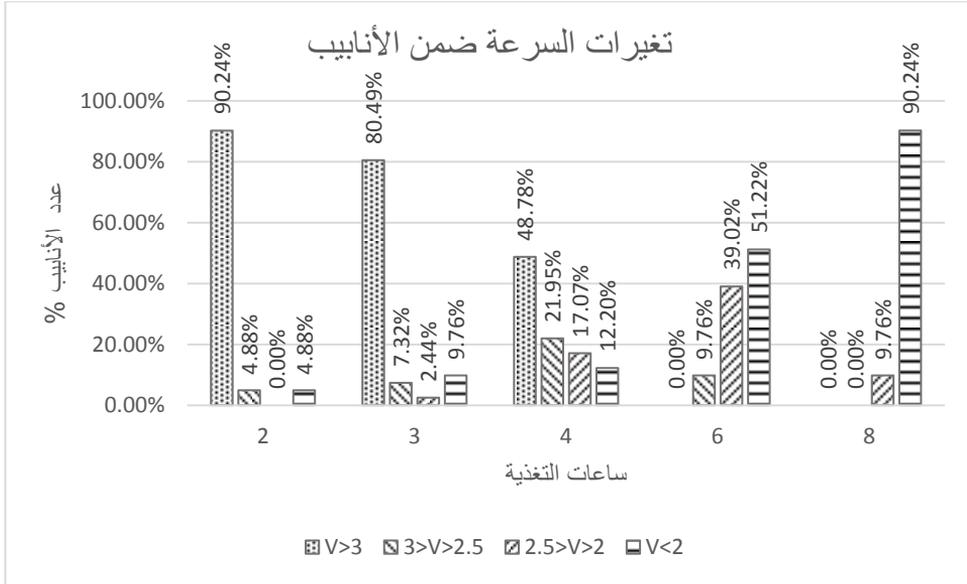
الشكل-9: توزع سرعة جريان المياه على أنابيب الشبكة في حالة التغذية لمدة أربع ساعات ويوضح (الشكل-10) النسبة المئوية للأنابيب التي تزيد سرعة الجريان فيها عن 3 m/s بالعلاقة مع عدد ساعات التغذية.



الشكل-10: النسبة المئوية للأنابيب التي تزيد سرعة الجريان فيها عن 3 m/s بالعلاقة مع زمن التغذية

وبلاحظ من الشكل أنه بزيادة مدة التغذية تتناقص نسبة الأنابيب التي تسيطر فيها سرعة جريان مرتفعة، وبالتالي ينخفض احتمال اهتراء الأنابيب، ويوضح (الشكل-11) النسب المئوية لتوزع سرع الجريان على أنابيب الشبكة حسب عدد ساعات التغذية.

وبلاحظ من الشكل وجود علاقة عكسية بين عدد ساعات التغذية وبين سرع الجريان ضمن الأنابيب، وهذا ما يتوافق مع الاستنتاجات من الضاغط، حيث أن زيادة سرعة الجريان تؤدي إلى ازدياد الفوائد الهيدروليكية مما يؤدي إلى انخفاض الضاغط في العقد، وبلاحظ أيضاً أن زيادة عدد ساعات التغذية عن أربع ساعات يؤدي إلى بقاء سرعة الجريان ضمن الأنابيب ضمن الحدود المقبولة.



الشكل-11: النسب المئوية لتوزيع سرع الجريان على أنابيب الشبكة حسب عدد ساعات التغذية

يمكن تلخيص نتائج البحث كالتالي:

1. الأهداف من تصميم الشبكة بالطرائق التقليدية (التغذية المستمرة) هي تأمين المياه اللازمة للسكان بالكمية اللازمة وفي الوقت المناسب وفي المكان المناسب بالضغوط الكافي للاستخدام المريح للمياه، وقد تبين من البحث عدم إمكانية تحقيق هذه الأهداف في حالة التغذية المتقطعة.
2. ينصح بعدم استخدام عدد ساعات تغذية منخفض أقل من أربع ساعات يومياً لأن ذلك يؤثر على أداء الشبكة بشكل كبير، حيث تشكل ضغوط منخفضة في قطاعات الشبكة البعيدة عن مصدر المياه مما يؤدي إلى عدم عدالة توزيع المياه بين السكان، كما يتسبب بزيادة احتمال رشح المياه الجوفية إلى الشبكة وتلوث مياهها.

3. عند استخدام عدد ساعات تغذية منخفض تتشكل سرع جريان عالية في أنابيب الشبكة في القطاعات القريبة من المصدر المائي مما يؤدي إلى سرعة تأكلها ويزيد من مشاكل الأداء، كما أنه يزيد من كلفة صيانة وتشغيل الشبكة. ويمكن أن يكون اللجوء لاستخدام أنابيب بأقطار كبيرة هو الحل للتخلص من هذه المشكلة مما يزيد كلفة إنشاء وتشغيل الشبكة.
 4. عند استخدام عدد ساعات تغذية أكبر من ثماني ساعات يومياً فيمكن إهمال أثر التغذية المتقطعة، وستعمل الشبكة في هذه الحالة بشكل قريب من التغذية المستمرة.
 5. بسبب عدم جدوى استخدام نظام التغذية من الشبكة مباشرة في حالة التغذية المتقطعة، لعدم توفر المياه خلال فترة الانقطاع، فسيعتمد السكان بشكل كامل على الخزانات المنزلية للحصول على المياه، وبالتالي لن يتغير استهلاك المياه وسيبقى ثابتاً تقريباً مع الزمن، حيث ستمتص الخزانات المنزلية تغيرات الاستهلاك، وبالتالي لا يمكن اعتماد عوامل ذروة متغيرة مع الزمن خلال تصميم الشبكات، ويعتمد معامل ذروة ثابت مع الزمن يتعلق بعدد ساعات التغذية.
 6. إذا كان نظام التغذية المتقطعة هو السائد باستمرار في شبكة التغذية بالمياه فلا بد من تصميمها مع مراعاة نظام التشغيل، حيث تبين من البحث تراجع أداء الشبكة المصممة بالطرائق التقليدية بشكل كبير (يتناسب مع عدد ساعات التغذية) في حال عملها بنظام التغذية المتقطعة.
 7. يجب أن تكون أهداف تصميم الشبكة في حال التغذية المتقطعة هي إيصال المياه إلى السكان في مختلف أجزاء الشبكة مع تأمين عدالة في التوزيع، وهذا يتطلب توزيع الضواغط بشكل منتظم ومتقارب على أجزاء الشبكة.
- لقد تم تحليل الشبكة على أساس تأمين الاحتياج المائي في العقد، وهذا لا يتطابق مع السلوك الفعلي للشبكة حيث لا تتوفر كمية المياه الكافية لتلبية الاحتياجات الكاملة للسكان

وهو السبب الكامن وراء استخدام التغذية المتقطعة، إضافة لتعلق كمية المياه الواصلة للمستهلكين بالضاغط المسيطر عند الوصلة المنزلية وليس باحتياجهم الفعلي ، لذا لا بد من تصميم الشبكات العاملة بنظام التغذية المتقطعة على أساس التحليل المعتمد على الضاغط PDA وليس التحليل المعتمد على الاحتياج PDD، وبالتالي لا بد من استخدام نماذج رياضية مطورة وقادرة على التحليل بطريقة PDA.

إن نتائج البحث هي نتائج تأشيرية الهدف منها بيان وإيضاح مشاكل أداء الشبكة المرتبطة بزمان التغذية في حالة التغذية المتقطعة، ولا يمكن اعتمادها كأساس للتصميم، وينصح في أبحاث مستقبلية القيام بتحليل الشبكة على أساس التحليل المعتمد على الضاغط للحصول على نتائج مفيدة لتصميم وتشغيل الشبكة.

References

تحسين الخصائص الهندسية للخلطات الإسفلتيّة بإضافة الألياف النباتيّة

طالب دراسات عليا: م. علي فايز عواد*

قسم هندسة المواصلات والنقل - كلية الهندسة المدنيّة - جامعة البعث

اشرف الدكتور: الياس دبانة + د. غازي خلف

الملخص:

يهدف هذا البحث الى دراسة تأثير إضافة ألياف نباتيّة على الخصائص الهندسيّة للخلطات الأسفلتيّة، وهو يركز على دراسة مرجعيّة وتجارب مخبريّة. تمّ في هذا البحث تصميم خطة اهتراء أسفلتيّة مرجعيّة، تحقق شروط وزارة المواصلات السورية، بنسب وزنيّة محدّدة من إحصارات حصويّة، وتحديد نسبة الرابط الأسفلتي المثاليّة. تمّ تشكيل عينات الاختبار وفق طريقة مارشال من دون ألياف، وعينات بإضافة أليافاً نباتيّة من القنب بأطوال (1,2,3,4) سم وبنسب (1,2,3,5,7,10) % من وزن الرابط، كمتغيّرات بحثيّة. أُجريت على العينات تجربة كسر مارشال وتجربة الشدّ غير المباشر (البرازيليّة). وقد أظهرت جميعها تحسناً واضحاً في النتائج، وأنه يمكن تحسين خواص الخلطات الأسفلتيّة بإضافة ألياف القنب إليها بنسب وأطوال محدّدة.

كلمات مفتاحيّة: خطة أسفلتيّة، ألياف نباتيّة، ألياف القنب، مارشال، الشد غير المباشر .

Improvement in the physical characteristics of the asphalt mixtures by adding natural fibers

Abstract:

This research aims to study the effect of adding plant fibers on the engineering properties of asphalt mixtures.

This research includes a reference study and laboratory experiments.

A reference asphalt mixture was designed in order to fulfill the requirements of the Syrian Ministry of Communications with the specific weight ratios of aggregate materials and an ideal bituminous binder ratio.

Test samples were formed according to Marshall's method without fibers, and samples containing plant fibers from hemp in lengths (1,2,3,4cm) and in proportions (1,2,3,5,7,10)% of the link weight as research variables.

The Marshall fracture experiment and the indirect tension (Brazilian) experiment were performed on these samples, all of them showed a clear improvement in the results. And it is possible to improve the quality of bituminous mixtures by adding these fibers to them in specific proportions and lengths.

Key Words: Bituminous Mixture, Hemp Fiber, Marshall Hemp, Indirect Tension

1- مقدمة:

تتولد في أغطية الطرق، نتيجة تكرار الحمولات المرورية والعوامل المناخية، إجهادات داخلية تؤدي الى ظهور عيوب، أهمها التحدّد وتشققات التعب.

- تؤثر إجهادات الشدّ على الأغطية الإسفلتية، ما يؤدي الى تشققها وتخریبها. تنتشر هذه الشقوق وتتداخل بتأثير عوامل عدّة، لذا لا بدّ من رفع مقاومتها للإجهادات الشادّة.
- تمّ إدخال ألياف (معدنية، زجاجية،..) في الخلطات الأسفلتية كعناصر تقوية (reinforced element) لتكون الخلطات الأسفلتية المعدلة المحسنة ذات مقاومة أعلى للشدّ. فتحسنت، بذلك، الخواص الميكانيكية للخلطات الأسفلتية، التي هي مرتفعة الثمن، وضارة بالبيئة، إذ لا تُدَوَّر و هي محدودة الاستخدام.
- بعد انتشار استخدام الألياف النباتية في صناعات عدّة، ولكونها متجدّدة وصديقة للبيئة ومنخفضة التكلفة، فإنّها طُرحت كبديل للألياف الصناعية.
- إنّ بحثنا يدخل في إطار الأبحاث الهادفة إلى رفع خصائص الأغطية الطرقية المرنة، والإجابة عن سؤال: "هل تؤدي إضافة ألياف نباتية إلى الخلطات الإسفلتية، بمتغيرات تجريبية (الطول، نسب الإضافة)، إلى تحسين خصائصها الهندسية؟"

2- هدف البحث:

إن هدف البحث هو دراسة تأثير إضافة ألياف القنب للمجبول الأسفلتي، لتحسين خصائصه الميكانيكية، لاسيما منها الثبات والديمومة ومقاومة إجهادات الشدّ، بحيث تلعب الألياف دور عناصر التقوية والمانعة والحد من انتشار الشقوق، وتكمن أهمية البحث في كون الألياف النباتية منخفضة التكلفة، ومتجدّدة، ومتوفرة بشكل طبيعي، ويشكّل استخدامها في صناعة الأغطية الطرقية حلاً إنشائياً وإستجابةً للمتطلبات العالمية في الحفاظ على البيئة وفي استثمار الموارد المتجدّدة.

3- الدراسة المرجعية

1-3 العوامل الأساسية المؤثرة على الأغشية الطرقيّة:

تتأثر الأغشية الطرقيّة بشكل أساسي، بالإجهادات الناجمة عن مرور العربات، وبالإجهادات الناجمة عن التغيّرات المناخية.

3-1-1- تأثير حركة المرور:

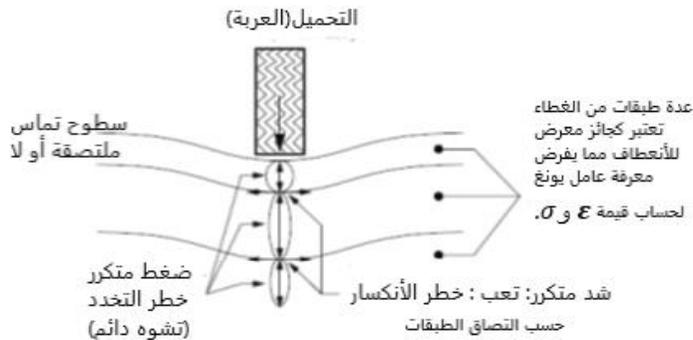
تتعرّض كلّ طبقة من الغطاء الطرقي إلى إجهادات ضغط وشد تحت تأثير حركة المرور، كما هو مبين في الشكل رقم (1). إنّ حساب الإجهادات والتشوّهات يتم عادةً باعتبار نموذج متعدّد الطبقات مرّن خطّي ومتماثل، وهذا يفرض تحديد قيم عامل يونغ وعامل بواسون.

بسبب خصائص الرابطة الأسفلتي، فإنّ للمجبول سلوكاً يتعلّق بسرعة التحميل والحرارة.

إنّ قوى الشدّ بالإنعطاف المتكرّرة المتولّدة عند أسفل الطبقات، تحت تأثير مرور العربات، تولّد تشوّهات متناهية في الصغر، تتجمّع وتكبر مسببةً التعب، فتنشر الشقوق نحو الأعلى.

الضغوط المتكرّرة عند مرور العربات تؤدي إلى تشوّهات دائمة تسبّب تحدّد سطح الغطاء. [4]

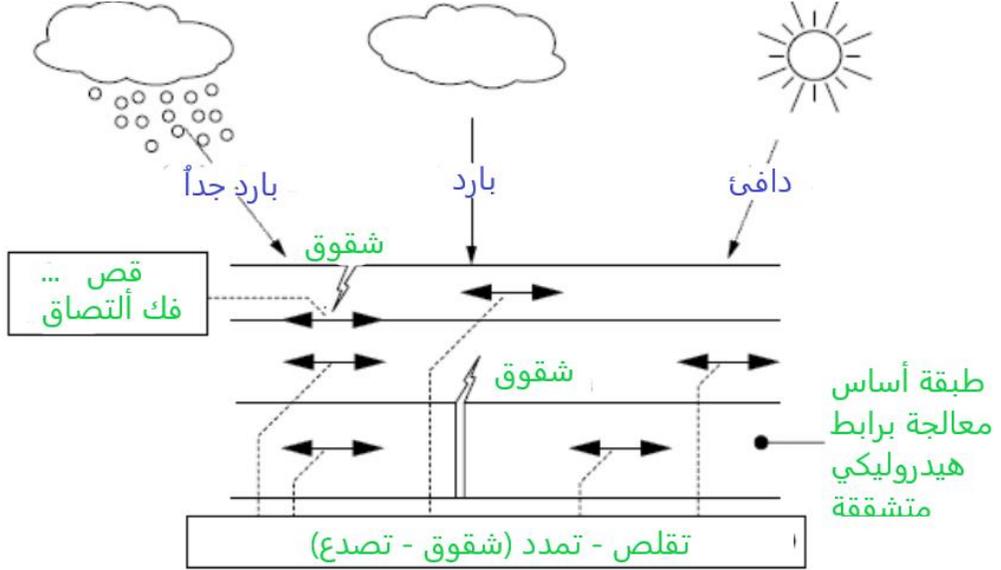
إن تحليل القوى الناتجة عن حركة المرور موضحة بالشكل رقم (1)



الشكل رقم (1): تحليل القوى والإجهادات الناجمة عن المرور [5]

3-1-2 - تأثير التغيرات الحرارية:

- تُغيّر درجات الحرارة عامل المرونة للطبقة.
- التغيرات الحرارية تسبّب تمدد وتقلص الرصف الأسفلتي، مما يولّد إجهادات داخلية، تُنتج تشوّهات وتشقّقات حراريّة. كما في الشكل(2).



الشكل رقم (2): تحليل سلوك الغطاء الناجمة عن تأثير الحرارة [5]

التأثير الأول، ارتباط عامل المرونة بالحرارة أو الحساسية الحرارية.

التأثير الثاني، التسبّب بظهور الشقوق:

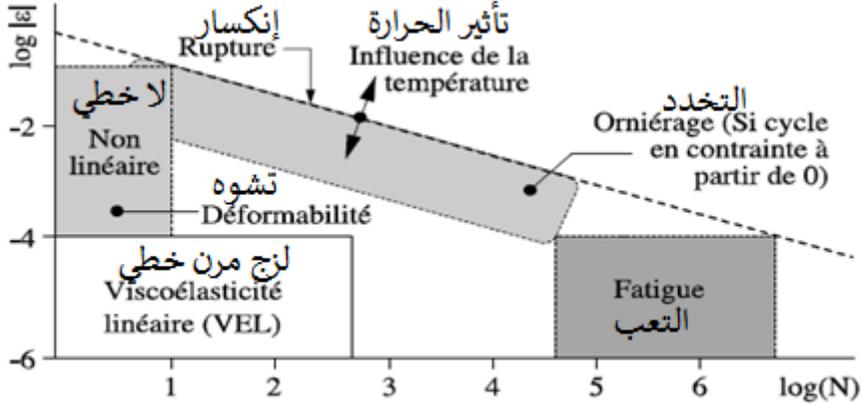
- عند الحرارة المنخفضة جداً، قد تظهر شقوق وتنتشر مع دورات التناوب الحراري.
- عند وجود طبقة أساس معالجة بروابط هيدروليكيّة (بنية نصف صلبة)، وهي عرضة لإنكماش حراري بسبب الرطوبة والتجفيف، تنتقل تشققاتها عبر منطقة التماس مع الغطاء الأسفلتي وتسبب تشقّقه، وتنتشر مع دورات التناوب الحراري ويمكن أن تعبّره. تُسمّى هذه الظاهرة الشقوق الانعكاسيّة (Reflective Cracking) [3].

3-2 - سلوك المجهول الأسفلتي:

إنه سلوك معقد، يُحدّد وفق سبعة التشوهات ϵ وعدد مرات التحميل N بين المجالات التالية:

- 1- سلوك لزج مرّن خطّي
- 2- سلوك غير خطّي
- 3- مجال التشوهات الدائمة
- 4 - تعب وتشقق

الشكل رقم (3) يوضح سلوك المجهول الأسفلتي



الشكل رقم (3): سلوك المجهول الإسفلتي، [5]

3-3 - المجهول الأسفلتي مع ألياف:

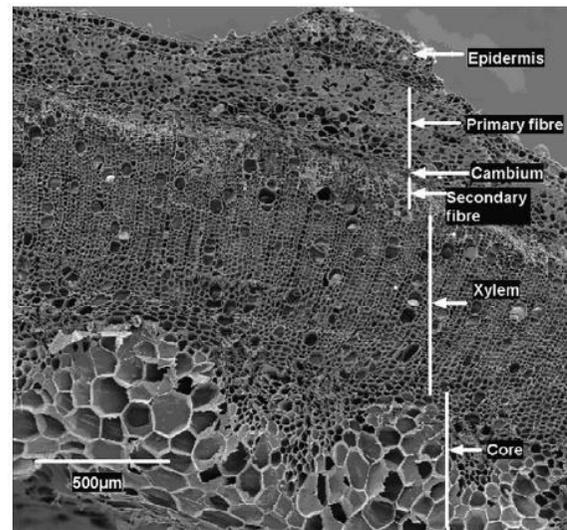
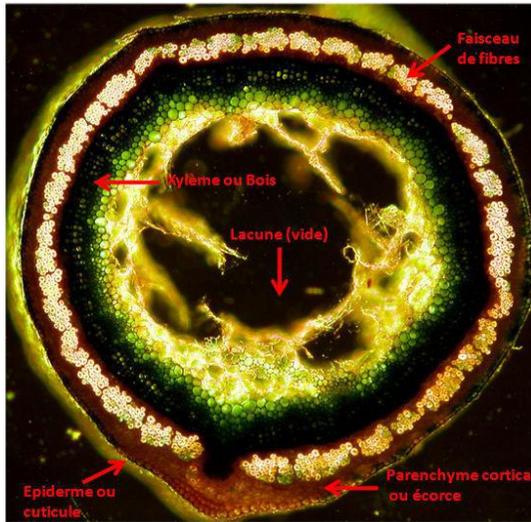
تُعرف المادة المركّبة بأنّها خليط من مادتين أو أكثر، لها مواصفات لا تمتلكها مكوناتها منفردةً. وهي: 1- غير متجانسة وغير متماثلة 2- مكوناتها لا تتفاعل ولا تمتزج 3- تتكوّن من مادة حاضنة (matrix) + عنصر تقوية (reinforced) 4- مكوناتها تحتفظ بخواصها الأساسية. لذا، ووفق هذا التعريف، فإنّ المجهول الأسفلتي مادة مركّبة، الحاضنة فيه هي البيتومين، تؤمّن تلاحق وتثبيت الحصىّات التي تقاوم إجهادات الضغط والهدف من إضافة ألياف القنب إضافة عنصر تقوية لتكوين مادة مركّبة جديدة، ذات مقاومة أعلى لإجهادات الشدّ.

ويوضح الجدول رقم (1) مواصفات ألياف القنب والشكل رقم (4) عبارة عن صورة مقطع في تاج ليف القنب

الجدول رقم (1): مواصفات ألياف القنب

Fibres	E (GPa)	ϵ_r (%)	σ_r (MPa)	Densité
Chanvre القنب	35	1.6	389	1.07

الشكل رقم (4) تصوير ميكروغرافي في مقطع تاج ليف القنب [6]



4- ملخص الأعمال المخبرية:

يهدف العمل المخبري إلى تقييم التغير في بعض الخصائص الهندسية للمجبول بتأثير إضافة ألياف القنب، إذ تمّ تصميم خلطة اهتراء مرجعية وفق شروط وزارة المواصلات السورية وفق الجدول رقم (2) بعد إجراء التجارب على الحصويات والرابط الأسفلتي 60/70، وتمّ استخدام قوالب مارشال لتشكيل عينات مرجعية وعينات تحوي أليافاً بنسب (1-2-3-5-7-10)% من وزن الرابط وبأطوال (1-2-3-4) سم.

ويوضح الجدول رقم (2) طريقة حساب التدرج التصميمي للخلطة الأسفلتية وهي:

الجدول رقم (2): جدول حساب التدرج التصميمي للخلاطة الإسفلتية

مواصفات وزارة المواصلات لعام 2002	التدرج التصميمي	50 % مادة رقم 3 (0-5 مم)	30 % مادة رقم 2 (5-12 مم)	20 % مادة رقم 1 (9-19 مم)	فتحة المنخل
100	100	50	30	20	19 مم
90-75	86.4	50	30	6.4	12.5 مم
79-64	73.9	50	23.1	0.8	9.5 مم
56-41	51.4	50	1.2	0.2	4.75 (رقم 4)
37-23	28.3	28.1	0.1	0.1	2.0 (رقم 10)
---	16.8	16.6	0.1	0.1	0.850 (رقم 20)
20-7	11.4	11.2	0.1	0.1	0.425 (رقم 40)
13-5	7.3	7.1	0.1	0.1	0.180 (رقم 80)
8-3	4.6	4.4	0.1	0.1	0.075 (رقم 200)

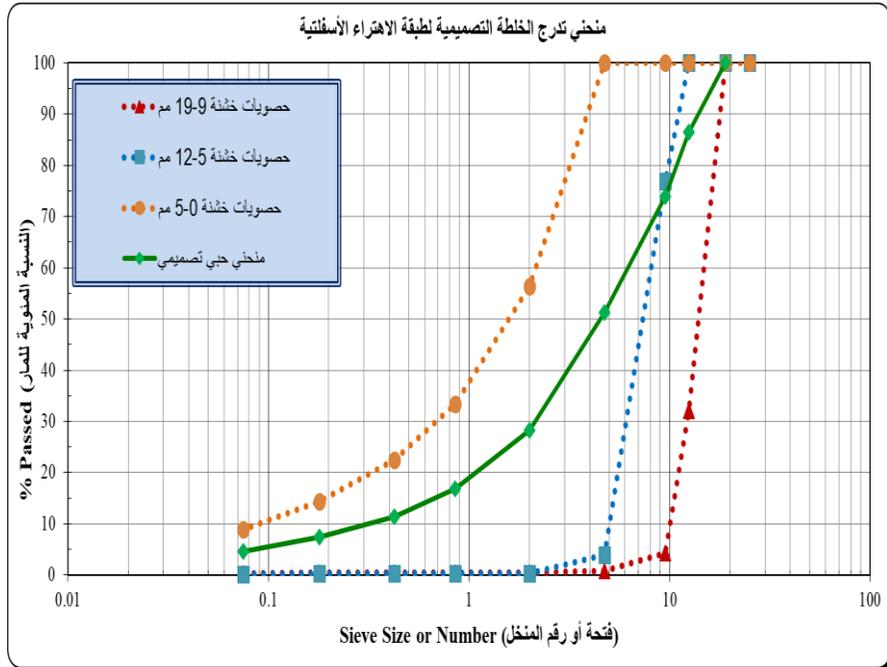
ويوضح الشكل رقم (5) منحنيات التركيب الحبي لكل نوع من الحصويات الثلاثة المستخدمة

وكذلك منحنى التدرج التصميمي.

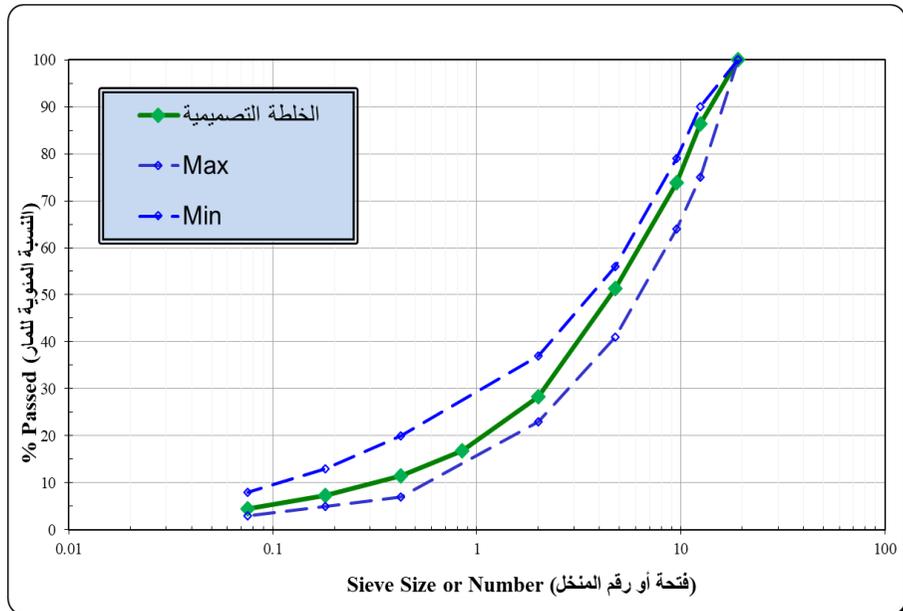
أما الشكل رقم (6) فيوضح منحنى التدرج التصميمي ومدى تحقيقه لحزمة التدرج وفق مواصفات

وزارة المواصلات السورية لعام 2002.

الشكل رقم (5): التدرج الحبي لثلاثة أنواع من الحصىات والتدرج التصميمي



الشكل رقم (6): تحقيق التدرج الحبي التصميمي وفق المواصفات السورية



أ- تجربة مارشال (ASTM D1559) , (AASHTO T245):

تمت التجربة لتعيين نسبة الرابط المثالية المتوجب إضافتها إلى خليط المواد الحصوية لزوم طبقة الإهتراء، وأضيف البيتومين بنسب (4- 4.5 -5 -5.5 -6 -6.5) % من وزن الحصويات، وتم تشكيل ثلاث عيّنات في قوالب مارشال لكل نسبة. ومن ثم، تم كسر العيّنات بجهاز مارشال، وتسجيل قيم الانسياب والثبات، فكانت النسبة المثالية التصميمية 5% وزناً من المواد الحصوية.

ويوضح الجدول رقم (3) خصائص الخلطة الإسفلتية عند نسبة الأسفلت التصميمية.

الجدول رقم (3): خصائص الخلطة عند نسبة الإسفلت التصميمية (5.0 %)

5.0	نسبة الإسفلت (من جملة المواد الصلبة) (%)
1255	الثبات (كغ)
3.29	الانسياب (مم)
4.0	نسبة الفراغات الهوائية (%)
15.1	الفراغات الهوائية في المواد الصلبة (%)
2.402	وزن وحدة الأحجام (طن/م ³)

- تحضير عيّنات مارشال مع ألياف:

تم تحضير العيّنات مع ألياف بطريقة مارشال، باعتماد الخلطة التصميمية وإضافة ألياف إليها، بعد تجفيفها لساعتين بحرارة 60 C^o، بأطوال (1-2-3-4) سم وبنسب (1- 2 -3 -5 -7 -10) % من وزن الرابط، وذلك بمعدل 3 قوالب لكل نسبة وطول، كُسرت بجهاز مارشال وسجلت قيم الثبات والانسياب. والشكل رقم (7) يوضح عيّنات مشكلة لإختبارها على جهاز كسر عيّنات مارشال.

شكل رقم (7): عيّنات مشكلة لإختبارها على جهاز كسر عينات مارشال

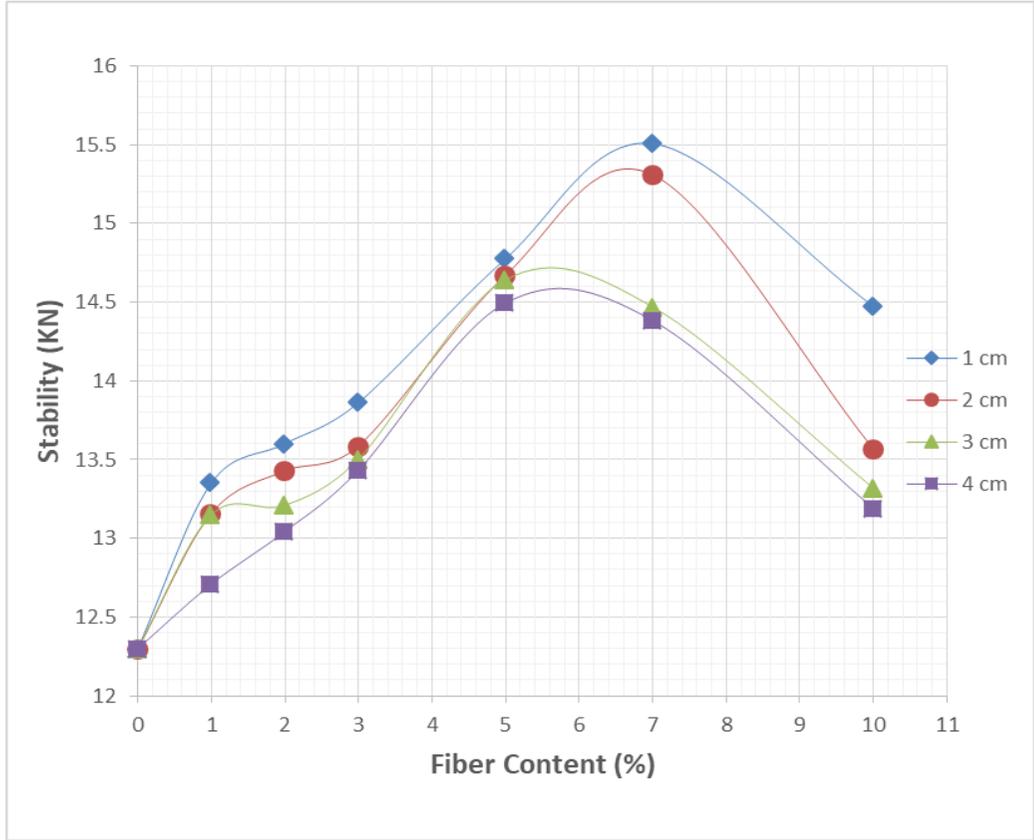


ويوضح الجدول رقم (4) وسطي قيم ثبات مارشال بالكيلونيوتن للعينات السابقة وهو وسطي قيم 3 عينات عند كل نسبة وطول وأطوال ألياف القنب المستخدم. أما الشكل رقم (8) فهو يوضح تغير ثبات مارشال مع تغير نسب الألياف وأطوالها.

جدول رقم (4): وسطي قيم الثبات لعينات مارشال مع ألياف (KN)

							نسبة الليف
10%	7%	5%	3%	2%	1%	0	طول الليف
14.47	15.51	14.78	13.86	13.60	13.35	12.3	1 cm
13.57	15.31	14.67	13.59	13.43	13.16	12.3	2 cm
13.32	14.47	14.64	13.50	13.21	13.15	12.3	3 cm
13.19	14.38	14.50	13.43	13.04	12.71	12.3	4 cm

الشكل رقم (8): يوضح تغيرات ثبات مارشال مع تغير نسبة الألياف وطولها



ويوضح الجدول رقم (5): وسطي قيم الانسياب بالمليمترا للعينات السابقة الموضحة بالشكل (7).

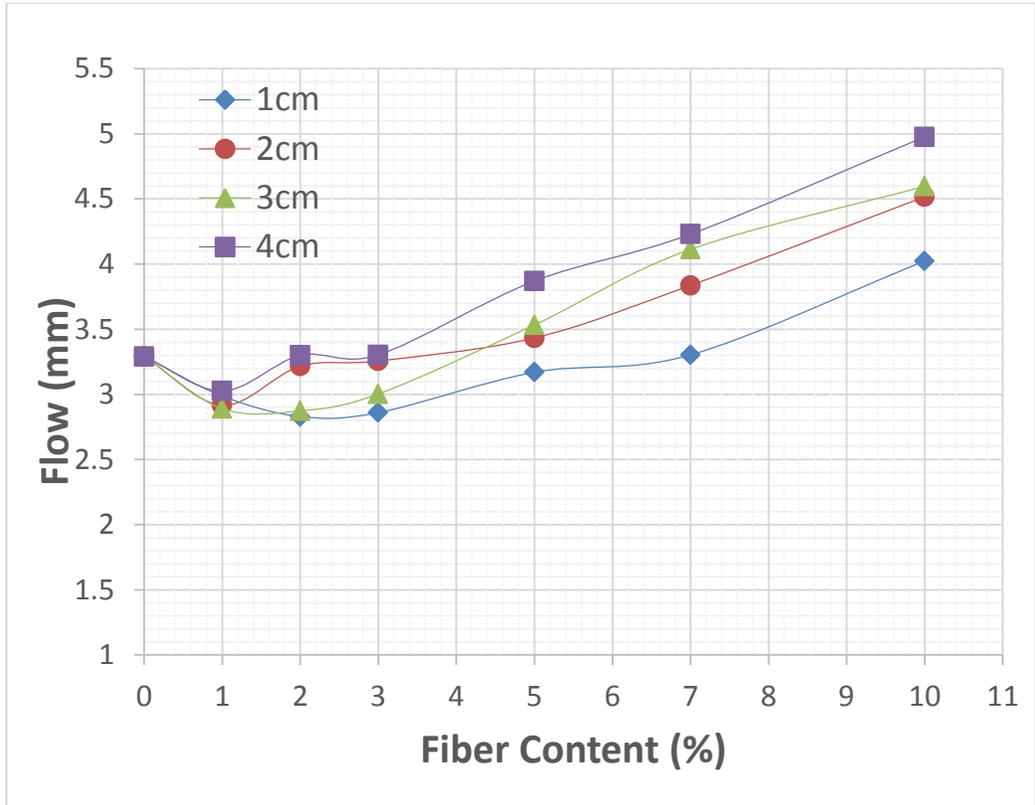
أما الشكل رقم (9) فهو يوضح التغير في قيم الانسياب مع تغيرات نسب الألياف النباتية وأطوالها.

جدول رقم (5): قيم الانسياب لعينات مارشال مضاف عليها ألياف (mm).

نسبة الليف	%0	%1	%2	%3	%5	%7	%10
طول الليف	3.29	2.99	2.83	2.86	3.17	3.30	4.02
1cm	3.29	2.92	3.22	3.26	3.43	3.84	4.52
2cm	3.29	2.92	3.22	3.26	3.43	3.84	4.52

4.60	4.11	3.53	3.00	2.87	2.89	3.29	3cm
4.98	4.23	3.87	3.30	3.30	3.03	3.29	4cm

الشكل رقم (9): يوضح تغيّرات الإنسياب مع تغيّر نسبة الألياف وطولها.



ويوضح الجدول رقم (6) وسطي قيم الفراغات الهوائية كنسبة مئوية لعينات مارشال السابقة، أما الجدول رقم (7) فهو يوضح الزيادة النسبية المئوية بقيم ثبات مارشال باستخدام الألياف مقارنة بقيم ثبات مارشال للعينات المرجعية بدون ألياف.

جدول رقم (6): قيم الفراغات الهوائية لعينات مارشال مع ألياف القنب (%).

نسبة الليف	%10	%7	%5	%3	%2	%1	%0	طول الليف
1 cm	5.36	4.58	4.38	4.34	4.41	4.26	4	
2 cm	5.21	4.61	4.44	4.42	4.28	4.17	4	

5.68	5.13	4.35	4.39	4.49	4.18	4	3 cm
6.05	5.26	5.13	4.50	4.53	4.18	4	4 cm

جدول رقم (7): الزيادة النسبية في قيم الثبات لعينات مارشال مع ألياف القنب (%).

نسبة الليف	طول الليف					
	%10	%7	%5	%3	%2	%1
1 cm	18	26	20	13	11	9
2 cm	10	24	19	10	9	7
3 cm	8	18	19	10	7	7
4 cm	7	17	18	9	6	3

نتائج واستنتاجات تجربة كسر مارشال:

- يزداد ثبات مارشال مع تناقص أطوال الألياف.
- يزداد ثبات مارشال مع زيادة نسبة الألياف حتى نسبة (7%) عند استخدام الألياف بأطوال (1,2)cm، ثم يتناقص.
- يزداد ثبات مارشال مع زيادة نسبة الألياف حتى نسبة (5%) عند استخدام الألياف بأطوال (3,4)cm، ثم يتناقص.
- عند استخدام الألياف النباتية بأطوال (1,2,3)cm ونسب مئوية (3-2-1) % كان الإنسياب أقل من الإنسياب في العينات المرجعية بدون ألياف.
- ابتداءً من نسبة 3% يبدأ الإنسياب بالازدياد مع زيادة نسبة الألياف.
- تكون قيمة الإنسياب والفراغات الهوائية أعلى من الحد الأعلى المسموح عند نسبة: (10)% لجميع الأطوال و(7)% لطول (3,4) cm و(5)% لطول (4) cm.

نستنتج من القيم المُقاسة والمنحنيات، وضمن الحدود المسموحة لقيم الإنسياب والفراغات الهوائية:

- الألياف بطول cm(1) ونسبة (7%) أعطت زيادة في الثبات بقيمة (27)%.
- الألياف بطول cm(2) ونسبة (6.5%) أعطت زيادة في الثبات بقيمة (25)%.
- الألياف بطول cm(3) ونسبة (5%) أعطت زيادة في الثبات بقيمة (19)%.
- الألياف بطول cm(4) ونسبة (5%) أعطت زيادة في الثبات بقيمة (18)%.

4-2 - إختبارات الشدّ غير المباشر (التجربة البرازيلية):

تمّ تحضير عيّنات تجربة الشدّ المباشر باستخدام قوالب مارشال بنفس ظروف العيّنات المرجعية، مع إدخال ألياف بأطوال (4-3-2-1) سم ونسب مئوية (1 - 2 - 3 - 5 - 7) % من وزن الرابط. وقد تمّ تشكيل 3 عيّنات لكلّ نسبة وطول، فيما استبعدت نسبة (10)% بسبب فراغاتها الهوائية العالية.

جرى الاختبار على جهاز الشد غير المباشر، وتطبيق أحمال ضاغطة متزايدة من خلال شريطي تحميل معدنيين متقابلين وبسرعة (50.8mm/min) حتى الإنهيار. ويعطى إجهاد الشدّ غير المباشر بالعلاقة:

$$ITS = \frac{2P}{\pi * H * D} \quad (N/mm^2)$$

P(N): قوّة الانهيار H(mm): إرتفاع العيّنة D(mm): قطر العيّنة

ويوضح الجدول رقم (8) قيم إجهادات الشد غير المباشر ب (N/mm²) لعيّنات تجربة الشد

غير المباشر والمبيّنة في الشكل رقم (10).

جدول رقم (8): نتائج الشدّ غير المباشر (البرازيلية) (N/mm²).

						نسبة الليف
%7	%5	%3	%2	%1	%0	طول الليف
1.23	1.09	1.08	1.05	0.98	0.94	1 cm
1.31	1.19	1.10	1.04	1.02	0.94	2 cm
1.39	1.29	1.09	1.05	1.03	0.94	3 cm
1.07	1.05	0.99	0.99	0.97	0.94	4 cm

الشكل رقم (10): أعمال تجربة الشدّ غير المباشر (البرازيلية).

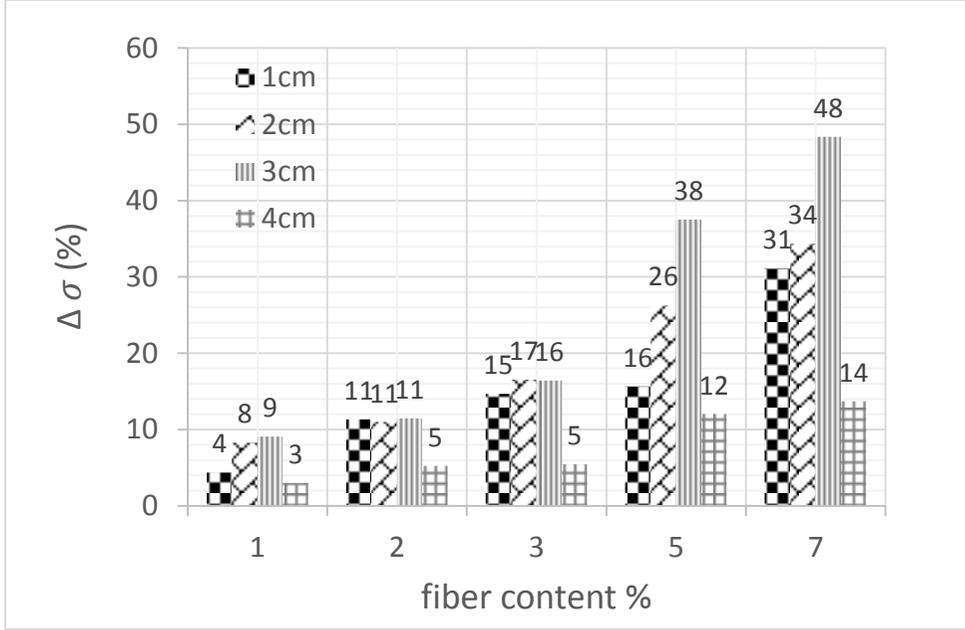


ويوضح الجدول رقم (9) الزيادة النسبية المئوية في قيم إجهادات الشد غير المباشر باستخدام الألياف النباتية مقارنة مع قيم إجهادات الشد غير المباشر للعينات المرجعية بدون ألياف ويوضح الشكل رقم (11) الزيادة المئوية في إجهادات الشد غير المباشر هذه.

جدول رقم (9): الزيادة النسبية في قيم إجهادات الشد (%).

نسبة الليف طول الليف	%1	%2	%3	%5	%7
1 cm	4	11	15	16	31
2 cm	8	11	17	26	40
3 cm	9	11	16	38	48
4 cm	3	5	5	12	14

الشكل رقم (11): يوضح تغيّرات إجهادات الشدّ غير المباشر مع تغيّر نسبة الألياف وطولها.



جدول رقم (10): القيم الأعظمية لإجهادات الشد غير المباشر.

ملاحظات	VA (%)	ΔITS (%)	ITS (N/mm ²)	F.C (%)	L.F (cm)
أفضل قيمة لطول 1cm	4.71	31	1.23	7%	1
أفضل قيمة لطول 2cm	4.66	34	1.26	7%	2
تجاوزت الفراغات 5%	5.09	48	1.39	7%	3
أفضل قيمة لطول 3cm	4.23	38	1.29	5%	3
أفضل قيمة لطول 4cm	4.90	12	1.05	5%	4

نستنتج من خلال إجهاد الشد غير المباشر مع ألياف:

- تزداد قيمة إجهاد الشد مع ازدياد نسبة الألياف.
- إدخال الألياف أعطى زيادة في إجهاد الشد لجميع النسب والأطوال.
- بطول 3cm ونسبة 5% بإجهاد شد 1.29 N/mm^2 بزيادة 38% عن ITS0 وهي أفضل قيمة.

نتائج نهائية:

أظهر البحث أنّ إدخال الألياف النباتية من مادة القنب على المجدول الإسفلتي أعطى تحسناً في المواصفات الهندسية التي تمت دراستها، وهي الثبات والإجهادات الشادة.

1- نلاحظ أن استخدام الألياف النباتية من مادة القنب في الخلطات الأسفلتية أعطى تحسناً واضحاً في قيم ثبات مارشال وقيم إجهادات الشد غير المباشر.

2- استخدام ألياف القنب بطول (1 و 2) cm ونسبة (6.5)% أعطت أعلى قيم لثبات مارشال وبالتالي يمكن استخدام هذه النسبة والأطوال في الطرق التي تتعرض للحمولات المرورية الثقيلة.

3- استخدام ألياف القنب بطول (3) cm ونسبة (5)% من وزن الرابط الأسفلتي أعطت أعلى قيم لإجهاد الشد غير المباشر وبالتالي يمكن استخدام هذه النسبة والطول في الطرق التي تتعرض لفروقات حرارية عالية لمقاومة إجهادات الشد.

توصيات:

- 1- القيام بأبحاث إضافية عن تأثير إدخال ألياف نباتية في صناعة الأغشية الطرقية.
- 2- إجراء تجارب على أنواع أخرى من الألياف النباتية غير ألياف القنب.
- 3- التوصية للجهات العامة المتخصصة بإنشاء الطرق بإنشاء قطاع من طريق باستخدام ألياف القنب ووضعه تحت الإختبارات لعدة سنوات متتالية لمعرفة سلوك ألياف القنب مع الزمن.

المراجع:

المراجع بالعربية

- 1- الشروط والمواصفات الفنية العامة لأعمال الطرق والجسور - وزارة المواصلات السورية لعام 2002.
- 2- عاصي د. مروان، هندسة طبقات الرصف، منشورات جامعة حلب- كلية الهندسة المدنية، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية 2003.

المراجع الأجنبية:

- 3- NGUYEN Mai Lan, 2009- Etude de la fissuration et de la fatigue des enrobés bitumineux- l'Université de Lyon, France, 276p.
- 4- OLARD François, 2003- COMPORTEMENT THERMOMÉCANIQUE DES ENROBÉS BITUMINEUX À BASSES TEMPÉRATURES. l'Université de Lyon, France, 226p.

- 5- Di Benedetto et Corté, 2005- Di Benedetto, H. et J. F. Corté, Matériaux routiers bitumineux. Vol. 2. Hermès. 283p.
- 6- ELOUAER A,2011- Contribution à la compréhension et à la modélisation du comportement mécanique de matériaux composites à renfort en fibres végétales. l'Université de Reims, 213p.

التنبؤ بشدة خطورة الحوادث المرورية في مدينة اللاذقية باستخدام تقنيات الذكاء الصناعي

الدكتورة شذى ابراهيم أسعد*

□ الملخص □

يشكل ارتفاع معدل الإصابات الناجمة عن حركة المرور على الطرق مشكلةً صحيةً عامةً متنامية في مختلف أنحاء العالم، واستناداً إلى تقرير لمنظمة الصحة العالمية، فإنَّ الإصابات الناجمة عن حوادث المرور بعد عام 2020 سوف تكون السبب الرئيسي الثالث للوفيات في العالم.

لا تنشأ الحوادث بطريقة عشوائية بحتة، بل يتأثر حدوثها بالعديد من العوامل، مثل الظروف المادية للسائقين، وأنواع السيارات، وسرعة القيادة، وحالة المرور، وهندسة الطرق، والطقس، ومن دراسة سجلات الحوادث التاريخية وبياناتها، يمكننا فهم العلاقات (التي قد تكون سببية) بين هذه العوامل وبين حوادث الطرق، والتي من شأنها أن تسمح لنا بدورها ببناء متنبئ بالحوادث، لتقدير عدد الحوادث والوفيات والإصابات.

تمَّ التوصل في البحث إلى وضع نموذج رياضي للتنبؤ بشدة الإصابات الناجمة عن الحوادث المرورية في مدينة اللاذقية، يعتمد على عدد من العوامل المتعلقة بالحوادث المرورية، وأما الهدف الرئيسي فهو تخفيض عدد الحوادث المرورية المتوقعة مستقبلاً على الشوارع الرئيسية في المدينة، حيث تمَّت الدراسة على شوارع مختلفة فيها من حيث أهميتها ومن حيث عدد الحوادث المرورية المسجلة عليها، ومن حيث تنوع خصائصها هندسياً، وذلك من أجل الإلمام الكافي بظروف الحركة المرورية في المدينة اعتماداً على أسباب مختلفة.

تم الاعتماد على برنامج MATLAB والأدوات الملحقة به (nftool) The Neural Network Fitting Tool نظراً لكفاءته العالية في مجال التنبؤ، وعلى خوارزمية (LM) Levenberg–Murquardt ذات الانتشار العكسي للخطأ، حيث تعد خوارزمية تدريب سريعة لشبكة ذات حجم قابل للتحديث وذات ذاكرة مختزلة، ويمكن الاستفادة منها في التدريبات التي تتطلب بيانات ضخمة.

الكلمات المفتاحية: التنبؤ - الإصابات - نموذج - الحوادث المرورية - الذكاء الصناعي

*أستاذ مساعد - قسم هندسة المواصلات والنقل - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

Predicting the severity of traffic accidents in Lattakia using artificial intelligence techniques

Dr. Shaza Assaad*

□ Abstract □

The high rate of road traffic injuries is a growing public health problem worldwide, according to a WHO (World Health Organization) report, road traffic injuries by 2020 will be the third leading cause of death in the world. Accidents do not arise in a purely random manner, but are affected by many factors, such as physical conditions of drivers, types of cars, speed of driving, traffic condition, road engineering and weather. From studying historical accident records and data, we can understand the (potentially causal) relationships between these factors and road accidents, which, in turn, would allow us to build a predictor of accidents, to estimate the number of accidents, deaths and injuries.

A mathematical model has been developed in this research for predicting of traffic accidents severity in the city of Lattakia, based on a number of external factors, which are related to traffic accidents data. As for its main goal, it is to reduce the number of traffic accidents expected in the future on the main streets in the city, as the study was conducted on various arterial streets in them in terms of their importance and in terms of the number of traffic accidents recorded on them, and in terms of the diversity of their engineering characteristics, in order to have sufficient familiarity with the traffic conditions in the city for various reasons.

MATLAB has been relied upon, And The New Network Attached Tools due to its high efficiency in forecasting, and on the Levenberg-Murquardt algorithm with reverse error diffusion, a fast training algorithm is developed for a network of an updated size, and it has a reduced memory, and they can be used for exercises that require substantial data.

Key words: Prediction, severity, model, traffic accidents, Artificial intelligence.

*Lecturer at Transpotation Engineering Department – Civil Engineering Faculty - Tishreen University – Lattakia – Syria.

مقدمة:

في عالم يلقي فيه أكثر من مليون شخص حتفهم، ويُصاب أكثر من 50 مليوناً آخرين سنوياً في حوادث المرور على الطرق، تبرز ضرورة تضافر جهود المؤسسات والهيئات العالمية، للتصدي لحوادث المرور باعتبارها مشكلة عالمية، حيث أنّ أكثر من نصف ضحايا حوادث المرور في سن العمل. وتتسبب حالات الوفاة والإصابات الناجمة عن حوادث المرور في جميع أنحاء العالم، في تكلفة سنوية تصل إلى مئات المليارات من الدولارات، بالإضافة إلى التسبب في معاناة بشرية لا حصر لها بسبب الحوادث.

في البلدان منخفضة ومتوسطة الدخل، تتجاوز تلك التكلفة قيمة المساعدات التنموية التي يتلقونها [1]، حيث تشير الإحصاءات المرورية، بأنّ نسبة الوفيات والإصابات من جزاء الحوادث المرورية المسجلة بالدول العربية، تُعد بصفة عامة مرتفعةً بالمقارنة مع الدول المتقدمة، وهذا يُحتّم ضرورة إعداد استراتيجيات للسلامة المرورية وتضافر الجهود، من أجل التصدي لتلك الحوادث، كمسؤولية جماعية مشتركة تقع على عاتق مختلف فئات المجتمع، وكذلك الأجهزة والمؤسسات الحكومية وغير الحكومية، وبحسب تقرير للاسكوا عام 2016، فإنّ الحوادث المرورية كانت سبباً بوفاة 1.35 مليون شخصاً حول العالم، وعانى 50 مليون شخصاً من الإصابات، كما وبيّنت الإحصائيات المسجلة أنّ الفئة العمرية الأبرز والتي لاقت حتفها بسبب حوادث المرور، كانت الأشخاص الذين تتراوح أعمارهم بين (5-29) سنة، ولذلك فإنّ للسلامة على الطرق أهمية اجتماعية، واقتصادية، وتنموية وصحية على المستوى العالمي، ولأنّ عدد السيارات على الطرق في تزايد مستمر في الكثير من البلدان، فقد تتفاقم المشكلة بشكل أسرع، وبالتالي سيكون هناك حاجة ملحة لبذل المزيد من الجهد، للحدّ من هذه الوفيات والإصابات التي يمكن التقليل منها أو تفاديها.

يُعتبر التنبؤ بالحوادث هو أحد أهم جوانب السلامة على الطرق، حيث يمكن التنبؤ بالحادثة قبل وقوعه فعلاً، ومن ثم يمكن اتخاذ التدابير الوقائية لتجنبه أو للتقليل من شدة خطورته. ولهذا الغرض، تحظى نماذج التنبؤ بالحوادث بشعبية في تحليل السلامة على الطرق، ويستخدم الذكاء الصناعي في العديد من التطبيقات، وخاصةً عندما لا تكون النتائج والبيانات واحدة طوال الوقت، أو عندما تتأثر بحدوث تغيرات عشوائية. تشكّل حوادث الطرق نسبة كبيرة من عدد الإصابات الخطيرة المبلّغ عنها كل عام، ومع ذلك، كثيراً ما يكون من الصعب تحديد الظروف المحددة

التي تؤدي إلى مثل هذه الأحداث، مما يزيد من صعوبة معالجة المعنيين في الإدارة المحلية لمشكلة حوادث الطرق وشدتها، وقد أدى تنفيذ التدخلات الفعالة في البلدان المرتفعة الدخل، إلى تخفيف وتقليل حوادث المرور ومشاكل الإصابات. ولكن هذه المشكلة تتطلب اهتماماً خاصاً في البلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط، وسوف ترتفع الوفيات والإصابات الناجمة عن حركة المرور بنسبة تصل إلى 80% بين عامي 2000 و2020، استناداً إلى معلومات التنبؤ المنقذة في البلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط، وباستخدام تقييم اتجاهات البيانات وأساليب التنبؤ، يمكن أن يحسن ذلك الاتصال بين العلماء وصانعي السياسات، وأن يؤدي في نهاية المطاف إلى تحسين التخطيط واتخاذ القرارات، كما يمكن أن توفر المعلومات التنبؤية عن وفيات الحوادث معلومات هامة عن التغييرات المقبلة في اتجاهات الحوادث.

أثارت النماذج الإحصائية أو الطريقة الإحصائية للتنبؤ بتقييم تأثير مختلف العوامل ومتغيراتها على معدّل الحوادث، مما أدى إلى تقييم كفاءة التدابير المقترحة لتحسين السلامة على الطرق، ولكن تسعى حالياً العديد من الحكومات العالمية لتوظيف تطبيقات الذكاء الصناعي في مجال مراقبة الطرق والإشارات الضوئية وممرات المشاة، بهدف وضع آليات وقائية للتنبؤ بالحوادث المرورية والازدحام المروري، ويهدف تعزيز السلامة العامة على الطرقات. ويتم العمل على دراسة وتطبيق جميع الوسائل التحسينية المتاحة لضمان توفير عوامل السلامة العامة للطرقات، حيث تساهم الحلول التقنية والذكاء الآمن في خفض معدلات الحوادث والوفيات الناتجة عنها، وتزيد من مستويات الأمن والسلامة وانسيابية الحركة على الطرقات.

أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية البحث في تقديم مساهمة كبيرة لتحسين وضبط سلامة المرور على شوارع مدينة اللاذقية، مما سيساعد في وضع أسس للتخطيط المستقبلي لها، كما أنّ استخدام منهج الشبكات العصبونية الصناعية في التنبؤ، يُعدّ من الأساليب الحديثة التي يتمّ اعتمادها في مجال السلامة المرورية، حيث أنّ القاعدة الأساسية للشبكات العصبونية الصناعية تكمن في أنّها ذات تركيب ديناميكي، يتيح في المستقبل تحديثاً مستمراً لها ببيانات جديدة، وذلك بهدف الوصول إلى نتائج أدقّ وأحدث، كما يهدف البحث أيضاً إلى بناء نموذج للتنبؤ بشدّة الإصابات الناجمة عن الحوادث المرورية، باستخدام الشبكات العصبونية الصناعية على الطرق المدينية، لتقدير الأضرار الناجمة عن الحوادث المرورية، وبالتالي وضع منهجية للتقليل من شدة خطورتها. يمكن أن توفر

النتائج الدقيقة لتحليل البيانات المتعلقة بالحوادث، معلومات حاسمة لسياسة الوقاية من الحوادث على الطرق.

طرائق البحث ومواده:

لقد تمّ التوجه إلى استخدام طرق الذكاء الصناعي في الآونة الأخيرة، وهو قطاع علمي تُستخدم أبحاثه للوصول إلى مرحلة يقوم فيها الكمبيوتر بأعمال تشابه ما يفعله العقل البشري، مثل الأنظمة الخبيرة والنظام الضبابي والشبكات العصبونية الصناعية، حيث أثبتت هذه الطرق دقتها في مجال التنبؤ بشدة الإصابات الناجمة عن الحوادث المرورية، وفي القدرة على نمذجة جميع المتغيرات التي تسهم في وقوع الحوادث. ولقد أُجريت العديد من الدراسات لبناء وتطوير نماذج للتنبؤ بالحوادث المرورية، حيث قام الباحثون (Moghaddam, F. et al. 2011) في مدينة طهران الإيرانية، بتدريب عدة نماذج للشبكات العصبونية الصناعية باستخدام برمجية Neurosolutions5 للتنبؤ بالحوادث المرورية، وكان النموذج الأفضل هو النموذج ذو خوارزمية تدريب MLP (شبكة حسية متعددة الطبقات)، وقد خلُصت الدراسة إلى أنّ أهم العوامل التي لعبت دوراً أساسياً في حساسية النموذج التنبؤي، كانت عدم تقدير المسافة الجانبية بشكل دقيق، وعرض الطريق، ونسبة الدراجات الهوائية والنارية في تركيب التيار المروري [2].

كما قام (Kunt, M. et al. 2011) في تركيا بتطوير وتطبيق نماذج الذكاء الصناعي للتنبؤ بالإصابات الناجمة عن الحوادث المرورية على الطرق الحرة، بعد أن استخدم الباحثان نماذج الشبكات العصبونية الصناعية ANN والنماذج المعتمدة على النظرية الجينية GA، وقد تمّ اعتماد مدخلات تشمل عمر السائق وجنسه، استخدام السائق لحزام الأمان، نوع المركبة وحالة الطقس، وسطح الرصف ومعدل السرعة، وكيفية وقوع الحادث، والغزارة المرورية، وتمّ بناء النموذج باستخدام بيانات 1000 حادث تمّ تسجيله عام 2007 على طريق Tehran-Ghom، وبعد مقارنة نتائج النموذجين اعتماداً على قيم R, MSE, SSE, MAE، خلُصت الدراسة إلى أنّ نماذج ANN هي الأفضل للتنبؤ بالحوادث المرورية، حيث كانت قيمة الارتباط 87% [3].

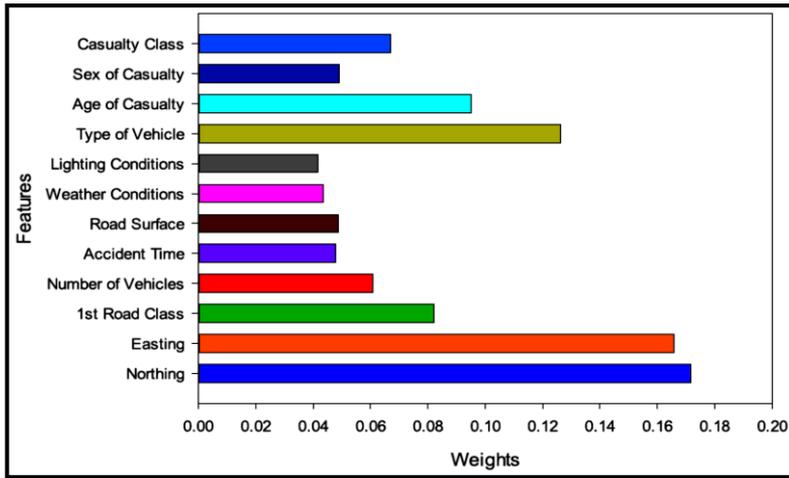
وفي الهند أعدّ الباحث Kumar, C. et al. عام 2014 دراسة لنمذجة الحوادث المرورية على الطرق السريعة خارج المدينة، باستخدام الشبكات العصبونية الصناعية ونماذج التنبؤ الإحصائية التقليدية، وأكّدت النتائج التي توصل إليها الباحث، بأنّ نماذج التنبؤ بالحوادث المرورية باستخدام الشبكات العصبونية هي أكثر دقةً من نماذج التنبؤ الإحصائية التقليدية [4].

كما وطوّر (Alkherer, Sh. et al. 2016) نموذج تنبؤي بالأضرار الناجمة عن الحوادث المرورية باستخدام بيانات 5973 حادثاً مرورياً سُجِّل في إمارة أبو ظبي خلال الأعوام (2008 وحتى 2013)، باستخدام تعلّم الآلة (ML)، حيث تمّ بناء النموذج بالاعتماد على 16 مدخل، كما وتمّ تصنيف الإصابات ضمن أربع فئات (طفيفة، متوسطة، شديدة، وفاة)، وخُلصت الدراسة إلى أنّ نتائج الشبكة العصبونية الصناعية كانت أدقّ بنسبة 74.6%، وبالمقابل لم تتجاوز دقة نتائج النموذج المطوّر باستخدام Probit model 59.5%. [5]

وفي الولايات المتحدة الأمريكية، درس الباحث (Abdulhafedh, A. 2016) تردّدات الحوادث المرورية على الطرق السريعة، حيث قدّم نموذجاً لتحديد المناطق الخطيرة والمعرّضة لوقوع الحوادث، والذي يساعد منظمات وهيئات المواصلات لإيجاد مقاييس ومعايير لتفادي وقوع الحوادث، وقد كان الهدف من الدراسة تحليل ومقارنة نتائج التنبؤ بالحوادث المرورية بين نموذج انحدار بواسون، ونموذج الانحدار السلبي ذي الحدين، ونموذج الشبكات العصبونية الصناعية لتحليل الحوادث، بين عامي 2008-2012 للطريق السريع I-90 بولاية مينيسوتا، في الولايات المتحدة الأمريكية. بعد مقارنة نتائج كل نموذج توصلت الدراسة إلى أنّ نموذج الشبكات العصبونية الصناعية هو النموذج الفعّال مقارنةً بطرق التنبؤ الأخرى [6].

وفي الصين، قام (Zheng, M et al 2019) ببناء نموذج للتنبؤ بالإصابات الناجمة عن الحوادث المرورية باستخدام convolutional neural network (CNN)، ويوضّح الجدول (1) أوزان مدخلات النموذج التنبؤي المؤثرة على شدة الإصابات الناجمة عن الحوادث المرورية. [7]

الجدول (1): أوزان مدخلات النموذج التنبؤي



وفي بريطانيا قام الباحثون (Assi, Kh. et al 2020)، بتطوير نماذج للتنبؤ بشدة الإصابات الناجمة عن الحوادث المرورية، باستخدام تعلم الآلة (ML) Machine Learning، حيث تم تطوير أربع نماذج تنبؤية:

(feed-forward neural networks (FNN), support vector machine (SVM), fuzzy C-means clustering based feed-forward neural network (FNN-FCM), and fuzzy c-means).

تم اعتماد 15 مدخل لبناء كل نموذج، وتم ترميزها كما هو موضح في الجدول (2)، [8].

الجدول (2): ترميز مدخلات نماذج التنبؤ

Input Variables	Data Type	No. of Categories
Vehicle attributes		
Number of vehicles involved	Numeric	-
Vehicle type	Nominal	12
Road condition attributes		
Road type	Nominal	5
Junction type	Nominal	9
Junction control	Nominal	5
Light	Nominal	5
Weather	Nominal	9
Road surface condition	Nominal	7
Area type	Nominal	2
Speed limit	Numeric	-
Road class	Nominal	6
Crash attributes		
Number of casualties	Numeric	-
Day of the week	Numeric	7

تُعرّف الشبكات العصبونية الصناعية بأنها عبارة عن نظام لمعالجة المعلومات بشكل يشابه ويحاكي طريقة عمل الجملة العصبية البيولوجية للإنسان، لأنها تتّصف بنفس خصائصها التي تعتمد على فكرة تخزين المعلومات وتعلّمها، والاستفادة منها لاحقاً.

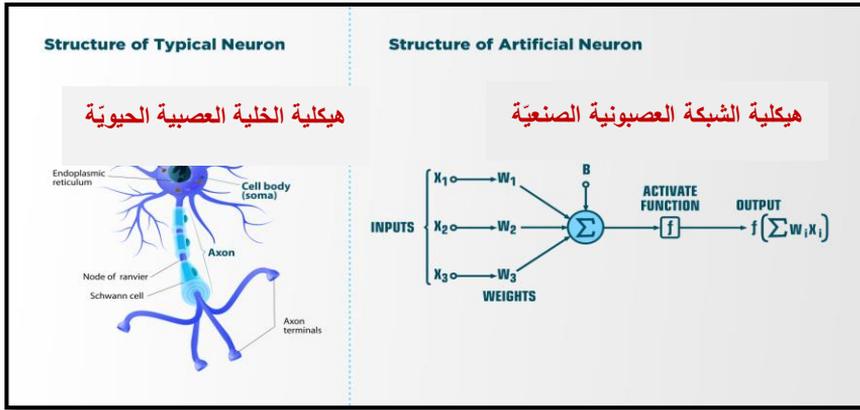
وقد نشأ الاهتمام العام بالشبكات العصبونية الصناعية بسبب الخصائص المميزة لها، وبسبب قدرتها على تجاوز محدّدات الحلّ التقليدي، والتي من أهمّ خصائصها، تميّزها بخاصية التوازي (Parallelism)، وهو أساس الشبكات العصبونية الصناعية، إذ أنّ كل العصبونات في الشبكة تعمل بتزامن، أي أنّ التوازي يمثّل قدرة الشبكات على معالجة البيانات بسرعة عالية جداً، مهما كانت ضخامة تلك البيانات.

يمكن للشبكات العصبونية أن تتيح لنفسها تعلّم الحالة غير الخطية (non – linear Behavior)، أو أن تتيح لنفسها تعلّم السلوك الديناميكي (Dynamic Behavior)، من خلال المعطيات المقاسة [9]، وترتبط الخلية العصبونية الصناعية المتكوّنة من مجموعة من العصبونات مع بعضها بواسطة ارتباطات موزونة، إذ أنّ كل عصبون هو عبارة عن عنصر معالجة (Process Element) يؤدي وظيفة ما، وينتج وحدة إخراج واحدة، ويوضّح الجدول (3) مقارنة بين مكونات الخلية العصبية الحيوية، وبين مكونات الخلية العصبونية الصناعية.

الجدول (3): مقارنة بين مكونات الخلية العصبية الحيوية ومكونات الوحدة العصبونية الصناعيّة

الخلية العصبونية الصناعيّة	الخلية العصبية الحيويّة
طبقة المدخلات (Input layer)	العقد العصبية (synapses)
الارتباطات الوزنية (Weight Connections)	الألياف العصبية للمدخل (Dendrites)
تجميع المدخلات الموزونة وتفعيلها (Summation and Activation Zone)	جسم الخلية (Soma)
المخرجات (Output layer)	الليف العصبي للمخرج أو المحور (Axon)

كما يوضّح الشكل (1) مقارنة بين هيكلية الخلية العصبونية الحيوية والشبكة العصبونية الصناعيّة.



الشكل (1): مقارنة بين الخلية العصبونية الحيوية والشبكة العصبونية الصناعية

كما وتُصنّف الشبكات العصبونية الصناعية تبعاً لطريقة عملها إلى صنفين:

- i. الشبكات العصبونية الصناعية ذات التغذية الأمامية Feed forword ANNs: أي انتشار البيانات الداخلة إلى الشبكة باتجاه الأمام دائماً من طبقة الإدخال باتجاه طبقة الإخراج، ويُعدّ هذا النوع من الشبكات العصبونية الصناعية الأكثر شيوعاً.
- ii. الشبكات العصبونية الصناعية ذات التغذية الراجعة Feedback ANNs: حيث تُعاد البيانات الخارجة من الشبكة، ويحوّل اتجاهها لتصبح مدخلات، ولهذا فإنّ المخرجات تعتمد على المدخلات والمخرجات، ويُسمّى هذا النوع من الشبكات بالشبكات المرتدة (Recurrent Network).

ويتمّ تدريب الشبكات العصبونية الصناعية بواسطة خوارزميات متخصصة، تدعى خوارزميات التدريب (Training Algorithms)، التي تتولّى تعديل أوزان الشبكة لتحسين أدائها، ولتقليل إشارة الخطأ فيها (Error Signal)، استناداً إلى مقياس معلوم (معدّل مربع الخطأ MSE في هذه الدراسة)، للوصول إلى تحديد قيم عددية لأوزان الشبكة، بحيث يمكن من خلالها تحقيق نتيجة مقارنة النتائج المرصودة. ويمكن تصنيف طرائق تدريب الشبكات العصبونية الصناعية في ثلاثة أنواع رئيسية:

✓ خوارزميات التدريب تحت الإشراف: (Supervised Learning Algorithms)

في هذه الطريقة من المفترض وجود معلّم أو مراقب خلال عملية التدريب، حيث تُدرّب الشبكة في هذه الخوارزمية على سلسلة من المدخلات التي ترافقها مخرجات مرتبطة بها، إذ تُعدّل أوزان

الشبكة اعتماداً على الفرق بين المخرجات الحقيقية (Output) والمخرجات المأمولة أي الهدف (Target)، ويُمثل الفرق (Output- Target) إشارة الخطأ، حيث تُعاد تغذية الشبكة به، لغرض تحويل أوزان الشبكة والحصول على أقل خطأ ممكن، وتعدّل إشارة الخطأ المتحصلة بعد كل دورة تدريب (epochs)، إلى أن تصل قيمة الخطأ أو عدد محاولات التدريب إلى القيمة المحددة مسبقاً من المدرب، وعندئذ يتوقف التدريب، وتعدّ هذه الطريقة من أكثر الطرائق شيوعاً في تدريب الشبكات.

✓ خوارزميات تدريب التقوية: (Reinforcement Learning Algorithms)

وفي هذه الطريقة من المفترض أيضاً وجود المعلم، لكن الجواب الصحيح لا يكون في الشبكة، وبدلاً من ذلك تمثل الشبكة فقط بمؤشر، فيما إذا كان جواب المخرج صحيحاً أو خاطئاً.

✓ خوارزميات التدريب دون إشراف: (Unsupervised Learning Algorithms)

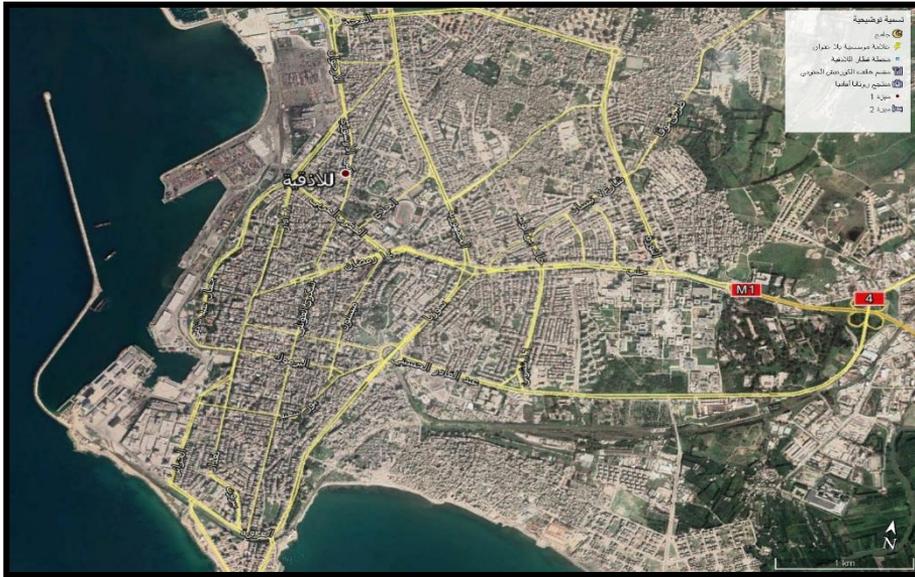
في هذه الطريقة ليس لدى الشبكة تغذية عكسية على الجواب الصحيح أو المرغوب به، وليس هناك معلم مندوب يمثل الأشكال المرغوبة، لذلك يجب على النظام أن يتعلّم، بواسطة اكتشاف وملاءمة الخصائص في أشكال المدخلات، وتتلخص هذه الطريقة بتدريب سلسلة من متّجهات الإدخال دون وجود متّجهات الإخراج [10].

التحليل والمناقشة:

لاستكشاف العوامل التي تساهم في شدة إصابات السائقين في حوادث المرور، كانت نماذج الانحدار البارامتريّة، مثل نماذج الانحدار المتعدد الجنسيات (MNL) أو نماذج الانحدار وفق الاحتمالية المطلوبة، هي التي تُطبّق عادةً لسنوات عديدة، غير أنّ لهذه النماذج البارامتريّة افتراضات نموذجية خاصة بها وعلاقات أساسية محددة سلفاً بين المتغيرات المعتمدة والمستقلة، وإذا انتهكت هذه الافتراضات، يمكن أن تودّي النماذج إلى تقدير خاطئ لاحتمال الإصابة. تمّ الاعتماد في هذا البحث على الشبكات العصبونية الصناعية في الماتلاب MATLAB لبناء النموذج التنبؤي، بشدّة الأضرار الناجمة عن الحوادث المرورية في مدينة اللاذقية، حيث تُعتبر أداة فعّالة للتعامل مع الظواهر العشوائية، وتمّ الاعتماد من خلال الدراسات السابقة على تحديد الطريقة المناسبة للنمذجة، والمتحوّلات الخاصّة بموديل التنبؤ.

للوصول إلى الهدف المطلوب من الدراسة، فقد تطلّب الأمر تجميع مجموعة واسعة جداً من البيانات المتعلّقة بالحوادث المرورية، حيث تمّ إجراء الدراسة على شوارع مختلفة التصنيف وظيفياً ومتنوّعة هندسياً في مدينة اللاذقية، ويوضح الشكل (2) الموقع العام للمدينة وشبكة الشوارع فيها، كما يوضّح الجدول (4) الشوارع الرئيسية التي شملتها الحوادث المرورية، والتي تمّ تجميع بياناتها لمدة 5 أعوام (2014-2015-2016-2017-2018).

لقد تمّ تجميع البيانات المتعلقة بالحوادث المرورية لـ 32 شارعاً من الشوارع الرئيسية في مدينة اللاذقية، من قسم شرطة المرور في محافظة اللاذقية، وقد بلغ عددها 2436 حادثاً، تمّ تفرّيقها وتحليل بياناتها من حيث تاريخ الحادث ونوعه والأشخاص المشاركين به، بالإضافة إلى شدّة الإصابات المسجلة في التقارير، وتمّ ترتيب البيانات ورقمنتها ضمن بيئة برمجية في برنامج Microsoft Excel، لبناء النموذج باستخدام أداة الشبكات العصبونية الصناعية في برنامج الماتلاب MATLAB.



الشكل (2): صورة لمدينة اللاذقية (موقع عام)

الجدول(4): البيانات الهندسية للشوارع المدروسة في مدينة اللاذقية

اسم الشارع	الحركة	اتجاه الشارع	الطول / متر	السرعة المسموحة، Km/h	عدد الحارات	عرض الشارع/ متر
بغداد	اتجاه واحد	جنوب - شمال	1050	45	3	12
8 آذار	اتجاه واحد	جنوب - شمال	1275	45	5	20

التنبؤ بشدة خطورة الحوادث المرورية في مدينة اللاذقية باستخدام تقنيات الذكاء الصناعي

الفوتلي	اتجاه واحد	شمال - جنوب	362	45	3	12
عمر بن الخطاب	اتجاه واحد	شمال - جنوب	1837	45	3	12
المغرب العربي	اتجاهين	شرق - غرب	903	45	6	24
14 رمضان	اتجاهين	شرق - غرب	840	45	3	12
أنطاكية	اتجاه واحد	جنوب - شمال	669	45	3	12
أبو فراس	اتجاه واحد	شمال - جنوب	472	45	3	12
العروبة	اتجاهين	شمال - جنوب - غرب	2577	45	6	24
بيروت	اتجاهين	جنوب - غرب	536	45	6	24
اليرموك	اتجاه واحد	شرق - غرب	395	45	3	12
عبد الرحمن الغافقي	اتجاه واحد	غرب - شرق	992	45	3	12
القدس	اتجاه واحد	شرق - غرب	365	45	4	15
بور سعيد	اتجاهين	شمال - جنوب - غرب	1505	45	6	24
جمال عبد الناصر	اتجاهين	شمال - جنوب	1959	45	6	24
سوريا	اتجاهين	شمال - جنوب	788	45	8	28
نديم حسن	اتجاهين	جنوب - شمال	680	45	6	24
المدينة المنورة	اتجاهين	شرق - غرب	446	45	6	24
عبد القادر الحسيني	اتجاهين	شرق - غرب	1090	60	8	30
16 تشرين	اتجاهين	شمال - جنوب	1050	45	6	20
حلب	اتجاهين	شرق - غرب	1290	45	8	30
طرابلس	اتجاهين	شرق - غرب	320	45	6	28
الجمهورية	اتجاهين	شمال - جنوب	2190	45	6	30
الثورة	اتجاهين	شمال - جنوب	1920	60	8	40
الشيخ صالح العلي	اتجاهين	شرق - غرب	1610	60	6	32
المحبة	اتجاهين	شرق - غرب	400	45	6	32
عسان حروفوش	اتجاهين	شمال - جنوب	1260	45	6	28
زكي الأرسوزي	اتجاهين	شمال - جنوب	1300	45	6	24
الأرجوان	اتجاهين	شمال - جنوب	780	60	6	22
الجزائر	اتجاهين	شمال - جنوب	350	45	6	28
السابع من نيسان	اتجاه واحد	جنوب غربي	1320	45	3	10
علي بن أبي طالب	اتجاه واحد	شرق - غرب	360	45	3	12

يبين الجدول (5) نموذجاً عن تفريغ البيانات ضمن الجداول لأحد هذه الشوارع (شارع الجمهورية)، لسنة واحدة من السنوات 2014، كما يبين الجدول (6) تفريغ بيانات الحوادث من حيث الموقع ونوع المركبات وشدة الإصابات كنموذج من عام 2018.

الجدول (5): نموذج عن تفريغ بيانات الحوادث يبين فيه العدد الإجمالي للحوادث على كل شارع وفي كل عام

عدد الحوادث الكلية سنوياً	عدد الحوادث الكلية	الأضرار			كيفية وقوع الحادث				جنس السائق			تاريخ وقوع الحادث		الموقع
		وفاة	جسدية	مالية	تدهور	صدم سيارة أثناء ركابها	صدم مشاة	اصطدام	أنثى - أنثى	ذكر - ذكر	أنثى - ذكر	السنة	الشهر	
99	9	0	3	7	1	1	2	5	0	2	7	2014	1	شارع الجمهورية
	12	1	1	10	1	1	2	8	0	2	10	2014	2	شارع الجمهورية
	8	0	3	6	0	1	2	5	0	1	7	2014	3	شارع الجمهورية
	9	0	2	7	0	0	2	7	0	0	9	2014	4	شارع الجمهورية
	5	0	0	5	0	2	0	3	0	0	5	2014	5	شارع الجمهورية
	9	1	1	8	0	2	1	6	0	0	9	2014	6	شارع الجمهورية
	7	0	1	6	0	1	1	5	0	0	7	2014	7	شارع الجمهورية
	8	0	3	8	0	0	0	8	0	0	8	2014	8	شارع الجمهورية
	7	0	3	5	0	0	4	3	0	0	7	2014	9	شارع الجمهورية
	8	1	1	6	0	1	2	5	0	1	7	2014	10	شارع الجمهورية
	8	0	1	7	0	0	1	7	0	1	7	2014	11	شارع الجمهورية
	9	0	3	8	1	0	1	7	0	0	9	2014	12	شارع الجمهورية

الجدول (6): نموذج عن تفريغ بيانات الحوادث يبين فيه نوع المركبة والموقع وشدة خطورة الحوادث

ملاحظات	كيفية وقوع الحادث	الأضرار						الموقع	نوع المركبة	تاريخ وقوع الحادث			
		اصطدام	صدم مشاة	صدم سيارة أثناء ركابها	تدهور	مالية	جسدية			وفاة	السنة	الشهر	اليوم
دوار المحطة	1	0	0	0	0	1	0	0	سوريا	سياحية - شاحنة	2018	2	13
إشارة البحرية	1	0	0	0	0	1	0	0	أوتوستراد الثورة	سياحية - ميكروباص	2018	2	15

التنبؤ بشدة خطورة الحوادث المرورية في مدينة اللاذقية باستخدام تقنيات الذكاء الصناعي

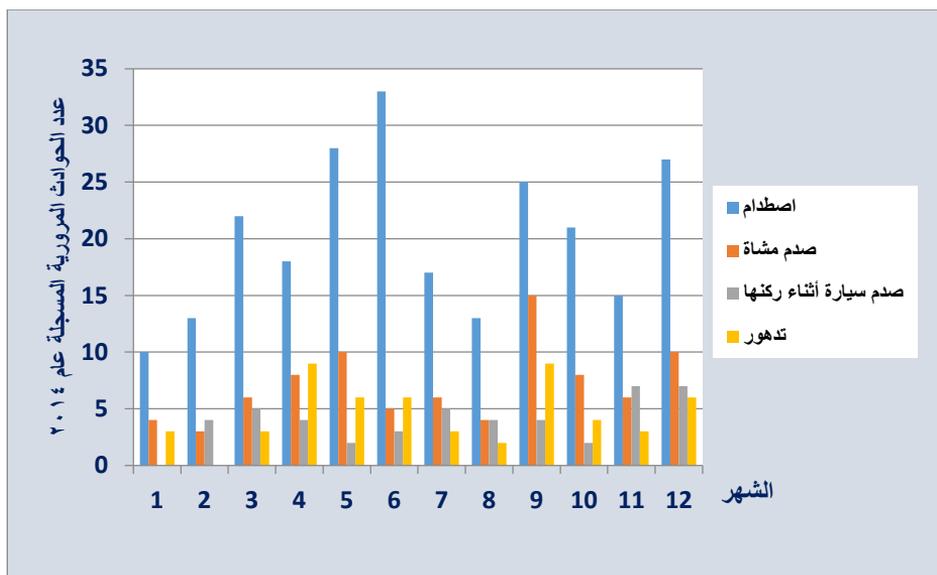
قرب كازية حيدرة	0	0	1	0	1	0	0	الجمهورية	سياحية	2018	2	18
أمام فرع الشرطة	0	1	0	0	0	1	0	الحسيني	سياحية	2018	2	18

من خلال تحليل بيانات الحوادث المرورية المسجلة للشوارع الرئيسية في مدينة اللاذقية للأعوام 2014 و 2015 و 2016 و 2017 و 2018، والمبيّنة في الشكل (3)، نلاحظ تفاوت وعشوائية هذه القيم، حيث سُجلت أعلى قيمة لعدد الحوادث المرورية المسجلة في المدينة عام 2014، بينما كان عدد الحوادث المسجلة عام 2017 أقلها، وهو 386 حادثاً مرورياً.



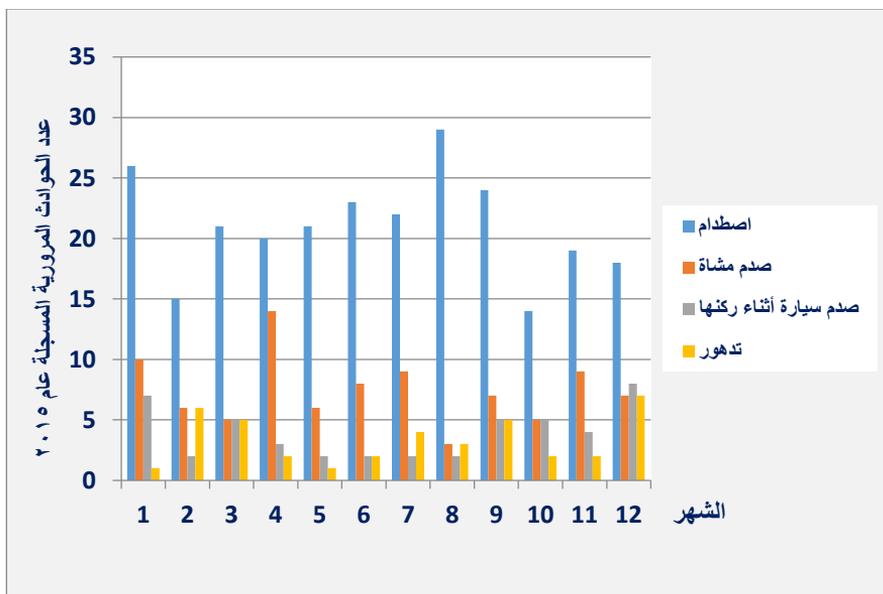
الشكل (3): عدد الحوادث المرورية المسجلة سنوياً على الشوارع الرئيسية في مدينة اللاذقية

كما ويبين الشكل (4) تصنيفات الحوادث المسجلة شهرياً لعام 2014 في مدينة اللاذقية، حيث بلغت أعلى قيمة لعدد حوادث الاصطدام المسجلة في شهري أيار وحزيران، إذ بلغ عدد الحوادث 28 حادثاً في شهر أيار، و 33 حادثاً في شهر نيسان، كما وبلغ عدد حوادث صدم المشاة المسجلة في شهر أيلول 15 حادثاً، وفي شهري نيسان وأيلول، وقد سُجلت أعلى قيمة لحوادث التدهور في المدينة، حيث بلغت 8 حوادث تدهور.



الشكل (4): الحوادث المرورية المسجلة شهرياً في مدينة اللاذقية عام 2014

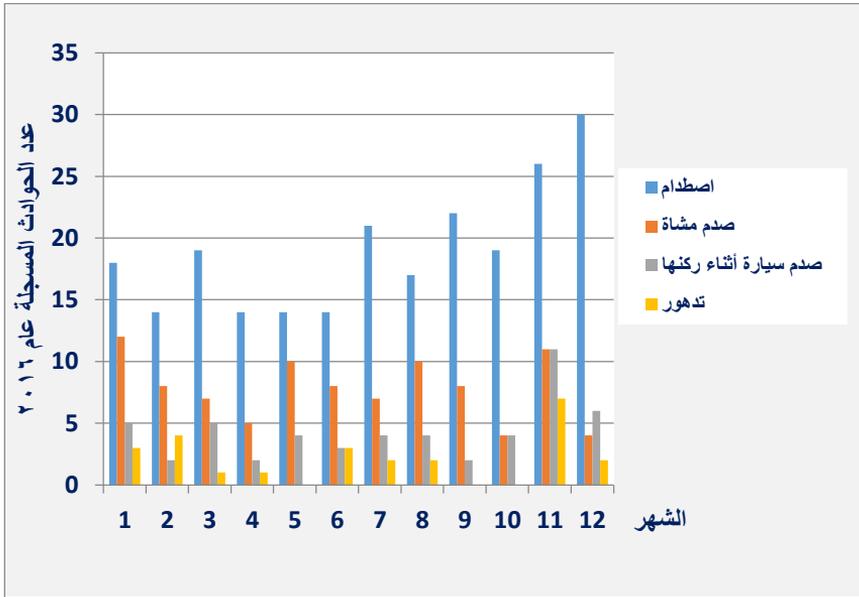
ويظهر الشكل (5) تصنيفات الحوادث المسجلة شهرياً لعام 2015 في مدينة اللاذقية، حيث بلغت أعلى قيمة لعدد حوادث الاصطدام المسجلة في شهر آب، كما وبلغت أعلى قيمة لعدد حوادث صدم المشاة المسجلة في شهر نيسان، وفي شهر كانون الأول سجلت أعلى قيمة لحوادث التدهور في المدينة، حيث بلغت 7 حوادث تدهور.



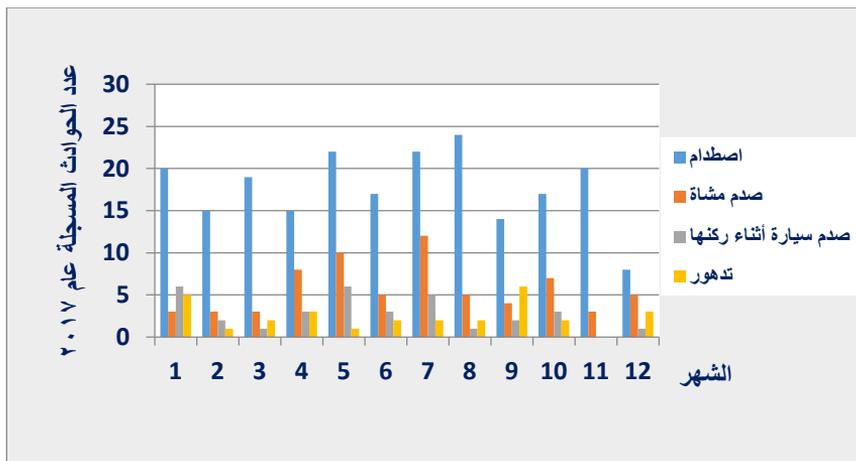
الشكل (5): الحوادث المرورية المسجلة شهرياً في مدينة اللاذقية عام 2015

تظهر تصنيفات الحوادث المسجلة شهرياً عام 2016 في مدينة اللاذقية، أعلى قيمة لعدد حوادث الاصطدام المسجلة في شهر آب، كما وبلغت أعلى قيمة لعدد حوادث صدم المشاة المسجلة في شهر نيسان، وفي شهر كانون الأول سُجّلت أعلى قيمة لحوادث التدهور في المدينة، حيث بلغت 7 حوادث تدهور، كما هو مبين في الشكل (6).

ويبين الشكل (7) تصنيفات الحوادث المسجلة شهرياً لعام 2017 في مدينة اللاذقية، حيث بلغ عدد حوادث الاصطدام المسجلة في شهر آب 24 حادثاً، كما وبلغت أعلى قيمة لعدد حوادث صدم المشاة المسجلة في شهر تموز، وفي شهر أيلول سُجّلت أعلى قيمة لحوادث التدهور في المدينة، حيث بلغت 6 حوادث تدهور.

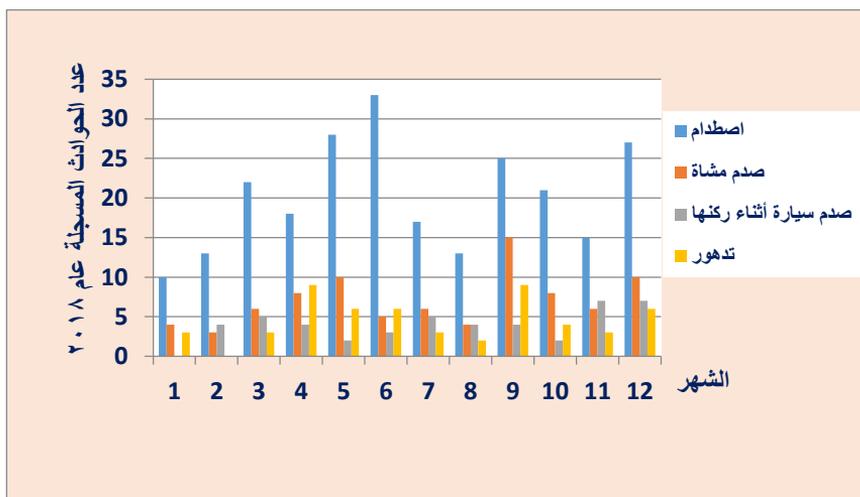


الشكل (6): الحوادث المرورية المسجلة شهرياً في مدينة اللاذقية عام 2016



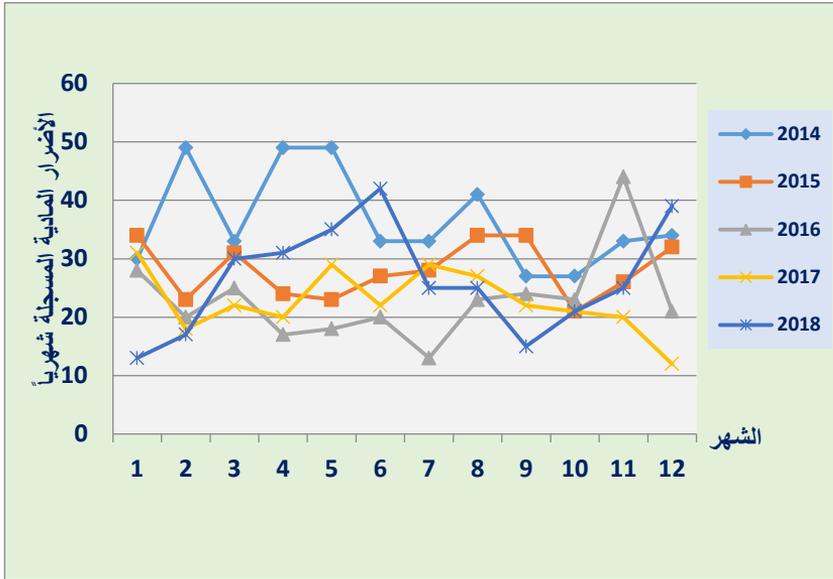
الشكل (7): الحوادث المرورية المسجلة شهرياً في مدينة اللاذقية عام 2017

كما وتظهر تصنيفات الحوادث المسجلة شهرياً عام 2018 في مدينة اللاذقية، أعلى قيمة لعدد حوادث الاصطدام المسجلة في شهر آب، كما وبلغت أعلى قيمة لعدد حوادث صدم المشاة المسجلة في شهر نيسان، وفي شهر كانون الأول سُجلت أعلى قيمة لحوادث التدهور في المدينة، حيث بلغت 7 حوادث تدهور، كما هو مبين في الشكل (8).



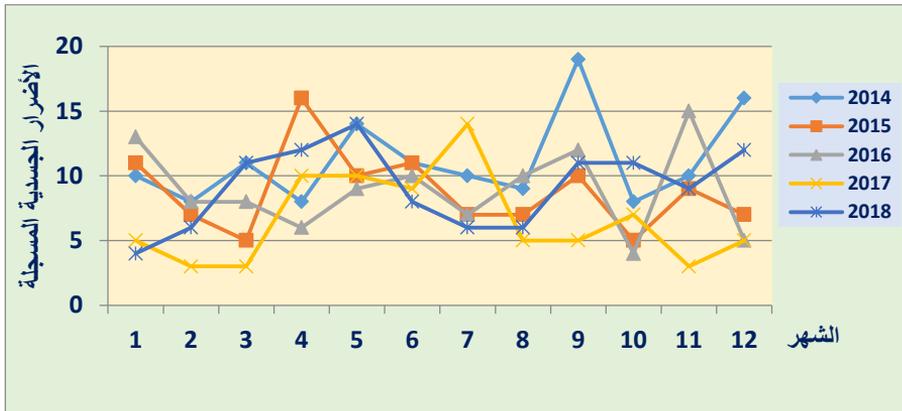
الشكل (8): الحوادث المرورية المسجلة شهرياً في مدينة اللاذقية عام 2018

ومن خلال تحليل الأضرار المادية المسجلة شهرياً، نلاحظ عشوائية وتغير هذه القيم، حيث بلغت أعلى قيمة للأضرار المادية المسجلة في عام 2014 في شهر شباط ونيسان وأيار، بينما كانت أخفض قيمة لها في شهر كانون الأول ل عام 2017، كما هو واضح في الشكل (9).



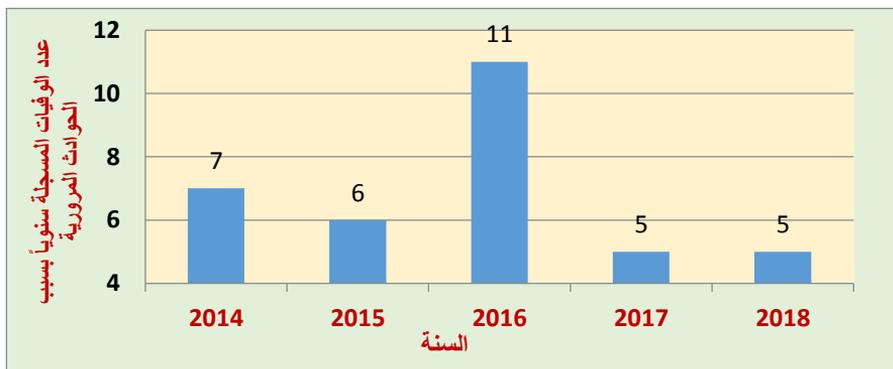
الشكل (9): الأضرار المادية الناجمة عن الحوادث المرورية المسجلة شهرياً في مدينة اللاذقية

ويبين الشكل (10) الإصابات الجسدية المسجلة شهرياً في مدينة اللاذقية، حيث بلغت أعلى قيمة للإصابات الجسدية في شهر أيلول لعام 2014، بينما كانت أقل قيمة مسجلة للأضرار الجسدية في شهر تشرين الثاني لعام 2017.



الشكل (10): الأضرار الجسدية الناجمة عن الحوادث المرورية المسجلة شهرياً في مدينة اللاذقية

ويبين الشكل (11) عدد الوفيات المسجلة في مدينة اللاذقية بسبب الحوادث المرورية، حيث بلغت أعلى قيمة للوفيات عام 2016.



الشكل (11): الوفيات الناجمة عن الحوادث المرورية في مدينة اللاذقية

- بناء النموذج التنبؤي باستخدام الشبكات العصبونية الصناعية:

لبناء النموذج التنبؤي بالأضرار الناجمة عن الحوادث المرورية في مدينة اللاذقية، باستخدام أداة الشبكات العصبونية الصناعية في برنامج MATLAB، وبعد أن تمّ تفريغ بيانات الحوادث المرورية المتوفرة لدى قسم شرطة المرور في مدينة اللاذقية، في الفترة الممتدة بين عامي (2014-2018)، فقد تمّ ترميز الحوادث ضمن بيئة برمجية في برنامج Microsoft Excel، كما هو موضح في الجداول (7)، (8)، (9)، (10)، علماً أنّ عام وقوع الحادث المروري تمّ إدخاله دون ترميز للأعوام 2014، 2015، 2016، 2017، 2018.

الجدول (7): ترميز أشهر السنة

الشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين أول	تشرين ثاني	كانون أول
ترميز الشهر	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

الجدول (9): ترميز كيفية وقوع الحادث

الجدول (8): ترميز جنس السائق

ترميذه	جنس السائق
1	ذكر-ذكر
2	أنثى-ذكر

أنثى-أنثى	3
كيفية وقوع الحادث	ترميزه
اصطدام	1
صدم مشاة	2
صدم سيارة أثناء ركنها	3
تدهور	4

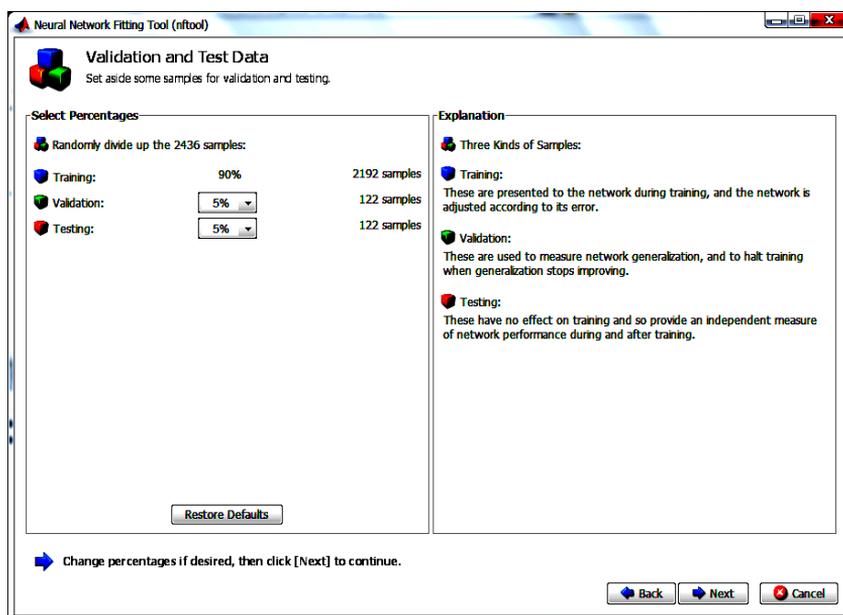
الجدول (10): ترميز الأضرار

الناجمة

الأضرار	ترميزه
مادية	1
جسدية	2
وفاة	3
مادية - جسدية	4

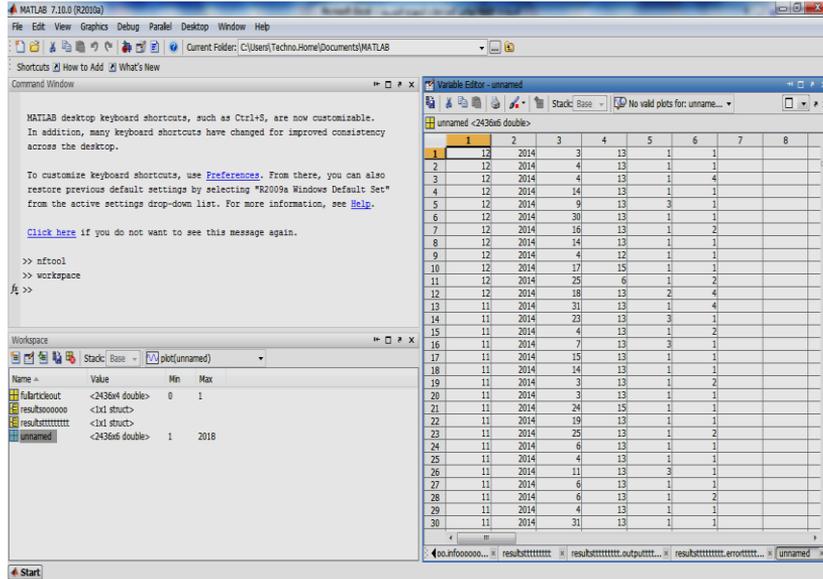
استخدم برنامج الماتلاب MATLAB وحزم الأدوات الملحقة به في عملية بناء الشبكات العصبونية الصناعية ANN وتدريبها، حيث أُجري عدد كبير جداً من التجارب على شبكات عصبونية ذات بنى مختلفة، من خلال التغيير في عدد العصبونات في الطبقة الخفية، وتوابع التفعيل المستخدمة في كل من الطبقة الخفية وطبقة الخرج للشبكة، وكذلك من خلال التغيير في الخوارزميات المستخدمة في تدريب الشبكة، وبالاستناد للدراسات المرجعية ومراقبة أداء الشبكة، ومن خلال مقارنة قيم متوسط مربعات الأخطاء MSE، ومعامل الارتباط R لكل نموذج، تمّ الاعتماد على نموذج الشبكات العصبونية الصناعية ANN من خلال The Neural (nftool) Network Fitting Tool، انتشار عكسي للخطأ Back-Propagation، مع خوارزمية التدريب Levenberg-Murquardt (LM)، حيث يبيّن الجدول (11) قيم R و MSE لأنماط المدخلات لمجموعة بيانات التدريب والتحقق والاختبار، بعد أن تمّ إدخال بيانات 2436 حادثاً مرورياً، كانت قد سُجّلت بين عامي (2014 وحتى 2018)، والتي تمّ تقسيمها في ثلاث مجموعات، حيث استخدمت بيانات 2192 حادثاً لتدريب الشبكة، و122 حادثاً للتحقق من نتائجها، و122 حادثاً لاختبارها، كما هو موضح في الشكل (12)، علماً أنّ تحديد عدد العصبونات المخفية اللازمة لتدريب الشبكة، يُعتبر الجملة الأصعب في التدريب والبناء، بسبب عدم وجود طريقة عامة لإيجادها، لذا فإنّ هيكليّة نماذج ANN يتمّ استقرارها بعد عمليّة

التجربة والخطأ (Trial and Error) ، وبعد مراقبة أداء الشبكة، حيث تمّ اعتماد هيكلية لشبكة عصبونية مع 6 مدخلات (شهر وقوع الحادث، السنة، اسم الشارع -الموقع-، نوع المركبة، جنس السائق، طبيعة الحادث)، و 4 مخرجات هي نوع الإصابة الناجمة عن الحادث المروري (مادية، جسدية، مادية-جسدية، وفاة) ، كما يبيّن الشكل (13) واجهة ترميز مجموعات بيانات الحوادث كمدخلات في أداة الشبكة العصبونية الصناعية في الماتلاب، وفي الجدول (11) نتائج تدريب نماذج الشبكات العصبونية الصناعية بعد عدد من تكرارات دورات التدريب.



الشكل (12): واجهة تقسيم مجموعات بيانات الحوادث المدخلة في أداة الشبكة العصبونية الصناعية في الماتلاب

التنبؤ بشدة خطورة الحوادث المرورية في مدينة اللاذقية باستخدام تقنيات الذكاء الصناعي

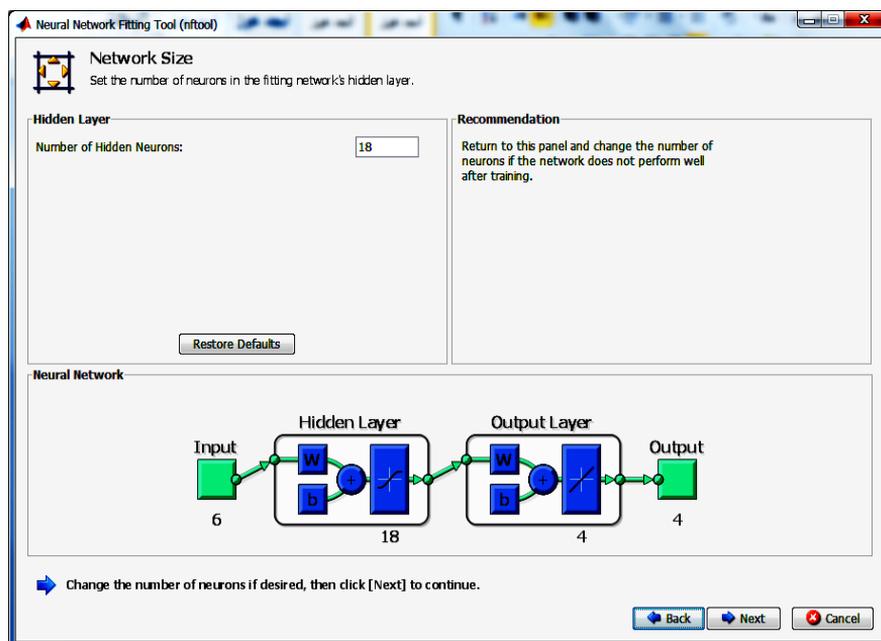


الشكل (13): واجهة ترميز مجموعات بيانات الحوادث كمدخلات في أداة الشبكة العصبونية الصناعية في الماتلاب.

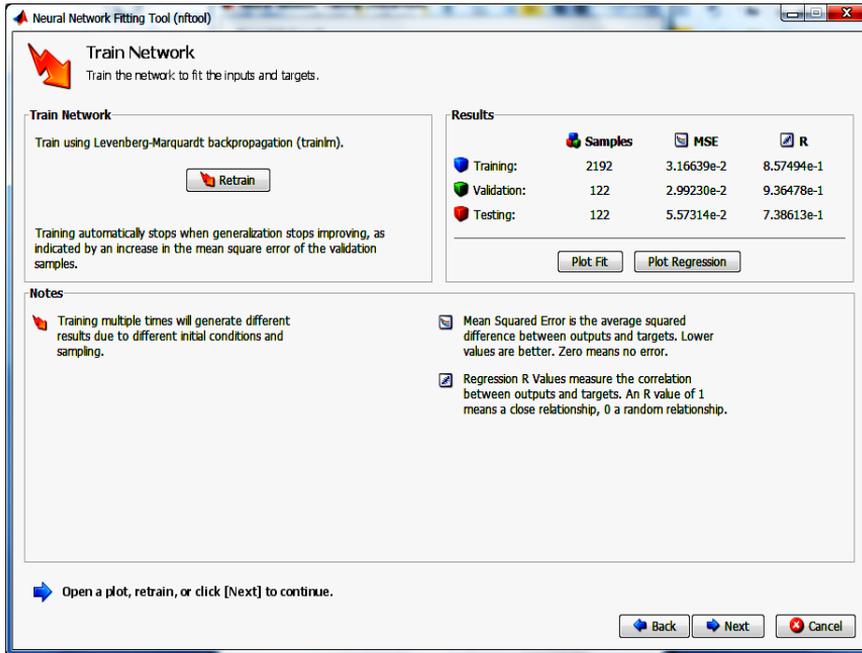
الجدول (11): نتائج تدريب نماذج الشبكات العصبونية الصناعية بعد عدد من تكرارات دورات التدريب

عدد العصبونات	التدريب Training		التحقق Validation		الاختبار Testing		الكل All	
	MSE	R	MSE	R	MSE	R	MSE	R
2	0.0406260	0.838494	0.0361792	0.842894	0.0314075	0.810433	0.0399416	0.806193
4	0.0365497	0.829905	0.0489741	0.831358	0.0389346	0.771630	0.0372914	0.827506
6	0.0384753	0.815495	0.0501820	0.754542	0.0363328	0.855750	0.0389543	0.814451
8	0.0407766	0.802712	0.0167584	0.917056	0.0459494	0.795667	0.0398274	0.807122
10	0.0339522	0.844815	0.0379855	0.863154	0.045823	0.773447	0.0347479	0.841855
12	0.0358296	0.834766	0.0362759	0.86701	0.0313758	0.842918	0.0356289	0.836953
14	0.0388445	0.807985	0.0450296	0.831335	0.0357822	0.882277	0.0390009	0.813073
16	0.0342547	0.842670	0.0358915	0.895225	0.0278303	0.874233	0.034015	0.846933
18	0.0316639	0.857494	0.029923	0.936478	0.0557314	0.738613	0.0327821	0.85627
20	0.035149	0.840940	0.445445	0.779612	0.0270544	0.853600	0.0352284	0.83839
22	0.0337890	0.847714	0.332060	0.874626	0.038788	0.814199	0.0340102	0.847613
24	0.0350774	0.843339	0.030651	0.838049	0.0270836	0.883036	0.034441	0.845130
26	0.0313196	0.862974	0.0432842	0.778714	0.0435222	0.806611	0.032599	0.855524
28	0.0323453	0.856620	0.0370266	0.8589760	0.0364972	0.805856	0.032787	0.854070
30	0.0402102	0.816686	0.0253051	0.8658332	0.0406039	0.803621	0.0394833	0.818476

نلاحظ أن الشبكة العصبونية الصناعية التي تحتوي على عصبونات في الطبقة الخفية (4-18-6) ANN هي الأفضل، حيث كانت قيم متوسط مربعات الأخطاء MSE تساوي خلال مرحلة التدريب **0.0316639**، وتساوي خلال مرحلة التحقق **0.029923**، وتساوي خلال مرحلة الاختبار **0.0557314**، وقد بلغت القيمة الكلية خلال المراحل الثلاث **0.0327821**، بالإضافة إلى ذلك، فقد أعطت الشبكة العصبونية المختارة قيمة عالية لمعامل الارتباط بين القيم الحقيقية والقيم الناتجة عن الشبكة، حيث كانت مراحل التدريب والتحقق والاختبار على الترتيب **(0.857494، 0.936478، 0.738613)**، وقد بلغت القيمة الكلية خلال المراحل الثلاث **0.85627**، وهي قيمة قريبة جداً من الواحد، وبالتالي الشبكة المصممة مثالية، وتحقق الاستجابة للتنبؤ بالأضرار الناجمة عن الحوادث المرورية بدقة عالية جداً. يوضح الشكل (14) هيكلية الشبكة العصبونية الصناعية المثالية التي تم اختيارها، كما يبين الشكل (15) نتائج هذه الشبكة.

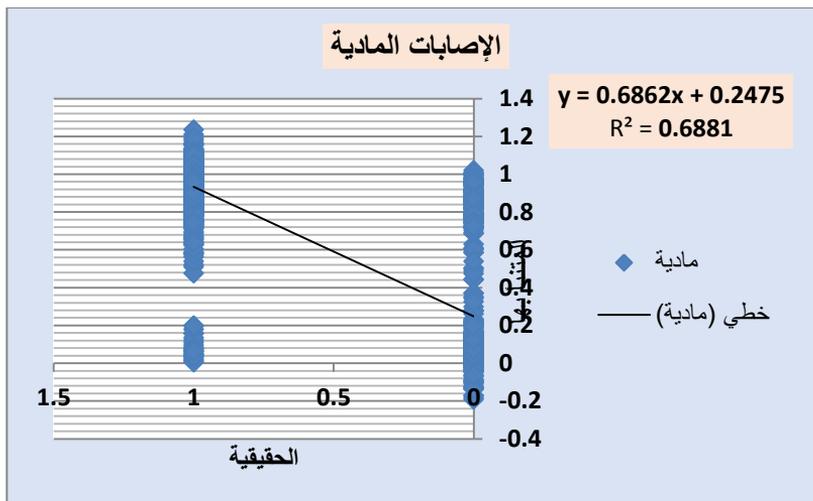


الشكل (14): هيكلية الشبكة العصبونية الصناعية المثالية المختارة

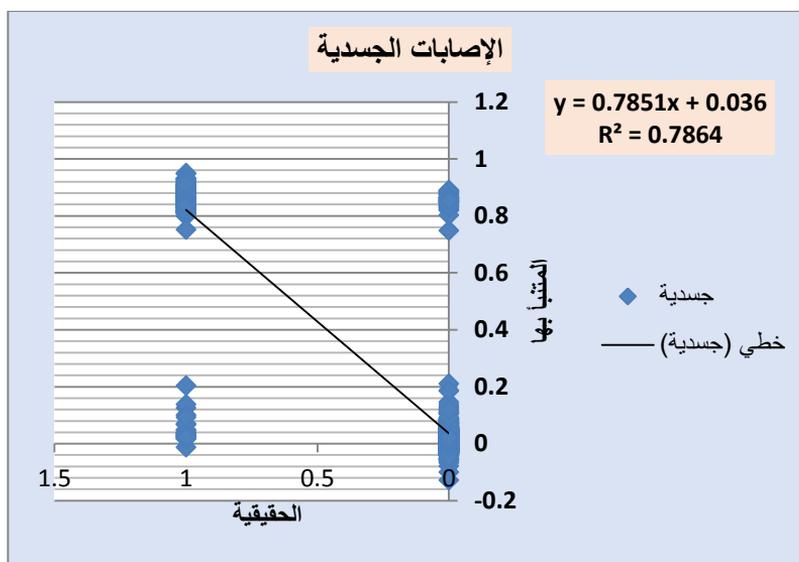


الشكل (15): نتائج الشبكة العصبونية الصناعية المختارة

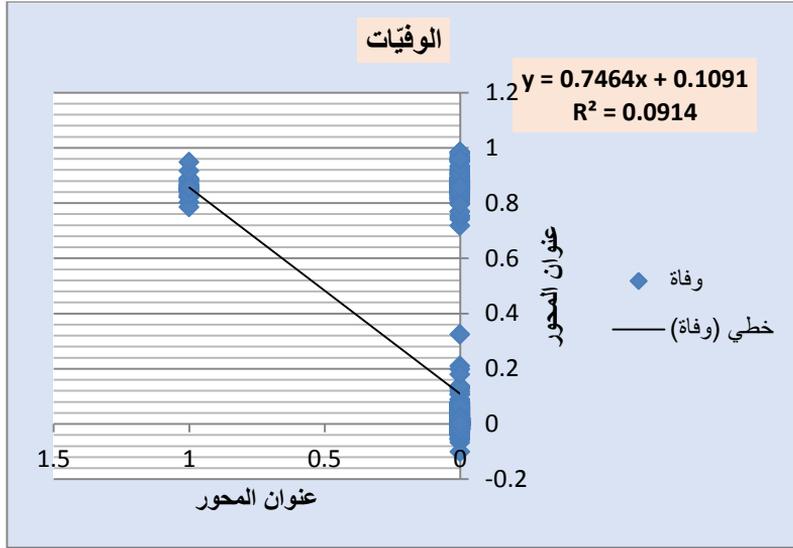
توضّح الأشكال (16) و(17) و (18)، القيم الحقيقية والقيم التي تمّ التنبؤ بها، والخاصّة بالإصابات المادية والإصابات الجسدية والوفيات، إذ كانت درجة الارتباط 68.8% للإصابات المادية، والقيمة 78.6% للإصابات الجسدية، وهي قيم ارتباط جيّدة بالنظر إلى عدد السنوات الخمس، التي تمّ تفرّغ بيانات الحوادث الخاصّة بها، أمّا بالنسبة لعامل الارتباط الضعيف الخاصّ بالوفيات، فإننا يمكن أن نعزو ذلك إلى العدد القليل للوفيات من العدد الإجمالي للحوادث المسجّلة، وبالتالي تصبح العينات اللازمة للتدريب والاختبار قليلة، ولا يمكن بناء علاقة ذات معامل ارتباط كبير منها، إذ أنّ الشبكة التي تمّ اختيارها، هي الشبكة المناسبة بشكل كليّ للتصنيفات، لكن مع التخصّص ومع زيادة عدد العينات، تصبح هيكلية بناء الشبكة أدقّ، بالإضافة إلى زيادة المدخلات وبيانات الحوادث التفصيلية من خصائص هندسية ومرورية وأطوال قطاعات.



الشكل (16): مقارنة القيم التي تم التنبؤ بها للإصابات المادية مع القيم الحقيقية



الشكل (17): مقارنة القيم التي تم التنبؤ بها للإصابات الجسدية مع القيم الحقيقية



الشكل (18): مقارنة القيم التي تم التنبؤ بها للوفيات مع القيم الحقيقية

الاستنتاجات:

- تم تسجيل أكبر عدد من الحوادث سنوياً في عام 2014، حيث تم تسجيل 651 حادثاً، يليه 481 حادثاً في عام 2015، من أصل 2436 حادثاً خلال الخمس أعوام المتتالية.
- شهد عام 2016 تسجيل أكبر عدد من الوفيات الناتجة عن الحوادث، وتم تسجيل أكبر عدد من الإصابات الجسدية في عام 2014.
- أثبتت الشبكة العصبونية الصناعية ذات الهيكلية (4-18-6) وذات معامل الارتباط الكلي 0.85627، وبمتوسط مربعات الأخطاء 0.0327821 لمجموعة البيانات الكلية، أثبتت قدرتها على التنبؤ بالأضرار والإصابات الناجمة عن الحوادث المرورية في مدينة اللاذقية.
- أعطت الشبكة العصبونية المختارة قيمةً عاليةً لمعامل الارتباط بين القيم الحقيقية والقيم الناتجة عن الشبكة، وقد بلغت القيمة الكلية خلال المراحل الثلاث 0.85627، وهي قيمة قريبة جداً من الواحد، وبالتالي الشبكة المصممة مثالية.

- أظهرت النتائج الموثوقة العالية للشبكات العصبونية الصناعية في عملية التنبؤ بالأضرار والإصابات، من جزاء الحوادث المرورية في مدينة اللاذقية.

التوصيات:

- التأكيد على استخدام نماذج عصبونية صناعية أخرى، وبإدخال بيانات مستقبلية جديدة للشوارع في المدينة، مع إدخال عدد أكبر من السنوات لزيادة الدقة.
- التأكيد على ضرورة تطوير منهجية واضحة لإعداد تقارير الحوادث المرورية من قبل شرطة المرور، والعمل على رقمنة بيانات الحوادث المرورية، لسهولة إدخالها في النماذج الرياضية، بهدف رفع مستوى السلامة المرورية للمدينة.
- التأكيد على استخدام برامج وتطبيقات الذكاء الصناعي في مجال هندسة المرور، لما يعود بنتائج دقيقة تحاكي واقع الحركة المرورية في المدينة، وبهدف تحقيق الغاية المرجوة منها في تأمين بيئة آمنة للنقل.

المراجع:

1. WHO-World Health Organization, 2010.
2. F. REZAIIE MOGHADDAM, SH. AFANDIZADEH, M. ZIYADI. *Prediction of accident severity using artificial neural networks*. International Journal of Civil Engineering, Vol. 9, No. 1, March 2011
3. M. Metin Kunt, I. Aghayan, Nima Noii. *Prediction for Traffic Accident Severity: Comparing The Artificial Neural Network, Genetic Algorithm, Combined Genetic Algorithm And Pattern Search Methods*. Vilnius Gediminas Technical University (VGTU) Press Technika. ISSN 1648-3480 online2011 Volume 26(4): 353–366. Vilnius Gediminas Technical University (VGTU) Press Technika. <http://www.tandfonline.com/TRAN>
4. C. NAVEEN KUMAR, DR. MANORANJAN PARIDA, DR. S. JAIN. *Neural Network Paradigms In Crash Modeling On Non-Urban Highways In India*. / Blucher Mechanical Engineering Proceedings. May 2014, vol. 1, num.1.
5. SHARAF ALKHEDER, MADHAR TAAMNEH, SALAH TAAMNEH. *Severity Prediction of Traffic Accident Using an*

- Artificial Neural Network*. Journal of Forecasting, J. Forecast. (2016), Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/for.2425.
6. AZAD ABDULHAFEDH *Crash Frequency Analysis*. Journal of Transportation Technologies, 2016, 6, 169-180 Published Online July 2016 in SciRes. <http://www.scirp.org/journal/jtts>
 7. Fang Zong, Huiyong Zhang, Hongguo Xu, Xiumei Zhu, and LuWang. Predicting Severity and Duration of Road Traffic Accident. Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering Volume 2013, Article ID 547904, 9 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2013/547904>
 8. Khaled Assi, Syed Masiur Rahman, Umer Mansoor and Nedat Ratrouf. *Predicting Crash Injury Severity with Machine Learning Algorithm Synergized with Clustering Technique: A Promising Protocol*. Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17, 5497; doi:10.3390/ijerph17155497. www.mdpi.com/journal/ijerph
 9. BASHEER, I, A; HAJMEER, M. *Artificial neural networks:fundamentals, computing, design, and application*. Journal of Microbiological Methods 43,2000, 3–31.
 10. DEMUTH, H; BEALE, M; HAGAN, M. *Neural Network Toolbox for Use With MATLAB*. User Guide, Version 6.0, The MathWorks, Inc; MA; 2003, <http://www.mathworks.com>