

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية
والكهربائية والمعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 44 . العدد 6

1443 هـ - 2022 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

قيمة العدد الواحد : 100 ل.س داخل القطر العربي السوري

25 دولاراً أمريكياً خارج القطر العربي السوري

قيمة الاشتراك السنوي : 1000 ل.س للعموم

500 ل.س لأعضاء الهيئة التدريسية والطلاب

250 دولاراً أمريكياً خارج القطر العربي السوري

توجه الطلبات الخاصة بالاشتراك في المجلة إلى العنوان المبين أعلاه.

يرسل المبلغ المطلوب من خارج القطر بالدولارات الأمريكية بموجب شيكات

باسم جامعة البعث.

تضاف نسبة 50% إذا كان الاشتراك أكثر من نسخة.

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) مئتا 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
30-11	م. حسين بيدوح د. مهند رجب	دمج الشبكات العصبية والمنطق الضبابي: استخدام توابع العضوية كأوزان للشبكة العصبية
64-31	حيدر خليل د. أحمد صقر أحمد	تعديل بروتوكول الاتصال XEN/VMC لتحسين كفاءة الهجرة الحية للآلات الافتراضية المتصلة والمشاركة في الاستضافة
102-64	م . باسم محسن عمار	دراسة تأثير نوع قطب اللحام على مقاومة شد ملحومات الفولاذ السبائكي العالي المقاومة
130-103	بشار موسى د. بسيم عمران د. جمانا دياب	تصميم متحكم ذكي معتمد على التحفيز الدماغي لحل مشكلة فقدان الحزم في نظم التحكم في الزمن الحقيقي

دمج الشبكات العصبية والمنطق الضبابي: استخدام توابع العضوية كأوزان للشبكة العصبية

م. حسين بيدوح*

إشراف: د. مهند رجب

الملخص

يلعب المنطق الضبابي الذي يدعم الاستدلال الاستقرائي والسببية الرمزية، دوراً مركزياً في النظم المعرفية البشرية الحديثة، مثلاً في مهمات تصنيف الأنماط، والتفكير النوعي، والتفكير التناظري، والنمذجة العصبية، وغيرها من المجالات. وتعد شبكات بيرسيبترون (Perceptron) إحدى أبسط أنواع الشبكات العصبونية أمامية التغذية Feed-Forward، حيث لا يحتوي على طبقة عصبونات خفية بل تنتقل المعلومات المدخلة من الطبقة الأمامية إلى النهائية مباشرة وبسبب القيود الكبيرة على هذه الشبكات، سرعان ما ظهرت الأنظمة الخبيرة لتحل محلها كفرع رئيسي للذكاء الاصطناعي مما وفر حافزاً قوياً لتطوير منهجيات التحليل السببي خصوصاً بعد وضع نظرية المجموعات الضبابية الأولى وتوزيعات الاحتمال المرتبطة بها. ومنذ ذلك الحين، أظهرت الأنظمة الخبيرة بعض نقاط الضعف، على سبيل المثال في عملية استخلاص المعرفة من مصادر الخبرة (مصادر المعلومات)، أو في قدرتها على التعلم وفي بعض الأحيان فإنها حققت نتائج سيئة في حدود مجال خبرة النظام نفسه. بينما تقدم الشبكات العصبية مساهمات ملحوظة للأنظمة الخبيرة، على سبيل المثال في مجال التدريب باستخدام الأمثلة الجاهزة، والتعديل الديناميكي للتغيرات في البيئة، والتعميم، والتعامل مع شذوذ البيانات واكتشاف علاقات جديدة بين المتغيرات. سنطرح خلال هذه البحث فكرة لدمج الشبكات العصبية مع أنظمة المنطق الضبابي ونقدم أمثلة تطبيقية على ذلك.

الكلمات المفتاحية: ذكاء اصطناعي، شبكة عصبية اصطناعية، منطق ضبابي

* طالب دراسات عليا في قسم هندسة البرمجيات - كلية الهندسة المعلوماتية - جامعة البعث

Fusion of Neural Networks and Fuzzy Logic: Using Membership Functions as Weights for Neural Network

Eng. Hussain Biedouh*

Supervisor: Dr. Mouhannad Rajab

Abstract

Fuzzy logic that supports inductive reasoning and symbolic causation plays a central role in modern human cognitive systems, for example in tasks of pattern classification, qualitative thinking, analog reasoning, neural modeling, and other areas. Perceptron networks are one of the simplest types of feed-forward neural networks, as they do not contain a hidden layer of neurons. A major for artificial intelligence, which provided a strong incentive to develop methodologies for causal analysis, especially after developing the theory of the first fuzzy groups and the associated probability distributions. Since then, expert systems have shown some weaknesses, for example in the process of extracting knowledge from sources of expertise (information sources), or in their ability to learn and in some cases, they have achieved poor results within the limits of the system's own field of expertise. While neural networks make remarkable contributions to expert systems, for example in the field of training using ready examples, dynamic modification of changes in the environment, generalization, dealing with data anomalies and discovering new relationships between variables. During this research, we will present an idea to integrate neural networks with fuzzy logic systems and provide practical examples of that.

Keywords: Artificial Intelligence, Artificial Neural Network, Fuzzy Logic

* Post graduate student in Software engineering department – Information Technology faculty – AL Baath University

1- مقدمة

الرموز او الأشكال الرمزية هي عبارة عن انماط بصرية، على سبيل المثال، حرف أو سلسلة من الحروف المتتالية. وتكون هذه الأنماط البصرية تتطوي على معنى مضمن فيها بحيث يشير هذا الرمز إلى شيء اخر قد يكون غرض موجود فيزيائياً أو فكرة أو حدث ما [11] ، مثلاً نحن نستخدم الرمز X للدلالة على كمية مجهولة القيمة في معادلة رياضية، او كلمة (تفاحة) للدلالة على مادة عضوية شبه كروية الشكل ذات لون احمر ويمكن أكلها. وبالتالي يمكن القول ان الرموز تضغط وتختصر كميات كبيرة من المعلومات بشكل يمكن للعقل البشري التعامل معه بسهولة. يمكن ان تستخدم الرموز بطريقة مركبة للمساهمة في نقل كميات كبيرة من المعلومات بشكل مختصر (ضغط المعلومات) والتعامل مع هذه الرموز يكون عن طريق وضع قواعد تربطها ببعضها ونتائج تطبيق هذه القواعد هي أيضاً رموز تشير إلى نتائج حقيقية في العالم الفعلي. نقوم في معظم حالات الاستخدام بتجميع عدد من الرموز لإظهار العلاقات الداخلية بينها وهذا ما نسميه بال (السببية الرمزية). والسببية الرمزية تطلق على اي نوع من التراكيب الرمزية التي تظهر علاقة بين الرموز سواء بالطريقة المجردة البحتة كالمعادلات الرياضية أو بالكلام العادي على سبيل المثال إذا قلنا (كل الأشجار خضراء، السرو شجرة، السرو اخضر).

تسمى التطبيقات التي تعتمد على السببية الرمزية بمحركات القواعد أو الأنظمة الخبيرة أو الرسوم البيانية المعرفية. ومن أشهر التطبيقات الحالية لهذه الانظمة هي الاجوبة التي تقدمها غوغل مباشرة تحت نتيجة البحث، مثلاً عند البحث عن (what are the names of Uranus moons) يظهر الجواب بشكل مباشر قبل نتائج البحث في الويب [4].

الفرق الأساسي بين تعلم الآلة والسببية الرمزية يكمن في طريقة التعلم [6]. حيث انه في تعلم الآلة والتعلم العميق الخوارزميات تتعلم القواعد وهي في طور تأسيس علاقات بين

الدخل والخرج. بينما في السببية الرمزية، فيتم وضع القواعد من قبل المبرمج بحيث أننا عند بناء نظام سببية رمزية على المبرمج أولاً تحديد القواعد التي تربط ظاهرتين على الأقل معاً وثم التعبير عن هذه القواعد برمجياً بشكل ثابت (hard-coded) [14]. هذه الطريقة تعتمد على تشكيل تصور مسبق عن العلاقات وهي فعالة في نطاقات عمل واختبار ضمن نطاق محدد معروف مسبقاً، أما التعلم العميق والشبكات العصبية فتتضمن بنية مختلفة لتشكيل التصورات وبناء الافتراضات بحيث تكون القواعد المسبقة فيها هي عن كيفية تعلمها وبناء قواعدها الخاصة بدلاً عن ماهية النتيجة المطلوب التوصل إليها [6].

باستخدام تقنيات المنطق الضبابي، يمكن دمج الشبكات العصبية مع السببية الرمزية والهدف من ذلك حل مشاكل أكثر تعقيداً في العالم الحقيقي، مثل مسائل التعرف على الأنماط أو الانحدار أو تقدير الكثافة وذلك عند استخدام بيانات ذات احجام كبيرة أو أبعاد متعددة، على سبيل المثال لا الحصر، يتم استخدام الشبكات العصبية في أنظمة الملاحة الرقمية، وتحتاج عمليات اتخاذ القرار في هذه الأنظمة الى معالجة عدد كبير من الاحتمالات الحتمية (Cirsp) في فترة زمنية ضيقة جداً، فيمكن تحويل هذا العدد الكبير من الاحتمالات الحتمية إلى مجال ضبابي، يكون أكثر مرونة عند معالجته، مع تعديل الية عمل الشبكة العصبية بحيث تكون قادرة على التعامل مع الدخل الضبابي لتوليد نتائج حتمية. فعند النظر إلى الشبكات العصبية والأنظمة الخبيرة والمنطق الضبابي، من منظور السببية الرمزية، نجد أنها تشترك بالكثير من الميزات الداخلية والتقنيات الحسابية. سيتم تقدم نموذج يعتمد على المنطق الضبابي، حيث تم تصميم شبكة عصبية اصطناعية من أجل بناء قاعدة المعرفة الخاصة بالنظام الخبير عن طريق امثلة التدريب.

في الشبكات العصبية، يرتبط نوعان من الأوزان بالوصلات المشبكية في بنية AND-OR: الأوزان اللغوية الأولية، التي يتم تفسيرها على أنها تسميات للمجموعات الضبابية، والأوزان العددية الثانوية. يتم حساب القيمة التي يتم عندها تنشيط الخلية من خلال

معادلات الاوزان الضبابية min-max. تقوم عملية التعلم على إيجاد الأوزان (العديدية) وتحديد مسارات الشبكة، وقد تم بدايةً تسمية هذه الشبكات بالشبكات ذات التغذية الأمامية، وأول مجالات استخدامها في التطبيقات التي تساعد في التشخيص الطبي [10].

سنقوم تالياً بتطبيق الطريقة لتوضيح كيف يمكننا استخدامها للتعرف على الكتابة بخط اليد. حيث انه في الخلية العصبية الضبابية التي تصف رقماً على سبيل المثال، تمثل الأوزان اللغوية مجموعات ضبابية على خطوط كشف التقاطعات والأوزان الرقمية تعكس أهمية الروابط بين خطوط كشف التقاطعات والأحرف.

2- الدراسة المرجعية: Reference Study

يوجد عدد من الابحاث التي قامت بدراسة أنظمة تتضمن المنطق الضبابي والشبكات العصبية معاً، ففي عام 2007 نشر الباحثان شيتول وزهران بحثاً بعنوان Combining fuzzy logic and neural networks in classification of weld defects using ultrasonic time-of-flight diffraction [9] درسا فيه أعطاب الالتحام باستخدام الأمواج فوق الصوتية، في هذا البحث تم ادخال مجموعة بيانات التدريب الى الشبكات العصبية مع تحديد عدد كبير من احتمالات الخرج (الصفوف)، بحيث يكون خرج الشبكة العصبية هو مجال (شعاع) يحوي صفوف العطب الأكثر احتمالاً، ليتم تمرير هذا الشعاع على نظام ضبابي يحوله لقيمة حتمية (صف واحد). وفي عام 2019 نجد دراسة بعنوان Hybrid model based on neural networks, type-1 and type-2 fuzzy systems for 2-lead cardiac arrhythmia classification [3] للباحثين ي. راميريز، ب. ميلين، و ج. ارشيغا. تم في هذه الدراسة بناء نموذج هجين لتصنيف أنواع اضطرابات ضربات القلب، وهو عبارة عن نظام منطق ضبابي يستخدم الشبكات العصبية كمرحلة معالجة أولية

لمجموعة البيانات المؤلفة من قراءات لنتائج تخطيط القلب لمجموعة مكونة من 5233 شخص. ونجد بحثاً آخر للباحثين ب. غونزاليز و ب. ميلين، نشر عام 2015 بعنوان Fuzzy logic in the gravitational search algorithm for the optimization of modular neural networks in pattern recognition [8] يصف طريقة استخدام المنطق الضبابي ضمن خوارزمية البحث الجاذبية (GSA) بهدف تحسين نتائج الوحدات العصبية المسؤولة عن تمييز الأنماط ، والوحدات العصبية هي عبارة عن عدة شبكات عصبية صغيرة نسبياً تعمل بشكل منفصل ويتم تجميع نتائجها باستخدام طرق رياضية محددة، ، حيث تم التنبؤ بمتوسط القيمة الخاصة بكل نمط باستخدام المنطق الضبابي ومقارنة هذه القيمة مع نتائج كل وحدة من الوحدات العصبية.

3- هدف البحث: Aim of research

نجد أن أغلب محاولات الدمج بين الشبكات العصبية والمنطق الضبابي كانت على مستوى البيانات ومعالجتها، ولكن بمقارنة المنهجيات المتبعة في بناء الأنظمة الخبيرة، نجد أن الشبكات العصبية والمنطق الضبابي تشترك في عدد من الميزات والتقنيات، على سبيل المثال لا الحصر، بنية مجموعات البيانات، والمعادلات والطرق الرياضية. ويمكن أن يؤدي الجمع بين المنطق الضبابي والشبكات العصبية على المستوى الرياضي والبنوي (Structural)، إلى تعزيز قدرة الأنظمة الذكية على التعلم من التجربة والتكيف مع التغييرات في بيئة ذات معلومات نوعية أو غير دقيقة أو غير مؤكدة أو غير كاملة أو تحوي اي شكل من أشكال شذوذ البيانات.

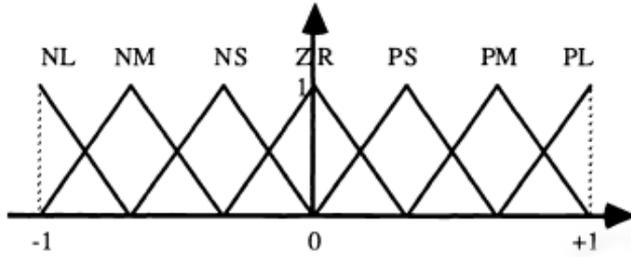
ويمكن تحقيق ذلك عن طريق الوصول لطريقة تحدد الية تشكيل بنية هجينة تربط فيها الشبكات العصبية والأنظمة الخبيرة بحيث يشكل احدهما مرحلة معالجة أولية للآخر، حيث يمكن للشبكة العصبية أن تعمل كمعالج أولي يقوم بمعالجة المعلومات منخفضة المستوى، أو كنظام فرعي داخلي لمهام التعلم أو التعميم والتصنيف. مثلاً يمكن استخدام

الشبكات العصبية لتولد قواعد باستخدام بيانات التدريب ثم تقديم هذه القواعد ليتم استخدامها من قبل نظام ضبابي لإعطاء النتائج النهائية.

3- البيانات والطرق المستخدمة Data and Methods

3-1- المنطق الضبابي والشبكات العصبية

في الشبكات العصبية، تعكس الأوزان سلوك النظام. في الأنظمة الضبابية، يتم التعبير عن المعلومات عادةً باستخدام مصطلحات لغوية بعد تحويلها إلى مجموعات ضبابية، وبالتالي للاستفادة من الشكلين، سنقدم أوزان لغوية بشكل نموذج عصبي ضبابي [5]. نعتبر الأوزان نوعين: أوزان أولية، تليها أوزان ثانوية. تعبر الأوزان الأولية عن المعلومات الرئيسية للمعرفة، ولها شكل لغوي ويتم تفسيرها على أنها تسميات لمجموعات ضبابية، وبهذا نعطيها قيم كالتالي (زيادة، نقصان، زيادة كبيرة، قيمة عادية، مستقرة، إلخ..). ويختلف ذلك حسب الغاية التطبيق، يتم تعريف هذه المجموعات الضبابية بالاعتماد على مجموعة من المصطلحات المتعلقة بطبيعة خلايا الإدخال أو كما هو الحال في وحدات التحكم المنطقي الضبابي، يمكن أن تكون قيم من المجال $[-1, +1]$ ، مع تابع عضوية يمكن ان نعطيها التسميات التالية: كبير سلبي (NL)، متوسط سلبي (NM)، صغير سلبي (NS)، مقارب للصفر (ZR)، إيجابي صغير (PS)، متوسط إيجابي (PM)، إيجابي كبير (PL)، وبالقيام باختصار القيم السابقة يمكننا الإبقاء على التالي منها (انخفاض، استقرار، ازدياد) في قسم مكون من 3 مجموعات ضبابية. ونرى في (الشكل 1) المخطط المقابل لتابع عضوية مثلثي يحوي التسميات السابقة.



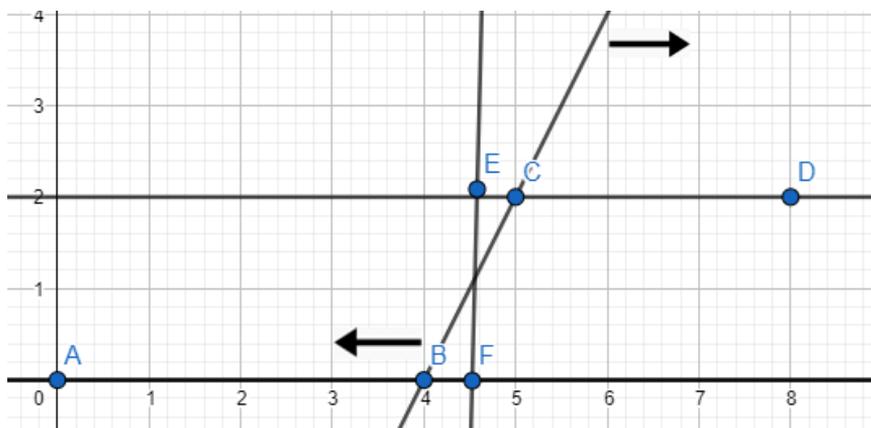
الشكل (1)

الأوزان الثانوية هي أرقام ضمن المجال $[0,1]$ ، وتعكس درجة ضعف الاتصال المقابل لها (كلما كان الاتصال أضعف، كلما اقترب وزنه من 1) ولا يتم ربطها بالضرورة بالوصلات ولكن عند فعل ذلك، فإنها تتبع الوزن الأولي الذي يتم دمجهما معه.

النظام العصبي الضبابي هو عبارة عن شبكة تغذية امامية بدون قيم عتبة وذلك لأن المجموعات الضبابية لا تحوي عتبات بل يتم اخذ مجموعة من التحولات المتدرجة من حالة إلى أخرى. وفي هذا النظام لا توجد دورات تكرارية، بحيث دورة واحدة تكون كافية للوصول الى نتيجة الاستدلال. ولا يتم في مرحلة التدريب استخدام طرق تتضمن مجاميع مرجحة للمدخلات بل من المعادلات الضبابية الحاوية على قيم (أدنى) و (أعلى). تتكون هذه المرحلة من إيجاد الأوزان العددية من أمثلة التدريب ولا يوجد ضرورة لتحديد توابع العضوية للأوزان الأولية في هذه المرحلة حيث من المفترض أن يكون لدى الخبير البشري فكرة تقريبية عن الأشكال وعليه يمكنه ضبط المنحنيات وفقاً للمعلومات المقدمة من أمثلة المدخلات والمخرجات.

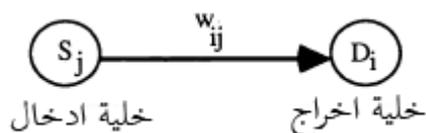
يتكون التعلم بشكل أساسي من إيجاد الأوزان الثانوية العددية وبنية التوصيلات للشبكة، فالأوزان العددية (الثانوية) القريبة من "1" ستشير إلى عدم وجود الوزن الأساسي المقابل، في حين أن الأوزان العددية (الثانوية) القريبة من "0" لن تؤثر على الإطلاق على الوزن

الأساسي المقابل. ويمكن دوماً تعديل الأوزان اللغوية الأساسية عند الحاجة عن طريق تغيير المنحنيات كما في (الشكل 2) في المنطقة الضبابية (تختلف درجات العضوية عن 0 و 1).



الشكل (2)

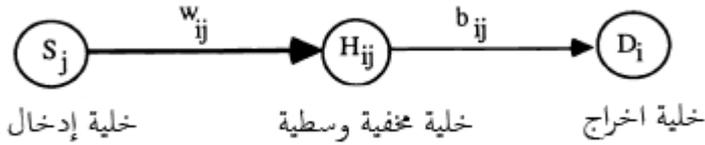
تتكون الشبكة العصبية الضبابية من اتصالات بين خلايا الإدخال (S_j) وخلايا الإخراج (D_i) (الشكل 3) ويمكن ان تحتوي على خلايا مخفية (H_{ij}). أما الأوزان الأولية (w_{ij}) فهي تسميات لغوية للمجموعات الضبابية تميز اختلافات خلايا الإدخال وعلاقتها بخلايا الإخراج [10].



الشكل (3)

نفترض أن w_{ij} يعبر عن وزن لغوي (أو المجموعة الضبابية المرتبطة بهذا الوزن).

والأوزان الثانوية (b_j) هي أرقام من ضمن مجال القيم. في الشبكة العصبية، تحتوي خلايا الإدخال على اتصالات تشير إما إلى الخلايا المخفية وتتبعها اتصالات نحو خلايا الإخراج (الشكل 4)، أو وصلات مباشرة من خلايا الإدخال إلى خلايا الإخراج (تتوافق هذه الحالة مع وزن رقمي يساوي 0)، ولكن ليس بالضرورة وجود اتصال مع جميع خلايا الإخراج (عدم وجود اتصال على الإطلاق يتوافق مع وزن عددي يساوي 1) [2]. بمجرد إصدار تنبيه من خلية إدخال، يتم تحديد وزن لغوي ولا يوجد بالضرورة وزن رقمي في حالة عدم وجود خلية مخفية. وتحتوي الخلايا المخفية على أوزان عددية فقط مرتبطة بالوصلات نحو خلايا الإخراج [1].



الشكل (4)

يمكن أن تأخذ خلايا الدخل قيماً عددية أو أرقاماً ضبابية (مجالات)، نستخدم S_j للإشارة إلى القيمة العددية (الضبابية) المخصصة لتلك الخلية. عندما يتم تعيين خلايا الإدخال S_j ، يتم إضافة مجموعة من الأوزان التي تستخدم للاستدلال من أجل حساب خلايا الإخراج D_i ، وفقاً للصيغة التالية:

$$D_i = \min_j [b_{ij} \vee \mu_{w_{ij}}(S_j)] \dots\dots\dots(1) \text{العادلة}$$

$$D_i = \min_j [b_{ij} \vee \pi(w_{ij}, S_j)]$$

حيث $\mu_{w_{ij}}(S_j)$ هو تابع درجة عضوية S_j في W_{ij} و S_j رقم ضبابي (مجال)

الضبابية w_{ij} و S_j . حيث نلاحظ انه عندما نعطي S_j قيمة ثابتة غير ضبابية $\pi(w_{ij}, S_j)$ تصبح قيمته $\mu_{w_{ij}}(S_j)$.

في المعادلة (1) نفترض أن w_{ij} معروف كقيمة تقريبية، وتكون القيم غير المعروفة هي قيم b_{ij} ، يمكن حل هذه المعادلات حسب طريقة برويريان حيث نضع مجموعة قيم x بحيث تحتوي $a \vee x \geq b$ على عنصر أصغري ويقع في المجال $[0,1]$ في حال عدم الوصول لحلول بنسبة نجاح عالية، يمكن تعديل توابع العضوية في w_{ij} عن طريق تغيير المنحدرات أو إعادة ضبطها. وفي حال كنا لا نعرف قيم w_{ij} ولا b_{ij} في المعادلة الأولى، لكن نعلم أن w_{ij} 's تقع ضمن مجال ضبابي منتهي محدد من $[-1, +1]$ كما في الشكل 1. أيضاً عندها يمكن حل المعادلة (1) من اجل كل w_{ij} من المجال الضبابي المذكور.

3-2- التطبيق على الطفرات والكروموسومات المسببة لها:

سيتم الآن تمثيل شبكة الاتصال الضبابية بين مجموعة من الكروموسومات والطفرات حيث تكون الكروموسومات كالتالي: X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 ويقابلها أربع طفرات جينية M_1, M_2, M_3, M_4

يوضح (الشكل 5) العلاقة، حيث تتوافق الكروموسومات الخمسة مع خلايا الإدخال X_i ، والمجموعات الأربع لخلايا الإخراج M_i, \dots, M_4 . هناك سبع خلايا مخفية مرتبطة بأوزان عددية. الأوزان اللغوية لها المعنى التالي:

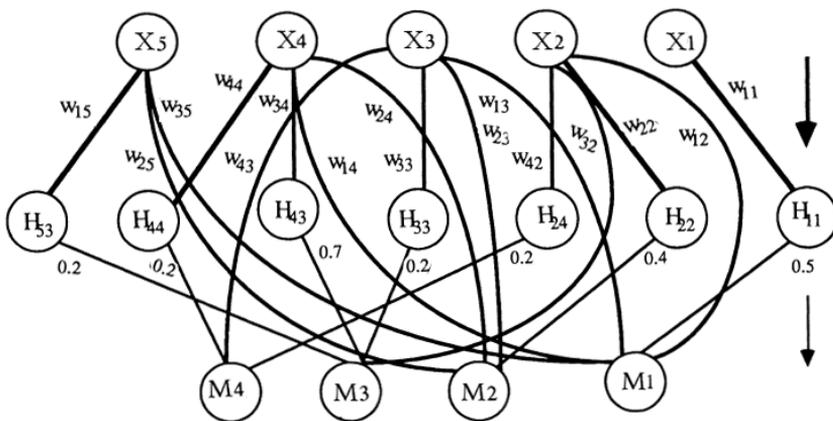
w_{11} : متوسط.

w_{12} : متوسط ، w_{22} : مرتفع، w_{32} : منخفض أو عادي، w_{42} : منخفض أو متوسط.

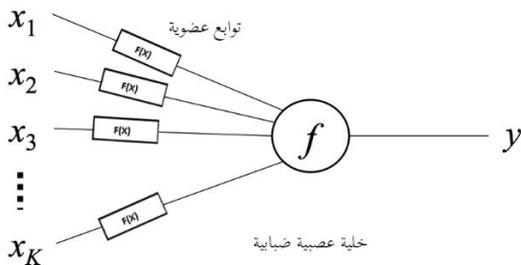
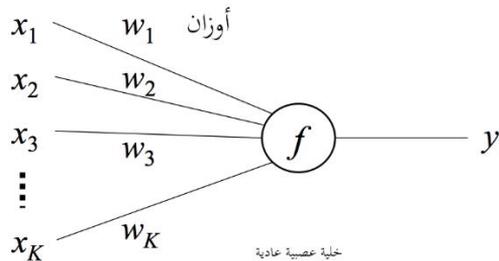
w_{13} : متوسط ، w_{23} : مرتفع ، w_{33} : مرتفع ، w_{43} : منخفض أو متوسط.

w_{14} : متوسط ، w_{24} : مرتفع ، w_{34} : مرتفع كثيراً ، w_{44} : مرتفع أو مرتفع قليلاً.

w_{15} : متوسط ، w_{25} : مرتفع كثيراً ، w_{35} : مرتفع كثيراً.



الشكل (5)



الشكل (6)

لنأخذ الطفرة (M3) كمثال:

- ترتبط الطفرة (M3) بالكروموسوم (X2) وفق الاتصال (w32) ذي الوزن اللغوي (منخفض أو عادي) حسب ما وضعنا سابقاً.
- ترتبط الطفرة (M3) بالكروموسوم (X3): وفق الاتصال (w33) ذو الوزن اللغوي (مرتفع) والقيمة الوزنية 0.2.
- ترتبط الطفرة (M3) بالكروموسوم (X4) وفق الاتصال (w34) ذو الوزن اللغوي (مرتفع كثيراً) والقيمة الوزنية 0.7.
- ترتبط الطفرة (M3) بالكروموسوم (X5) وفق الاتصال (w35) ذو الوزن اللغوي (مرتفع كثيراً) والقيمة الوزنية 0.2.

3-3- تحويل خط اليد الى نص

تم تقديم النموذج الأولي لتمييز خط اليد باستخدام الشبكات العصبية الضبابية من قبل الباحث تاكيشي ياماكاوا [12] [13] وفق التالي:

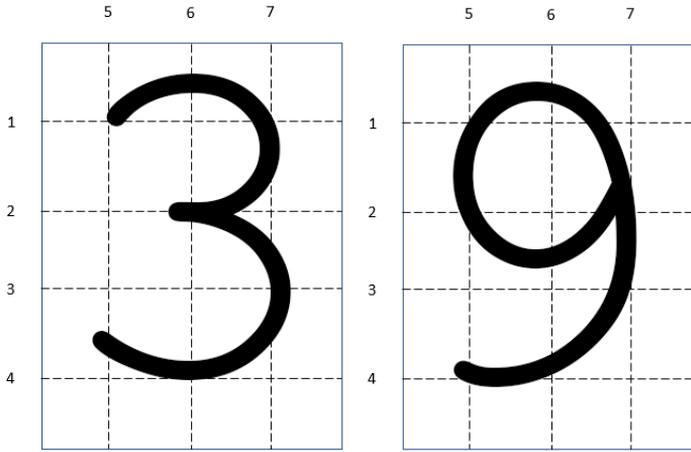
- 1- يتم استبدال عوامل الترجيح بوظائف العضوية.
- 2- يتم تمثيل الاتصالات المحفزة من خلال عمليات MIN والتوصيلات المثبطة بواسطة المتممات المنطقية الضبابية متبوعة بعمليات MIN.
- 3- لا يتم تعيين مستوى عتبة

سنحاول تطبيق الطريقة السابقة بشكل مشابه للنهج الذي اتبعناه في اكتشاف الطفرات انطلاقاً من الكروموسومات.

حيث أن الأحرف المكتوبة بخط اليد (Ci) تحل محل الطفرات، ويتم كتابة الحرف ضمن مساحة محددة الابعاد ومعروفة مسبقاً، يتم وضع مجموعة من الخطوط المرجعية ضمن

هذه المساحة ويمكن ان تكون هذه الخطوط متقاطعة ويتم تحديد شكل الحرف اعتماداً على الأوزان العددية التي ستربط مع الخطوط المرجعية [7].

نحدد مجموعات W_{ij} وهي مجموعات ضبابية في خطوط التقاطع المرجعية. تحدد مناطق التقاطع، اي تحدد المناطق الضبابية في الخطوط المرجعية حيث يجب أن تتقاطع المحارف، والمناطق المحظورة، حيث لا يجب أن تتقاطع المحارف، تظهر هذه الخطوط في (الشكل 7)



الشكل (7)

مثلاً تسمح المنطقة الضبابية عند الخط 5 بتمييز الرقم 9 عن الرقم 3

وتكون معادلة حساب الخرج كالتالي

$$\mu_{C_i} = \min_j [b_{ij} \vee CDL_j]$$

حيث C_i هي حرف (على سبيل المثال "9")، CDL_j هي درجة للخبط المرجعي رقم j ، و b_{ij} هي أوزان رقمية ذات أهمية نسبية للخبط المرجعي j في التعرف على C_i :

$b_{ji}=1$ يعني أن الخبط المرجعي j ليس له فائدة في C_j

$b_{ij}=0$ يعني أنه ليست هناك حاجة لوزن الخبط المرجعي j في C_i

$b_{ij} \in [0,1]$ تعكس الأهمية النسبية للخبط المرجعي المتقاطع j في C_i

كلما ارتفع b_{ij} ، كلما كان الخبط المرجعي المقابل اقل تأثيراً.

باتباع التعلم الخاضع للإشراف يمكن إيجاد قيم b_{ij} عن طريق حل معادلات min-max الضبابية. تسمح التفسيرات أعلاه لـ b_{ij} بتعديل عدد الخطوط المرجعية في نمط ما، ويمكن تعديل أهميتها النسبية فيما يتعلق بـ C_i عن طريق b_{ij} نفسه.

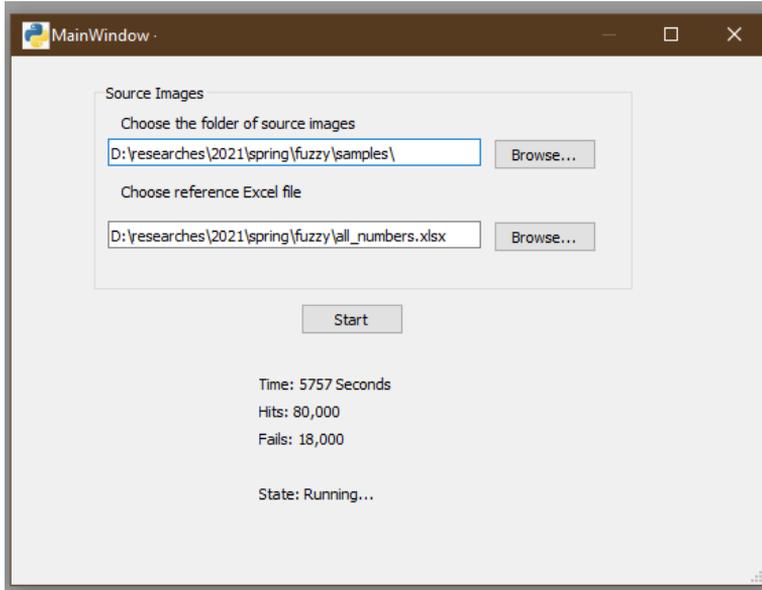
4- التطبيق العملي:

باستخدام لغة البرمجة Python وبالاعتماد على المكتبات التالية:

1- Fuzzylogic 1.0.1

2- PyLearn2

3- PyTesseract



الشكل (8)

تم بناء تطبيق (الشكل 8) يعتمد على المعادلات السابقة وإجراء اختبارات لتمييز مجموعة من الأرقام بعد تدريبه على مجموعة بيانات تم صنعها خصيصاً لهذا الغرض باستخدام دالة توليد الأرقام العشوائية في برنامج Microsoft Excel وباستخدام خط قريب لخط اليد العادي واسمه Segoe Print ومن ثم قمنا باستخدام نفس الطريقة تحديد مجموعة من الأرقام العشوائية المأخوذة من المجال [0,9] وتحويل كل خلية الي صورة بحيث يكون اسم الملف هو نفس رقم السطر في ملف Excel ومن ثم يقوم التطبيق بمحاولة الكشف عن الرقم في الصورة ومقارنة النتيجة مع السطر الخاص بالصورة في ملف Excel لمعرفة النتائج الصائبة والنتائج الخاطئة، وبعد 50 الف محاولة كانت نسبة الأجوبة الصحيحة 68.2%، وبعد 100000 محاولة كانت نسبة الأجوبة الصحيحة 72.2%، وبعد 200000 محاولة كانت نسبة الأجوبة الصحيحة 71.9%.

عدد عينات التجربة	نسبة الإجابات الصحيحة	الوقت المستغرق للإتمام
50,000	70.2%	2000 ثانية
100,000	72.2%	4550 ثانية
200,000	71.9%	9000 ثانية

5- النتائج والمناقشة:

تم تصميم شبكة عصبية ضبابية لبناء قاعدة معرفية لنظام تصنيف باستخدام أمثلة التدريب. اثنان من خصائصه الرئيسية هي:

1- استخدام الأوزان اللغوية.

2- تفعيل الخلايا العصبية هو مسألة درجة، وفقاً لحد أدنى مرجح. ويمكن

استخدام هذا النموذج لتوصيف القواعد في المنطقي الضبابي.

وتبين لدينا انه يمكن الاعتماد على المنطق الضبابي لتوليد مجموعات تدريب تكون دخلاً للشبكات العصبية المستخدمة في أنظمة الذكاء الاصطناعي والتعلم العميق بحيث تكون قيم بيانات التدريب هذه مشابهة لقيم بيانات تدريب مأخوذة من العالم الحقيقي كونها ليست قيم حتمية بل قيم ضبابية ضمن مجال يحوي جميع احتمالات قيمة الخاصية الهدف. وتم اختبار هذه الطريقة في التعرف على الأرقام المكتوبة بخط اليد وتحويلها الى نص رقمي، وأعطت نتائج جيدة جداً حيث انه عند 100,000 عينة اختبار، حصلنا على 72.2% من حالات الخرج الصحيح.

إلا أن استخدام المنطق الضبابي لتوليد بيانات تدريب للشبكات العصبونية يحتاج مزيداً من البحث والتطبيق على حالات دراسة أخرى للتأكد من فعاليته في جميع الحالات، حيث أنه قد نجد حالات لا يمكن فيها استخدام القيم الضبابية حتى، او حالات يجب ان تكون

فيها النتائج دقيقة جداً حتى باستخدام المنطق الضبابي، مثل التطبيقات الطبية أو الحالات التي تحتاج تقديم معلومات دقيقة جداً وبسرعة عالية جداً، مثل تطبيقات الملاحة والخرائط. وهذه جميعها حالات يجب دراستها بشكل مخصص من حيث إمكانية توليد بيانات تدريب للشبكات العصبية الخاصة بها عن طريق المنطق الضبابي.

6-الاستنتاجات

من خلال هذا البحث الذي تمت فيه دراسة سبل استخدام المنطق الضبابي والشبكات العصبية معاً، توصلنا الى الاستنتاجات العلمية الآتية:

- يمكن استخدام الشبكات العصبية والمنطق الضبابي بشكل متداخل على المستوى البنوي (بنية الشبكة العصبية أو بنية النظام الضبابي).
- يمكن توليد قواعد المنطق الضبابي لنظام ضبابي ما، باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية.
- غالباً ما يحتاج خرج الشبكة العصبية الى عملية تعديل (باستخدام تعديل المنحدرات) قبل استخدامه في توابع العضوية في المنطق الضبابي.
- عند بناء نظام عصبي ضبابي يجب الاستغناء عن قيم العتبة لأن المجموعات الضبابية لا تحوي عتبات بل يتم اخذ مجموعة من التحولات المتدرجة ويتم التعبير عنها كمجال عددي.
- جعل اوزان الشبكة العصبية تأخذ مجالاً ضبابياً، يمكن تمييز الأرقام المكتوبة بخط اليد حسب قواعد الخطوط المرجعية بنسبة نجاح مرتفعة تخطت 70%.
- يمكن في حالات معينة توليد بيانات التدريب الخاصة بالشبكات العصبية عن طريق المنطق الضبابي.

7- المراجع العلمية:

- [1] AGGARWAL C, 2018 - Neural networks and deep learning. SPRINGER Vol. 10/2018. 903 – 978.
- [2] GAMA F, ISUFI E, 2020 - Graphs, convolutions, and neural networks. IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 37. 128 – 138.
- [3] GONZALEZ B, MELIN P, 2015 - Hybrid model based on neural networks, type-1 and type-2 fuzzy systems for 2-lead cardiac arrhythmia classification. Expert Systems with Applications. Vol. 126. 295 – 307.
- [4] HASIBUAN N, 2017 - Expert systems with genetics probability. International Journal of Research In Science & Engineering, Vol. 3. 42 – 54.
- [5] NAITZAT G, ZHITNIKOV A, 2020 - Topology of deep neural networks. J. Mach. Learn. Res. Vol. 184. 1 – 40.
- [6] PRENTZAS N, 2019 - Integrating machine learning with symbolic reasoning to build an explainable AI model for stroke prediction, IEEE Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), Vol. 19. 817 - 821.
- [7] RACHMAWANTO E, ANARQI G, SARI C - 2018 Handwriting Recognition Using Eccentricity and Metric Feature Extraction Based on K-Nearest Neighbors. Application for Technology of Information and Communication. Vol.18. 411 – 416.
- [8] RAMIREZ E, MELIN P, PRADO-ARECHIGA G, 2019 - Fuzzy logic in the gravitational search algorithm for the optimization of modular neural networks in pattern recognition. Expert Systems with Applications. Vol. 42(14). 5839 – 5847.
- [9] SHITOLE C, 2007 - Combining fuzzy logic and neural networks in classification of weld defects using ultrasonic time-of-flight diffraction. Insight-Non-Destructive Testing and Condition Monitoring. Vol. 49. 79 – 89.
- [10] VAN GERVEN M, 2017 - Artificial neural networks as models of neural information processing, Frontiers in Computational Neuroscience, Vol. 11.

114 – 121.

- [11] XIAOYAN W, 2019 - The Study of Visual Symbols in Digital Media Technology. Semantics Scholar, 30 – 47.
- [12] YAMAKAWA T, 1991 - A fuzzy neuron and its application to pattern recognition. IEEE International Sympoisum on Circuits and Systems, Vol.91. 1369 – 1372.
- [13] YAMAKAWA T, 1993 - A fuzzy inference engine in nonlinear analog mode and its application to a fuzzy logic control. *IEEE transactions on Neural Networks* , 496– 522.

تعديل بروتوكول الاتصال XENVMC لتحسين

كفاءة الهجرة الحية للآلات الافتراضية المتصلة

والمشاركة في الاستضافة

طالب الدكتوراه: حيدر خليل

كلية الهندسة المعلوماتية – جامعة تشرين

اشرف الأستاذ الدكتور: أحمد صقر أحمد

الملخص

تعتبر الهجرة الحية للآلات الافتراضية من أهم الميزات التي تقدمها البيئات الافتراضية، و تعرف على أنها ترحيل الآلة الافتراضية من مضيف مادي إلى مضيف مادي آخر مع الحفاظ على استمرارية خدمة التطبيقات التي تعمل على هذه الآلة. تعد خوارزمية النسخ المسبق PRE-COPY من أهم خوارزميات الهجرة الحية، يعتمد مبدأ عمل هذه الخوارزمية على النقل المتكرر لصفحات الذاكرة المتغيرة (dirty page) بين المصدر و الهدف، بحيث يتوقف التكرار عند عتبة معينة. تعاني هذه الخوارزمية من مشكلة إعادة الإرسال (page re-send problem) ، وهي نقل صفحات الذاكرة نفسها مراراً في كل دور ، مما يزيد من كمية البيانات المرسلة عبر الشبكة ، و بالتالي يزداد الزمن الكلي للهجرة الحية و يصبح مجموع صفحات الذاكرة المنقولة أكبر بكثير من الحجم الفعلي للذاكرة .

قمنا في هذا البحث ببناء نموذج لتحسين الزمن الكلي للهجرة الحية في حال كانت الآلات الافتراضية مشتركة في الاستضافة و متصلة فيما بينها.

قمنا بإجراء تعديل على بروتوكول الاتصال XENVMC، و هو بروتوكول يعتمد على مفهوم الذاكرة المشتركة لمعالجة الاتصال و تسريع نقل البيانات بين الآلات الافتراضية المشتركة في الاستضافة .

لتحسين كفاءة الهجرة الحية للآلات الافتراضية المتصلة XENVMC تعديل بروتوكول الاتصال
والمشتركة في الاستضافة

إن تعديل البروتوكول XENVMC قد حسن الزمن الكلي للهجرة الحية وقلل من عدد الصفحات المنقولة عبر الشبكة، وذلك لسببين أساسيين الأول تقليل عدد الصفحات المتغيرة في الذاكرة الناتج عن الاتصال بين الآلات الافتراضية، و السبب الثاني يعود إلى تسريع الاتصال و تبادل البيانات بين الآلات الافتراضية المشتركة في الاستضافة.

الكلمات المفتاحية: الهجرة الحية، البيئة الافتراضية، الآلات الافتراضية المتصلة، الذاكرة المشتركة.

Modify the XENVMC communication protocol to improve the efficiency of live migration for co-resident virtual machines

Abstract

One of the most important features offered by virtualization is the live migration of virtual machines, and it is defined as the migration of a virtual machine from one physical host to another physical host while maintaining the continuity of service for applications running on this machine.

The PRE-COPY algorithm is one of the most important live migration algorithms. The working principle of this algorithm is based on the frequent transfer of changed memory pages (dirty page) between the source and the target, so that the repetition stops at a certain threshold. This algorithm suffers from a page re-send problem, which is moving the same memory pages repeatedly in each Itern, which increases the amount of data sent over the network, and thus the total live migration time increases and the total of memory pages transferred becomes much larger than The actual size of the memory. In this paper, we build a model to improve the total time of live migration in the event that co-resident Inter-VM communication.

We have made a modification to the XENVMC communication protocol, which is a protocol based on the concept of shared memory to handle communication and speed up data transfer between co-resident virtual machines. The modification of the XENVMC protocol has improved the total live migration time and reduced the number of pages transmitted over the network, for two main reasons: the first is to reduce the number of changed pages in memory caused by communication between virtual machines, and the second reason is due to the acceleration of communication and data exchange between that co-resident Inter-VM communication.

Key words: live migration, virtualization, co-resident VM, shared memory.

1- المقدمة

تتطور الحوسبة السحابية بشكل سريع نظراً لما تقدمه من ميزات من مرونة و قابلية التوسع و توفير الطاقة و المال، الأمر الذي جعلها هدفا للبحث والسعي الدائم من قبل الباحثين لتطوير مكوناتها بهدف الحصول على أفضل أداء ممكن.

تعتبر تقنية البيئة الافتراضية (VIRTUALIZATION) من أهم مكونات الحوسبة السحابية ، نظراً لما تقدمه من ميزات من خلال تشغيل أنظمة متعددة على نفس الجهاز الفيزيائي مع توفير العزل الكامل بين هذه الأنظمة، ليعمل كل نظام بشكل مستقل على آلة افتراضية منفصلة (VM) .

تعتبر الهجرة الحية (live migration) من أهم الميزات التي تقدمها البيئات الافتراضية، و تعرف على أنها نقل الآلة الافتراضية VM من جهاز فيزيائي إلى آخر دون انقطاع خدمة التطبيقات التي تعمل عليها بهدف توفير الطاقة و المال و توزيع الحمولة و إجراء عمليات الصيانة.

إن مدير الآلة الافتراضية (Virtual Machine Manager (VMM)) هو المسؤول الرئيسي عن تشغيل أكثر من آلة افتراضية على جهاز فيزيائي واحد، كما أنه مسؤول عن عملية الهجرة الحية للآلة الافتراضية و عن آلية الاتصال بين الآلات الافتراضية . يعتمد مبدأ عمل خوارزميات الهجرة الحية على النقل المتكرر لصفحات الذاكرة المتغيرة (dirty page) بين المصدر و الهدف، بحيث يتوقف التكرار عند عتبة معينة .

إن التغير الكبير في صفحات الذاكرة سوف يزيد من عدد الصفحات المرسله عبر الشبكة مما يزيد من حجم الذاكرة الكلي المنقول، وبالتالي سيزداد معدل استهلاك الشبكة و الزمن الكلي للهجرة الحية ، و زمن التوقف كما سيزداد زمن الاستجابة للتطبيقات التي تعمل على الآلة الافتراضية التي يتم ترحيلها.

تعاني خوارزمية pre-copy من مشكلة إعادة إرسال الصفحات نفسها مرارا في كل دور ، مما يزيد من كمية البيانات المرسله عبر الشبكة، و يصبح مجموع صفحات الذاكرة المنقولة أكبر بكثير من الحجم الفعلي للذاكرة مما يزيد الحمل بشكل كبير على الشبكة.

إن تطبيق الهجرة الحية على آلة افتراضية VM1 موجودة على مضيف HOST1 لها اتصال و تناقل بيانات مع آلة افتراضية VM2 على نفس المضيف، أو على مضيف آخر سوف يؤدي إلى أعباء إضافية و تغيرات كبيرة في الذاكرة أثناء عملية الترحيل ناتج عن الطلبات القادمة من الزبون، و عن البيانات المتبادلة بين الآلات الافتراضية المتصلة مع بعضها البعض . لذلك تم التوجه في بحثنا هذا لتقديم نموذج يستند على منهج الذاكرة المشتركة بين الآلات الافتراضية المتصلة مع بعضها البعض لتحسين كفاءة الهجرة الحية من حيث الزمن و الإنتاجية و تقليل الحمل على الشبكة ، من خلال تجاوز اتصال TCP/IP التقليدي و الاستدعاءات و التبديل غير الضروري بين الآلات الافتراضية المشتركة في الاستضافة .

2- أهمية البحث و أهدافه:

اعتمدت معظم الدراسات السابقة على دراسة الهجرة الحية و تحسين خوارزمياتها من جانب واحد فقط و هو تطبيق أمر الترحيل على آلة افتراضية ليس لديها اتصال أو تناقل بيانات مع أي آلة أخرى سواء كانت موجودة على نفس المضيف المادي أو على مضيف مادي آخر .

لذلك كان الهدف من هذا البحث تحسين كفاءة الهجرة الحية من حيث الزمن و الإنتاجية و الاستهلاك الأمثل لموارد الشبكة، من خلال تطبيق نموذج يستند على منهج الذاكرة المشتركة لمعالجة الاتصال بين الآلات الافتراضية المتصلة و المشتركة في الاستضافة .

3- طرائق البحث و مواده:

قمنا بتعديل البروتوكول XENVMC لكي يدعم الهجرة الحية للآلات الافتراضية ، بحيث يتم الاستفادة من آلية عمل البروتوكول و خوارزمية الـ Pre-cop للحصول على النموذج المقترح (Advance-XENVMC) .

الشكل (1) يوضح البيئة العملية للتجربة ، حيث استخدمنا في تجربتنا ثلاث أجهزة حاسب ، كل جهاز مزود بمعالج core i3 و ذواكر 4 GB . تم تنصيب نسخة 7 centos على كلا الجهازين و تنصيب البيئة الافتراضية XEN لتعمل كـ hypervisor من النمط الافتراضي الجزئي على كلا الجهازين، و استخدمنا الجهاز الثالث ليعمل كجهاز تخزين

مشارك للقرص الافتراضي الخاص بالآلات الافتراضية ، كما وضعنا كلا المخدمين في عنقود. قمنا بتجهيز آلة افتراضية VM1 بحجم ذاكرة 1 Mb على أحد المخدمين تقدم خدمة البريد الإلكتروني، و كتبنا برنامج بلغة ال shell على آلة افتراضية أخرى VM2 تقوم بإرسال و استقبال رسائل البريد الإلكتروني ، بحيث يتم تبادل بيانات بين VM1 و VM2 أثناء ترحيل الآلة الافتراضية VM1.

قمنا بتطبيق أحمال مختلفة أثناء ترحيل الآلة الافتراضية VM1 من خلال تغيير عدد الزبائن و حجم الملف المرسل، وذلك بهدف إجراء تغيير على صفحات الذاكرة ، و إشغال الشبكة أثناء تنفيذ أمر الهجرة الحية ، حيث أن تغيير صفحات الذاكرة أثناء نقل الآلة الافتراضية يعتبر من أهم العوامل في زيادة الزمن الكلي للهجرة الحية . إن تغيير عدد الطلبات و حجم الملف المتبادل يتم من خلال البرنامج التالي ، و الذي اطلقنا عليه اسم :Mclient

```
For l in 1 to n do
```

```
For j in 1 to n do
```

```
echo . | mail -r test$i.user@XENlab.local -a file -s "This is test"
```

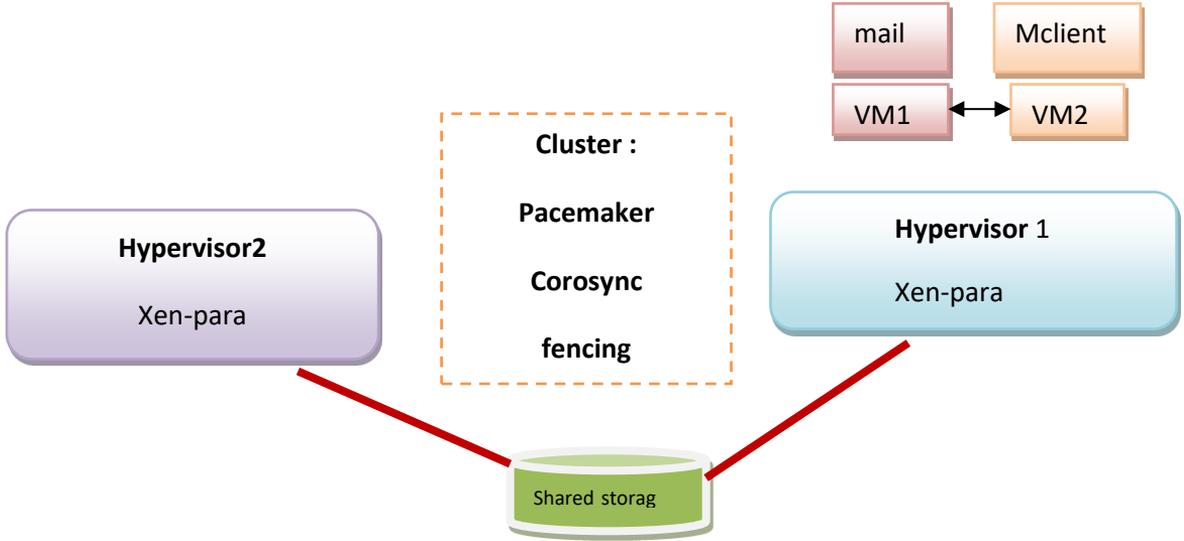
```
test$j.user@XENlab.local
```

حيث أن: n عدد المستخدمين و file ملف متغير الحجم، و هي قيم يتم تغييرها للحصول على تجارب متعددة .

فمثلا من أجل n=20 سيكون عدد الرسائل الإلكترونية على الشبكة 400 رسالة بحسب حلقة for المتداخلة و كل رسالة تحتوي على ملف حجمه 3 MB.

قمنا بإجراء سيناريوهات مختلفة، و حساب الزمن الكلي للهجرة الحية في كل سيناريو ، و مقارنة النتائج أثناء ترحيل الآلة الافتراضية في حال تطبيق النموذج المقترح، و في حال تطبيق خوارزمية ال pre-copy بدون النموذج.

قمنا بتشغيل محلل الأداء NMON للحصول على النتائج و تحليليها.



الشكل (1) بيئة عمل التجربة

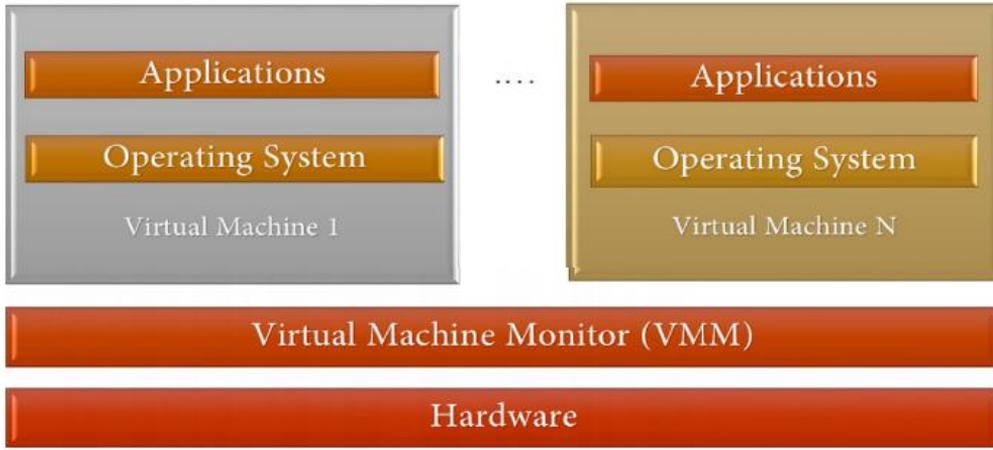
4- البيئة الافتراضية Virtualization [1] :

هي تقنية تهدف بشكل أساسي إلى تقسيم موارد الحاسب المادية من معالج و ذاكرة ، بحيث يمكن تشغيل أكثر من نظام تشغيل على العتاد المادي نفسه ، مما يقدم استهلاكاً امثل للموارد الفيزيائية وخصوصا بعد التطور الكبير في القدرة الحسابية و العتاد المادي للأجهزة الحاسوبية ، و الذي لا يتم غالبا استخدامه و استثماره بشكل كامل من قبل أنظمة التشغيل و التطبيقات المختلفة التي تعمل على هذا العتاد. تتعامل التطبيقات الموجودة على أنظمة تشغيل الآلات الافتراضية مع الموارد المادية الحقيقية من خلال مدير الآلة الافتراضية (Hypervisor) و يسمى VMM وهو برمجية مثبتة على الجهاز المضيف للآلة الافتراضية ، و المسؤول عن تشكيل طبقة مجردة افتراضية بين التطبيقات و الموارد المادية .

تحسين كفاءة الهجرة الحية للآلات الافتراضية المتصلة XENVMC تعديل بروتوكول الاتصال
والمشاركة في الاستضافة

يقوم مدير الآلة الافتراضية بتخصيص الموارد المادية افتراضياً من وحدة المعالجة المركزية والذاكرة و بطاقة الشبكة و أجهزة التخزين لكل نظام تشغيل يعمل على آلة افتراضية.

تختلف بنية البيئات الافتراضية بحسب مستوى العزل بين الآلات الافتراضية و بناءً على موقع مدير الآلة الافتراضية بالنسبة للعتاد الفيزيائي . الشكل (2) يبين موضع الآلات الافتراضية على البيئة الافتراضية.



الشكل (2) البيئة الافتراضية

5- الهجرة الحية للآلات الافتراضية Live migration :

تعتبر الهجرة الحية للآلات الافتراضية من أهم الميزات التي تقدمهاها البيئة الافتراضية ، و تعرف على أنها ترحيل الآلة الافتراضية من مخدم فيزيائي إلى مخدم فيزيائي آخر، مع ضمان استمرارية الخدمة التي تقدمها بزمن توقف صغير جداً يقترب من الصفر، وذلك بهدف موازنة الحمل بين المخدمات الفيزيائية، أو توفير الطاقة ، أو من أجل إجراء عمليات صيانة للمخدم الفيزيائي المصدر [2] .

إن ترحيل الآلة الافتراضية يتضمن نقل كل من صفحات الذاكرة و حالة المعالج و عمليات الدخل و الخرج من المخدم المصدر إلى الهدف. يعتبر مدير الآلة الافتراضية

(hypervisor) المسؤول الرئيسي عن عملية الهجرة الحية ، لذلك يجب أن يحقق الشروط التالية أثناء تطبيق الهجرة الحية [3] :

1- استمرارية الخدمة: إن تطبيق الهجرة الحية يجب ألا يسبب تدهور في أداء التطبيقات التي تعمل على الآلة الافتراضية.

2- الاستهلاك الأمثل للموارد: يجب ألا تستهلك الموارد بشكل كبير أثناء تطبيق عملية الترحيل.

3- التنبؤ: يجب أن يكون من الممكن التنبؤ بزمن الهجرة الكلي و زمن التوقف و الموارد التي سيتم استهلاكها على المخدم الهدف من ذاكرة و وحدة معالجة و عرض الحزمة على الشبكة.

4- الشفافية : يجب أن تكون عملية الترحيل شفافة لكل من التطبيقات التي تعمل على الآلة الافتراضية و مستخدمي هذه التطبيقات.

تعتبر خوارزمية النسخ المسبق (pre-copy) أول و أهم الخوارزميات التي نفذت الهجرة الحية للآلة الافتراضية [4] .

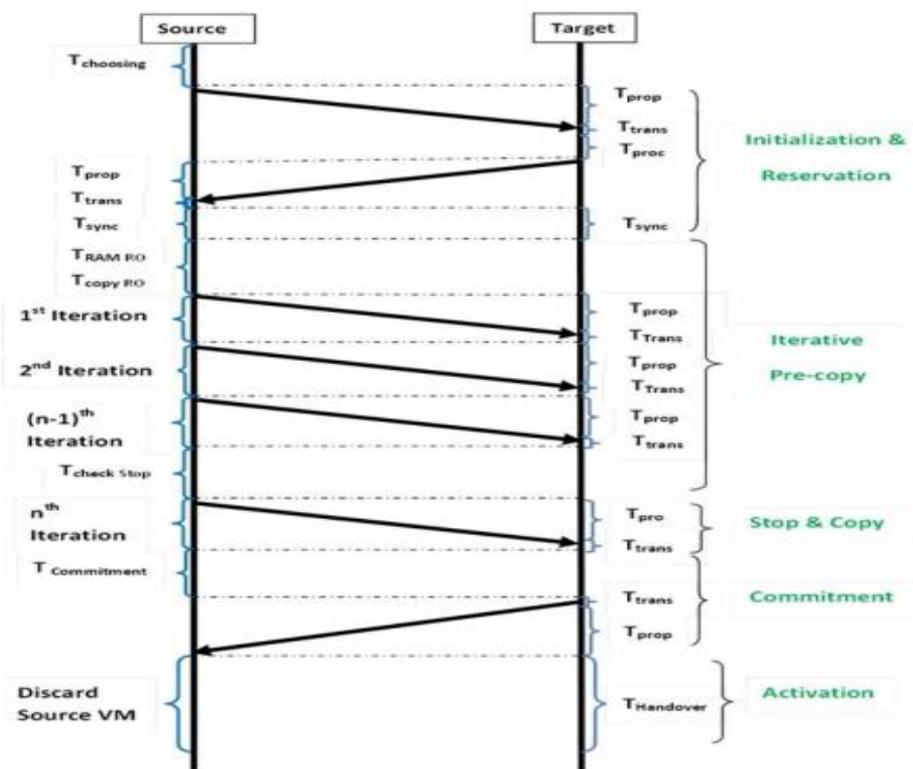
6- خوارزمية النسخ المسبق (pre-copy) [5] :

يتم تنفيذ هذه الخوارزمية وفق عدة مراحل كما يبين الشكل (3) وهي :

a- **مرحلة التحضير:** يتم حجز الموارد اللازمة لعمل الآلة الافتراضية بعد تحديد المضيف الهدف.

b- **مرحلة النسخ المتكرر:** يقوم مدير الآلة الافتراضية بنسخ جميع صفحات الذاكرة من المصدر إلى المخدم الهدف ، بينما لا تزال الآلة الافتراضية تعمل على المصدر، إذا تغيرت صفحات الذاكرة (dirty pages) أثناء هذه العملية سيتم إعادة إرسالها و تكرار العملية من 2 إلى n-1 مرة ، حيث شرط التوقف عن الإرسال و الانتقال إلى الطور التالي هو عدد تكرارات 29 أو حجم الصفحات المتغيرة في الإرسال السابق 256 KB و هي قيم افتراضية للخوارزمية .

c- **مرحلة التوقف و النسخ:** يتم إيقاف الآلة الافتراضية VM على المصدر، و يتم نقل جميع الصفحات المتبقية و سجلات المعالج إلى الهدف، و من ثم استئناف عمل ال VM على الهدف.



الشكل (3) مراحل تنفيذ خوارزمية النسخ المسبق *Pre-copy*

يتم قياس أداء خوارزميات الهجرة الحية من خلال أربعة معايير [6]:

1- عدد الصفحات المنقولة: هو إجمالي عدد الصفحات المنقولة أثناء الترحيل. للحصول على أفضل أداء يجب أن تكون هذه القيمة اقل ما يمكن، كما يجب أن تكون مساوية للعدد الإجمالي لصفحات الآلة الافتراضية التي يتم ترحيلها، ولكن في خوارزمية النسخ المسبق *pre-copy* هو دائماً أكثر ، بسبب النقل المتكرر لصفحات الذاكرة المتغيرة خلال أدوار متعددة.

يتم تعريف إجمالي الصفحات المنقولة *Vmig* على أنها العدد الإجمالي للصفحات في جميع التكرارات n ، و يعطى بالعلاقة التالية :

$$V_{mig} = \sum_{i=0}^n V_i \quad (1)$$

حيث أن V_i هو عدد الصفحات المنقولة في التكرار الواحد ، و n هو العدد الإجمالي للتكرار .

2- الزمن الكلي للترحيل: هو الوقت المستغرق في نقل الآلة الافتراضية بالكامل من المصدر إلى الهدف ، ويجب أن يكون هذا الزمن أقل ما يمكن ، ويعطى بالعلاقة التالية:

$$T_{mig} = \sum_{i=0}^n T_i \quad (2)$$

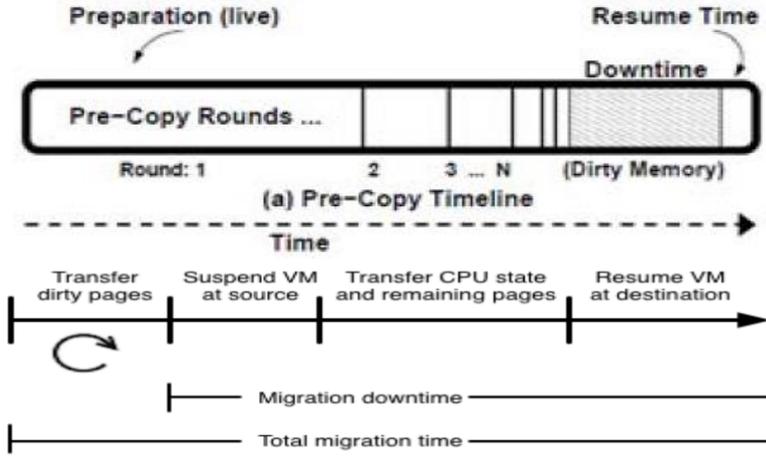
حيث أن T_i هو الزمن المستغرق لإنجاز التكرار i .

3- زمن التوقف : إنه الوقت المستغرق في عملية الترحيل لإيقاف الآلة الافتراضية عند المصدر واستئنافها العمل على المضيف الهدف. يؤثر هذا الزمن بشكل مباشر على توفر الخدمة ، حيث تعتمد قيم هذا الزمن على الصفحات المتبقية في التكرار الأخير. يتم قياس زمن التوقف باعتباره الوقت الذي يستغرقه تكرار عملية الترحيل الأخيرة ، أو يمكن حسابه من خلال حساب زمن انقطاع الخدمة . الشكل (4) يبين الخط الزمني للهجرة الحية.

4- الحمل الإضافي : هي البيانات الإضافية التي يتم نقلها أثناء الترحيل والتي يتم تعريفها على أنها حجم صفحات الذاكرة المرسله خلال التكرارات على حجم الصفحات الحقيقي للآلة الافتراضية ، و يعطى بالعلاقة:

$$R_d = \frac{V_{mig}}{V_{mem}} \quad (3)$$

حيث أن V_{mig} هو الحجم الكلي لصفحات الذاكرة التي تم نقلها خلال الترحيل و V_{mem} هو حجم الذاكرة الفعلي للآلة الافتراضية. يجب أن يكون ال overhead أقل ما يمكن للحصول على الأداء الأفضل .



الشكل (4) الخط الزمني للهجرة الحية و الزمن الكلي و زمن التوقف أثناء الترحيل

تعاني خوارزمية النسخ المسبق من المشاكل التالية [7]:

- مشكلة معدل النقل (transfer rate problem) :

إن الصفحات المتغيرة (dirtied page) تزداد بمعدل أسرع من معدل نقلها عبر الشبكة ، مما يستهلك الشبكة بشكل كبير، الأمر الذي يؤثر على استمرارية الخدمة و يزيد من زمن استجابة التطبيقات التي تعمل على الآلة الافتراضية ، و قد يتسبب في قطع اتصال الزبون .

- مشكلة إعادة إرسال الصفحات (page re-send problem) :

إن إرسال الصفحات المتغيرة في الادوار من 2 الى $n-1$ قد يؤدي الى نقل الصفحات نفسها مراراً ، مما يزيد من كمية البيانات المرسلة عبر الشبكة ، و بالتالي يزداد الزمن الكلي للهجرة للحية ، و يصبح مجموع صفحات الذاكرة المنقولة أكبر بكثير من الحجم الفعلي للذاكرة ، مما يزيد الحمل بشكل كبير على الشبكة .

إن تنفيذ أمر الهجرة الحية على الآلات الافتراضية المتصلة و المشاركة في الاستضافة أثناء تناقل البيانات فيما بينها ، سيزيد من المشكلتين السابقتين بشكل كبير .

7- البنية المعمارية للبيئة الافتراضية XEN :

يعمل XEN كطبقة مجردة أساسية بين الآلات الافتراضية والعتاد الصلب، و يتحكم في أداء الآلات الافتراضية كما يتحكم بعمليات الجدولة الخاصة بوحدة المعالجة المركزية ، بالإضافة إلى تقسيم الذاكرة بين الآلات الافتراضية المختلفة والتي تعمل على نفس العتاد الصلب. تم اعتماد XEN بشكل موسع كمدیر للآلات الافتراضية مفتوح المصدر، حيث أنه يعمل في النمط الافتراضي الكامل ، و يمكن تعديله ليعمل كنمط افتراضي جزئي ، كما أنه يدعم الهجرة الحية للآلة الافتراضية .

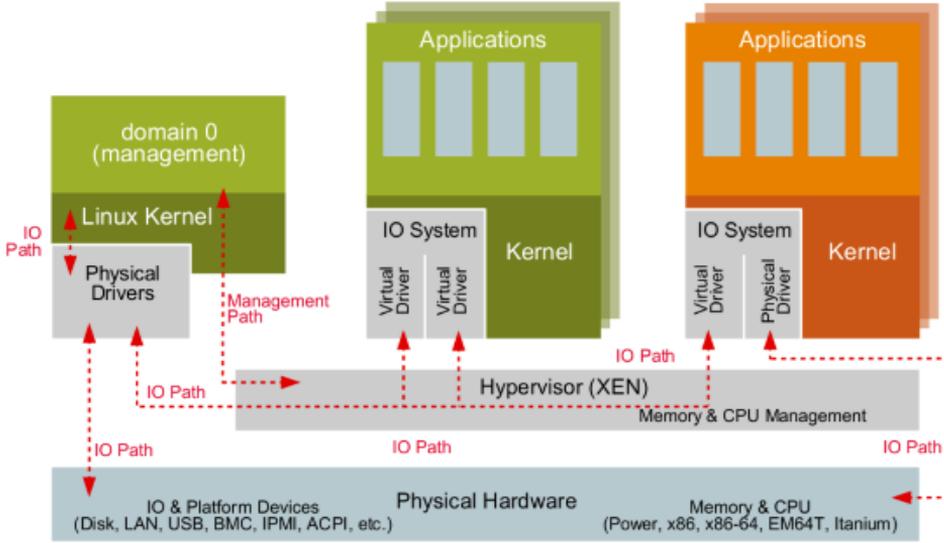
تتكون بنية XEN عندما يعمل في النمط الافتراضي الجزئي من مجالين : المجال (0) و المجال (U) . يعتبر المجال (0) مستخدم خاص ومميز يمتلك حق الوصول إلى موارد الإدخال / الإخراج الفعلية والتفاعل مع الآلات الافتراضية الأخرى [8] . تدعى جميع الآلات الافتراضية الأخرى التي تعمل على XEN بالمجال (U) .

إن تعديل XEN ليعمل كنمط افتراضي جزئي يتطلب تشغيل المجال (0) أولاً ومن ثم المجال (U) ، بالإضافة إلى تنصيب كل من الحزم XENd و Xm و LibXENctrl .

يعتبر المجال (U) مستخدماً محظوراً لا يتمتع بإمكانية الوصول المباشر للعتاد المادي الفعلي، و تتم ادارته عبر المجال (0) .

الشكل (5) يبين بنية XEN مع خوارزمية النسخ المسبق ، حيث أنه لتنفيذ خوارزمية النسخ المسبق pre-copy يستخدم XEN بنى معطيات خاصة لنقل صفحات الذاكرة للآلة الافتراضية . يستخدم XEN جدول صفحات ظل (shadow page table) لتسجيل صفحات الذاكرة المتغيرة على الآلة الافتراضية أثناء الهجرة ، كما يستخدم خريطة ثنائية أخرى تدعى (Dirty log bitmap) لتسجيل الصفحات المتغيرة أو (dirty pages) . إن كل من جدول صفحات الظل و الخريطة الثنائية يستخدمان لإدارة

عمليات نقل صفحات الذاكرة للآلة الافتراضية أثناء تنفيذ أمر الهجرة، ومن أجل كل تكرار يتم فحص الخريطة الثنائية لتحديد موضع الصفحات المتغيرة ليتم ترحيلها .



الشكل (5) بنية XEN مع خوارزمية النسخ المسبق *pre-copy*

8- البنية الشبكية للبيئة الافتراضية XEN [9]:

يقوم XEN بتشكيل واجهة شبكية افتراضية لكل آلة افتراضية تعمل على DOMU، بحيث يتم الوصول إلى العتاد الشبكي الفيزيائي الحقيقي عن طريق المجال DOM0، أو ما يسمى المجال ذو السماحيات الأعلى و المعزول (IDD) .

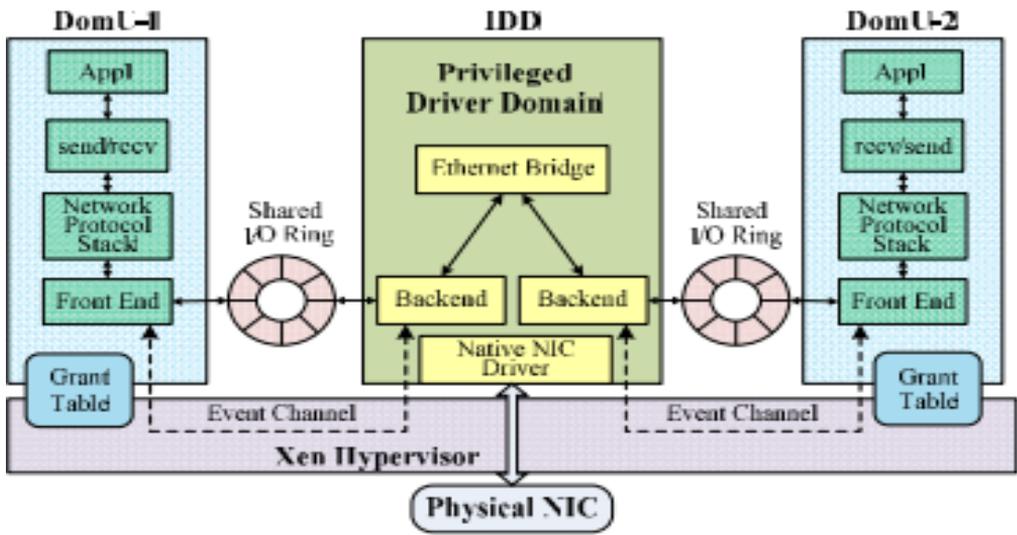
يحوي IDD برنامج تشغيل شبكي خلفي (BackEnd) لكل آلة افتراضية بحيث تتصل هذه الآلة عن طريق واجهتها الشبكية الامامية (FrontEnd) مع BackEnd المخصص لها ضمن IDD ، و ذلك لتستطيع الوصول إلى العتاد الشبكي الفيزيائي و إرسال و استقبال البيانات عبره. يوضح الشكل (6) بنية الشبكة و مجاري الدخل و الخرج في XEN .

يوفر XEN المخازن المؤقتة المشتركة بين الواجهة الامامية والخلفية لتبادل عمليات الإدخال و الإخراج بين الآلات الافتراضية المتصلة (shared I/O Ring buffers) .

تتم إدارة عمليات مشاركة صفحات الذاكرة للحزم التي يتم تبادلها من خلال جدول المنح (granted table) و قناة الأحداث . إن نقل البيانات بين المرسل و المستقبل وفق هذا النموذج سيؤدي الى تغييرات كبيرة في صفحات الذاكرة الرئيسية لدى كل من الآلة الافتراضية المرسل و المستقبل من اجل كل عملية تبادل بيانات ، و الذي بدوره سيزيد من الأعباء أثناء تنفيذ أمر الهجرة الحية على أحد الآلتين الافتراضيتين .

على سبيل المثال إذا أرسلت VM1 حزمة بيانات إلى VM2، فإن برنامج تشغيل الشبكة الأمامية (Frontend) في VM1 يقوم أولاً بتشكيل مراجع جدول المنح (GR) ، والتي تشير إلى صفحة الذاكرة التي تحتوي على بيانات الحزمة في مخزن الذاكرة المشترك المؤقت ، ثم يقوم بإعلام برنامج تشغيل الشبكة الخلفية (Backend) في IDD من خلال قناة الحدث لجلب مرجع جدول المنح GR. بعد الحصول على GR ، يستخدم VMM واجهة (GNTTABOP_map) لتعيين صفحة الذاكرة المشار إليها بواسطة GR على ذاكرته الخاصة، و وضع البيانات في بنية sk_buf ، بحيث يمكن معالجة هذه البيانات بواسطة مكدس الشبكة .

ويقوم بعد اكتشاف أن وجهة هذه الحزمة هي VM2 وهي مقيم مشارك، يحصل برنامج التشغيل الخلفي في VMM على GR من ذاكرة التخزين المشترك لـ VM2، يقوم بنسخ sk_buf في الذاكرة المشار إليها بواسطة GR الخاص بـ VM2 باستخدام واجهة GNTTABOP_copy ، وأخيراً يقوم بتبنيه الآلة الافتراضية VM2 من خلال قناة الحدث بوجود حزمة بيانات يجب استلامها [10].



الشكل (6) بنية شبكة XEN

باختصار إن نقل حزم البيانات بين المرسل و المستقبل سيمر عبر مسار طويل مارا بـ VMM من جهة المرسل، ومن ثم مكس TCP/IP، ثم بـ VMM من جهة المستقبل ، على الرغم من أن المرسل و المستقبل متواجدان على نفس البيئة الفيزيائية . يتم عنونة جميع الحزم المنقولة من قبل ذاكرة المرسل و المستقبل مما يسبب تغيرات كبيرة في الذاكرة، و الذي يسبب أعباء إضافية أثناء تطبيق الهجرة الحية، حيث أن الذاكرة المستخدمة لنقل و إرسال البيانات هي ذاكرة افتراضية يشكلها مدير الآلة الافتراضية، لذلك كان لا بد من إيجاد بروتوكول أو نموذج اتصال جديد يتجاوز اتصال TCP/IP التقليدي، و يحقق الاتصال بين الآلات الافتراضية الموجودة على نفس المضيف (CO-resident VM) دون تدخل مدير الآلة الافتراضية VMM عبر جسر الاتصال IDD. وكان من أهم هذه النماذج النموذج المعتمد على الذاكرة المشتركة لتحسين الاتصال بين الآلات الافتراضية الموجودة على نفس المضيف، وهو ما سنتكلم عنه في الفقرات التالية.

9- بروتوكول الاتصال XENVMC:

بروتوكول اتصال شبكي يعالج الاتصال بين الآلات الافتراضية ، يتميز بالشفافية و القدرة على إدراك مكان تواجد الآلات الافتراضية المتصلة مع بعضها ، هل هي على نفس المضيف (Hypervisor) أو على مضيفين مختلفين. يقوم البروتوكول XENVMC بتسريع الاتصال بين الآلات الافتراضية من خلال تخطي مسار النقل التقليدي بين Linux DomuS ، و استخدام منهج الذاكرة المشتركة لتأسيس الاتصال بين الآلات الافتراضية المتصلة و الموجودة على نفس المضيف المادي، حيث تم تصميم XENVMC وفق بحيث يحقق المبادئ التالية [11]:

- الأداء العالي High Performance :

يعيد XENVMC توجيه طلبات الشبكة على مستوى مدير الآلة الافتراضية إلى قنوات الذاكرة المشتركة ، مما يقود إلى مسارات اتصال أقصر وتبديلات أقل بين VMs و VMM ، ويظهر التقييم أن XENVMC يحسن إنتاجية الشبكة حتى حوالي 8 مرات مقارنةً بوضع netfront-netback الخاص بالبنية التحتية لشبكة XEN ، وذلك عند الاتصال بين الآلات الافتراضية الموجودة على نفس المضيف.

- شفافية متعددة المستويات :

يمكن استخدام XENVMC دون إجراء أي تعديل على XEN أو نواة LINUX ، أو حتى على التطبيقات التي تعمل على الآلة الافتراضية.

1-9 وحدة نواة XENVMC [12]:

تحتوي وحدة نواة XENVMC على ست وحدات فرعية كما هو موضح في

الشكل (7) و هي :

- مدير الاتصال (Connection Manager): مسؤول عن إنشاء أو إلغاء الاتصالات القائمة على الذاكرة المشتركة بين نظيرين من الآلات الافتراضي، و

يقوم بترميز كل اتصال من خلال الزوج (ip/domID,port) ليتم الوصول إليه لاحقاً.

- **مدير النقل (Data Transfer Manager):** مسؤول عن إرسال البيانات واستلامها ، و يدعم كلا من وضع الحظر و فك الحظر عبر المخزن المؤقت .FIFO

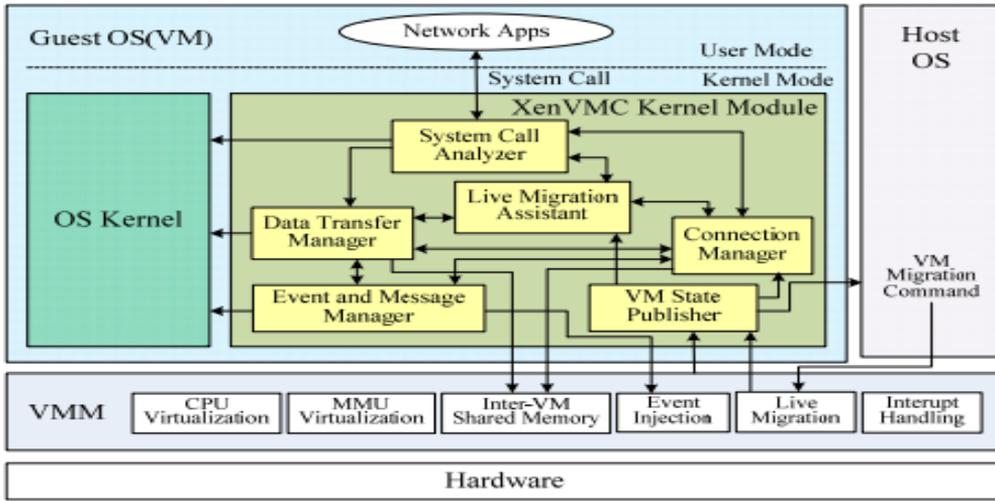
- **مدير الأحداث والرسائل (Event And Message Manager):** يتعامل مع إشعارات التنبيه المتعلقة بنقل البيانات بين المرسل والمستقبل، بحيث يتم تنفيذ آلية الإشعارات و الرسائل بين الأجهزة الافتراضية عبر حدود الأجهزة المادية .

- **محلل استدعاءات النظام (System Call Analyzer):** اعتراض استدعاءات النظام بشكل شفاف. يعترض استدعاءات النظام ذات الصلة ويحللها. إذا تم تحديد اتصال بين آلات افتراضية مقيمة مشتركة co-resident VMs، فإنه يتجاوز مسارات TCP/IP التقليدية.

- **ناشر حالة الآلة الافتراضية (Vm State Publisher):** هو المسؤول عن الإعلان عن تعديل عضوية الإقامة المشتركة للآلات الافتراضية الموجودة على نفس المضيف .

- **مساعد الهجرة الحية (Live Migration Assistant):** يدعم التبديل الشفاف بين اتصال الوضع المحلي والبعيد للآلات الافتراضية .

لتحسين كفاءة الهجرة الحية للآلات الافتراضية المتصلة XENVMC تعديل بروتوكول الاتصال
والمشتركة في الاستضافة



الشكل (7) وحدة نواة XENVMC

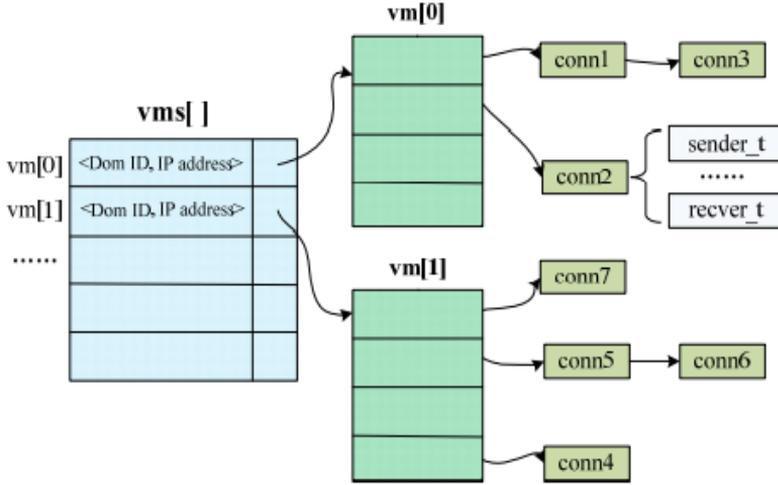
2-9 آلية عمل البروتوكول XENVMC :

1- تحديث معلومات الإقامة المشتركة للآلات الافتراضية المتصلة:

يستخدم البروتوكول XENVMC المصفوفة VMs[] للتحديث و الكشف التلقائي عن الآلات الافتراضية المشتركة في الاستضافة، بحيث تحتفظ كل آلة افتراضية بنسختها الخاصة من المصفوفة VMs[]. يبين الشكل (8) إن كل عنصر في المصفوفة VMs[] يمثل آلة افتراضية تعتبر مقيم مشترك على نفس المضيف يتم تحديده بشكل فريد من خلال الزوج (ip, domID) ، و يشير إلى جدول (Hash table) يحوي جميع اتصالات الآلات الافتراضية المشتركة في الاستضافة ، و التي لديها اتصال مع الآلة الافتراضية الحالية .

يتم تمثيل الاتصال في نظام XENVMC بواسطة السجل (conn_t) و الذي يتكون من مجموعة من الحقول و هي المنفذ المحلي (lport) و المنفذ البعيد (rport)، السجلين (sender_t) و (receiver_t). يحتوي السجل sender_t مؤشر يشير إلى الآلة الافتراضية المرسله، و قائمة بالعمليات التي

تنتظر كتابة البيانات ، كما يحتوي مؤشر يشير إلى الذاكرة الظاهرية المشتركة المخصصة لنقل البيانات . تشبه بنية السجل (receiver_t) بنية السجل السابق (sender_t). يتم ضبط جميع هذه العمليات من خلال البنية (Atomic_t) للسماح بالوصول المتوازي لعدد من المستخدمين [13] .



الشكل (8) مصفوفة الاتصال في البروتوكول XENVMC

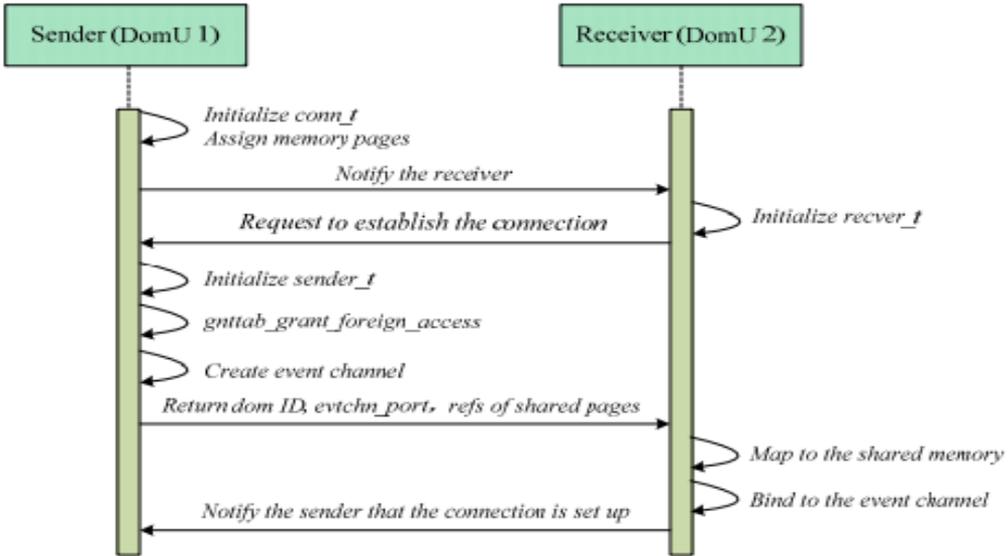
يتم تحديث المصفوفة VMS[] مباشرة عند إنشاء آلة افتراضية جديدة على نفس المضيف، أو عند ترحيل آلة افتراضية ، إلى المضيف الحالي، أو من المضيف الحالي إلى مضيف آخر، و يتم تبادل هذه التحديثات بين جميع الآلات الافتراضية الموجودة على نفس المضيف .

2- اعداد و إلغاء الاتصال المعتمد على منهج الذاكرة المشتركة [14] :

عندما تكتشف إحدى الآلات الافتراضية الخاصة بالمضيف أول حركة مرور للشبكة إلى آلة افتراضية مشتركة معها في الاستضافة، يتم تهيئة و إعداد اتصال الآلة الافتراضية المرسله وفق الخطوات التالية:

1- يتم تهيئة بنية الاتصال conn_t، و تعيين صفحات الذاكرة كمخزن مؤقت للبيانات و كتابة البيانات فيها.

- 2- يقوم المستلم بتهيئة نفسه عن طريق تهيئة البنية `recver_t` و يطلب من المرسل إنشاء الاتصال، مع إرفاق `domID`.
- 3- يقوم المرسل بتهيئة `sender_t` بطريقة مماثلة، ثم يتم تنشيط التابع `gnttab_grant_foreign_acc` الذي يوفره جدول منح XEN لمشاركة صفحات الذاكرة المخصصة مع المستقبل. والمرسل يستدعي `HYPERVISOR_event_channel_op` لإنشاء قناة الحدث.
- 4- يتم ارسال كل من معرف `domID` الخاص بالمرسل، و `evtchn_port`، و مؤشر إلى صفحات الذاكرة المشتركة من خلال مدير الرسائل و التنبيهات.
- 5- بعد تلقي هذه المعلومات من المستقبل، يرتبط المستقبل بـ `evtchn_port`، و هو منفذ الحدث الخاص بالمرسل، يقوم بتعيين صفحات الذاكرة المشتركة على مساحة العنوان الخاصة به، ويقرأ البيانات من الذاكرة المشتركة، ثم تنبيه المرسل بانتهاء إجراء إعداد الاتصال. الشكل (9) يوضح خطوات تهيئة الاتصال بين المرسل و المستقبل.



الشكل (9) تأسيس الاتصال في البروتوكول XENVMC

عندما يتم تنفيذ أمر الهجرة الحية على إحدى الآلات الافتراضية الضيف أو إيقاف تشغيلها أو إلغاء تثبيت نسخة نواة XENVMC، يتم تحرير الاتصال وفق الخطوات التالية :

1- يتم تحرير و هدم الذاكرة المشتركة الخاصة بجميع اتصالات الضيف، ويقوم ناشر الأحداث بتحديث معلومات الإقامة المشتركة عن طريق تحديث المصفوفة []VMS.

2- إيقاف إرسال البيانات وإخطار المستلم لبدء عملية الإلغاء.

3- إيقاف جميع اجرائيات المستقبل عن استقبال البيانات من خلال قفل البنية receiver_t بعد ذلك، يتم إلغاء تعيين صفحات الذاكرة المشتركة وإغلاق قناة الحدث، ثم يتم تحرير البنية recver_t.

4- يتم إغلاق قناة الحدث من قبل المرسل، حيث يتم تحرير صفحات الذاكرة المشتركة، و تحرير البنية Struct sender_t بعد هدم الاتصال.

5- يتم تحرير البنية conn_t، و تحديث []VMS على جميع الآلات الافتراضية المشتركة بالاستضافة.

3- خوارزمية إرسال و استقبال البيانات [15]:

يتم تنظيم إرسال و استقبال البيانات بين الآلات الافتراضية المشتركة بالاستضافة وفق قائمة انتظار دائرية FIFO، تبني هذه القائمة وفق جدول المنح الخاص بـ XEN. تم تطوير قنوات اتصال الذاكرة المشتركة بحيث يستطيع XENVMC استقبال البيانات بشكل متزامن مع النوى المتعددة [15].

إن إرسال و استقبال البيانات وفق خوارزمية XENVMC يتم وفق المراحل التالية:

- إرسال بيانات :

- 1- يتم التأكد من أن المرسل و المستقبل على نفس المضيف.
- 2- يتم البحث في المصفوفة [VMS] في حال عدم وجود قناة اتصال محلية للمرسل، يقوم مدير نقل البيانات باستدعاء مدير الاتصال لتهيئة بنية conn_t، و إدراجها في المصفوفة [VMS].
- 3- إذا كانت المساحة غير المستخدمة في المخزن المؤقت FIFO كافية لإرسال البيانات، يقوم المرسل بنسخ البيانات إلى المخزن المؤقت FIFO، و يبلغ المستقبل عبر قناة الحدث بأن البيانات جاهزة ليتم استقبالها، و إلا يدخل المرسل في مرحلة انتظار وفق نمط القفل I/O mode، و ينتظر حتى يقوم المستقبل بنسخ البيانات من المخزن المؤقت و يقوم بتبنيه المرسل بذلك.
- 4- يتم تحديث Struct sender_t لتمييز المساحة المتاحة في المخزن المؤقت FIFO.
- 5- إذا تم تنفيذ أمر الهجرة الحية على الآلة الافتراضية المرسل أو إيقافها وفق أي مرحلة من المراحل السابقة، سيتم مباشرة إلغاء الاتصال و حذف الآلة الافتراضية من الاستضافة، و تحديث المصفوفة [VMS] و يتم إرسال البيانات و فق النمط TCP/IP.

- استقبال البيانات :

- 1- يتم البحث في المصفوفة [VMS]، في حال عدم وجود قناة اتصال محلية، يتم تهيئة conn_t و إدراجها في المصفوفة [VMS].
- 2- يحدد المستقبل ما إذا كانت هناك بيانات كافية جاهزة في المخزن المؤقت (FIFO) للقراءة . إذا كانت الإجابة بنعم ، فإنه ينسخ البيانات من المخزن المؤقت و يقوم بإعلام المرسل باستلام البيانات، و إلا في حال دخول المرسل في نمط قفل I/O، ينتظر المستقبل ملف المرسل لنسخ البيانات إلى المخزن المؤقت قبل القراءة، و عندما يقوم المرسل بتبنيه المستقبل بانتهاء عملية الإرسال ، يقوم المستقبل بنسخ البيانات من المخزن المؤقت.
- 3- يتم تحديث بنية recver_t لتسجيل البيانات المستلمة.

4- إذا تم تنفيذ أمر الهجرة الحية على الآلة الافتراضية المستقبلة أو إيقافها وفق أي مرحلة من المراحل السابقة ، سيتم مباشرة إلغاء الاتصال و حذف الآلة الافتراضية من الاستضافة، و تحديث المصفوفة [VMS] و يتم استقبال البيانات و فق النمط TCP/IP.

10- تعديل خوارزمية إرسال و استقبال البيانات في بروتوكول الاتصال XENVMC:

قمنا باستخدام منهج الذاكرة المشتركة لنقل و تبادل البيانات بين الآلات الافتراضية المتصلة و المشتركة بالاستضافة، و ذلك بهدف تحسين كفاءة الهجرة الحية، من خلال حصر التغير الكبير في الذاكرة الناتج عن عمليات تبادل البيانات بين الآلات الافتراضية أثناء عملية الترحيل، حيث أن جميع هذه التغيرات تكون على ذاكرة الاتصال المشتركة، و هي ذاكرة لا يتم إرسالها إلى المضيف الهدف أثناء تنفيذ الهجرة الحية، مما يقلل بشكل كبير إرسال الصفحات المتغيرة في كل دور من أدوار خوارزمية Pre-copy. قمنا ببناء النموذج المقترح و الذي أطلقنا عليه Advance-XENVMC من خلال تعديل خوارزمية الإرسال و الاستقبال في بروتوكول الاتصال XENVMC، حيث تم تعديل الخوارزمية وفق التالي:

• لإرسال البيانات

يتم إرسال البيانات وفق ثلاثة أطوار :

- **الطور الأول:** إذا كان المرسل و المستقبل على نفس المضيف، يتم الانتقال إلى المرحلة الثانية، و إلا يتم إرسال و البيانات عبر النموذج TCP/IP.
- **الطور الثاني:** قمنا بكتابة التابع **keep-con-with -migration** و الذي يقوم بالمهام التالية:

1- في أي مرحلة من مراحل الطور الثاني، إذا تم تلقي استدعاء **callback** من مدير الآلات الافتراضية لترحيل الآلة الافتراضية المرسل، يتم تنفيذ أمر الترحيل دون قطع الاتصال و يستمر تنفيذ مراحل الطور الثاني.

2- يتم البحث في المصفوفة []VMS في حال عدم وجود قناة اتصال محلية للمرسل، يقوم مدير نقل البيانات باستدعاء مدير الاتصال لتهيئة بنية conn_t، و إدراجها في المصفوفة []VMS .

3- إذا كانت المساحة غير المستخدمة في المخزن المؤقت FIFO كافية لإرسال البيانات، يقوم المرسل بنسخ البيانات إلى المخزن المؤقت FIFO، و يبلغ المستقبل عبر قناة الحدث بجاهزية البيانات للاستقبال، و إلا يدخل المرسل في مرحلة انتظار وفق نمط القفل I/O mode، و ينتظر حتى يقوم المستقبل بنسخ البيانات من المخزن المؤقت و يقوم بتبنيه المرسل بذلك.

4- يتم تحديث Struct sender_t لتمييز المساحة المتاحة في المخزن المؤقت FIFO.

5- إذا تم تلقي تنبيه بانتهاء عملية الترحيل في أي خطوة من خطوات الطور الثاني، يتم استدعاء التابع finish_mig، و الانتقال إلى الطور الثالث.

- الطور الثالث: قمنا بتنفيذ مراحل هذا الطور من خلال كتابة التابع Finish_mig، و الذي يقوم بالاختبار التالي:

○ إذا انتهت عملية إرسال البيانات، يتم حذف اتصالات و بيانات الآلة الافتراضية من جميع مصفوفات []VMS، وإلغاء عضويتها المشتركة على نفس المضيف .

○ إذا لم تنتهي عملية إرسال البيانات ، يتم إتمام نقل البيانات من خلال نموذج الاتصال TCP/IP التقليدي، و يتم حذف اتصالات و بيانات الآلة الافتراضية من جميع مصفوفات []VMS ، وإلغاء عضويتها المشتركة على نفس المضيف .

• ثانياً: لاستقبال البيانات

يتم استلام البيانات أيضاً وفق ثلاثة أطوار:

الطور الأول: إذا كان المرسل و المستقبل على نفس المضيف، يتم الانتقال إلى المرحلة الثانية، و إلا يتم استقبال البيانات عبر النموذج TCP/IP.

- **الطور الثاني:** يتم استدعاء التابع **keep-con-with -migration** و الذي يقوم بالمهام التالية :

1- في أي مرحلة من مراحل الطور الثاني إذا تم تلقي استدعاء **callback** من مدير الآلة الافتراضية لترحيل الآلة الافتراضية المستقبل، يتم تنفيذ أمر الترحيل دون قطع الاتصال و يستمر تنفيذ مراحل الطور الثاني.

2- يتم البحث في المصفوفة **VMS[]**، في حال عدم وجود قناة اتصال محلية ، يتم تهيئة **conn_t** وإدراجها في المصفوفة **VMS[]**.

3- يحدد المستقبل في ما إذا كانت هناك بيانات كافية جاهزة في المخزن المؤقت (FIFO) للقراءة. إذا كانت الإجابة نعم، فإنه ينسخ البيانات من المخزن المؤقت، و يقوم بإعلام المرسل باستلام البيانات، و إلا في حال دخول المرسل في نمط قفل I/O، ينتظر المستقبل ملف المرسل لنسخ البيانات إلى المخزن المؤقت قبل القراءة، و عندما يقوم المرسل بتبنيه المستقبل بانتهاء عملية الإرسال، يقوم المستقبل بنسخ البيانات من المخزن المؤقت.

4- يتم تحديث بنية **recver_t** لتسجيل البيانات المستلمة.

5- إذا تم تلقي تنبيه بانتهاء عملية الترحيل في أي خطوة من خطوات
الطور الثاني، يتم استدعاء التابع `finish_mig`، و الانتقال الى
الطور الثالث .

- الطور الثالث : يقوم التابع `Finish_mig` بتنفيذ الاختبار التالي :

- إذا انتهت عملية استقبال البيانات، يتم حذف اتصالات و بيانات الآلة الافتراضية من جميع مصفوفات `VMS[]`، وإلغاء عضويتها المشتركة على نفس المضيف.
- إذا لم تنتهي عملية استقبال البيانات، يتم إتمام نقل البيانات من خلال نموذج الاتصال TCP/IP التقليدي، و يتم حذف اتصالات و بيانات الآلة الافتراضية من جميع مصفوفات `VMS[]`، وإلغاء عضويتها المشتركة على نفس المضيف.

11- النتائج و المناقشة :

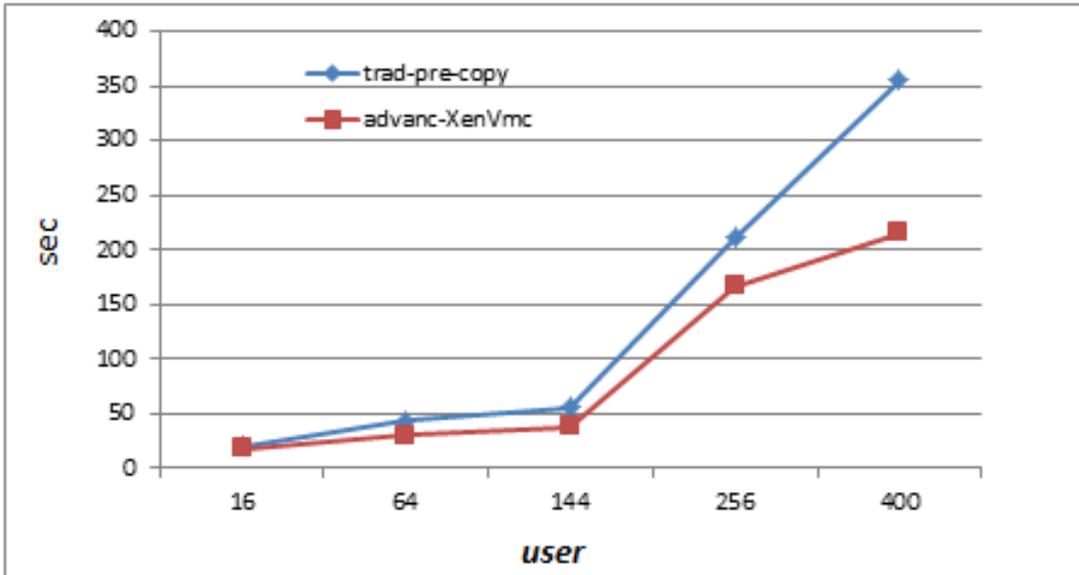
قمنا بإجراء سيناريوهات مختلفة بحيث يتم زيادة الحمل من خلال زيادة عدد الطلبات و زيادة حجم الملف المرسل، و تم حساب الزمن الكلي للهجرة الحية في كل سيناريو في حال تم تطبيق نموذجنا المقترح و مقارنة النتائج في حال تطبيق خوارزمية `pre-copy` فقط لتنفيذ أمر الهجرة الحية.

1- الاختبار الأول قمنا بتغيير عدد الطلبات من خلال تغيير قيمة `n` في البرنامج `Mclient` و تثبيت حجم الملف `1 MB` وفق الجدول (1):

الجدول (1) عدد الزبائن و حجم الملف المرسل

n	4	8	12	16	20
user	16	64	144	256	400
Filesize/mb	1	1	1	1	1

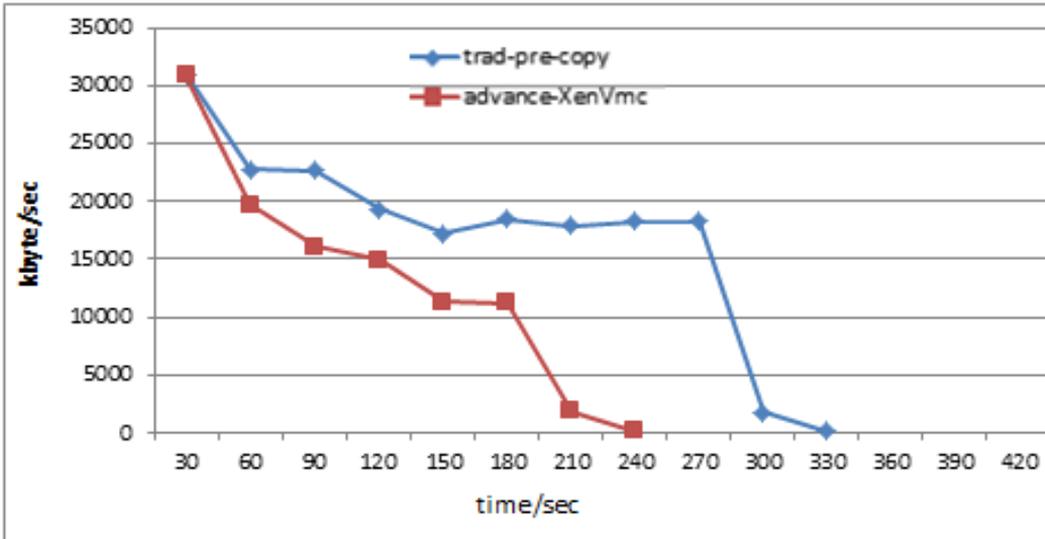
- الشكل (10) يبين الزمن الكلي للهجرة الحية، حيث يمثل المحور الأفقي عدد الـ User و المحور العمودي الزمن بالثانية . تم حساب الزمن الكلي للهجرة الحية أثناء تطبيق الهجرة الحية على الآلة الافتراضية VM1 من لحظة تنفيذ الأمر و حتى تشغيل البيئة الافتراضية على المخدم الهدف ، حيث تم الحصول على هذه القيم من خلال الأداة Xenmotion.
- تظهر النتائج بأن نموذجنا المقترح قد حسن الزمن الكلي للهجرة الحية بشكل ملحوظ ، و يظهر ذلك واضحاً كلما ازداد عدد الطلبات حيث قد تصل نسبة التحسين إلى 50 بالمئة، يعود السبب في ذلك إلى كون النموذج المقترح يقلل من التغيرات الإضافية في الذاكرة نتيجة الاتصال بين الآلة الافتراضية vm1 و الآلة VM2 أثناء تنفيذ أمر الهجرة الحية، حيث تنحصر هذه التغيرات على الذاكرة المشتركة الموجودة على نفس المضيف، و لا يتم تكرار نقلها إلى الهدف أثناء ترحيل الآلة الافتراضية كما يحدث في حال استخدام خوارزمية pre-copy فقط.



الشكل (10) الزمن الكلي للهجرة الحية عند إرسال ملف بحجم 1 MB

- بالنسبة لحجم البيانات المنقولة عبر الشبكة إن الشكل (11) يبين أن استخدام النموذج المقترح قد قلل صفحات الذاكرة المنقولة عبر الشبكة أثناء ترحيل الآلة الافتراضية، و الذي أدى إلى تقليل overhead بشكل واضح. يمثل المحور الأفقي زمن تنفيذ التجربة، بحيث يقوم محلل الأداء NMON بأخذ المتوسط الحسابي للبيانات المنقولة عبر الشبكة كل 30 ثانية، و المحور العمودي يمثل حجم البيانات المنقولة خلال عملية ترحيل الآلة الافتراضية.

نلاحظ من الشكل (11) أن حجم نقل البيانات في البداية كان في ذروته في كلا المخططين، و يعود السبب في ذلك أن خوارزمية pre-copy تقوم في الدور الأول في كلا النموذجين بإرسال كامل الذاكرة إلى مكان الترحيل . كما نلاحظ انتهاء عملية الترحيل و توقف نقل البيانات في النموذج المقترح عند الزمن 245 ثانية في حال استمر نقل و تبادل البيانات في النموذج الأساسي إلى الفترة الزمنية 350 ثانية.



الشكل (11) حجم صفحات الذاكرة المنقولة عبر الشبكة أثناء تنفيذ الهجرة الحية

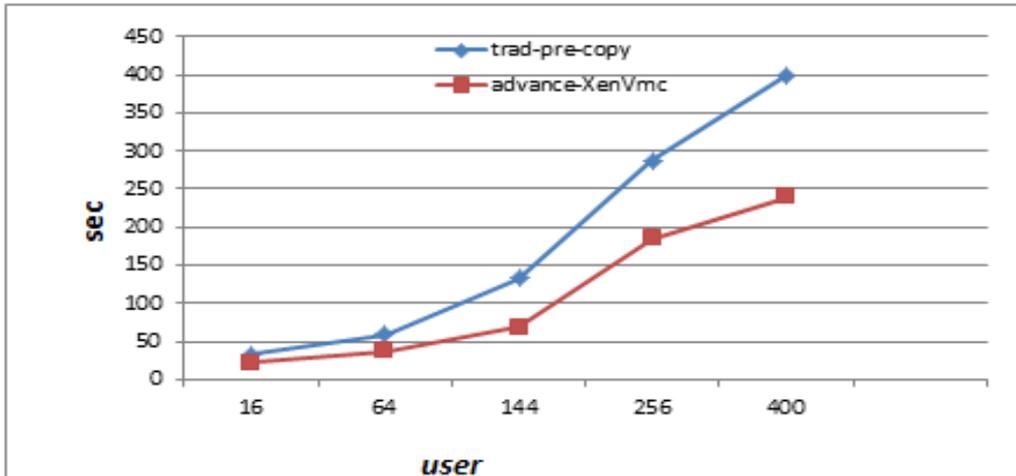
1- الاختبار الثاني: قمنا بتغيير عدد الطلبات و تثبيت حجم الملف 3 MB

كما يبين الجدول (2):

2- الجدول (2) عدد الزبائن و حجم الملف المرسل

20	16	12	8	4	n
400	256	144	64	16	user
3	3	3	3	3	Filesize/mb

الشكل (12) يبين أن زيادة حجم الملف قد زاد الحمل على الشبكة و زاد من الزمن الكلي للهجرة الحية في كلا النموذجين. تظهر النتائج أن نموذجنا المقترح قد حسن الزمن الكلي للهجرة الحية بشكل ملحوظ و يظهر ذلك واضحا كلما ازداد عدد الطلبات.



الشكل (12) الزمن الكلي للهجرة الحية أثناء إرسال ملف بحجم 3 MB

الخلاصة :

قدمنا في بحثنا هذا نموذج يعتمد على منهج الذاكرة المشتركة لتحسين و تسريع الاتصال بين الآلات الافتراضية المتصلة و المشتركة في الاستضافة، مما يؤثر إيجاباً بتحسين الزمن الكلي للهجرة الحية أثناء ترحيل الآلات الافتراضية المتصلة و المشتركة في الاستضافة و ذلك لسببين:

- أولاً: سرعة تبادل البيانات بين المرسل و المستقبل سيؤدي إلى سرعة في تنفيذ التطبيقات التي تعمل على الآلة الافتراضية التي يتم ترحيلها.
 - ثانياً: تقليل التغيرات الكبيرة في الذاكرة و الناتجة عن الاتصال بين الآلة الافتراضية التي يتم ترحيلها و الآلات الأخرى الموجودة على نفس المضيف مما يقلل بشكل كبير إرسال صفحات الذاكرة في كل دور من أدوار خوارزمية النسخ المسبق.
 - تظهر النتائج أن النموذج المقترح (Advance-XENVMC) قد حسن الزمن الكلي للهجرة الحية بشكل ملحوظ و يظهر ذلك واضحاً كلما ازداد عدد الطلبات ، حيث تصل نسبة التحسين إلى 50 بالمئة في حال ازدياد الحمل الناتج عن الاتصال بشكل كبير.
 - حسن النموذج المقترح من استهلاك الشبكة أثناء تطبيق الهجرة الحية.
- من المتوقع أن نحصل على نتائج أفضل في حال تم دمج النموذج المقترح مع خوارزميات الهجرة الحية التي تقوم بإرسال الصفحات التي تتغير بشكل قليل في الدور الحالي و الصفحات المتغيرة بشكل كبير يتم تأجيل إرسالها إلى الدور الأخير، و هذا ما سنقوم بتنفيذه مستقبلاً .

المراجع: References:

- [1] VIRENDRA TIWARI, DR.AKHILESH A.WAOO, BALENDRA GARG, ASSISTANT PROFESSOR, ASSOCIATE PROFESSOR ,ASSISTANT PROFESSOR,2020- **Study On Virtualization Technology And Its Importance In Cloud Computing Environment.** International Journal of Creative Research Thoughts ; Volume 8, ISSN: 2320-2882 .
- [2] PRATEEK JAIN, 2021- **Optimized Pre-Copy Live Virtual Machine Migration for Memory-Intensive Workloads.** National College of Ireland.
- [3] JANNARM AND T. KAEWKIRIYA, 2016- **Framework of Dynamic Resource Allocation System for Virtual Machine in Virtualization System.** International Journal of Computer Theory and Engineering, Vol. 8, No. 4.
- [4] EZHILARASIE,RAJAPACKIYAM,ARVIND VENKATESA SUBRAMANIAN, UMAMAKESWARI ARUMUGAM, 2020- **Live Migration of Virtual Machines using Mirroring Technique.** Journal of Computer Science; DOI: <https://doi.org/10.3844/jcssp.2020.543.550>, Volume 16, 543-550.
- [5] MOHAMED ESAM ELSAID, HAZEM M. ABBAS ,CHRISTOPH MEINEL, 2021- **Virtual machines Pre-copy live migration cost modeling and prediction: a survey.** Distributed and Parallel Databases; <https://doi.org/10.1007/s10619-021-07387-2>.
- [6] SANGEETA SHARMA, AND MEENU CHAWLA, 2016- **A three phase optimization method for precopy based VM live migration.** Sharma and Chawla SpringerPlus 5:1022 DOI 10.1186/s40064-016-2642-2.
- [7] AHMAD SAKER AHMAD ,HAIDER KHALIL,2018- **Improve the total migration time of live migration in virtualization data centers.** Tishreen University Journal, k,ISSN:2079-3081,vol.39.

- [8] G. SUNITHA REKHA, 2018- **A Study On Virtualization And Virtual Machines**. International Journal of Engineering Science Invention (IJESI), Volume 7 Issue 5 Ver. III .
- [9] Dr.KASSEM KABALAN ,HAIDER KHALIL,2017- **Performance evaluation of virtual machine manager by using DRBD as a shared storage of virtual disk**. ISSN: 2079-3081,vol.39.
- [10] YI REN, QI ZHANG,JIANBO GUAN, JINZHU KONG, HUADONG DAI, and LISONG SHAO, 2016 - **Shared-Memory Optimizations for Inter Virtual Machine Communication**. ACM Computing Surveys, Volume 48, No: 49.
- [11] QI ZHANG, LING LIU, YI REN, KISUNG LEE, YUZHE TANG, XU ZHAO, YANG ZHOU, 2013- **Residency Aware Inter-VM Communication in Virtualized Cloud: Performance Measurement and Analysis**. IEE ,DOI: 10.1109/CLOUD.2013.116.
- [12] YI REN,LIU RENSHI,YOU ZIQI(ZIVE), 2016- **XENVMC - A Residency Aware Transparent Inter-VM Network Communication Accelerator**. XENVMC Group of NUDT.
- [13] YI REN, LING LIU, XIAOJIAN LIU, JINZHU KONG, HUADONG DAI, QINGBO WU1, YUA, 2013- **A Fast and Transparent Communication Protocol for Co-Resident Virtual Machines**. IEE, ISBN:978-1-4673-2740-4.
- [14] YI REN, RENSHI LIU, QI ZHANG, JIANBO GUAN, ZIQI YOU, YUSONG TAN, QINGBO WU, 2020- **An Efficient and Transparent Approach for Adaptive Intra-and Inter-Node Virtual Machine Communication in Virtualized Clouds**. IEEE, DOI 10.1109/ICPADS47876.
- [15] YOU ZI-QI, REN YI, LIU REN-SHI, GUAN JIAN-BO AND LIU LI-PENG, 2018- **Optimization of Co-resident Inter-VM Communication Accelerator XENVMC Based on Multi-core**. Computer Science, Vol. 45 , Issue (3): 102 107.doi: 10.11896/j.issn.1002-137X.2018.03.017.

دراسة تأثير نوع قطب اللحام على مقاومة شد ملحومات الفولاذ السبائكي العالي المقاومة

الباحث: م . باسم محسن عمار

قسم هندسة المواد التطبيقية في كلية الهندسة التقنية في جامعة طرطوس

الملخص:

أستحدث الفولاذ السبائكي بعد أن أصبح الفولاذ الكربوني لا يفي بمتطلبات الصناعة الهندسية، فلا يمكن الحصول من الفولاذ الكربوني على مقاومة شد أعلى من (700MPa)، إذا ما أريد الاحتفاظ بمتانة ومطيلية مقبولتين في الوقت نفسه. كما انه معرض لظاهرة تأثير الكتلة (mass effect). إضافة إلى مقاومته الضعيفة للتآكل والتأكسد وغيرها.

ويدخل الفولاذ السبائكي السبائك في صناعة الكثير من أجزاء المعدات الهندسية الثقيلة والقوالب والمعدات الزراعية وغيرها. والتي قد تتعرض للفشل أثناء الخدمة، مما قد يستوجب إعادتها إلى العمل، القيام بتصليحها أو صيانتها بإحدى طرق اللحام المتوفرة. وتتحدد قابلية لحام الفولاذ من خلال تحسسه للتشققات، والتي يمكن الحد منها بعدة طرق غالباً ما تكون مكلفة وصعبة التطبيق، بل قد يتعذر تطبيقها أحياناً. ولعل التحكم باختيار نوع قطب اللحام المستخدم، هي من أسهل الطرق تطبيقاً وأقلها كلفة.

وقد تم لحام الفولاذ السبائكي السبائك العالي المقاومة بطريقة القوس المعدني اليدوي (MMA)، باستخدام مجموعة من أقطاب اللحام المتفاوتة في تركيبها الكيميائي وفي أسعارها أيضاً، واختبار تأثيرها على مقاومة الشد.

وقد بينت النتائج ارتفاع قيمة مقاومة الشد وكفاءة وصلة اللحام، عند استخدام أقطاب اللحام المحتوية أغلفتها على نسبة عالية من مسحوق الحديد والمنخفض الهيدروجين. حيث بلغت مقاومة الشد (484MPa) وكفاءة وصلة اللحام (56.9%)، عند استخدام قطب اللحام (OK 48.04). وارتفعت مقاومة الشد إلى (720MPa) وكفاءة وصلة اللحام إلى (84.7%)، عند استخدام القطب (OK 76.18). كما بلغت كفاءة وصلة اللحام عند استخدام القطب (OK 63.34) (72%). في حين لم تتجاوز (24.2%) عند استخدام قطب اللحام الأرخص ثمناً (OK 46.00)، و (38.1%) عند استخدام القطب الأعلى ثمناً (OK 92.18).

Abstract

Alloy steel is used today instead of carbon steel for achieving of engineering industries requirements. Where in carbon steel, a tensile strength higher than (700MPa) with a suitable toughness and ductility, can't be obtained. It is also susceptible to "mass effect". In addition to its low resistance to corrosion and oxidation ...etc.

Low alloy steel is employed in fabrication many parts of heavy engineering industries, dies, agricultural equipment and so on, which may fail during service. Hence, they may need to repair with one of the available welding processes.

Weldability of steel relates to sensitivity to cracks, which can be prevented by much care and special procedure that often is cost and difficult in application. Even it may sometimes inapplicable. Perhaps, the suitable electrode choice for welding is the easiest application and the lowest costs.

The manual metal arc welding of low alloy high strength steel was done using some of electrodes which are different in their chemical composition and price. As well as test their effects on tensile strengths.

Results showed that the tensile strength and the weld joint efficiency increased when iron powder low hydrogen covering electrodes were used. The tensile strength was (484MPa) and the weld joint efficiency was (56.9%), when (OK 48.04) electrode was used. Also, the tensile strength increased to (720MPa) and the weld joint efficiency to (84.7%), when (OK 76.18) electrode was used. And the efficiency of weld joint when (OK 63.34) electrode was used, reached to (72%), whereas it didn't exceed (24.2%) when using the cheapest electrode (OK 46.00), and (38.1%) when using the most expensive electrode (OK 92.18).

مقدمة

تضاف عادة العديد من العناصر السبائكية إلى الفولاذ، وينسب متباينة، كالكروم والنيكل والفناديوم والمولبدنيوم والتتستن والكوبلت. كما تضاف عناصر المنغنيز والسليكون والفسفور والكبريت بنسب أكبر مما هي عليه في الفولاذ الكربوني. وذلك لزيادة المقاومة الميكانيكية والحرارية، ومقاومة التآكل، وتحسين قابلية الاصلاح وقابلية التشغيل والمطيلية... الخ [Khanna,1980].

ويكون الفولاذ السبائكي السبائك العالي المقاومة أقوى من الفولاذ الكربوني، إلا انه أكثر كلفة بقليل. ولهذا النوع من الفولاذ تطبيقات كثيرة جداً، فهو يدخل في صناعة التروس (gears) وأعمدة الدوران (spindles) والقضبان الرابطة (connecting rods) والأعمدة المرفقية (crankshafts) ومحاور العجلات (axles). ويدخل في صناعة النوابض (springs) والمحامل (bearings) والدرافيل (rollers). وفي صناعة القوالب (dies) والكثير من أجزاء المعدات الزراعية [Khanna,1980;Bailey,1985].

وقد تتعرض هذه الأجزاء إلى الفشل أثناء الخدمة، مما قد يتطلب إعادتها إلى العمل، القيام بتصليحها أو صيانتها بإحدى طرق اللحام المتوفرة.

وتعتمد قابلية لحام (weldability) الفولاذ السبائكي على التركيب الكيماوي (نسبة الكربون والعناصر السبائكية) وقابلية الاصلاح (hardenability). فمع زيادة نسبة الكربون والعناصر السبائكية، تزداد قابلية الاصلاح، وتزداد صعوبة لحام هذا الفولاذ، فتزداد الحاجة إلى العناية والحذر، وإلى استعمال أساليب خاصة للحامه، وذلك لتجنب حدوث تشققات اللحام (بنوعيهما الساخنة والباردة) في منطقة اللحام والمنطقة المتأثرة بحرارة اللحام (HAZ)، والتي تعتبر أكثر عيوب اللحام أهمية وخطورة، حيث تتحدد قابلية لحام الفولاذ من خلال تحسنه لهذه التشققات

[Khanna,1980;Lancaster,1987;Stuart,1997].

ويمكن منع أو تلافي حدوث تشققات اللحام بعدة طرق، كالتسخين الأولي (preheating) والتسخين اللاحق (postheating) وإجراء طريقة التبريد (buttering) والتحكم بمعدل التبريد (cooling rate) من خلال التحكم بحجم خرزة اللحام أو حوض اللحام وغيرها. ويعتبر في استخدام هذه الطرق خسارة بالوقت والجهد والمال، علاوة على

صعوبة تطبيقها. بل قد يتعذر تطبيقها أحياناً، حسب حجم الملحومة وشكلها ووضع اللحام (welding position)

[WTC,1983;Davies,1989;Marcheako,1983;Sacks,1981].

ويمكن الحد من تشققات اللحام أو التقليل منها بسهولة، وبكف أقل بكثير، عن طريق اختيار نوع قطب اللحام الملائم. وتوجد العشرات من أنواع أقطاب اللحام المصنعة خصيصاً للحام الفولاذ السبائكي العالي المقاومة، والمتفاوتة في التركيب الكيميائي لسلك اللحام وغلاف القطب، وفي أسعارها، تفاوتاً كبيراً. لذا تصبح دراستها واختيار المناسب منها، حسب نوع المعدن وسمكه ووضع اللحام وتيار اللحام المتوفر، أمراً ضرورياً [ESAB,2007;ESAB,2001;Oerlikon,2002;Stuart,1997].

فيمكن لحام المقاطع بسلك (6mm) أو أقل باستخدام قطب لحام مصنوع من

الفولاذ الطري

(mild steel) والحصول على مقاومة لوصلة اللحام مقارنة لمقاومة المعدن الأساس (base metal). والسبائك ذات المقاومة الأعلى تحتاج إلى معادن مألوفة بخواص ميكانيكية مماثلة للمعدن الأساس. كما يمكن التقليل من حدوث التشققات الباردة عند لحام الفولاذ السبائكي العالي المقاومة، باستعمال أقطاب منخفضة الهيدروجين (المصنوعة من الفولاذ الطري أو السبائكي) ومعدلات تيريد منخفضة [Khanna,1980].

يهدف البحث إلى دراسة تأثير استخدام مجموعة من أقطاب اللحام المتفاوتة في تركيبها الكيميائي وأسعارها، على مقاومة شد ملحومات من الفولاذ السبائكي العالي المقاومة. خاصة وإن اختبار الشد يعتبر أهم اختبارات اللحام الاتلافية على الإطلاق. فعلاوة على مقاومة الشد، يمكن من خلاله معرفة مقاومة خضوع ومعامل مرونة ومتانة الملحومات.

الجزء العملي

1. المعدن الأساس

يبين الجدول (1) التركيب الكيميائي للمعدن الأساس، حسب المواصفات الروسية (GOST)، المعتمدة في الشركة العامة للصناعات الميكانيكية / الإسكندرية، موقع تنفيذ البحث [(MH),1978;(MIR),1968].

الجدول (1) التركيب الكيميائي للمعدن الأساس

التركيب الكيميائي						شكل وأبعاد مقطع المادة الخام الأولية (ملدنة)(mm)	رمز الموصفة	المعدن الأساس
C%	Mn%	Si%	Cr%	Ni%	Mo%			
0.36- 0.44	0.5- 0.8	0.15- 0.3	0.6- 0.9	1.25- 1.75	0.15- 0.25	صفيحة معدنية (20*100)	40XHM	صلب واطئ السيانك عالي المقاومة

2. أقطاب اللحام

يبين الجدول (2) أقطاب اللحام المستخدمة كمعدن مالى، وبعض خواصها،

حسب المواصفات السويدية (OK)

[ESAB,2007;ESAB,2001;Oerlikon,2002].

الجدول (2) مواصفات أقطاب اللحام المستخدمة

نوع معدن السلك	نوع الغلاف	مقاومة شد معدن اللحام (MPa)	قطب اللحام
صلب طري	تيتانيا - بوتاسيوم	510	OK 46.00
صلب طري	مسحوق الحديد - منخفض الهيدروجين	560	OK 48.04
صلب واطئ السيانك 1.3%Cr, 0.5%Mo	مسحوق الحديد - منخفض الهيدروجين	620	OK 76.18
صلب مقاوم للصدأ اوستنايتي 19%Cr, 12%Ni, 2.8%Mo	----	600	OK 63.34
نيكل	----	300 عند لحم حديد الزهر	OK 92.18

3. لحام الفولاذ السبائكي العالي المقاومة

يبين الجدول (3) لحام الفولاذ السبائكي العالي المقاومة (الجدول 1) بالقوس الكهربائي المعدني اليدوي (MMA) باستخدام أقطاب لحام مختلفة (الجدول 2)، مع بعض متغيرات اللحام.

الجدول (3) لحام الفولاذ السبائكي السبائك العالي المقاومة مع بعض متغيرات اللحام

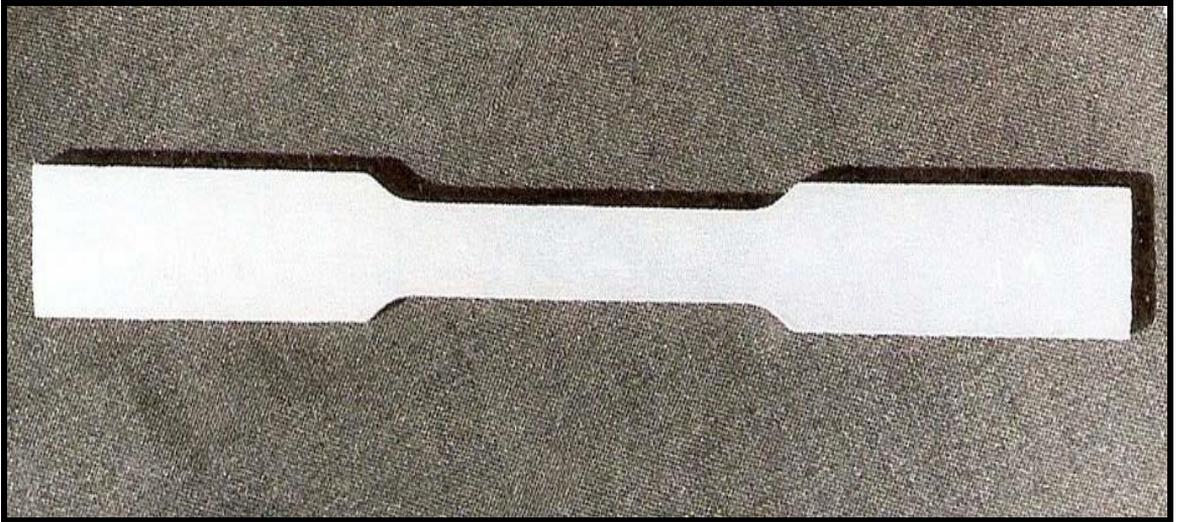
OK 92.18	OK 63.34	OK 76.18	OK 48.04	OK 46.00	اللحام باستخدام القطب
300 (2)	300 (2)	350 (2)	350 (2)	110 (1)	درجة حرارة وزمن إعادة تجفيف الأقطاب C°(hr)
120	130	130	140	125	مقدار تيار اللحام (A)
3.2					حجم قطب اللحام (القطر) (mm)
DCRP					نوع تيار اللحام

وقد تم أخذ الأمور التالية بنظر الاعتبار:

1. إزالة الصدأ من سطوح القطع المراد لحامها، وتنظيفها من الزيوت والدهون وزوائد التشغيل والشوائب الأخرى.
2. ضبط المسافة بين القطعتين المراد لحامهما بالقياس المطلوب (3.2mm).
3. ضبط قيمة تيار اللحام، حسب نوع القطب المستعمل وحجمه ووضع اللحام (الجدول 3)، وهو ضمن المدى الموصى به من قبل الشركات المصنعة لهذه الأقطاب.
4. ربط القطعتين المراد لحامهما من نهايتي وصلة اللحام، بنقاط لحام صغيرة، وبنفس نوع القطب المستعمل في اللحام. ثم إزالة الخبث الناتج عن هذه العملية.
5. لحام إحدى جهتي الوصلة وإزالة الخبث الناتج، ثم الجهة الأخرى بنفس الطريقة.

4. اختبار الشد

تم تصنيع ثلاث عينات شد من كل ملحومة، إضافة إلى ثلاث عينات من المعدن الأساس، حسب المواصفات الأمريكية للاختبارات (ASTM) [ASTM,1989]. ليكون مجموع العينات (18) عينة. والشكل (1) يبين إحدى هذه العينات، والتي تم اختبارها باستخدام جهاز اختبار الشد (موديل YMM20) في الشركة العامة للصناعات الميكانيكية / الإسكندرية. وأخذ معدل نتائج اختبار العينات الثلاث لكل ملحومة، ليمثل مقاومة شد تلك الملحومة.



الشكل (1) إحدى عينات اختبار الشد

النتائج والمناقشة

تم اختيار هذا النوع من الفولاذ، كونه احد أصعب أنواع الفولاذ السبائكي العالي المقاومة لحاماً، وذلك لارتفاع قابلية اصلاده، نتيجة لارتفاع نسب الكربون والعناصر السبائكية فيه نسبياً [Khanna,1980;Lancaster,1987]. والجدول (4) يبين نتائج اختبار الشد لمعلومات هذا الفولاذ.

الجدول (4) نتائج اختبار الشد

OK	OK	OK	OK	OK	اللحام باستخدام القطب
92.18	63.34	76.18	48.04	46.00	
324	612	720	484	206	مقاومة الشد (MPa)

وكان الكسر في جميع عينات الاختبار في منطقة اللحام، لذا فقيم مقاومة الشد في الجدول (4) تمثل قيم مقاومة شد معدن اللحام في هذه الملحومات. أما نتيجة اختبار الشد لعينات المعدن الأساس فكانت (850MPa).

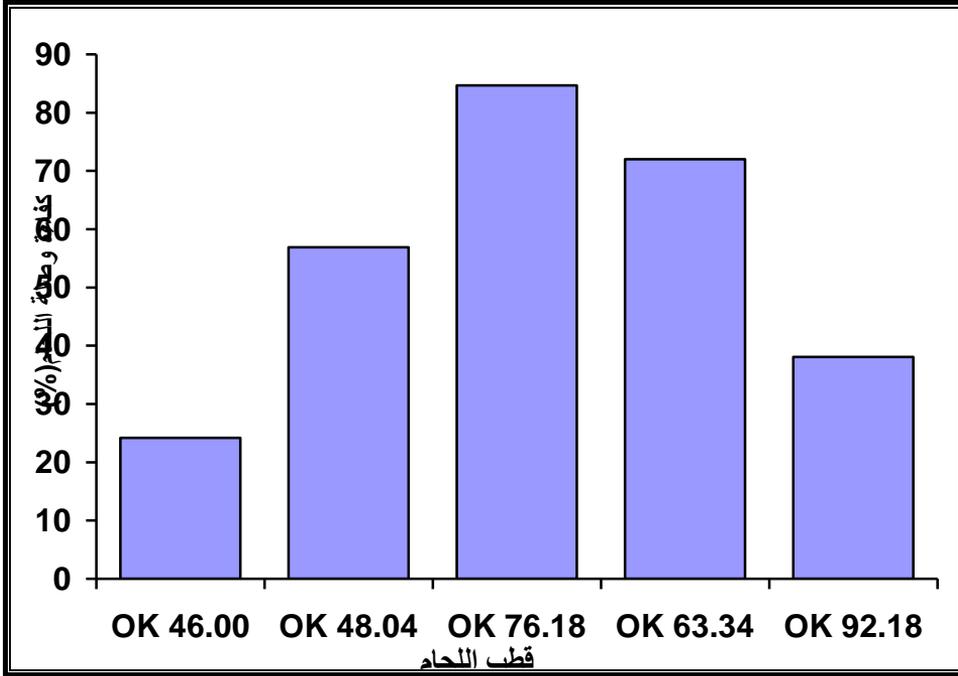
وبهذا يمكن حساب كفاءة وصلة اللحام لكل ملحومة من العلاقة التالية [Khanna,1980].

$$\text{كفاءة وصلة اللحام (\%)} = 100 \times \frac{\text{مقاومة شد معدن اللحام}}{\text{مقاومة شد المعدن الأساس}}$$

والجدول (5) والشكل (2) يبينان كفاءة وصلة اللحام لكل ملحومة

الجدول (5) كفاءة وصلة اللحام لكل ملحومة

OK	OK	OK	OK	OK	اللحام باستخدام القطب
92.18	63.34	76.18	48.04	46.00	
38.1	72	84.7	56.9	24.2	كفاءة وصلة اللحام (%)



الشكل (2) كفاءة وصلة اللحام لكل ملحومة

ويتضح من الجدول (4) ان مقاومة شد الملحومة الناتجة عن لحام الفولاذ السبائكي السبائك العالي المقاومة باستخدام قطب اللحام (OK46.00)، والتي تمثل مقاومة الشد الفعلية لمعدن اللحام، كانت (206MPa)، وهي أدنى من مقاومة شد معدن اللحام عند استخدام هذا القطب، والتي تبلغ (510MPa) (الجدول 2). كما يبين الجدول (5) والشكل (2) ان كفاءة وصلة اللحام لهذه الملحومة منخفضة ايضاً (24.2%). ويعود السبب في ذلك، إلى ان قطب اللحام (OK46.00) مصنّع خصيصاً للحام الفولاذ الطري، وليس للحام الفولاذ السبائكي العالي المقاومة، كونه قطب سليلوزي (عالي الهيدروجين)، مما يعرض ملحومات الفولاذ القابل للاصلاذ إلى تشققات اللحام بنوعها الساخنة والباردة، فيخفض بذلك من مقاومة شد الملحومات. إضافة الى تسببه في المسامية كونه عالي الهيدروجين [ESAB,2007;Stuart,1997;Gray,1982].

وقد تم استخدامه في البحث للمقارنة، كونه أرخص أقطاب اللحام ثمناً، وأكثرها شيوعاً وانتشاراً، لاحتواء غلافه على نسبة عالية من التيتانيا والبوتاسيوم (الجدول 2)، وهي من المواد التي تتأين بسهولة عندما تسخن بحرارة القوس الكهربائي، فتعمل على استقرارية القوس أثناء اللحام وسهولة إشعاله [ASM,1971].

ويتضح من الجدول (4) كذلك، ان مقاومة شد الملحومة الناتجة عن استخدام قطب اللحام (OK 48.04) كانت (484MPa)، وهي أدنى بقليل من مقاومة شد معدن اللحام عند استخدام هذا القطب، والتي تبلغ (560MPa) (الجدول 2). كما ان كفاءة وصلة اللحام لم تتجاوز (56.9%) (الجدول 5)، وذلك لان سلك قطب اللحام هو من الفولاذ الطري وليس من الفولاذ العالي المقاومة (الجدول 2). أما الارتفاع النسبي في قيمة مقاومة الشد، فكان بسبب احتواء غلاف القطب على نسبة عالية من مسحوق الحديد ومنخفض الهيدروجين أيضاً (الجدول 2). وهذه النسبة العالية من مسحوق الحديد (والتي قد تصل إلى 40%)، تزيد من معدلات الترسيب (deposition rates)، وتقلل من نسبة التخفيف (dilution ratio)، مما يجنب الملحومة التشققات الساخنة. إضافة إلى كونه منخفض الهيدروجين، مما يمنع حدوث التشققات الباردة، وكذلك المسامية في معدن اللحام.

كما ان معدن اللحام الناتج عن استخدام هذا القطب، يحتوي على ما يقارب (1.1%Mn)، والتي من شأنها أيضاً زيادة مقاومة معدن اللحام [Sacks,1981;Stuart,1997;Gray,1982;ESAB,2007].

أما عند استخدام قطب اللحام (OK 76.18)، فيتضح من خلال الجدول (4) ان مقاومة شد الملحومة قد ارتفعت قيمتها إلى (720MPa)، وهي أعلى من مقاومة شد معدن اللحام عند استخدام هذا القطب، وبالباغة (620MPa) (الجدول 2). كما يوضح الجدول (5) والشكل (2) ارتفاع كفاءة وصلة اللحام أيضاً إلى (84.7%). ويعود السبب في ذلك إلى احتواء غلاف هذا القطب (المخصص للحام الفولاذ السبائكي السبائك) على نسبة عالية من مسحوق الحديد ومنخفض الهيدروجين (الجدول 2)، والتي من شأنها ان تحد من تشققات اللحام بنوعها الساخنة والباردة، والمسامية كذلك (كما هو مذكور أعلاه).

بالإضافة إلى ان معدن اللحام الناتج عن استخدام هذا القطب يحتوي على (1.3%Cr, 0.5%Mo) (الجدول 2). وهذه العناصر السبائكية (كما هو معروف) تزيد من مقاومة شد معدن اللحام [ESAB,2007;Bailey,1985].

وعند استخدام قطب اللحام (OK 63.34)، المخصص للحام الفولاذ المقاوم للصدأ، كانت مقاومة الشد (612MPa)، وهي أعلى بقليل من مقاومة شد معدن اللحام (600MPa) (الجدول 2). وهذه المقاومة العالية نسبياً، كانت لان هذا القطب مصنوع من الفولاذ المقاوم للصدأ الاوستنايتي (الجدول 2). والاوستنايت بنية مطيلية، تزيد من مطيلية معدن اللحام وتقلل هشاشيته، فتحد بذلك من التشققات في معدن اللحام [ESAB,2007;ASM,1975].

أما قطب اللحام (OK 92.18)، فهو قطب نيكلي (سلك القطب من النيكل الخالص)، مخصص للحام حديد الزهر (الجدول 2)، وتصلح الأجزاء المكسورة منه، وربط الأجزاء المصنوعة من الفولاذ أو النحاس أو النيكل مع المسبوكات. ومعدن اللحام الناتج عن استخدام هذا القطب يحتوي على (Ni≥94%) [ESAB,2007;Oerlikon,2002]. مما يزيد من مطيلية معدن اللحام ويقلل هشاشيته إلى حد كبير، فيعمل بذلك على تلافي حصول التشققات في حديد الزهر.

أما عند استخدام هذا القطب في لحام الفولاذ السبائكي العالي المقاومة، فكانت مقاومة الشد (324MPa) (الجدول 4)، وكفاءة وصلة اللحام (38.1%) (الجدول 5). ويعود السبب في هذه النتائج المنخفضة نسبياً، إلى ان زيادة نسبة النيكل بهذا المقدار، يزيد من مطيلية معدن اللحام إلى حد كبير جداً، مما يؤدي إلى انخفاض مقاومة خضوع ومقاومة شد معدن اللحام. وقد اتضح ذلك في منطقة الكسر، حيث حصلت استطالة كبيرة جداً في منطقة اللحام قبل حدوث الكسر.

ومن الجدير بالذكر، ان أسعار أقطاب اللحام المستعملة في البحث تتزايد ابتداءً من قطب اللحام (OK 46.00) وصولاً إلى القطب الأعلى ثمناً (OK 92.18).

الاستنتاجات

1. قطب اللحام السليلوزي (العالي الهيدروجين) الشائع الاستخدام الرخيص الثمن (OK 46.00)، غير ملائم للحام الفولاذ السبائكي العالي المقاومة.
2. تزداد مقاومة شد معدن اللحام عند استخدام أقطاب اللحام المحتوية أغلفتها نسبة عالية من مسحوق الحديد والمنخفض الهيدروجين كالقطب (OK 48.04) والقطب (OK 76.18).
3. أعلى مقاومة شد من بين الأقطاب المستخدمة في البحث، كانت عند استخدام قطب اللحام المخصص للحام الفولاذ السبائكي (OK 76.18).
4. القطب النيكلية الباهض الثمن (OK 92.18)، غير ملائم للحام الفولاذ السبائكي العالي المقاومة.

المصادر

- "Metallurgy Handbook"(MH), Prom Import Raw Material, USSR, 1978.
- (MIR) Publishers, "Metallurgists Handbook" , Moscow, 2nd ed. 1968.
- ASM, Metals Handbook, (1971). "Welding and Brazing", 8th ed.
- ASM, Metals Handbook, (1975). "Failure Analysis and Prevention" , 18th ed.
- ASTM, (1989.). "Metals Test Method and Analytical Procedures" , vol . 03.01,
- Bailey, F.W.J. (1985). "Fundamentals of Engineering Metallurgy and Materials", 1985.
- Davies, A. (1989). "Science and Practice of Welding" .
- ESAB, (2001). "Welding Handbook Consumables for Manual and Automatic Welding", Sweden, 6th ed.
- ESAB, (2007). "Product Catalogue" , Sweden.
- Gray, T. G. F. (1982). "Rational Welding Design".
- Khanna, O.P. (1980) . "Welding Technology": A text Book for Engineering Students, Dhanpat Rai and Sons.
- Lancaster, J. (1987). "Metallurgy of Welding".
- Marcheako, A. (1983). "Metallurgical Processes in Arc Welding".
- Oerlikon, (2002). "Handbook of Welding Consumables" , COBISA GmbH Germany,.
- Sacks, R. (1981). "Welding: Principles and Practices".
- Stuart, W. G. (1997). "Advanced Welding".
- Welding Training Centre (WTC), (1983). "Metallurgical Processes of Arc Welding".

تصميم متحكم ذكي معتمد على التحفيز الدماغي لحل مشكلة فقدان الحزم في نظم التحكم في الزمن الحقيقي

طالب الدكتوراه : بشار انطونيوس موسى

هندسة التحكم الآلي والحواسيب - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية- جامعة البعث

الإشراف : المشرف الأساسي : د. بسيم عمران المشرف المشارك: د. جمانا دياب

ملخص البحث:

في أنظمة التحكم في الزمن الحقيقي، تعتبر الاتصالات فائقة الموثوقية وذات زمن الوصول المنخفض أمراً بالغ الأهمية للاتصال بين جهاز التحكم عن بعد وهدف التحكم الخاص به. إذ يمكن أن يؤدي تأخير الإرسال أو ضياع الحزمة إلى انخفاض الأداء فقدان الاستقرار. وهدفنا هو تحسين أداء عملية التحكم نتخلص فيه من الآثار السلبية لفقدان الحزم المرسل.

في هذه الورقة، تم تطبيق وحدة التحكم الذكية القائمة على التحفيز الدماغي (BELBIC)¹ للتغلب على التأثيرات السلبية لفقدان الرزم في شبكة التحكم في الزمن الحقيقي. إذ تم تصميم وحدة تحكم BELBIC بناءً على النموذج الحسابي لعملية التحفيز الدماغي في الجهاز الحوفي في دماغ الثدييات، وتم اختبار وحدة تحكم BELBIC تقليدية ووحدة تحكم PID تقليدية عند وجود ضياع بالرزم، ولكن كان النظام غير مستقر. تم تعديل وحدة تحكم BELBIC بوضع ذاكرة للحالات السابقة. وهذا أدى إلى استقرار النظام بسبب التغلب على مشكلة ضياع الرزم.

الكلمات المفتاحية: المتحكم الذكي القائم على التحفيز الدماغي، التحفيز الدماغي، التحكم الذكي، المتحكم التناسبي التكاملي التفاضلي، رباعية المحرك، نظم التحكم في الزمن الحقيقي، فقدان الحزم.

¹ Brain Emotional Learning Based Intelligent Controller (BELBIC)

Design of Brain Emotional Learning Based on Intelligent Controller to Solve Packets loss in Real Time Control Systems

Abstract:

In real time control systems, ultra-reliable and low-response time communication is critical for the connection between the remote controller and its control objective. Since both transmission delay and packet loss can lead to control performance loss. our goal is to optimize control performance, to overcome the adverse influences of

packet losses.

in this paper Brain Emotional Learning Based Intelligent Controller (BELBIC) is applied to overcome the adverse influences of stochastic packet losses encountered in network-based real time control. BELBIC controller is designed based on the computational model of emotional learning process in mammalian brain limbic system. We try to use BELBIC controller and PID controller when we have packet loss, but the system wasn't stable. then we modified BELBIC controller by adding memory to remember past states, so we get a stable system.

Keywords: BELBIC, Brain Emotional Learning, PID controller,

Intelligent Controller, quadcopter, real-time control systems, packet losing.

1- مقدمة:

يشار إلى أنظمة التحكم التي يتم التواصل فيها بين أجهزة الاستشعار وأجهزة التحكم والمشغلات ومكونات النظام الأخرى عبر الشبكة باسم أنظمة التحكم الشبكية² NCSs. يوفر استخدام شبكة الاتصالات مزايا كبيرة من حيث الموثوقية وتحسين استخدام الموارد وانخفاض الأسلاك وسهولة التشخيص والصيانة وإمكانية إعادة التشكيل. لذلك فقد أصبح نطاق تطبيقات NCS أكثر شمولاً، بما في ذلك مجالات الأنظمة الصناعية، والفضاء، وتصنيع الروبوتات، والاستشعار عن بعد التكنولوجي وما إلى ذلك [1-4]. إلى جانب التطور المتزايد لتكنولوجيا المعلومات، سيتم استخدام NCS في المزيد من المجالات في المستقبل [5-8]. ومع ذلك، فإن فقدان حزم البيانات الناجم عن الشبكة من شأنه أن يجعل أداء النظام يتدهور وقد يؤدي إلى عدم الاستقرار [9-12].

في أنظمة التحكم اللاسلكية في الزمن الحقيقي، يعد زمن الاتصال الموثوق والمنخفض الكلفة أمراً بالغ الأهمية للاتصال بين جهاز التحكم عن بعد المدمج مع قاعدة المحطة وهدف التحكم فيها (أي النظام) [13].

حظي استقرار محطات التحكم التي تستخدم شبكة اتصالات وتخضع لفقدان الرزم باهتمام كبير. في حالة الزمن المستمر، تم تصميم NCS كنظام ديناميكي غير متزامن مع قيود على الأحداث، حيث تم التعامل مع الشبكة على أنها مفتاح يغلق بمعدل معين يتوافق مع احتمال فقدان الرزمة [14]. وقد تبين هناك أن معدل أخذ العينات السريع بدرجة كافية يمكن أن يضمن استقرار النظام. في [15] نظر الباحثون في استقرار NCS القائم على النموذج، أي NCS مع نموذج إضافي يستخدم لتقدير حالة النظام بين أوقات الإرسال وتوليد إشارة تحكم.

في حالة الزمن المتقطع، عادة ما يتم نمذجة عملية إسقاط الحزمة لشبكة الاتصال إما على أنها عملية برنولي أو سلسلة ماركوف، وهي أكثر عمومية. تتمثل الطريقة الأولى في استخدام تسلسل توزيع احتمالية برنولي لوصف فقدان حزمة البيانات كمتغير

تصميم متحكم ذكي معتمد على التحفيز الدماغي لحل مشكلة فقدان الحزم في نظم التحكم في الزمن الحقيقي

عشوائي، والذي يأخذ قيمة من $\{0, 1\}$ [16-19]. تمت مناقشة استقرار محطة التحكم بالشبكة التي تتأثر قناة اتصالها بفقدان حزمة البيانات [16]، وتم استخدام متغير برنولي لنمذجة فقدان حزمة البيانات. تم أخذ التحكم في الوضع المنزلق على أساس مراقب NCS مع التكميم في الاعتبار [17]، حيث حدث فقدان حزمة البيانات عندما تم إرسال الخرج، وتم وضع مخطط تعويضي للتعامل مع تأثيرات فقدان حزمة البيانات النموذجية، التي تم التعامل معها على أنها عملية برنولي. تمت دراسة نهج H جديد لمحطة التحكم بالشبكة مع فقد متعدد لرزم البيانات [18]، وتم تطبيق نظام تحكم يحتوي على متغيرين من متغيرات برنولي لنمذجة NCS، والتي لا تحتوي فقط على فقدان حزمة بيانات القياس ولكن أيضًا فقدان التحكم في فقدان حزمة البيانات. تمت مناقشة مشكلة التحكم الخطي التريبيعي الغاوسي لمحطة التحكم بالشبكة مع فقدان حزمة البيانات [19]، حيث يُفترض أن فقدان حزمة البيانات لا يحدث فقط في القناة من المستشعر إلى وحدة التحكم ولكن أيضًا في القناة من وحدة تحكم إلى مشغل، تم وصف خسائر حزم البيانات في القنوات بواسطة عمليات برنولي العشوائية. ناقش يانغ وهان وحدة تحكم $H-\infty$ تم حلها عن طريق عدم مساواة المصفوفة الخطية بتكلفة منخفضة بشكل ملحوظ، ولكن نظام التحكم بأكمله كان معرض لخطر عدم الاستقرار نظرًا لأنه تم دراسة فقط الحالات المثلى، وترك أسوأ الحالات وحدها [20]. تم اقتراح تعديل نظام التحكم في التتبع اللاسلكي مع فقدان الحزمة بواسطة [21]. تم دراسة استراتيجية تحكم تستخدم عدم مساواة المصفوفة الخطية تجاه التأخير الزمني والتسرب العشوائي للحزمة من الشبكات في [22]

2- مشكلة البحث:

التأثيرات السلبية لفقدان الحزم في شبكة التحكم في الزمن الحقيقي ما يؤدي إلى فقدان الأداء في التحكم.

3- أهمية البحث:

تكمن أهمية هذا البحث في تحسين جودة الاتصال في شبكة التحكم في الزمن الحقيقي، الحصول على منظومة تحكم قادرة على التغلب على مشكلة فقدان الحزم من خلال متحكم مناسب.

4- الهدف من البحث:

يهدف هذا البحث إلى التغلب على مشكلة فقدان الحزم في شبكة التحكم في الزمن الحقيقي عن طريق تحسين المتحكمات الذكية المعتمدة على التحفيز الدماغي.

5- منهج البحث:

يعتمد البحث على المنهج التطبيقي من خلال محاكاة النظام المتحكم به والاضطرابات الخارجية التي يمكن أن يتعرض لها، والحصول على النتائج بعد تطبيق متحكم BELBIC على هذا النظام.

6- الدراسة:

6-1- نمذجة رباعية المحرك:

الخطوة الأولى قبل مرحلة التحكم هي النمذجة المناسبة لديناميكيات النظام. تسهل هذه المرحلة التحكم برباعية المحرك، لأنها توفر لنا فهماً أفضل لقدرات النظام والقيود عموماً.

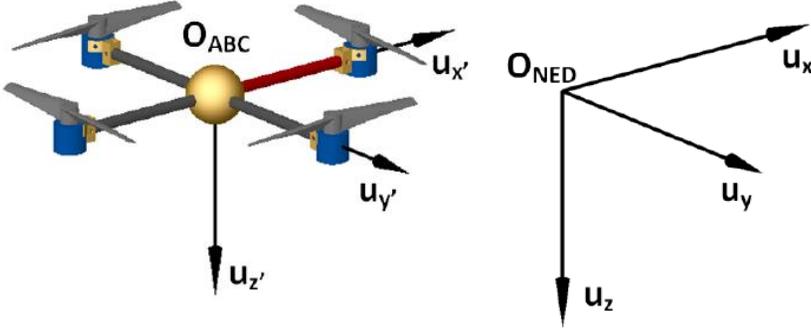
إن ديناميكيات رباعية المحرك معقدة، لذلك حتى نستطيع كتابة معادلات رباعية المحرك الديناميكية بشكل واضح يسهل علينا فهم النظام، فقد قمنا بتعريف اثنين من الأطر المرجعية، إطار ثابت وإطار محمول [24]. يتم تعيين الإطار الثابت أو إطار الأرض من خلال ONED (شمال شرق أسفل North-East-Down)، حيث يكون المحورين (U_X و U_Y) موجّهين مع الاتجاهات الشمالية والشرقية على التوالي، والمحور

تصميم متحكم ذكي معتمد على التحفيز الدماغي لحل مشكلة فقدان الحزم في نظم التحكم في الزمن الحقيقي

الثالث (U_z) موجه إلى الأسفل نحو مركز الأرض، الشكل (1). يتم تعيين الإطار المحمول من خلال O_{ABC} ، أو مركز جسم رباعية المحرك، ومبدأه منطبق على مركز ثقل رباعية المحرك، الشكل (2).

يحدد موقع رباعية المحرك حول كل محور من محاور الدوران الثلاثة بست دوال: زوايا أولر Euler $[\psi \theta \phi]$ (الانعراج yaw، الانحراف pitch والالتفاف roll) والسرعات الزاوية حول كل محور من الإطار O_{ABC} والمرمزة $[P Q R]$.

هناك 6 دوال أخرى ضرورية: موقع مركز الثقل $[XYZ]$ ومكونات السرعة الخطية $[U V W]$ بالنسبة إلى الإطار الثابت. وخلاصة القول إن quadcopter لها 12 دالة تصف 6 درجات الحرية.



الشكل (2): الإطار المحمول.

الشكل (1): الإطار الثابت.

يجب أن نستنتج المعادلات التي تصف التوجه من الإطار المحمول بالنسبة إلى الثابت، وهو ما يمكن تحقيقه باستخدام مصفوفة الدوران. تنتج هذه المصفوفة عن ضرب ثلاث مصفوفات أخرى $(R'(\phi), R'(\theta), R'(\psi))$ ، كل منها يمثل دوران إطار O_{ABC} حول كل واحد من محاور O_{NED} العلاقة (1) و(2) و(3).

$$R'(\phi,x) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & \sin \phi \\ 0 & -\sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix} \quad R'(\theta,y) = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix}$$

$$R'(\psi,z) = \begin{bmatrix} \cos \psi & \sin \psi & 0 \\ -\sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$S = R'(\phi,x) R'(\theta,y) R'(\psi,z) \quad (2)$$

$$S = \begin{bmatrix} \cos \theta \cos \psi & \cos \theta \sin \psi & -\sin \theta \\ \sin \psi \sin \theta \cos \psi - \cos \phi \sin \psi & \cos \phi \cos \psi + \sin \phi \sin \theta \sin \psi & \sin \phi \cos \theta \\ \cos \phi \sin \theta \cos \psi + \sin \phi \sin \psi & \sin \theta \cos \phi \sin \psi - \sin \phi \cos \psi & \cos \theta \cos \phi \end{bmatrix} \quad (3)$$

حيث S هي مصفوفة الدوران التي تعبر عن توجه تنسيق الإطار O_{ABC} بالنسبة للإطار المرجعي O_{NED} .

باستخدام مصفوفة الدوران لربط القوى وعزوم الدوران من إطار الجسم مع إطار الأرض، تكون معادلات الحركة كما في المعادلة 4[25]:

$$= \begin{bmatrix} -g \\ \frac{(I_y - I_z)}{I_x} \dot{\theta} \dot{\psi} \\ \frac{(I_z - I_x)}{I_y} \dot{\phi} \dot{\psi} \\ \frac{(I_x - I_y)}{I_z} \dot{\phi} \dot{\theta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{k}{m} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{k}{I_x} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{k}{I_y} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{k}{I_z} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_z \\ \tau_\phi \\ \tau_\theta \\ \tau_\psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{z} \\ \ddot{\phi} \\ \ddot{\theta} \\ \ddot{\psi} \end{bmatrix} \quad (4)$$

حيث أن:

1.4865e-7	معامل الدفع	k
1.023	كتلة رباعية المحرك	m
9.81	تسارع الجاذبية الأرضية	g
0.0094999	عزم العطالة حول x	I _x
0.0094999	عزم العطالة حول y	I _y
0.0094999	عزم العطالة حول z	I _z
1.4865e-7	معامل الجر	d

	عزم الدوران	τ
--	-------------	--------

الجدول(1): قيم ثوابت رباعية الدوار المدروسة.

6-2- التتحكم الذكي المعتمد على التعلم العاطفي للدماغ:

قام Moren و Balkenius في العام 2000 [26] باقتراح نموذج حسابي للوزة الدماغية (Amygdala) والقشرة الجبهية الحجاجية (Orbitofrontal Cortex) في الجهاز الحوفي (Limbic System) مستوحى من الجهاز العصبي. تم اقتراح خوارزمية التحكم المستخدمة في BELBIC بناء على ذلك النموذج.

يوجد أسلوبان لتطبيق نموذج التعلم العاطفي للدماغ (BEL) على نظم التحكم وهما الأسلوب المباشر (direct approach) والأسلوب غير المباشر (indirect approach). يستخدم الأسلوب الأول نموذج BEL على أنه جزء المتحكم، بينما يستخدم الأسلوب الثاني نموذج BEL لتوليف بارامترات المتحكم. في الأسلوب الأول يكون متحكم BEL هو المتحكم الأساسي في النظام ولا يتوافق مع أي متحكم آخر، بينما في الأسلوب الثاني يكون المتحكم BEL هو متحكم داعم بمتحكم أساسي موجود (متحكم PID على سبيل المثال) ويساعد المتحكم الأساسي في تحديد معاملاته الأساسية ليصل بالنظام إلى الاستقرار.

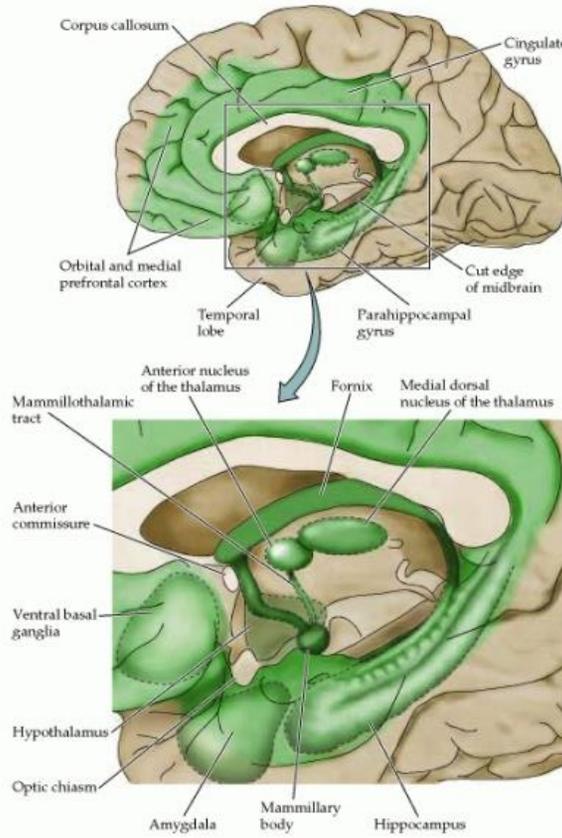
يعتبر التعلم العاطفي طريقة فعالة في نظم التحكم في الزمن الحقيقي بسبب بساطتها ودرجة تعقيدها الحسابي المنخفضة وتدريبها السريع. بالمقارنة مع طرائق أخرى، تعتبر صعوبة التطبيق بسبب درجة تعقيدها الحسابي المرتفعة. تم تصميم BELBIC للعمل في تطبيقات نظم SISO و MIMO. تشير الأبحاث ذات الصلة على أن للنظم التي تستخدم BELBIC أداءً ومثانة جيدين، وخصوصاً قدرته في التعامل مع التشويش ومثانته في حالات تغير البارامترات نظراً لقابليته للتعلم.

6-2-1- بنية الجهاز الحوفي:

إن الجهاز الحوفي هو الجزء من الدماغ المسؤول عن العمليات العاطفية. يقع الجهاز الحوفي في القشرة الدماغية، ويتكون بشكل أساسي من الأجزاء الآتية: اللوزة الدماغية

(Amygdala) والقشرة الجبهية الحجاجية (Orbitofrontal Cortex) والمهاد (Thalamus) والقشرة الحسية (Sensory Cortex) والوطاء (Hypothalamus) والحصين (Hippocampus) بالإضافة إلى أجزاء أخرى تعتبر أقل أهمية. تعتبر اللوزة الدماغية والقشرة الجبهية الحجاجية الأكثر أهمية في نموذج BEL. يبين الشكل (3) الأجزاء الأساسية للجهاز الحوفي.

سنشرح فيما يلي الوظائف الأساسية للأجزاء الرئيسية للجهاز الحوفي.

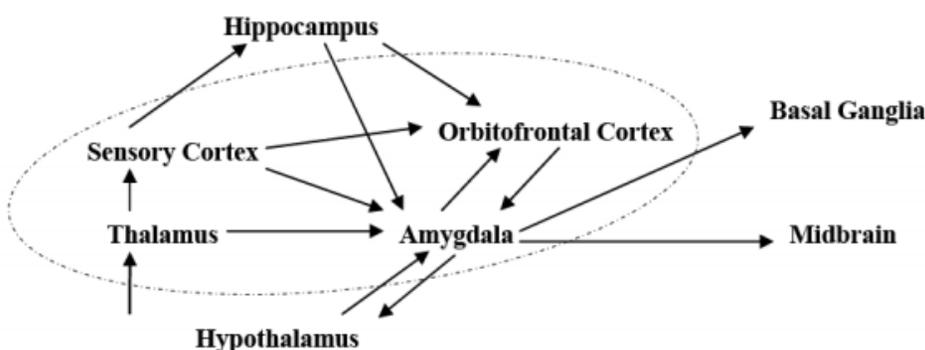


الشكل(3): الأجزاء الرئيسية في الجهاز الحوفي.

تقع اللوزة الدماغية (Amygdala) في المنطقة تحت القشرية (Sub-Cortical Area). إن اللوزة الدماغية موضوعة بحيث يمكنها التواصل مع القشرة الحسية وبقية

تصميم متحكم ذكي معتمد على التحفيز الدماغي لحل مشكلة فقدان الحزم في نظم التحكم في الزمن الحقيقي

الأجزاء ضمن الجهاز الحوفي. يبين الشكل (4) الوصلات بين اللوزة الدماغية وبقية الأجزاء في الدماغ. بينت الدراسات أن المحفزات ترتبط مع نتائجها العاطفية في اللوزة الدماغية. يتم في هذه المنطقة ربط المحفزات عالية التحليل (Highly Analyzed) (Stimuli) في القشرة الحسية بالإضافة إلى المحفزات ذات التصنيف الخشن (Coarsely Categorized Stimuli) في المهاد، يتم ربطها بقيمة عاطفية (Emotional Value).



الشكل (4): التوصيلات بين اللوزة الدماغية وبقية الأجزاء في الجهاز الحوفي.

تتفاعل القشرة الجبهية الحجاجية (Orbitofrontal Cortex) مع اللوزة الدماغية بشكل متبادل. تتمثل الوظيفة الترابطية الأساسية لهذا العنصر في: الذاكرة العاملة (Working Memory) والمجموعة التحضيرية (Preparatory Set) والتحكم المثبط (Inhibitory Control). إن الأحداث الحالية وأحداث الماضي القريب تمثل في الذاكرة العاملة. إن المجموعة التحضيرية هي المرحلة الأولى في التنبؤ بالأفعال على وشك الحدوث. إن التحكم المثبط هو تثبيط انتقائي للمناطق التي قد تكون غير مناسبة في بعض الحالات. أي بكلام آخر، تتمثل وظيفة القشرة الجبهية الحجاجية في تجاهل النتائج المتوقعة والتحكم بإيقاف عملية التعلم للوزة الدماغية.

يقع المهاد (Thalamus) جانب العقد القاعدية (Basal Ganglia)، وهي عبارة عن محطة متوسطة بين المناطق القشرية وتحت القشرية. تقوم أجزاء عدة من المهاد بترحيل معظم المعلومات الحسية من النظم الحسية المحيطة إلى القشرة الحسية. إن إشارات المهاد المتجهة نحو اللوزة الدماغية تتجاوز العمليات المتضمنة في القشرة الحسية والأجزاء الأخرى للنظام، لذلك تستقبل اللوزة الدماغية محفزات سريعة من المهاد والتي تميز عن غيرها من المحفزات باسم الإشارة المميزة (Characteristic Signal).

تقع القشرة الحسية (Sensory Cortex) قرب المهاد وتستقبل إشارات الدخل منه. تقوم القشرة الحية بمعالجة المعلومات من المناطق الحسية. ترسل القشرة الحسية إشارات عالية التحليل إلى اللوزة الدماغية والقشرة الجبهية الحجاجية. تستخدم الثدييات هذه المناطق من الجهاز الحوفي من أجل معالجة الإدراك الحسي (Perceptual Processing).

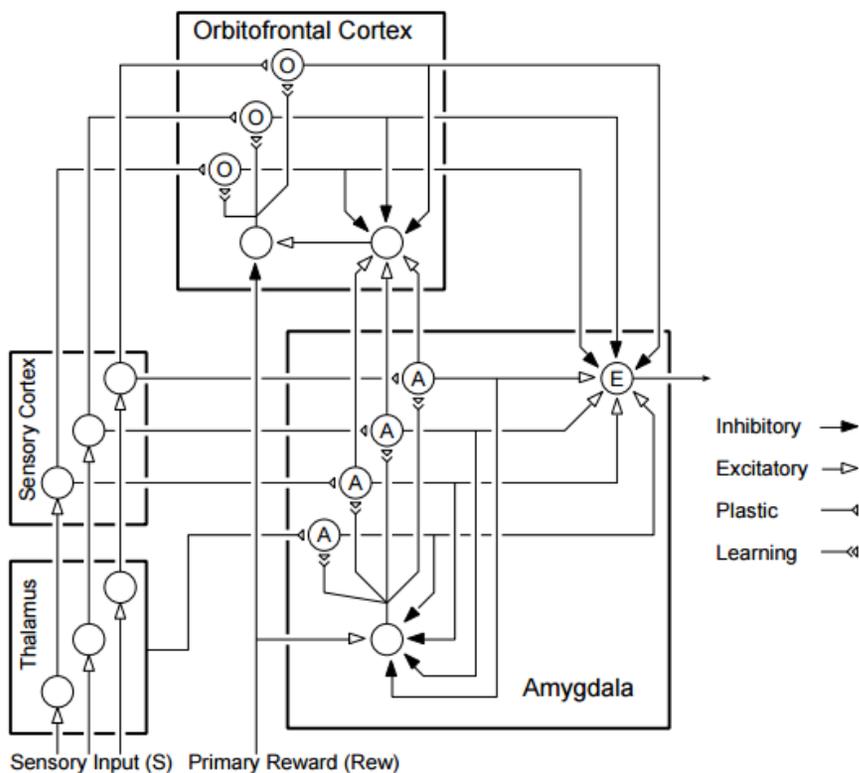
يقع الوطاء (Hypothalamus) تحت المهاد وهو المسؤول عن تنظيم نظام الغدد الصماء (Endocrine System) والجهاز العصبي الذاتي (Autonomous Nervous System). تتصل الأجزاء الجانبية من الوطاء مع مناطق عدة ضمن اللوزة الدماغية. يعتقد بأن هذه الوصلات لها أثر كبير في التحكم التحفيزي للأجزاء ضمن الوطاء.

يقع الحصين (Hippocampus) في منطقة اللوزة الدماغية نفسها، ويعتبر من أكثر أجزاء الجهاز الحوفي تعقيداً. إن وظيفته الأساسية هي ربط البيئة مع مثال بيئي (Environmental Cue). من الوظائف الأخرى للحصين، ترتيب الذاكرة طويلة الأمد وتكوين البيانات القرينية (Contextual Representations).

بالإضافة إلى الأجزاء المذكورة سابقاً، توجد أجزاء عدة لها دور في الجهاز الحوفي، نذكر منها العقد القاعدية (Basal Ganglia) والكرة الشاحبة (Globus Pallidus) والمادة السوداء (Substantia Nigra) والنواة تحت المهاد (Subthalamic Nucleus) والقشرة حول اللوزة (Periamygdaloid Cortex).

6-2-2- النموذج الحسابي لـ BEL:

قام كل من Moren و Balkenius [26] بتطوير نموذج حسابي لمحاكاة اللوزة الدماغية والقشرة الجبهية الحجاجية والمهاد والقشرة الحسية وأجزاء الدماغ المسؤولة عن التعامل مع العواطف. يبين الشكل (5) النموذج الحسابي للتعلم العاطفي. يقسم هذا النموذج إلى أربعة أجزاء: المهاد والقشرة الحسية واللوزة الدماغية والقشرة الجبهية الحجاجية. سنغطي في هذا الجزء المهاد والقشرة الحسية بشكل سطحي، بينما سنغطي اللوزة الدماغية والقشرة الحسية بشكل مفصل.



الشكل(5): رسم تخطيطي لعملية التعلم العاطفي للدماغ (BEL).

إن وظيفة المهاد في هذا النموذج هي تمرير الإشارات إلى القشرة الحسية. يرسل المهاد أيضاً إشارة إلى اللوزة الدماغية مبنية على الشكل (5) بتوصيل مفرد. إن هذه الوصلة لا تعطي معلومات عن المحفزات وإنما تقوم فقط بتمثيل وجود بعض المحفزات. إن وظيفة القشرة الحسية هي إرسال إشارات تمثل المحفزات بشكل أكثر تفصيلاً إلى كل من اللوزة الدماغية والقشرة الجبهية الحجاجية. إن هذه الإشارات تقود بدء عملية التعليم في اللوزة الدماغية والمثبطات التي تتحكم بها القشرة الجبهية الحجاجية. يقسم الجزء الأساسي للنموذج إلى قسمين أساسيين، بحيث يقابلان اللوزة الدماغية والقشرة الجبهية الحجاجية. إن هذين القسمين على درجة عالية من التعقيد وسنذكر فيما يلي بعضاً من وظائفهما. تستقبل اللوزة الدماغية المداخل من المهاد ومناطق القشرة، بينما تستقبل القشرة الجبهية الحجاجية المداخل من مناطق القشرة ومن اللوزة الدماغية. يستقبل النظام أيضاً إشارة داعمة (Reinforcing Signal) تسمى Primary Reward (Rew).

يلاحظ من الشكل (5) أن اللوزة الدماغية تستقبل ثلاثة أنواع من المداخل الحسية. يأتي الدخل الأول من المهاد ومن القشرة الحسية. يكون الدخل الثاني عبارة عن إشارة تستخدم لترميز الأهمية العاطفية. يسمى هذا الدخل بإشارة التدعيم (Reinforcement) وتكافئ على سبيل المثال شعور التذوق أو الألم. تستقبل اللوزة الدماغية دخلاً مثبطاً من نظام القشرة الجبهية الحجاجية والذي يمكن أن تثبط الاستجابات العاطفية غير المناسبة. يوجد ضمن اللوزة الدماغية نظامان اثنان: يكون النظام الأول مسؤولاً عن التعلم المثار ويتكون من عدد من العقد الحسية ومن مدخل للتعلم. يكون مدخل التحكم جزءاً من حلقة تغذية عكسية سالبة توقف إشارة التعلم حالما يصل الخرج إلى مرحلة مساوية لإشارة التعليم. إن وظيفة حلقة التغذية العكسية هي ضمان أن يكون رد الفعل العاطفي بالمطال نفسه لإشارة التدعيم. ويكون النظام الثاني مسؤولاً عن عملية التثبيط من خلال الإشارة القادمة من نظام القشرة الجبهية الحجاجية، إذ تقوم إشارة التثبيط هذه بالتحكم بالخرج.

تصميم متحكم ذكي معتمد على التحفيز الدماغي لحل مشكلة فقدان الحزم في نظم التحكم في الزمن الحقيقي

يستقبل نظام القشرة الجبهية الحجاجية المداخل من القشرة الحسية بالإضافة إلى معلومات عن إشارة التدعيم الحالية والمتوقعة من اللوزة الدماغية. يتم مقارنة هاتين الإشارتين، وإذا لم نحصل على التدعيم المتوقع يتم تفعيل التعلم في نظام القشرة الجبهية الحجاجية. إن هذه المرحلة من التعلم تجعل من المحفز الحالي قادراً على التحكم بإشارة التثبيط المرسله إلى اللوزة الدماغية بطريقة تجعل بالإمكان تخميد الاستجابة.

يمثل الشعاع S المداخل المحفزة للنظام. توجد عقدة A لكل محفز S . يوجد وزن توصيل مرن V (plastic connection weight) لكل عقدة A . يتم حساب جداء الدخل بهذا الوزن ويكون الناتج هو خرج العقدة A . يمكن حساب التفعيل لكل عقدة من A بالعلاقة (5):

$$A_i = S_i V_i \quad (5)$$

يوجد دخل آخر A_{th} إلى اللوزة الدماغية يمثل أعظم قيمة للمداخل المحفزة S كما في العلاقة (6):

$$A_{th} = \max(S_i) \quad (6)$$

تستخدم هذه الإشارة عند ترميز المداخل الحسية. يتم تعديل أوزان التوصيل V_i لكل عقدة A بما يتناسب مع الفرق بين الإشارة الداعمة Rew ومجموع الخرج الحالي لكل العقد A . بفرض أن α هو ثابت يستخدم لتعديل سرعة التعلم فتكون لدينا العلاقة (7):

$$\Delta V_i = \alpha \left[S_i \max \left(0, Rew - \sum_j A_j \right) \right] \quad (7)$$

نلاحظ خرج النموذج سيقترب من مطال الإشارة الداعمة. لا يمكن للوزن V أن يتناقص وهذا الأمر له سبب منطقي إذ أنه بمجرد أن تم تعلم رد الفعل العاطفي، يجب أن يكون دائماً وألا ينسى. إن مهمة تثبيط ردة الفعل هذه في الحالات غير المناسبة هي وظيفة القشرة الجبهية الحجاجية. إن قاعدة التعلم للقشرة الجبهية الحجاجية مشابهة لقاعدة تعلم اللوزة الدماغية إلا أن أوزان الوصلات للقشرة الجبهية الحجاجية يمكن أن تزداد أو

أن تتناقص. توجد عقدة O لكل محفز. تسلك العقد O سلوكاً مماثلاً للعقد A إذ تستخدم أوزان الوصلات لإشارات الدخل لتوليد الخرج كما في العلاقة (8) [27].

$$O_i = S_i W_i \quad (8)$$

يتم حساب إشارة التدعيم للعقد O من الفرق بين الخرج السابق E والإشارة الداعمة. بفرض β ثابت يدل على معدل التعلم، يمكن حساب ΔW_i وفق العلاقة (9):

$$\Delta W_i = \beta \left(S_i \sum_j (O_j - Rew) \right) \quad (9)$$

أي أن العقد O تقوم بمقارنة إشارة التدعيم المتوقعة والمستلمة وتثبط خرج النموذج بما يتناسب مع مطال الفرق.

تقوم العقدة E بجمع مخارج العقد A ومن ثم تطرح المخارج المثبته من العقد O فنحصل على خرج النموذج كما في العلاقة (10).

$$E = \sum_i A_i - \sum_i O_i \quad (10)$$

إن هذا النظام يعمل إذاً على مرحلتين: في المرحلة الأولى يتعلم النظام الأساسي أن يتوقع ويتعامل مع إشارة تدعيم معطاة. إن هذا النظام الفرعي لا ينسى ما تعلمه، ما يعطي النظام ككل إمكانية الاحتفاظ بقيم الوصلات العاطفية حسب الحاجة. أما في المرحلة الثانية يقوم النظام الثاني المساعد بتتبع عدم التطابق بين توقعات النظام الأساسي والإشارة الداعمة المستلمة كما أنه يتعلم كيف يثبط خرج النظام بما يتناسب مع عدم التطابق.

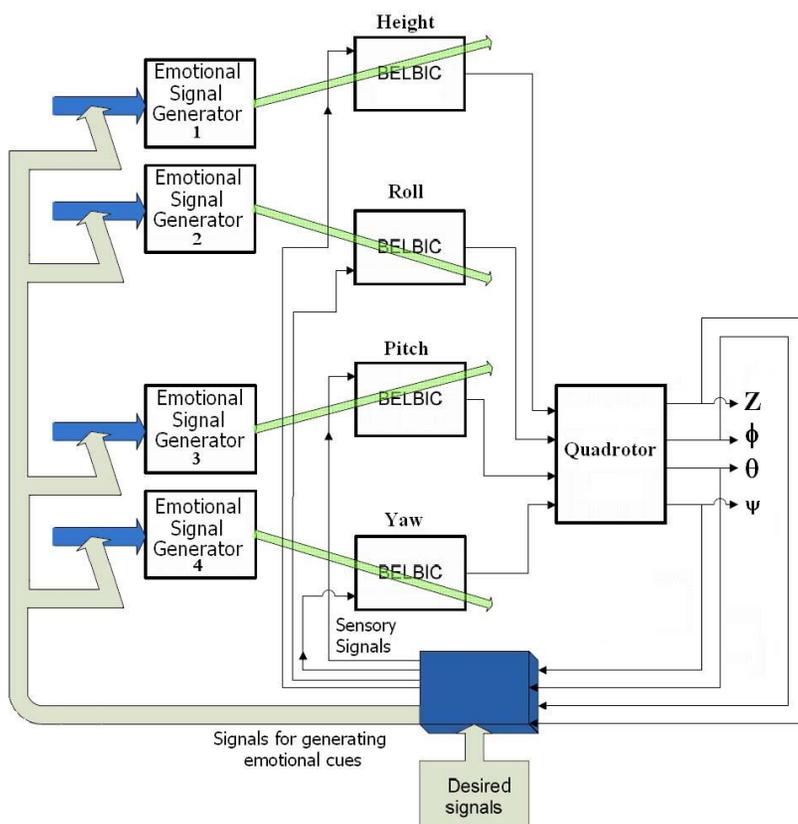
6-2-3- المتحكم الذكي المعتمد على التعلم العاطفي للدماغ:

تم تصميم نموذج BELBIC بناءً على المعادلات السابقة كنموذج إدراكي ذي حلقة مفتوحة من قبل C. Lucas وزملائه في العام 2004. تم استخدام هذا المتحكم في العديد من التطبيقات الصناعية وفي أغراض التحكم.

إن BELBIC ببساطة هو آلية لتوليد الأفعال بناءً على مداخل حسية ومنبهات عاطفية (Reward signals). تبين المعادلات (5) - (10) توصيف BELBIC.

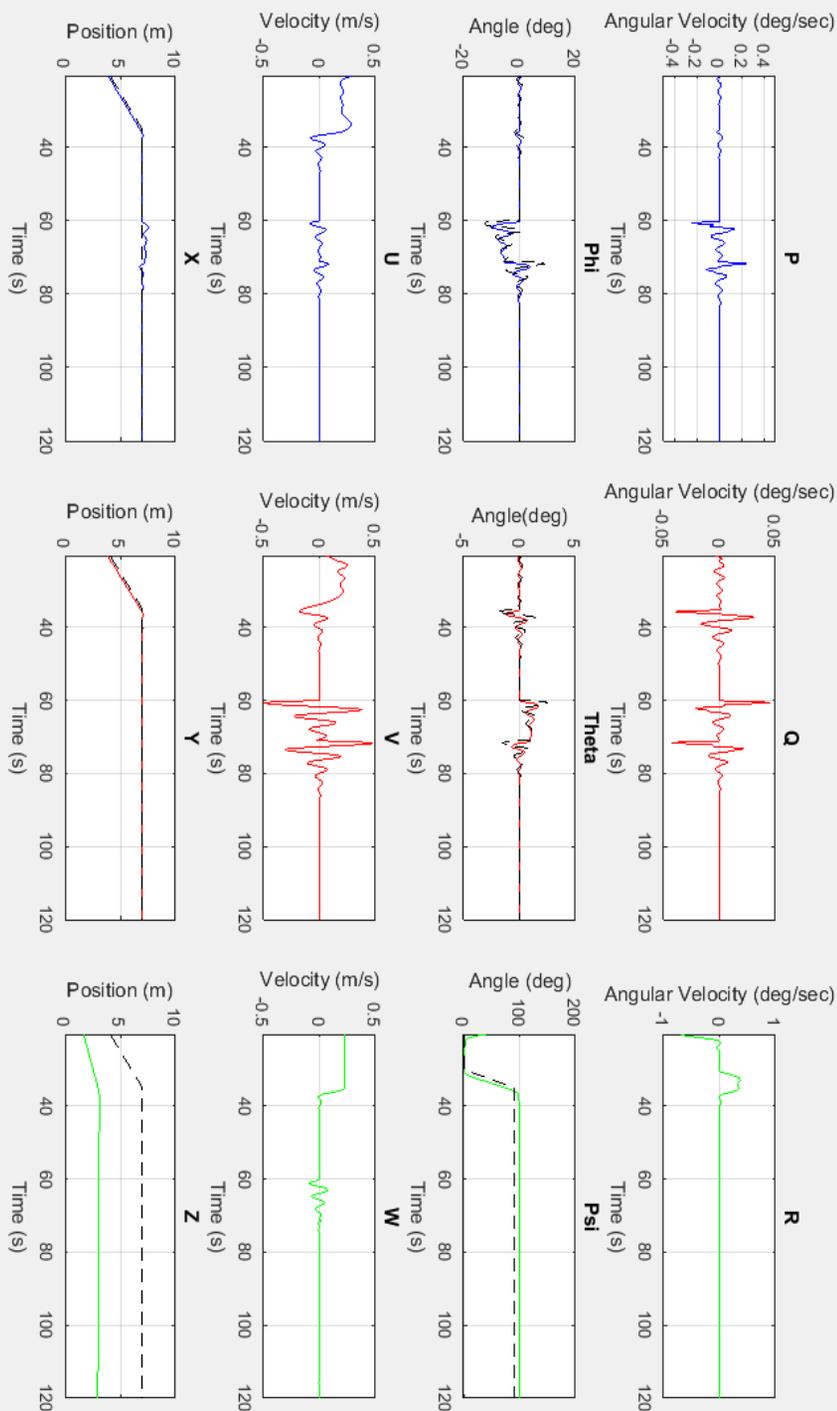
6-3- تصميم المتحكم BELBIC:

تم في هذه الدراسة تصميم أربع كتل BELBIC ضمن وحدة التحكم الذكية، وذلك وفق المعادلات المذكورة سابقاً. كل كتلة BELBIC مسؤولة عن تحكم في متغير أساسي واحد في الحركة. يوضح الشكل (6) مخطط التحكم المقترح. تتكون وحدة التحكم المقترحة من أربعة مولدات إشارة تحفيز دماغي (الربح أولية) وأربعة مداخل حسية.



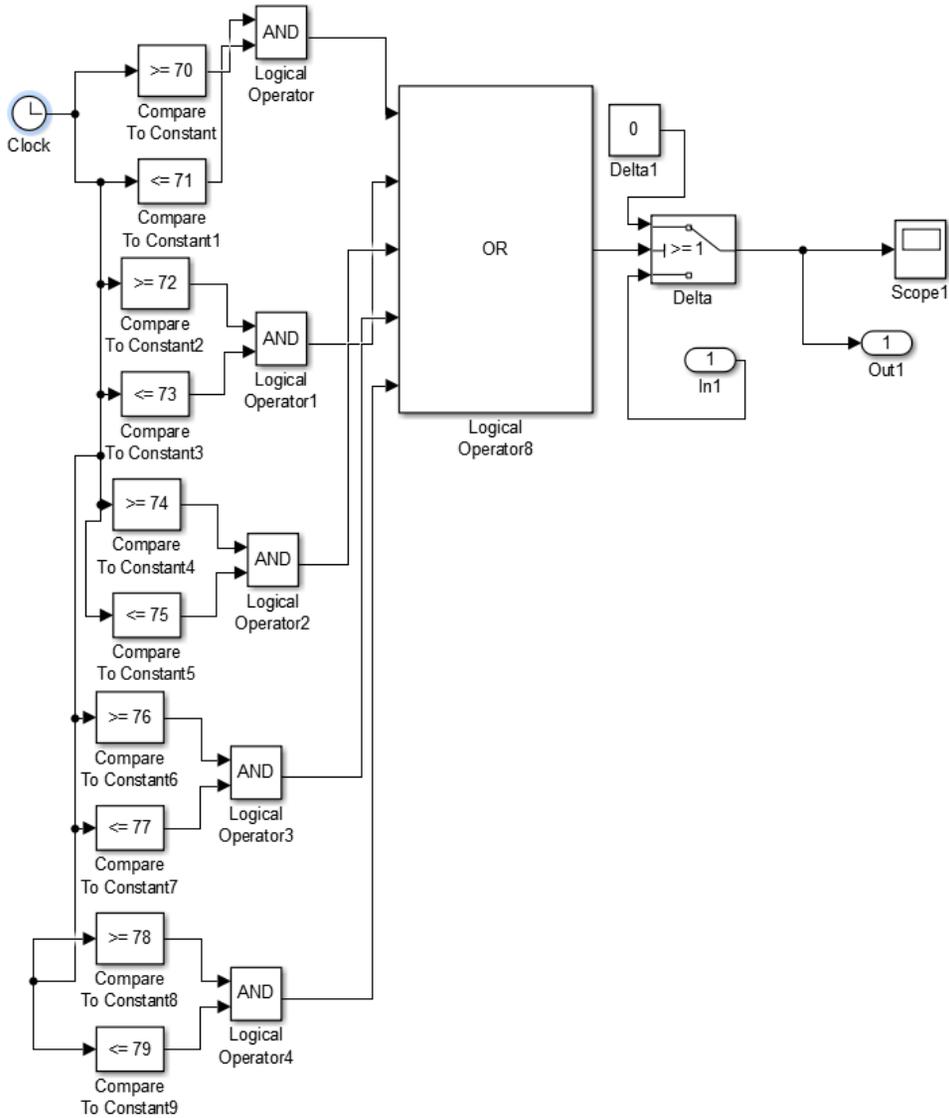
الشكل (6): مخطط التحكم المقترح.

تم اختبار قدرة المتحكم BELBIC علة التحكم بالنظام المدروس (رباعية المحرك) وذلك لقيادة الطائرة في مسار من النقطة (0,0,0) وحتى الوصول إلى النقطة (7,7,7) والاستقرار في المكان حتى نهاية زمن المحاكاة البالغ 120 ثانية، ويظهر الشكل (7) استجابة النظام عند وجود المتحكم BELBIC مع زمن محاكاة 120 ثانية، إذ يظهر في الشكل الخطوط البيانية التي تعبر عن الدوال الست: السرعات الزاوية حول كل محور من الإطار O_{ABC} والمرمزة [P Q R] وزوايا أولر Euler [Phi Theta Psi] (الانعراج yaw، الانحراف pitch والالتفاف roll) ومكونات السرعة الخطية [U V W] بالنسبة إلى الإطار الثابت وموقع مركز الثقل [XYZ].



الشكل (7): استجابة النظام مع BELBIC.

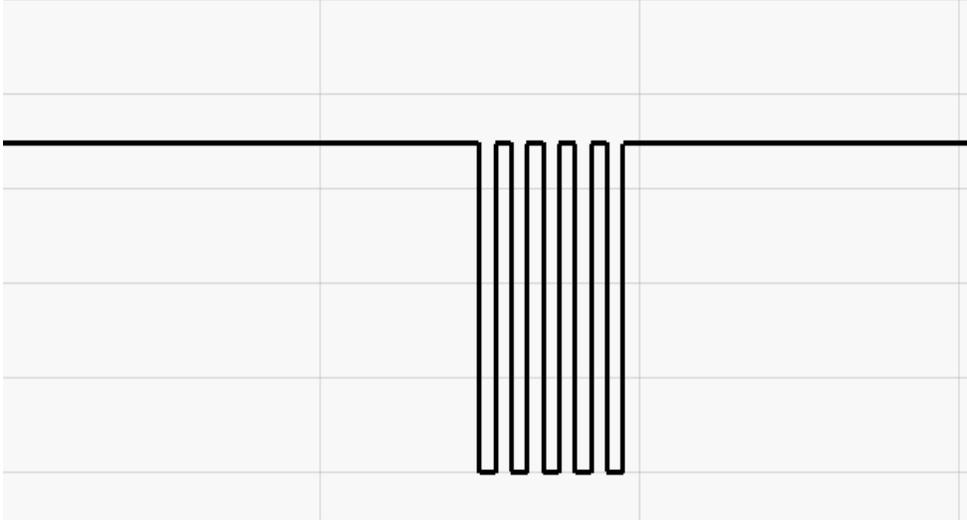
إذ نلاحظ من الشكل استقرار النظام باستقرار سرعته الزاوية [P Q R] والسرعات الخطية [U V W] ووصول مركز ثقله [XYZ] إلى الهدف المنشود.



الشكل (8): بنية الصندوق المسؤول عن عملية فقدان الحزم.

6-4- اختبار النظام عند التعرض إلى مشكلة فقدان الحزم:

قمنا بتعريض النظام إلى فقدان للحزم متقطع في فترة زمنية مقدارها 10 ثواني من خلال بناء صندوق في بيئة Simulink للقيام بهذه المهمة، ويبين الشكل (8) بنية الصندوق المسؤول عن عملية فقدان الحزم، حيث يتكون الصندوق من قاطعة تعمل بشكل متناوب على وصل وفصل الدخل مع الخرج، وبالتالي توصيل الرزم التي ترد في مرحلة الوصل وحذف الرزم التي تصل في مرحلة الفصل. تم وضع هذا الصندوق في التغذية العكسية لكل متحكم BELBIC بهدف ضياع جزء من الحزم في مسار التغذية العكسية لكل متحكم، فكان وصول الحزم المعبرة عن التغذية العكسية إلى المتحكمات كما هو موضح في الشكل (9)

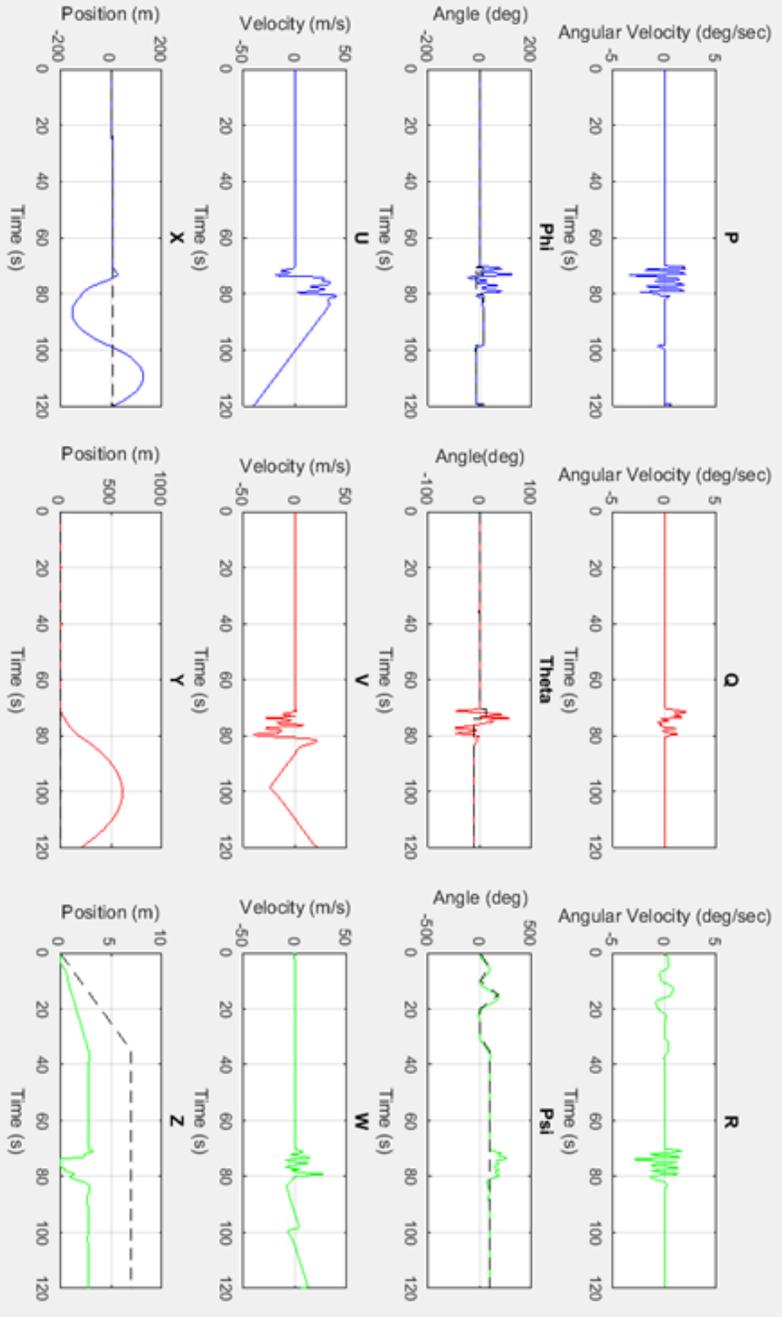


الشكل (9): الحزم التغذية العكسية الواصلة عند ضياع بعض الحزم.

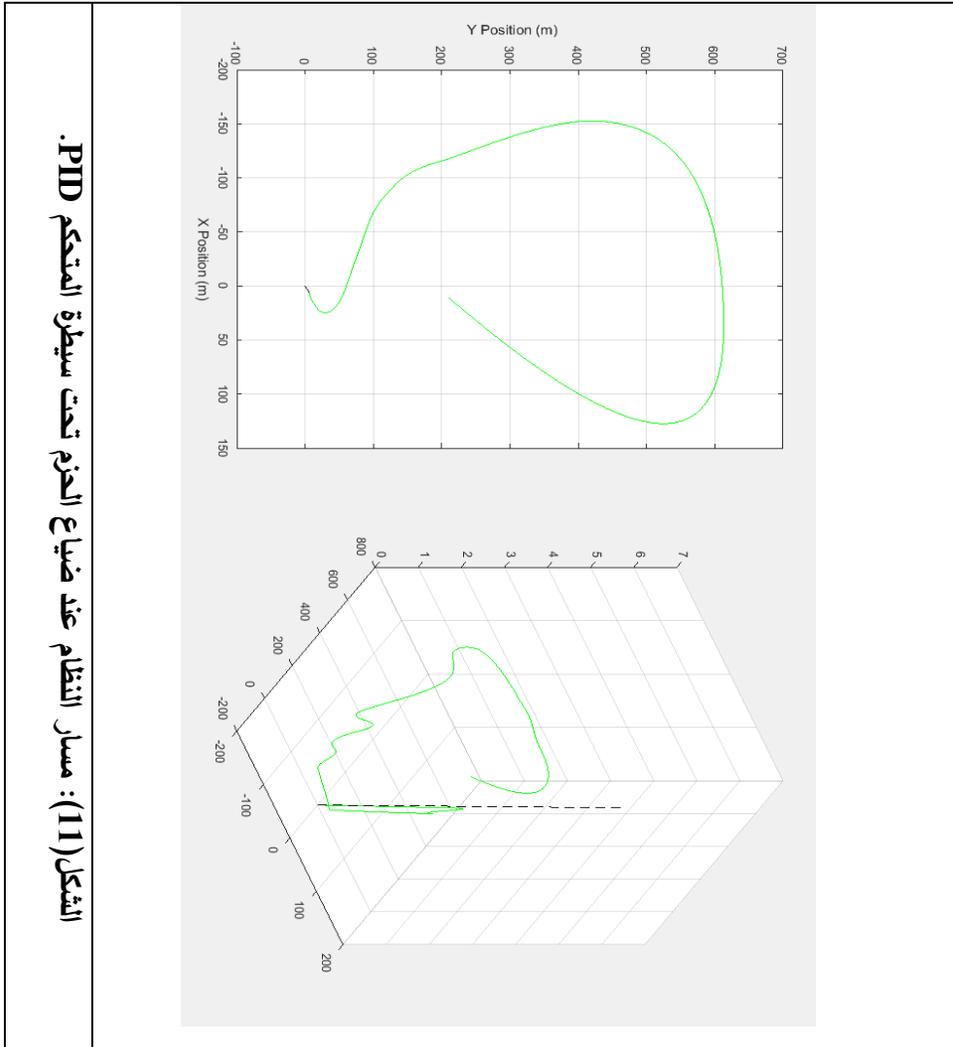
قمنا باختبار كل من المتحكم PID والمتحكم BELBIC عند تعريض النظام إلى مشكلة فقدان الحزم فحصلنا على النتائج التالية:

6-4-1- اختبار المتحكم PID:

قمنا بدراسة استجابة النظام عند تعرضه لفقدان في حزم التغذية العكسية بين اللحظات 70 و 80 من زمن المحاكاة البالغ 120 ثانية فحصلنا على الاستجابة الموضحة في الشكلين (10) و(11).



الشكل (10): استجابة النظام عند ضياع الحزم تحت سيطرة المتحكم PID.

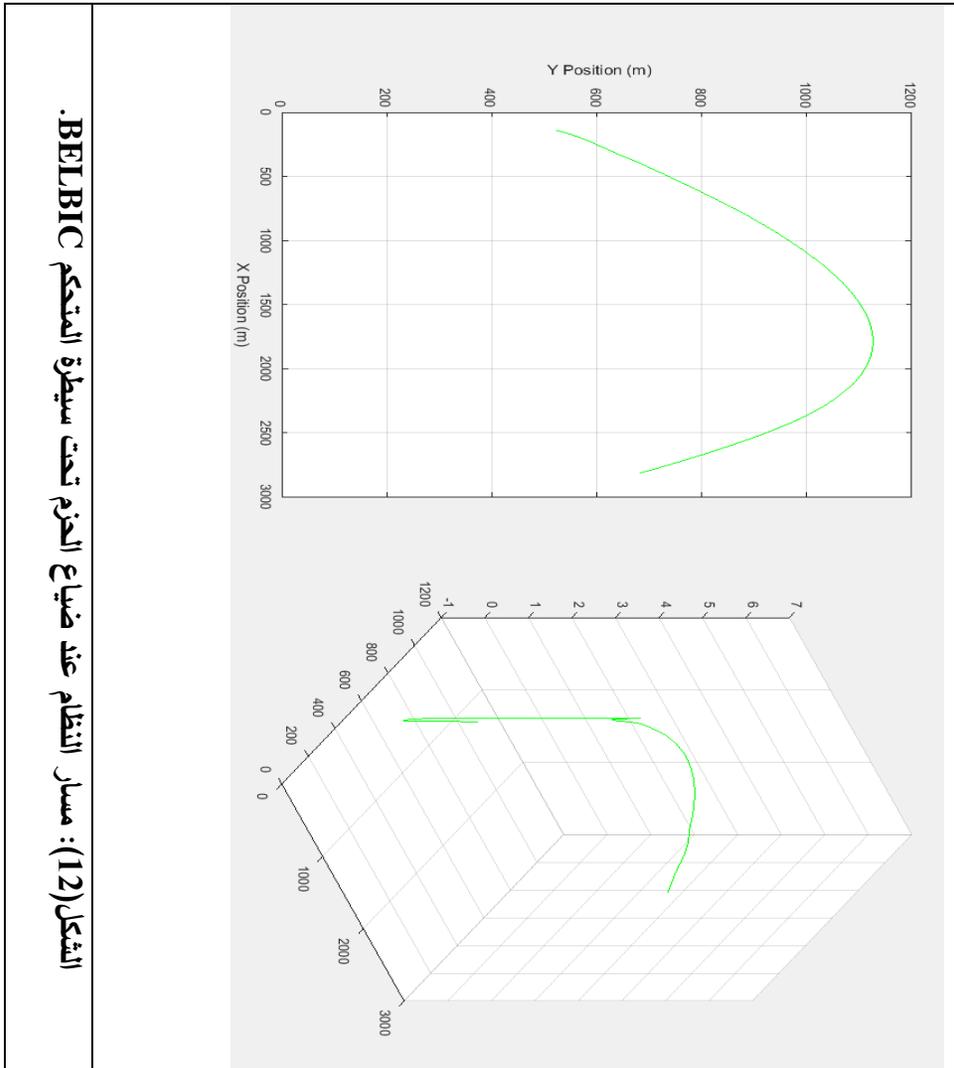


نلاحظ من الشكل (10) أن النظام أصبح غير مستقر حيث نلاحظ اهتزاز السرعات الزاوية [P Q R] والسرعات الخطية [U V W] وعدم وصول مركز ثقله [XYZ] إلى الهدف المنشود. كما نلاحظ من الشكل (11) ضياع المسار بعد حصول ضياع في

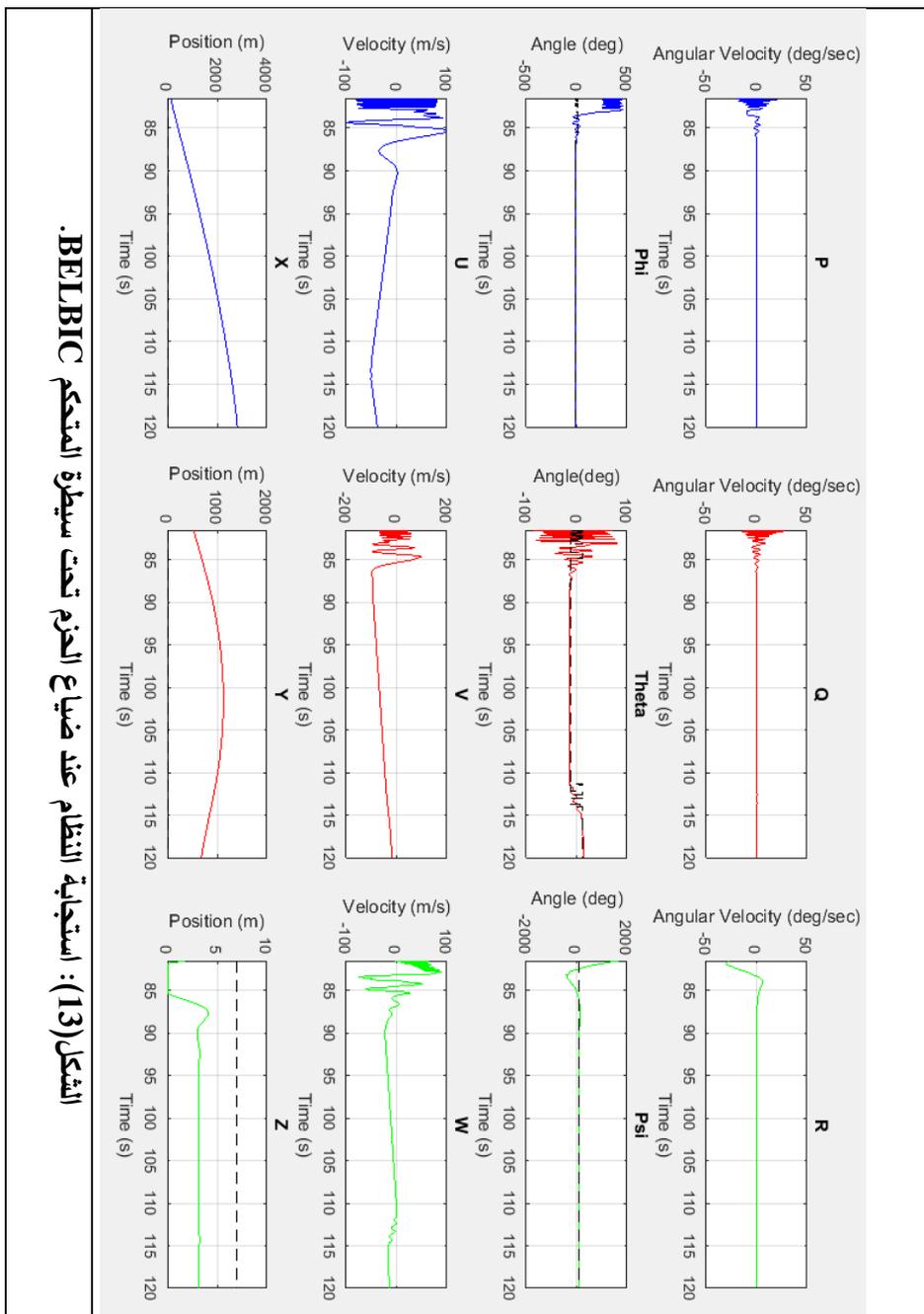
الحزم حيث نلاحظ أن مسار الطائرة (الخط المتواصل) لا ينطبق على المسار المطلوب (الخط المنقط) وعدم المحافظة على المسار المطلوب منه.

6-4-2- اختبار المتحكم BELBIC:

قمنا بدراسة استجابة النظام عند تعرضه لفقدان في حزم التغذية العكسية بين اللحظات 70 و 80 من زمن المحاكاة البالغ 120 ثانية فحصلنا على الاستجابة الموضحة في الشكلين (12) و (13).



الشكل (12): مسار النظام عند ضياع الحزم تحت سيطرة المتحكم BELBIC

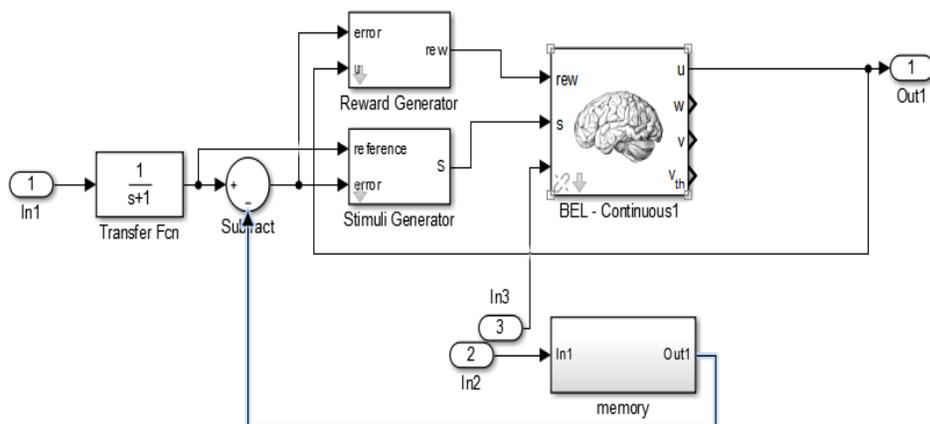


الشكل (13): استجابة النظام عند ضياع الحزم تحت سيطرة المتحكم BELBIC.

نلاحظ من الشكل (13) أن النظام أصبح غير مستقر حيث نلاحظ اهتزاز السرعات الزاوية [P Q R] والسرعات الخطية [U V W] وعدم وصول مركز ثقله [XYZ] إلى الهدف المنشود. كما نلاحظ من الشكل (12) ضياع المسار بعد حصول ضياع في الحزم حيث نلاحظ أن مسار الطائرة لا ينطبق على المسار المطلوب وعدم المحافظة على المسار المطلوب منه.

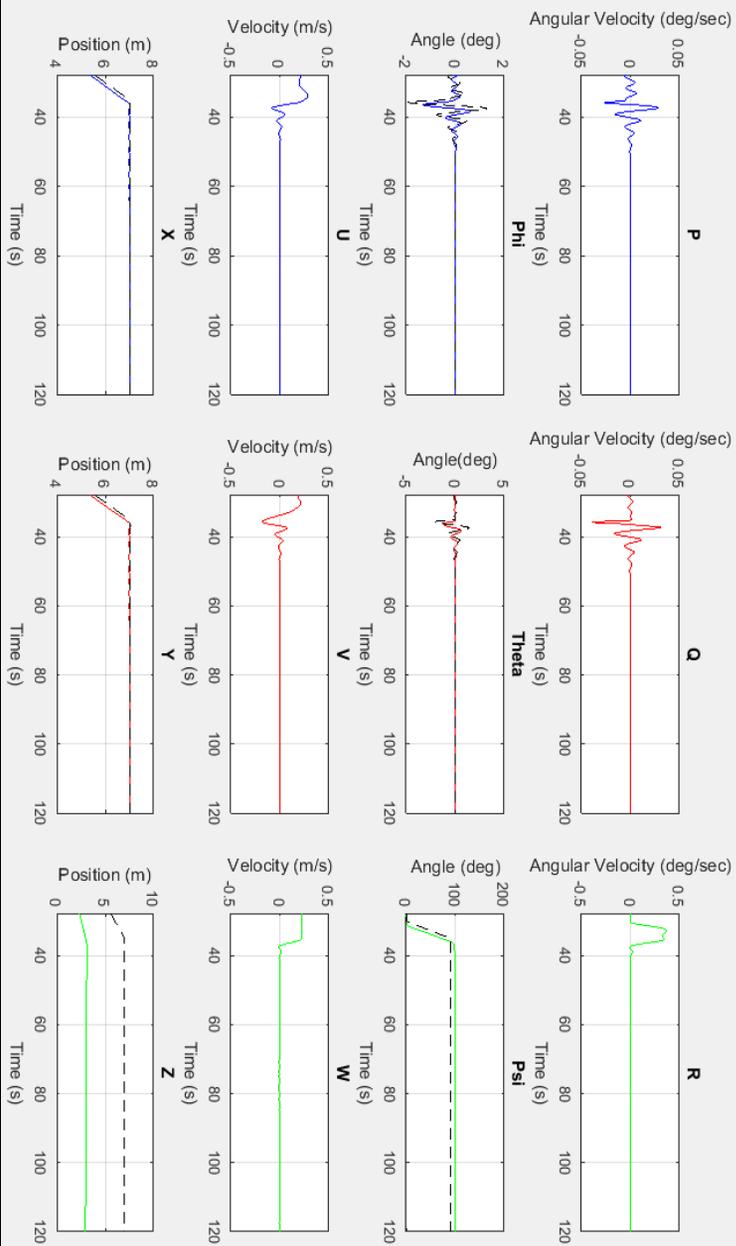
6-5 - تطوير بنية المتحكم BELBIC

قمنا بتطوير بنية المتحكم BELBIC من خلال إضافة وحدة مسئولة عن تذكر الحالات السابقة التي مر بها النظام حتى تستطيع تعويض الحزم المفقودة، يبين الشكل (14) بنية المتحكم BELBIC بعد إضافة الوحدة السابقة الذكر.

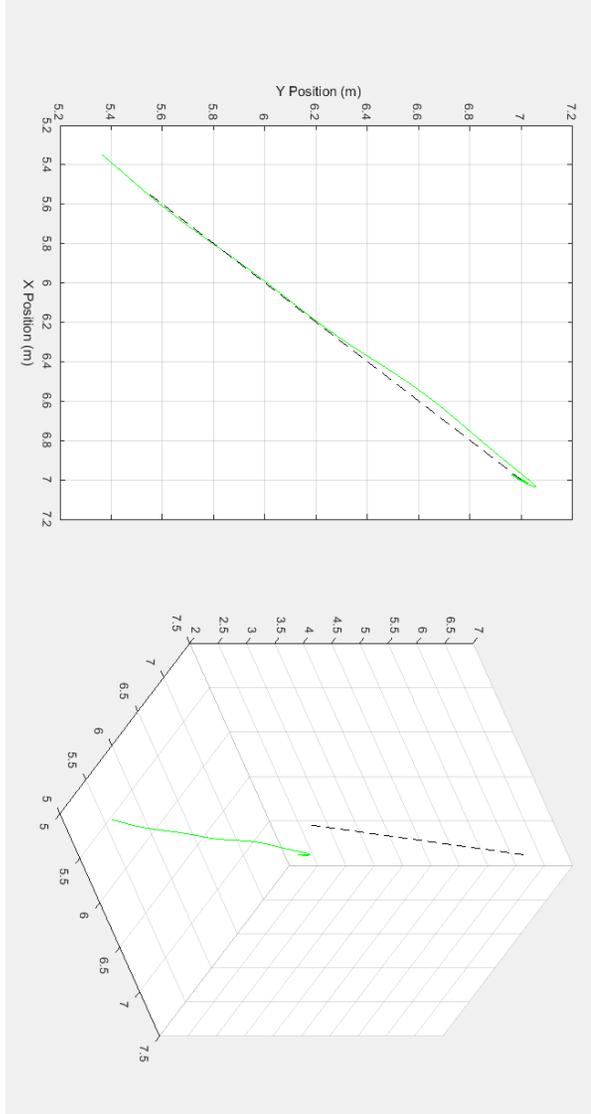


الشكل (14): بنية المتحكم BELBIC بعد التعديل.

قمنا بتطبيق هذه الوحدة من أجل المتحكمات الأربعة المذكورة في متن البحث ثم قمنا بدراسة استجابة النظام عند تعرضه لفقدان في حزم التغذية العكسية بين اللحظات 70 و 80 من زمن المحاكاة البالغ 120 ثانية فحصلنا على الاستجابة الموضحة في الشكلين (15) و(16).



الشكل (15): استجابة النظام عند ضياع الحزم تحت سيطرة المتحكم BELBIC المعلة.



الشكل (16): مسار النظام عند ضياع الحزم تحت سيطرة المتحكم BELBIC المعدلة.

إذ نلاحظ من الشكل (15) استقرار النظام باستقرار سرعته الزاوية [P Q R] والسرعات الخطية [U V W] ووصول مركز ثقله [XYZ] إلى الهدف المنشود. كما نلاحظ من الشكل (16) حل مشكلة ضياع المسار بعد حصول ضياع في

تصميم متحكم ذكي معتمد على التحفيز الدماغي لحل مشكلة فقدان الحزم في نظم التحكم في الزمن الحقيقي

الحزم حيث نلاحظ أن مسار الطائرة ينطبق على المسار المطلوب والمحافظة على المسار المطلوب منه.

7- الاستنتاجات:

تم استخدام المتحكم BELBIC المعدل للتحكم في موقع ومسار الطائرة رباعية الدوار Quadcopter خلال تعرض الطائرة إلى ضياع في الحزم الراجعة على مسار التغذية العكسية للمتحكم وتمت مقارنة النتائج مع وحدة تحكم PID تقليدية مضبوطة جيداً ومع وحدة تحكم BELBIC تقليدية وقد أظهرت النتائج أداء جيد لتطبيق المتحكم BELBIC المعدل على الطائرة المذكورة.

بمقارنة نتائج البحث مع نتائج الأبحاث السابقة نجد أن المتحكم المعدل المقترح قد استطاع التغلب على مشكلة ضياع الرزم على الرغم من وجود زمن تأخير بسيط في الاستجابة ولكن زمن التأخير أقل من زمن التأخير الذي حصل عليه الباحث في [22] على الرغم من استخدامه لنموذج خطي للنظام. كما تم تعرض نظامنا إلى فترة ضياع رزم أكبر من الفترة التي تم تعريضها للنظام في [23] وبقي المتحكم محافظاً على الاستقرار على عكس المتحكم الذي اقترحه الباحث، إذ فقد النظام استقراره عند زيادة فترة التعرض لضياع الرزم.

8- التوصيات المستقبلية:

تم في هذا البحث دراسة تأثير فقدان الرزم على مسار التغذية العكسية للتحكم بنظام طائرة رباعية الدوار Quadcopter بتردد ثابت، من الممكن في الدراسات المستقبلية دراسة ضياع الرزم في كل من المسار الأمامي (من المتحكم إلى النظام) والمسار العكسي (من النظام إلى المتحكم) وتغيير تردد ضياع الرزم حتى ندرس مدى قدرة المتحكم على التغلب على مشكلة ضياع الرزم.

قائمة المراجع:

- [1] Wang, Y., Lim, C.C., Shi, P.: **Adaptively adjusted event-triggering mechanism on fault detection for networked control systems.** *IEEE Trans. Cybern.* **47**(8), 2299– 2311 (2017)
- [2] Yu, J., et al.: **Output feedback stabilisation of networked control systems via switched system approach.** *Int.J.Control* **82**(9), 1665– 1677 (2009)
- [3] Yang, H., et al.: **Stability analysis for high frequency networked control systems.** *IEEE Trans. Automat. Contr.* **57**(10), 2694– 2700 (2012)
- [4] Cheng, J., et al.: **Output-feedback control for fuzzy singularly perturbed systems: a nonhomogeneous stochastic communication protocol approach.** *IEEE Trans. Cybern* (2021).
- [5] Su, L., Chesi, G.: **Robust stability analysis and synthesis for uncertain discrete-time networked control systems over fading channels.** *IEEE Trans. Automat. Contr.* **62**(4), 1966– 1971 (2017)
- [6] Bu, X., Hou, Z.: **Stability of iterative learning control with data dropout via asynchronous dynamical system.** *Int. J. Autom. Comput.* **8**(1), 29– 36 (2011)
- [7] Chen, C., et al.: **Tracking performance limitations of MIMO networked control systems with multiple communication constraints.** *IEEE Trans. Cybern.* **50**(7), 2982– 2995 (2020)
- [8] Hu, Z., Deng, F.: **Robust H_∞ control for networked systems with transmission delays and successive packet dropouts under stochastic sampling.** *Int. J. Robust Nonlinear Control.* **27**(1)(2017)
- [9] Cai, H., et al.: **Robust model predictive control with randomly occurred networked packet loss in industrial cyber physical systems.** *J. Cent. South Univ.* **26**(7), 1921– 1933 (2019)
- [10] Xue, B., Yu, H., Wang, M.: **Robust H_∞ output feedback control of networked control systems with discrete distributed delays subject to packet dropout and quantization.** *IEEE Access.* **7**, 30313– 30320 (2019)
- [11] Ji, K., Kim, W.J.: **Stabilization of networked control system with time delays and data-packet losses.** *Eur. J. Control.*(2007)

- [12] Li, Q., et al.: **Stabilization of networked control systems using a mixed-mode based switched delay system method.** *IEEE/CAA J. Automat. Sin.* **5**(6), 1089– 1098 (2018)
- [13] B. Chang, G. Zhao, M. Imran, L. Li, and Z. Chen, 2018 **"Dynamic wireless QoS analysis for real-time control in URLLC,"** in *Proc. IEEE Globecom Workshops*, Dec., pp. 1_4.
- [14] Chow, M.Y., & Tipsuwan, Y., (2001). Network-based control systems: A tutorial. In *Proceedings of IECON'01, the 27th...*
- [15] S. Hu *et al.* **Stochastic optimal control and analysis of stability of networked control systems with long delay** *Automatica* (2003)
- [16] Hu, S., Yan, W.: **Stability robustness of networked control systems with respect to packet loss.** *Automatica.* **43**(7), 1243– 1248 (2007)
- [17] Li, J., Niu, Y.: **Output-feedback-based sliding mode control for networked control systems subject to packet loss and quantization.** *Asian J. Control.* **23**(1), 289– 297 (2019)
- [18] Yang, F., Han, Q.-L.: **H^∞ control for networked systems with multiple packet dropouts.** *Informat. Sci.* **252**, 106– 117 (2013)
- [19] Gao, J., Wu, H., Fu, M.: **Two schemes of data dropout compensation for LQG control of networked control systems.** *Asian J. Control.* **17**(1), 55– 63 (2015)
- [20] F. Yang, Q. Han, **H^∞ control for networked systems with multiple packet dropouts.** *Information Sciences* **252**, 106–117 (2013).
- [21] W. Zhang, J. Bae, M. Tomizuka, **Modified preview control for a wireless tracking control system with packet loss.** *IEEE/ASME Trans. On Mechatronics* **20**(1), 299–307 (Feb. 2015).
- [22] Z. Wang, S. Fukushima **Control strategy for networked control systems with time delay and packet dropout using linear matrix inequalities.** *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking* (2020) 2020:42
- [23] E. Abdalla, H. Assal, and O. Hyde **fuzzy logic controller for networked control systems with packet losses,** *Proceeding of the 12-th ASAT Conference, 29-31 May 2007.*

- [24]Bara J. and A. Yesildirek(2013): **Nonlinear Composite Adaptive Control for Quadrotor**, American University of Sharjah, UAE.
- [25] D. V. Redrovan and D. Kim, 2018 "**Multiple quadrotors flight formation control based on sliding mode control and trajectory tracking**," 2018 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC), Honolulu, HI.
- [26] C. Balkenius, J. Moren. Emotional Learning: 2001 "**A Computational Model of the Amygdala**". Cybernetics and Systems: An International Journal, Vol. 32, pp. 611-636.
- [27] S. Klecker, P. Plapper, 2019 "**BELBIC-Sliding mode control of robotic manipulators with uncertainties and switching constraints**", Proceedings of the ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition (IMECE).

تصميم متحكم ذكي معتمد على التحفيز الدماغي لحل مشكلة فقدان الحزم في نظم التحكم في الزمن الحقيقي