

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية
والكهربائية والمعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 43 . العدد 26

1442 هـ - 2021 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير	أ. د. ناصر سعد الدين
رئيس التحرير	أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

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

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : 963 31 2138071 ++

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

. البريد الإلكتروني : [magazine@ albaath-univ.edu.sy](mailto:magazine@albaath-univ.edu.sy)

ISSN: 1022-467X

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 (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة . مثال على ذلك:

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

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و التقيد

بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (20000) ل.س عشرون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (50000) ل.س خمسون ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) 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
28-11	عزيز جروج	تحليل أداء خوارزميات التوجيه الخالية من الجمود في شبكات الشرائح ثنائية الأبعاد
64- 29	م. وائل النواقل أ.د.م حسين تينة د.م نضال عبد الفتاح	دراسة عملية للخيوط الحلقية والخيوط المحكمة عند درجات برم مختلفة
90-65	د.جمان أبو جيب م. ليليان حسن	تطوير دمج البيانات المتزامنة في النظم متعددة عناصر التحسس
148-91	م. حسين معراوي د. كريمة سكر	تطبيق مفهوم النمط المنزلق للحد من تأثير تغيير مقاومة الدوار على أداء المحرك التحريضي

تحليل أداء خوارزميات التوجيه الخالية من الجمود في شبكات الشرائح ثنائية الأبعاد

إعداد المهندس: عزيز جروج

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة البعث

قسم هندسة التحكم الآلي والحاسوب

ملخص البحث:

في هذا المقال يتم مناقشة تفاصيل بعض الخوارزميات التي تمتلك خاصية deadlock-free أي خوارزميات خالية من الجمود. إن الخوارزميات الخالية من الجمود هي خوارزمية XY (ذات التوجيه الحتمي)، التوجيه الفردي الزوجي Odd Even Routing (ذات التوجيه التكيفي القائم على نموذج الدوران)، خوارزميات الغرب أولاً West first، الشمال أخيراً North Last والسليبي أولاً Negative First (وهي تكيفية جزئياً ذات توجيه قائم على نموذج الدوران) و DyXY (ذات توجيه تكيفي ذو مسار أصغري). وبعد مقارنة أدائهم في أنماط حركة المرور المختلفة من خلال تطبيق أحمال مختلفة للشبكة، تبين أن DyXY تؤدي أفضل أداء لكنها ذات استهلاك طاقة اعلى. كما ان خوارزمية الشمال أخيراً تؤدي أفضل أداء بين خوارزميات التوجيه التكيفية جزئياً. كما أن خوارزمية XY الأكثر كفاءة في استخدام الطاقة.

كلمات مفتاحية:

شبكات الربط على الشريحة، خوارزمية التوجيه، خالية من الجمود.

Performance Analysis of deadlock-free 2D-NoC routing algorithms

Eng. Aziz Jarrouj

Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Albaath University

Department of Auto control and Computers

Abstract:

In this article, we discussed detail of some algorithms which have the common characteristics that they are deadlock-free in nature. The deadlock-free algorithms are XY (a deterministic DOR routing), Odd Even Routing (Turn model based adaptive routing), West first, North Last, Negative First (Turn model based partially adaptive routing) and DyXY (minimal adaptive routing). After comparing their performances in different traffic pattern by applying different loads on network, we found that DyXY has the best performance but it consumes higher power. And North Last has the best performance among partially adaptive algorithms. And we found that XY has the best power efficient.

Keywords:

Networks on the chip, routing algorithm, deadlock free.

1. مقدمة

بسبب التطور السريع في صناعة VLSI، فإن ملايين الأنظمة أو الميزات يمكن تقديمها في جهاز إلكتروني عن طريق تركيب ملايين الترانزستورات على رقاقة أو شريحة واحدة [1]. في هذه الأيام، يحاول مصنعو الشرائح إطلاق منتجات متعددة النوى بأعداد أكثر للنوى في النظام. وهذا قد يؤدي إلى مئات أو حتى آلاف النوى المدمجة على شريحة واحدة. بالإضافة إلى تكامل العديد من النوى ذات الأغراض العامة على general-purpose شريحة واحدة، فإن زيادة عدد الترانزستورات سيؤدي إلى تكامل أكبر للنظام من أجل النظم متعددة المعالجات على الشريحة MPSoCs. بلا شك يحتاج النظام على الشريحة والذي يملك عدد ضخم من عناوين النوى IP cores إلى نظام اتصال ملائم، قابل للتوسع، ويعرض حزمة عالية. يفشل كل من نظام الناقل Bus system وأنظمة التصالب crossbar systems بتأمين نظام اتصال فعال. لذلك فإن الشبكة على الشريحة NoC أتت واستبدلت هذين النظامين بسهولة. تمتلك الشبكة على الشريحة بعض مفاتيح التبديل التي تدعى تقنياً بالموجهات وأسلاك توجيهه. إن البنية متعددة النوى تعتبر مطلب ضروري جداً في العديد من المجالات. ستؤدي هذه البنية لزيادة مستويات سعة التوصيل لمراكز البيانات. وتتطلب التطبيقات ذات الإنتاجية الموجهة بشكل حتمي إلى اتصال بعرض حزمة عالي. يمكن لتأخير الاتصال latency أن يلعب دور جوهري في أداء الأنظمة متعددة المسالك. في أنظمة المعالجات المتعددة على الشريحة MPSoCs، يمكن أن تساعد نفعية الشبكة على الشريحة في تمكين عزل التصميم بالاستفادة من بلوكات ذات IP غير متجانسة ومن عدة مصنعين. يمكن لهذه البلوكات بوجود واجهة قياسية أن تتصل بمساعدة الشبكة على الشريحة بشكل ركب وشغل plug-and-play. يتم تطوير NOC بشكل مطرد كل عام. هناك عدد كبير من الحلول المختلفة للتطوير على مستوى مزامنة النظام الفرعي للاتصالات NOC، تكنولوجيا الاتصالات، تنظيم ربط الوصلات، تنظيم الموجه (تكنولوجيا الاتصال على مستوى الحزمة)، خوارزميات التوجيه، التحكم في التدفق [2، 3، 4]

إن خوارزمية التوجيه مفهوم تصميمي هام للشبكات على الشريحة. إن وظيفة خوارزمية التوجيه هي تحديد الطريق الفعال للمعطيات أو الرزم لتنتقل من المصدر إلى الهدف.

2. هدف البحث

دراسة وتحليل أداء بعض خوارزميات التوجيه ذات إمكانية التحرر من الاختناق ومقارنة أدائهم بعدة طرق تجريبية.

3. مواد وطرق البحث

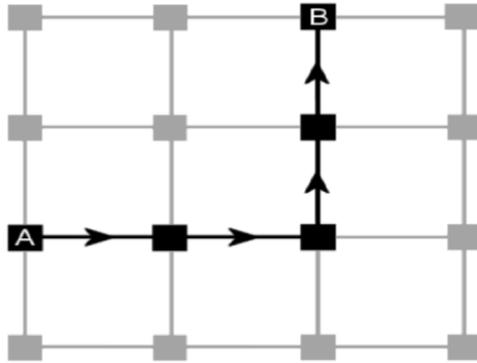
تم استخدام برنامج محاكي NIRGAM 2.1 [10] وهو محاكي يعتمد cycle accurate systemC. تم أخذ النتائج من البرنامج السابق، ثم استخدام MatLab لرسم هذه النتائج ومقارنتها.

4. لمحة نظرية

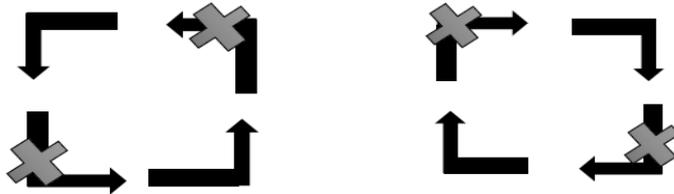
4.1 خوارزمية التوجيه الحتمي Deterministic Routing algorithm

تستخدم خوارزمية التوجيه الحتمية مسار توجيه ثابت طوال العملية. تأتي خوارزمية التوجيه XY ضمن خوارزمية التوجيه الحتمية. يمكن تنفيذ هذه الخوارزمية لكل من طوبولوجيا الشبكة العادية وغير المنتظمة. يطلق عليه توجيه ترتيب البعد (DOR). إنه يتبع مفهوم توجيه الحد الأدنى من الدوران. في هذا التوجيه، يتم تحديد كل عقدة أو جهاز توجيه لـ NoC من خلال إحداثيات (x, y) لتلك العقدة لشبكة ثنائية الأبعاد. وفقاً لهذه الخوارزمية، ستنقل حزم البيانات في اتجاه X نحو عمود الوجهة. بعد العثور على عمود الوجهة، ستنقل حزم البيانات إلى العقدة الوجهة. تم وصف حركة البيانات في هذه الخوارزمية في مثال في الشكل (1). تنص هذه الخوارزمية ببساطة على أنه "أولاً، ستتحرك البيانات في اتجاه X ثم في اتجاه Y". هذا هو السبب في أن اسم الخوارزمية هو خوارزمية التوجيه XY. وفقاً لهذه الخوارزمية، لا يمكن للحزم أن تتحرك أولاً في الاتجاه Y ثم في الاتجاه X. لذلك لديها بعض القيود على التوجيه أو الانعطاف. ونتيجة لذلك هي خالية من الجمود deadlock free.

كما هو مبين في الشكل (2) ووفقاً لهذه الخوارزمية، تتم مقارنة إحداثيات (y, x) لجهاز التوجيه الحالي بإحداثيات (y, x) لجهاز التوجيه الوجهة [5]. إذا كانت متساوية، فسيشير هذا إلى وصول حزم البيانات إلى وجهتها وسيتم توجيهها إلى المورد عبر المنفذ المحلي. إذا لم تكن متساوية، تتم مقارنة إحداثي x للوجهة مبدئياً بإحداثيات x لجهاز التوجيه الحالي. عندما يكون تنسيق x لجهاز التوجيه الحالي أقل من إحداثيات x لجهاز التوجيه الوجهة، سيتم إرسال حزم البيانات إلى الاتجاه الشرقي، عندما يكون الإحداثي x للموجه الحالي أكبر من إحداثيات x لجهاز التوجيه الوجهة، فسيتم توجيه الحزم باتجاه الغرب. ثم تحقق مما إذا كانت حزمة البيانات موجودة بالفعل في عمود الوجهة أم لا. إذا كان هذا الشرط الأخير صحيحاً، تتم مقارنة العنوان الراسي للوجهة بالعنوان الراسي لجهاز التوجيه الحالي. سيتم عبور حزم البيانات إلى الاتجاه الجنوبي عندما يكون العنوان الراسي لجهاز التوجيه الحالي أقل من العنوان الراسي لجهاز التوجيه الوجهة، أو إلى الشمال عندما يكون العنوان الراسي لجهاز التوجيه الحالي أكبر من العنوان الراسي لجهاز التوجيه الوجهة.

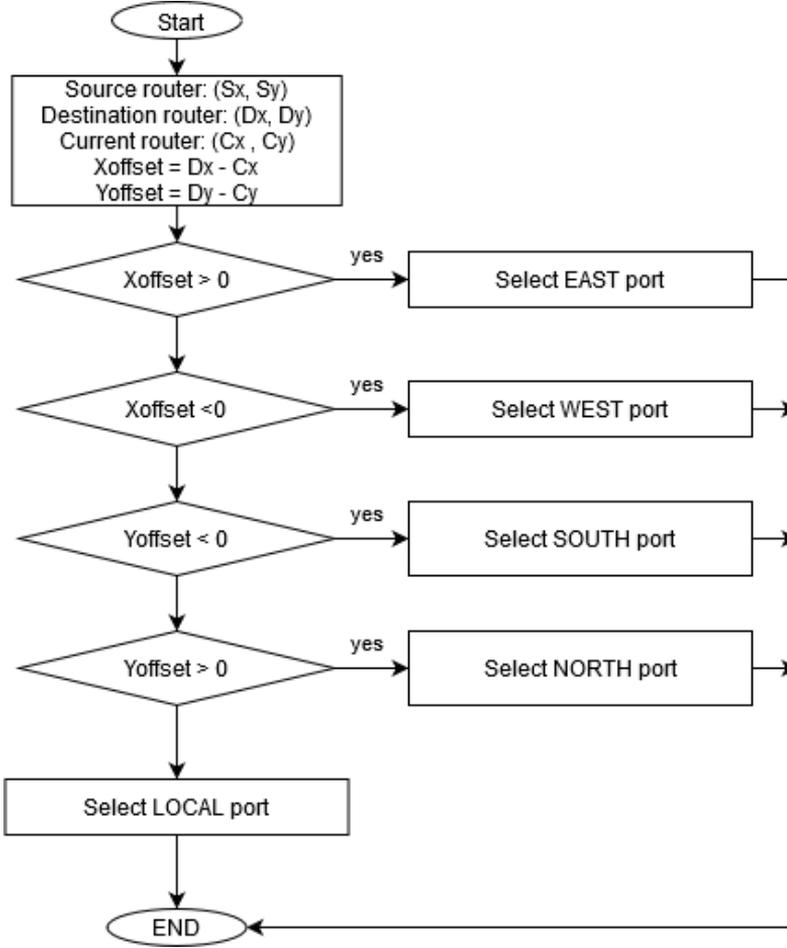


الشكل (1) المسار الموضح لتوجيه XY للمصدر A إلى الوجهة B



الشكل (2) المنعطفات المسموح بها في توجيه XY

وصف الخوارزمية:



4.2 خوارزميات التوجيه القائمة على نموذج الدوران Turn model Based

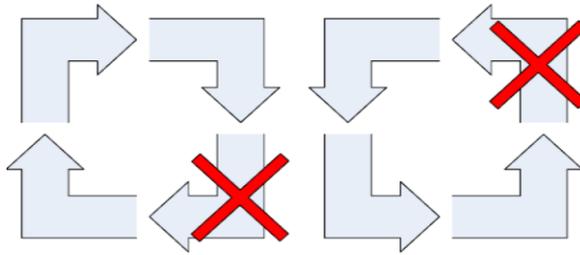
Routing algorithms

سنناقش في هذا القسم بعض الخوارزميات التكيفية جزئياً بطبيعتها. يزيل توجيه نموذج الدوران التكيفي Adaptive turn model routing [6] الحد الأدنى من مجموعة المنعطفات اللازمة لتحقيق حرية الوصول إلى طريق مسدود مع الاحتفاظ ببعض تنوع المسار وإمكانية التكيف. مع توجيه ترتيب الأبعاد، يُسمح فقط بأربع دورات ممكنة من الثماني دورات المتاحة في شبكة ثنائية الأبعاد. يزيد توجيه نموذج الدوران من مرونة

الخوارزمية من خلال السماح بستة دورات من أصل ثمانية. يتم التخلص من دورة واحدة فقط من كل دورة. في خوارزميات التوجيه التكرارية جزئياً، سيتم حساب أكثر من مسار بين المصدر والوجهة. وفقاً لظروف ازدحام الشبكة، سيتم تحديد مسار واحد للتوجيه وفي هذا المسار يتم توجيه المسار طوال العملية. السمة المشتركة لخوارزميات التوجيه هذه هي طبيعتها الخالية من الجمود. لأنه تم توضيحه في الفصل السابق أن تقييد الانعطاف الأيمن يمكن أن يجعل خوارزمية التوجيه خالية من الجمود.

4.2.1 خوارزمية التوجيه غرب أولاً West First

إنها خوارزمية توجيه تكرارية جزئياً. في الشبكة المتداخلة، يتم تطبيق اثنين من قيود التوجيه في أي عقدة، أي من الجنوب إلى الغرب والانعطاف من الشمال إلى الغرب. لا يمكن للحزم أن تأخذ منعطفاً من المنفذ الجنوبي إلى المنفذ الغربي أو المنفذ الشمالي إلى المنفذ الغربي للعقدة الموضحة في الشكل (3). وفقاً لهذه الخوارزمية، يجب أن تنتقل الرسالة أولاً في الاتجاه الغربي (إذا لزم الأمر) قبل السفر في أي اتجاه آخر. بعد السفر إلى الاتجاه الغربي، يمكنه السير بشكل تكيفي عبر اتجاه الجنوب والشرق والشمال. لا يمكن توجيه الرسالة في الاتجاه الغربي لاحقاً بسبب قيود التوجيه المطبقة. يقوم التوجيه الغربي الأول بتقييد نصف المصدر والاتصال على الأقل بمسار واحد صغير بينما يمكن للأزواج المتبقية التواصل بشكل كامل بشكل تكيفي [7].

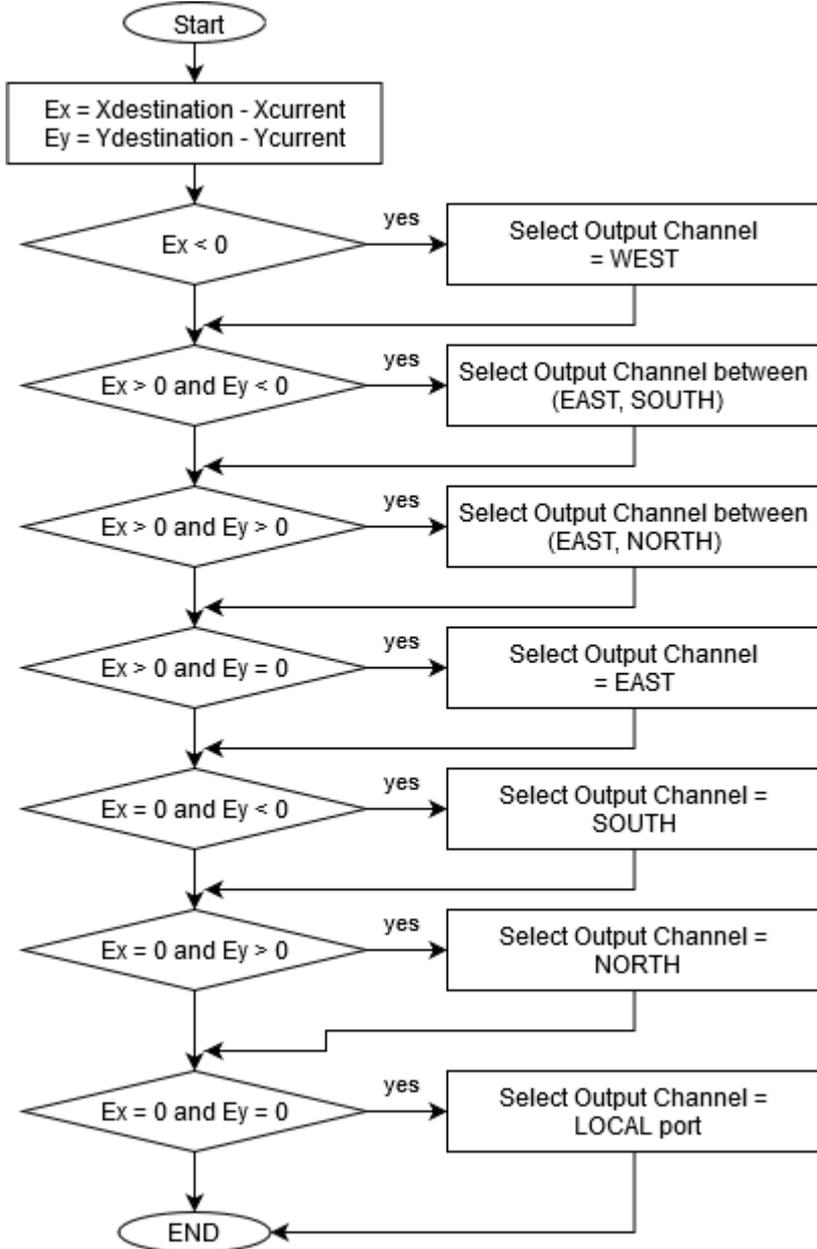


الشكل (3) المنعطفات المسموح بها في توجيه الغرب الأول

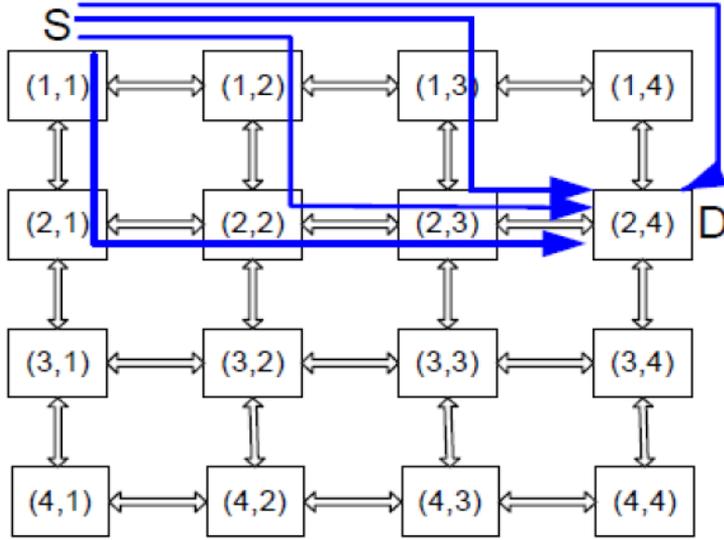
وصف الخوارزمية:

المدخلات: عنوان جهاز التوجيه الحالي Xcurrent - هو (إحداثيات X لجهاز التوجيه الحالي) و Ycurrent هو (إحداثيات Y لجهاز التوجيه الحالي).

عنوان جهاز التوجيه الوجهة- $X_{destination}$ هو (الإحداثي X لجهاز التوجيه الوجهة) و $Y_{destination}$ هو (إحداثيات Y لجهاز التوجيه الوجهة).



افترض في عقدة مصدر الشبكة هي (1,1) والعقدة الوجهة هي (2,4). يوضح الشكل (4) مسارات التوجيه المحتملة في خوارزمية التوجيه الغرب أولاً.



الشكل (4) مثال على توجيه الغرب الأول

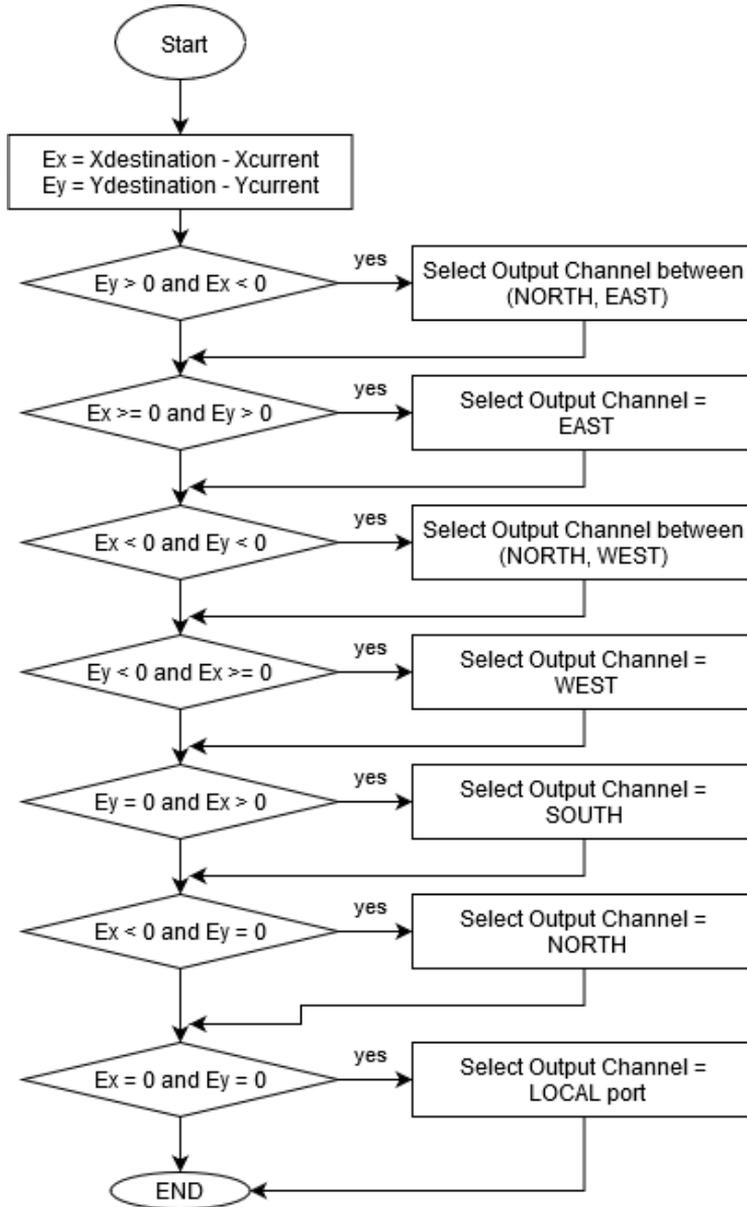
4.2.2 خوارزمية توجيه الشمال أخيراً North Last

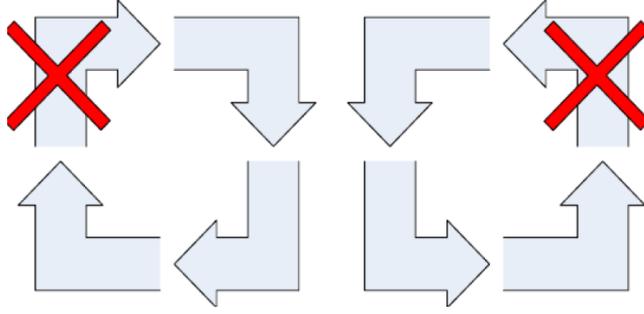
إنها خوارزمية توجيه تكيفية جزئياً. في الشبكة mesh، يتم تطبيق اثنين من قيود التوجيه على أي عقدة، أي من الشمال إلى الغرب ومن الشمال إلى الشرق. لا يمكن للحزم أن تأخذ منعطفاً من منفذ NORTH إلى منفذ WEST أو منفذ NORTH إلى منفذ EAST للعقدة الموضحة في الشكل (5). وفقاً لهذه الخوارزمية، سيتم توجيه الرسالة في الاتجاه الشمالي فقط إذا كان هذا هو الاتجاه الأخير الذي يجب الانتقال إليه. بمجرد أن تتحول الرسالة إلى الشمال، لا يُسمح بمزيد من المنعطفات؛ ومن ثم، يجب أن يكون المنعطف الشمالي أخيراً. في هذه الخوارزمية، يتم توجيه الرسالة أولاً بشكل تكيفي في اتجاه الغرب والجنوب والشرق وأخيراً في اتجاه الشمال. إذا كانت هناك حاجة في اتصال لتحريك حزمة في الاتجاه الشمالي جنباً إلى جنب مع اتجاهات أخرى، فيجب أن تنتقل هذه الحزمة في هذا الاتجاه الآخر الذي في النهاية باتجاه الشمال.

وصف الخوارزمية:

المدخلات: عنوان جهاز التوجيه الحالي - $X_{current}$ هو (إحداثيات X لجهاز التوجيه الحالي) و $Y_{current}$ هو (إحداثيات Y لجهاز التوجيه الحالي).

عنوان جهاز التوجيه الوجهة - $X_{\text{destination}}$ هو (الإحداثي X لجهاز التوجيه الوجهة) و $Y_{\text{destination}}$ هو (إحداثيات Y لجهاز التوجيه الوجهة).

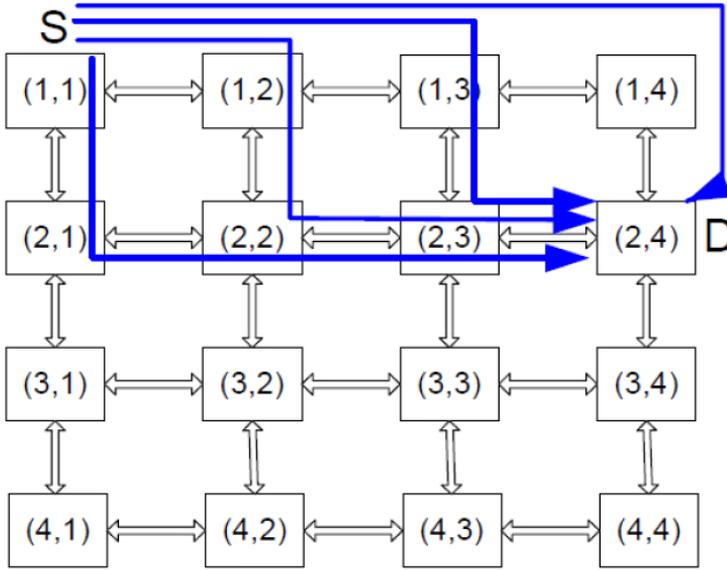




الشكل (5) المنعطفات المسموح بها في التوجيه الشمالي أخيراً

افتراض في عقدة مصدر الشبكة هي (1،1) والعقدة الوجهة هي (2،4). يوضح الشكل

(6) مسارات التوجيه المحتملة في خوارزمية التوجيه الشمال أخيراً.

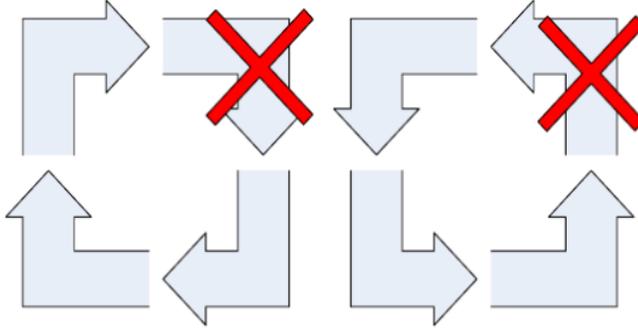


الشكل (6) مثال للتوجيه الشمال أخيراً

4.2.3 خوارزمية التوجيه السلبي أولاً Negative First

إنها خوارزمية توجيه تكيفية جزئياً. في الشبكة mesh، يتم تطبيق اثنين من قيود التوجيه في أي عقدة، أي من الشمال إلى الغرب والانعطاف من الشرق إلى الجنوب. لا يمكن للحزم أن تأخذ منعطفاً من المنفذ الشمالي إلى المنفذ الغربي أو المنفذ الشرقي إلى المنفذ الجنوبي للعقدة الموضحة في الشكل (7). وفقاً لهذه الخوارزمية، يمكن للرسالة أن تأخذ جميع المنعطفات الأخرى باستثناء المنعطفات من الاتجاه الإيجابي إلى الاتجاه

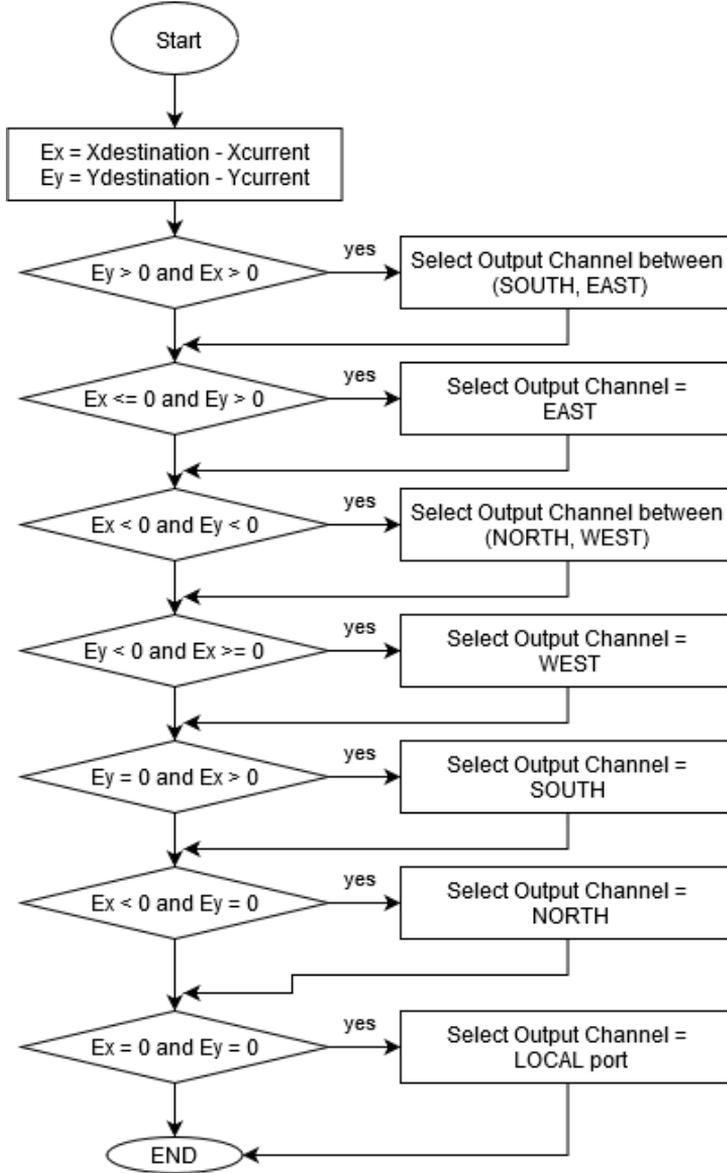
السليبي حيث تكون الاتجاهات الإيجابية في الشمال والشرق والاتجاه السالب في الجنوب والغرب. لذلك تنتقل الرسالة في الاتجاهات السلبية (الغرب والجنوب) أولاً قبل أن يُسمح لها بالسفر في اتجاهات إيجابية (شرقاً وشمالاً). في حزمة الخوارزمية هذه يتم توجيهها بشكل تكيفي في اتجاه الغرب والجنوب ثم بشكل تكيفي في اتجاه الشرق والشمال. يمكن أن تكون هذه الخوارزمية ذات مسار أصغري minimal أو غير أصغري non-minimal. لكن الإصدار غير البسيط أكثر تكيفاً وتحملاً للخطأ.



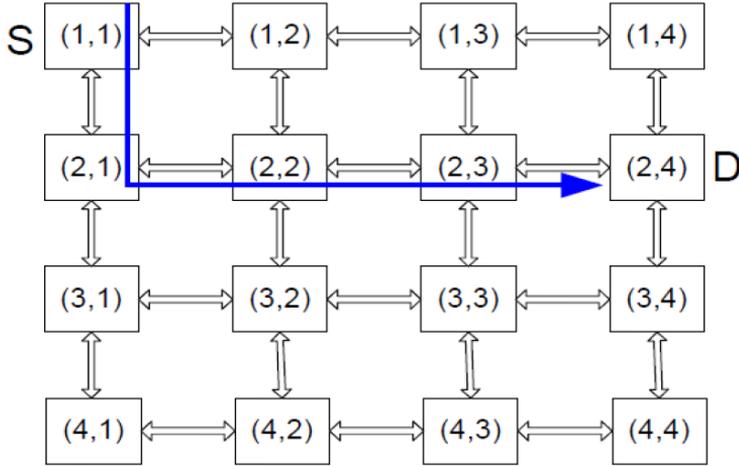
الشكل (7) المنعطفات المسموح بها في التوجيه السليبي أولاً

وصف الخوارزمية:

المدخلات: عنوان جهاز التوجيه الحالي - $X_{current}$ هو (إحداثيات X لجهاز التوجيه الحالي) و $Y_{current}$ هو (إحداثيات Y لجهاز التوجيه الحالي).
 عنوان جهاز التوجيه الوجهة - $X_{destination}$ هو (الإحداثي X لجهاز التوجيه الوجهة) و $Y_{destination}$ هو (إحداثيات Y لجهاز التوجيه الوجهة).



افتراض في عقدة مصدر الشبكة هي (1,1) والعقدة الوجهة هي (2,4). يوضح الشكل (8) مسارات التوجيه المحتملة في خوارزمية التوجيه السلبي أولاً.



الشكل (8) مثال على التوجيه السلبي أولاً

4.2.4 خوارزمية التوجيه فردي زوجي OE

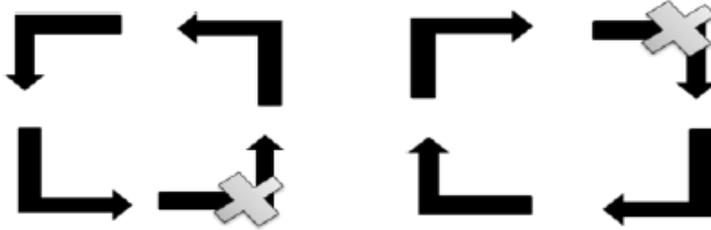
يتم اختصار توجيه OE كخوارزمية توجيه فردي زوجي Odd Even. وهي عبارة عن خوارزميات توجيه تكيفية تعتمد على نموذج turn model.

كما تمت مناقشته من قبل في خوارزمية التوجيه التكيفية، يتم حساب أكثر من مسار توجيه واحد بين عقدة المصدر والوجهة وسيتم تحديد مسار واحد للتوجيه وفقاً لظروف ازدحام الشبكة. تتغير هذه المسارات وفقاً للتغيير الديناميكي لحالة ازدحام الشبكة. تسمى خوارزمية التوجيه OE أيضاً باسم خوارزمية التوجيه الفردي والزوجي. يأتي ضمن فئة خوارزمية التوجيه التكيفية الموزعة. يعتمد على نموذج الدوران الفردي والزوجي. يقدم قيود توجيه مختلفة أو قيود تحول. نتيجة لذلك فهو خالي من الجمود. لا يتطلب نموذج الدوران الفردي والزوجي أي قناة افتراضية في طوبولوجيا الشبكة ثنائية الأبعاد [9]. في شبكة ثنائية الأبعاد، يتم التعرف على كل عقدة من خلال إحداثياتها (x,y) . وفقاً لنموذج الدوران، إذا كان عنصر البعد x الخاص به متساوياً، فسيتم اعتبار هذا العمود عموداً زوجياً وإذا كان تنسيق x للعمود رقماً فردياً، فسيتم اعتبار هذا العمود عموداً فردياً. يسمى التغيير بمقدار 90 درجة في اتجاه الانتقال على أنه منعطف. حسب اتجاه الانتقال، هناك ثمانية أنواع من المنعطفات. يمكن وصف الدوران ES بأنه انعطاف إذا كان لديه اختلاف 90

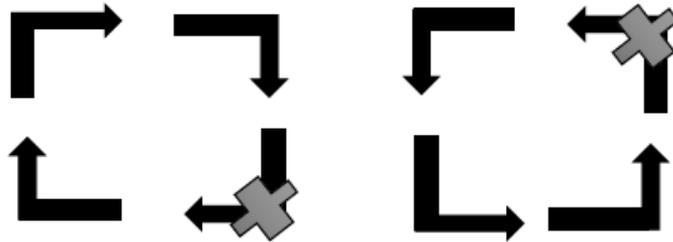
درجة في الاتجاه من الشرق إلى الجنوب. يمكن وصف دورة WS بأنها انعطاف إذا كان لديها اختلاف بمقدار 90 درجة في الاتجاه من الغرب إلى الجنوب. من هذا القبيل يمكننا وصف ستة أنواع أخرى من المنعطفات المسماة بـ EN و WN و SE و SW و NE و NW، حيث تحدد N و S و W و E الشمال والجنوب والغرب والشرق على التوالي. وفقاً لخوارزمية التوجيه OE، فإن النظريات التالية ضرورية لتجنب حالات الجمود.

النظرية 1: إذا كانت العقدة موجودة في عمود زوجي، فلا يمكن للحزم أن تأخذ دور EN كما هو موضح في الشكل (9) وإذا كانت العقدة موجودة في عمود فردي، فلا يمكن للحزم أن تأخذ أدوار NW الموضحة في الشكل (10).

النظرية 2: إذا كانت العقدة موجودة في عمود زوجي، فلا يمكن للحزم أن تأخذ أدوار ES الموضحة في الشكل (9) وإذا كانت العقدة موجودة في عمود فردي، فلا يمكن للحزم أن تأخذ دور SW كما هو موضح في الشكل (10).



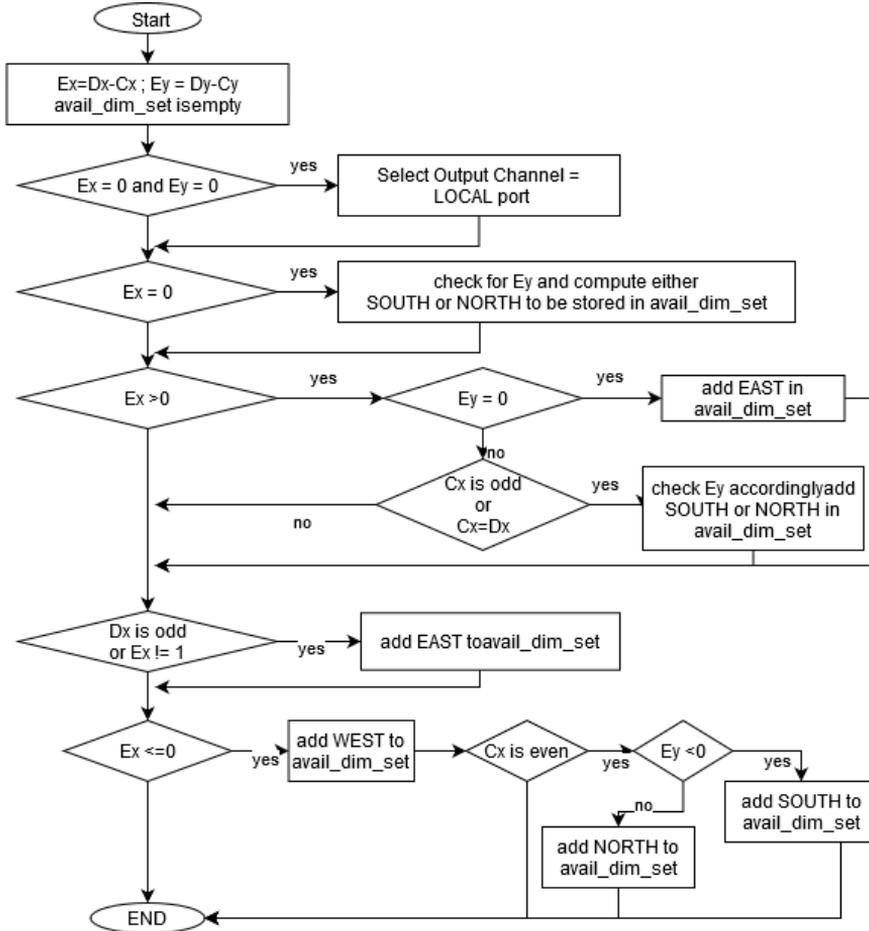
الشكل (9) المنعطفات المسموح بها للعمود الزوجي في توجيه OE



الشكل (10) المنعطفات المسموح بها للعمود الفردي في توجيه OE

الخوارزمية:

/ * جهاز التوجيه المصدر: (S_y, S_x) ؛ جهاز التوجيه الوجهة: (D_y, D_x) ؛
 جهاز التوجيه الحالي: (C_y, C_x) ؛ $E_x = D_x - C_x$ ؛ $E_y = D_y - C_y$ ؛
 avail_dim_set هي مصفوفة تتكون من جميع اتجاهات التوجيه الممكنة * /



4.3 خوارزمية التوجيه XY الديناميكية

كما نوقش سابقاً، يتميز التوجيه الحتمي ببعض مزايا البساطة في تصميم جهاز التوجيه وهناك تدهور في قيمة الإنتاجية عندما تزيد نسبة حقن الحزمة. لذلك تم تعديل خوارزمية التوجيه XY إلى خوارزمية تدرك الازدحام في الطبيعة ولها طبيعة خالية من الجمود [8]. ثبت أن القدرة على التكيف تقلل من تكوين عقدة النقطة الساخنة وتجنب المكونات

المعنية. يمكن أن تكتسب أي شبكة القدرة على التكيف من خلال مراقبة مستوى الازدحام باستمرار. يمكن الحصول على طبيعة التحرر من deadlock و livelock عن طريق إضافة بعض قيود التوجيه أو عن طريق المرور عبر أقصر طريق بين المصدر والوجهة.

5.3.1 وصف التوجيه

وفقاً لخوارزمية التوجيه الديناميكي XY، يجب أن تعبر بيانات خوارزمية التوجيه عبر طريق بين المصدر والوجهة التي لها أقل طول [9]. في حالة وجود أكثر من مسار واحد، ستختار خوارزمية التوجيه قناة إخراج للحزمة ذات قيمة ازدحام أقل.

ملخص خوارزمية التوجيه:

1. يجب تحديد وجهة الحزمة أو وحدات البيانات الواردة من الرأس.
2. تتم مقارنة إحداثيات (y, x) لجهاز التوجيه الحالي مع (y, x) لجهاز التوجيه الوجهة.

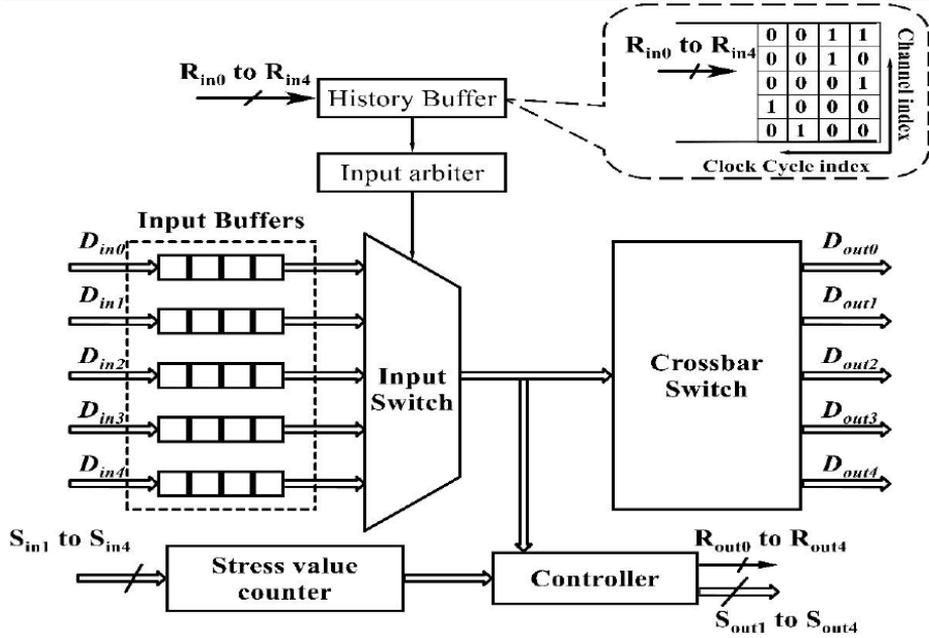
أ. إذا كان عنوان جهاز التوجيه الوجهة يساوي عنوان جهاز التوجيه الحالي، فهذا يعني أنه قد وصل إلى الوجهة. يتم تحديد المنفذ المحلي كقناة إخراج.

ب. إذا لم تكونا متساويتين، يتم التوجيه مثل خوارزمية التوجيه الثابت XY كما تمت مناقشته في الفصل 4. ستنتقل الحزم أولاً في الاتجاه X ثم في الاتجاه Y.

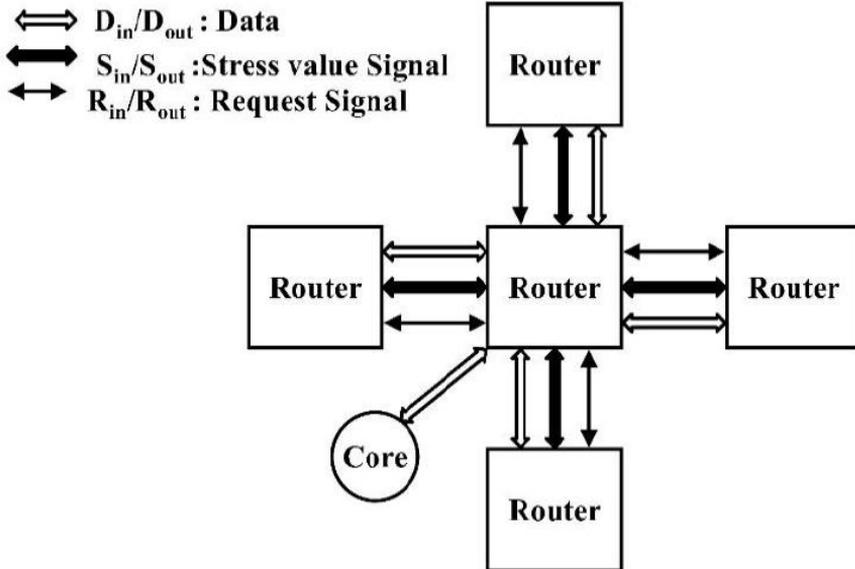
ج. تتم مقارنة قيم الإجهاد الأخرى (الازدحام) للجيران الحاليين لجهاز التوجيه وسيتم عبور حزم البيانات إلى الجار الذي يحتوي على أقل قيمة إجهاد.

يشير البارامتر الذي يسمى STRESS إلى ما إذا كان الارتباط مزدحماً أم لا بقيمته في جهاز التوجيه. هذه القيمة مهمة جداً لهذه الخوارزمية. يمكن اعتبار "طول قائمة الانتظار الفورية" لكل جهاز توجيه قيمة ضغط. ببساطة يمكننا القول أن عدد الخلايا المشغولة في جميع مخازن الإدخال المؤقتة يمكن تسميته كقيمة إجهاد. يجب على كل جهاز توجيه تخزين قيمة الضغط الفوري لجميع أجهزة التوجيه المجاورة ويتم الاحتفاظ بهذه القيمة عند التحديث من خلال نوع من الآليات التي تحركها الأحداث. تظهر بنية

جهاز التوجيه لـ DyXY في الشكل (11). كما يبين الشكل (12) التوصيل البيني للشبكة أثناء توجيهه DyXY.



الشكل (11) بنية جهاز التوجيه لتوجيه DyXY



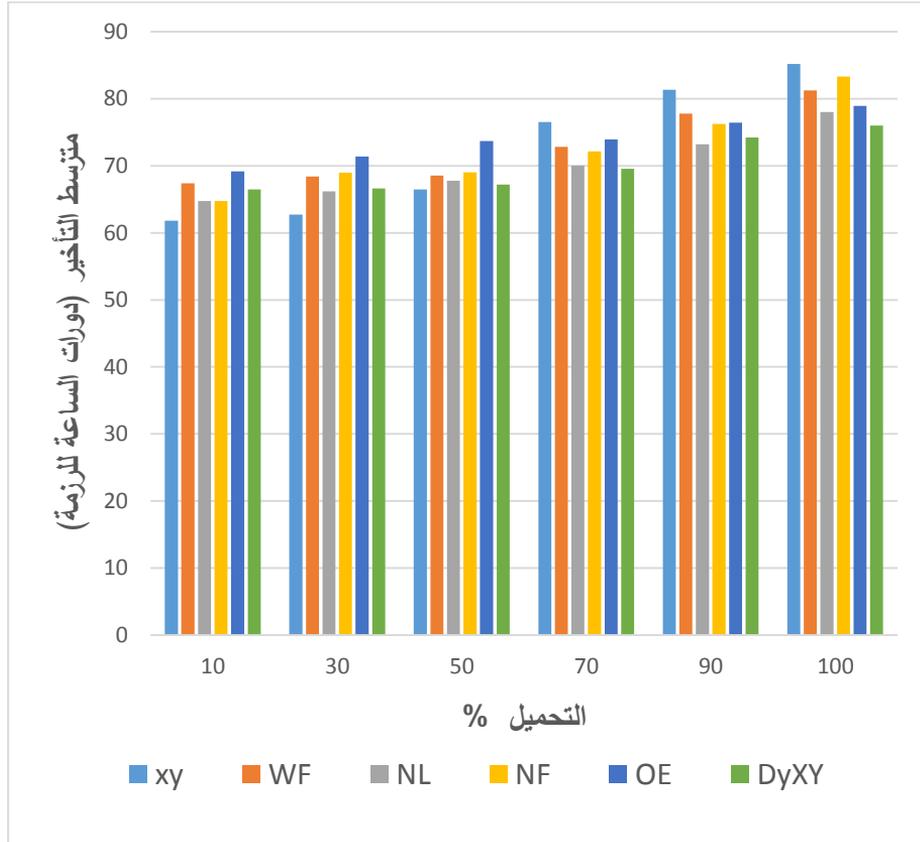
الشكل (12) التوصيل البيني للشبكة أثناء توجيهه DyXY

5. نتائج المحاكاة

الإعدادات التجريبية لتقييم خوارزميات التوجيه هي طوبولوجيا شبكة 4×4 حيث يتم توصيل كل عقدة بمولد حركة المرور CBR (معدل البت الثابت) بقيمة 32 جيجابت في الثانية. عمق المخزن المؤقت (عدد المخازن المؤقتة) لقناة الإدخال FIFO هو 32. عدد القنوات الافتراضية لكل قناة فعلية هو 4. طول الوصلة 3 um. يؤخذ حجم الحزمة على أنه 20 بايت مع فاصل زمني لدورتين على مدار الساعة وتردد الساعة 1 جيجاهرتز

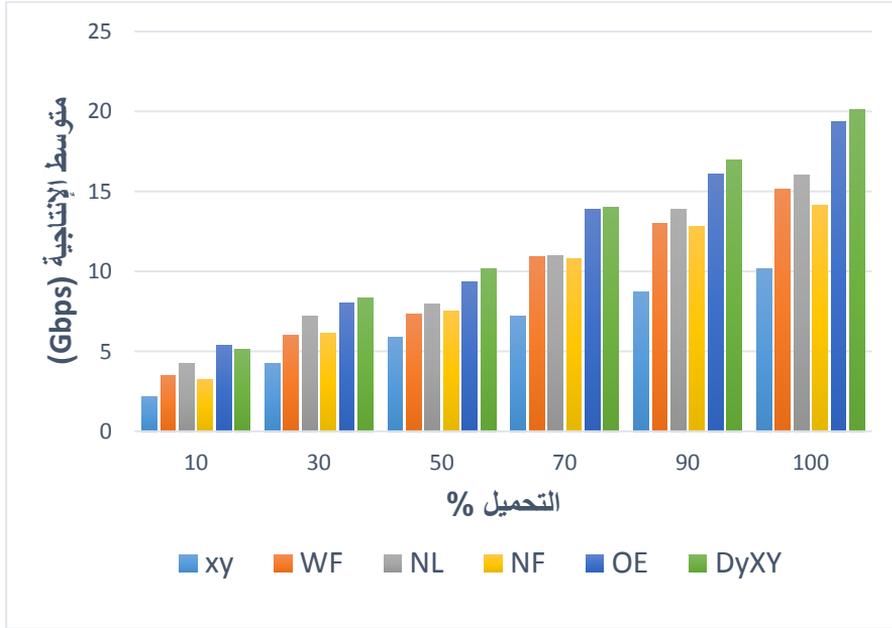
5.1 نتائج المحاكاة لحركة المرور الموحدة العشوائية Random uniform traffic

يبين الشكل (13) التحميل مقابل متوسط زمن الانتقال لحركة المرور الموحدة العشوائية



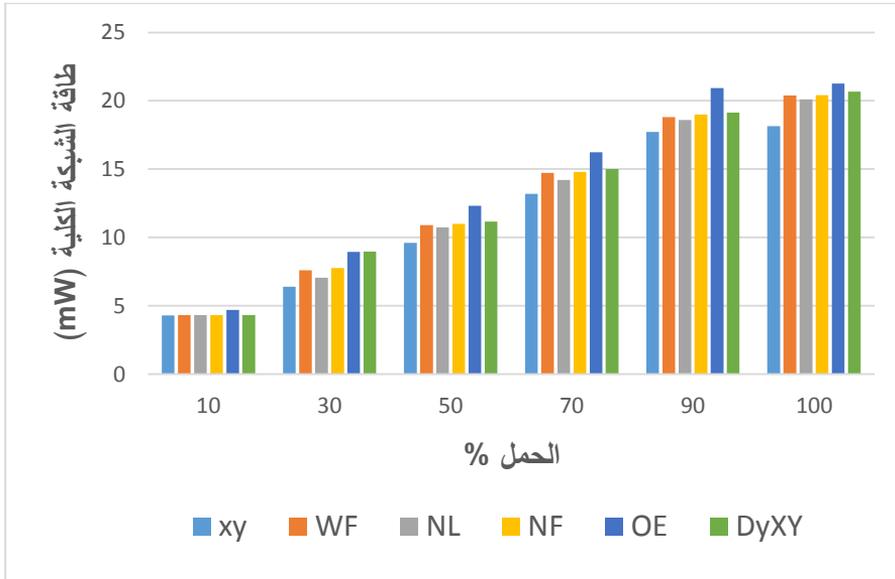
الشكل (13) متوسط زمن الانتقال مع تغير الحمل بحسب حركة المرور الموحدة العشوائية

كما يبين الشكل (14) الحمل % مقابل متوسط الإنتاجية لحركة المرور الموحدة العشوائية



الشكل (14) الحمل % مقابل متوسط الإنتاجية لحركة المرور الموحدة العشوائية

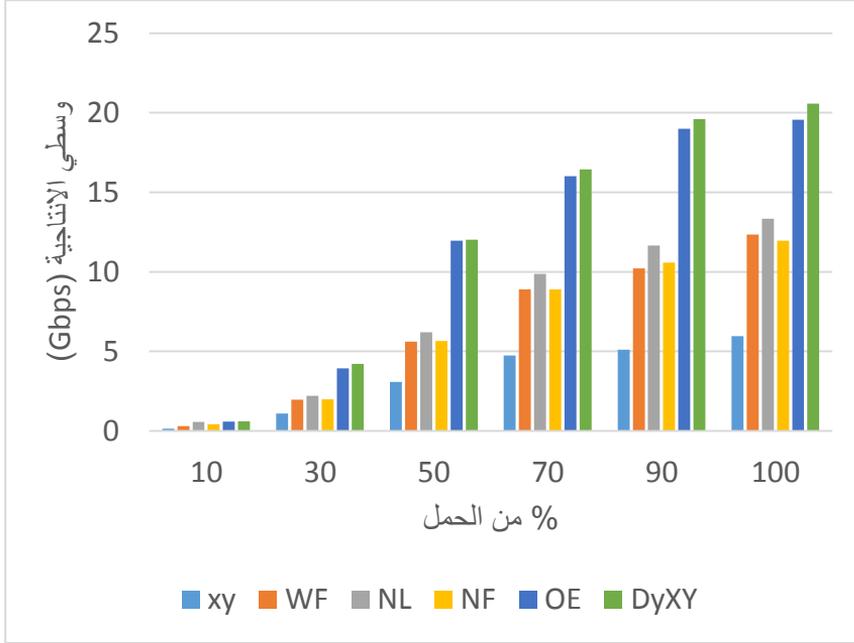
ويبين الشكل (15) الحمل % مقابل طاقة الشبكة الكلية لحركة المرور الموحدة العشوائية



الشكل (15) الحمل % مقابل طاقة الشبكة الكلية لحركة المرور الموحدة العشوائية

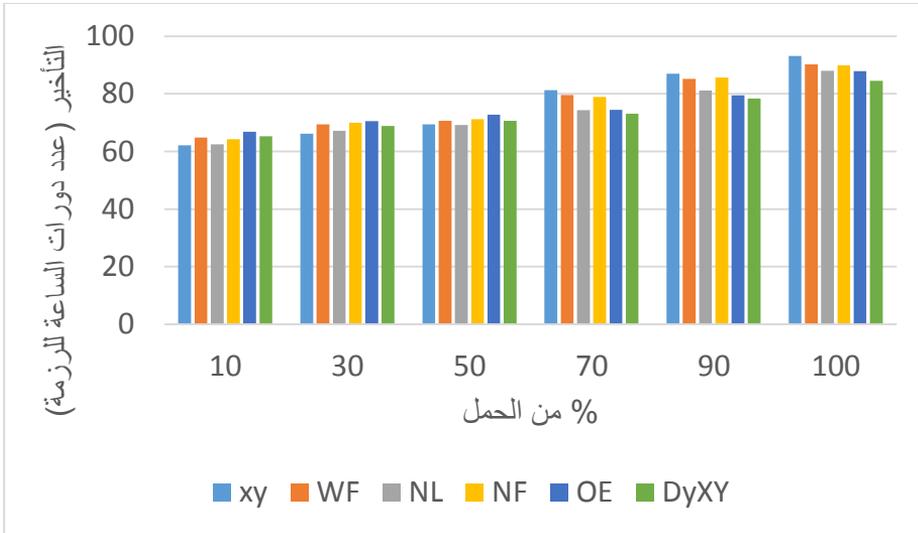
5.2 نتائج محاكاة نمط حركة انعكاس البتات Bit reversal traffic pattern

يبين الشكل (16) الحمل % مقابل متوسط الإنتاجية لنمط حركة انعكاس البت



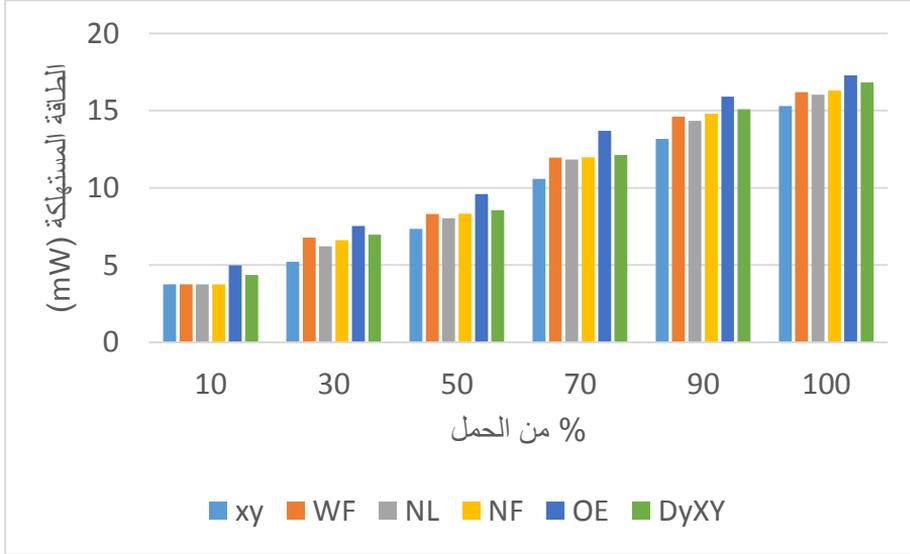
الشكل (16) الحمل % مقابل متوسط الإنتاجية لنمط حركة انعكاس البت

كما يبين الشكل (17) الحمل مقابل متوسط زمن الانتقال لنمط حركة انعكاس البت



الشكل (17) % من الحمل مقابل متوسط زمن الانتقال لنمط حركة انعكاس البت

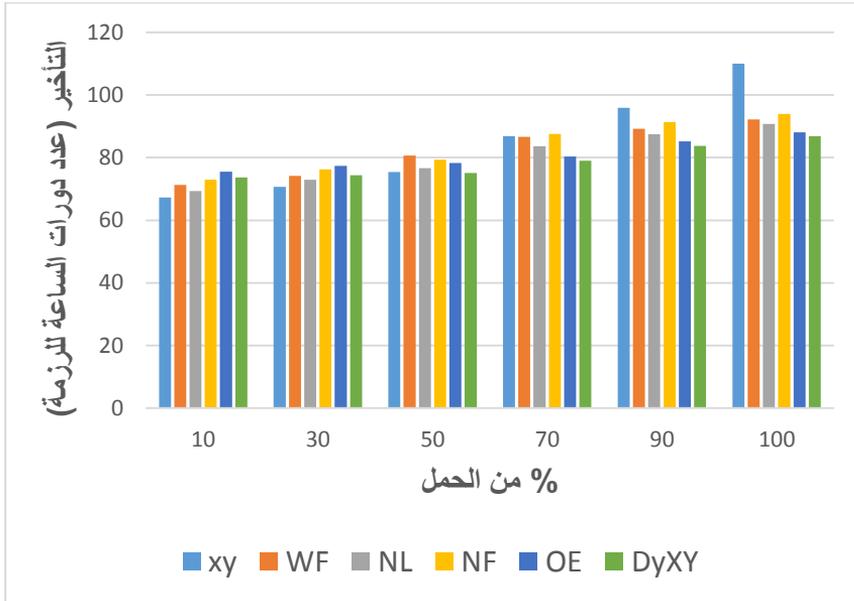
ويبين الشكل (18) % من الحمل مقابل إجمالي طاقة الشبكة لنمط حركة انعكاس البت



الشكل (18) % من الحمل مقابل إجمالي طاقة الشبكة لنمط حركة انعكاس البت

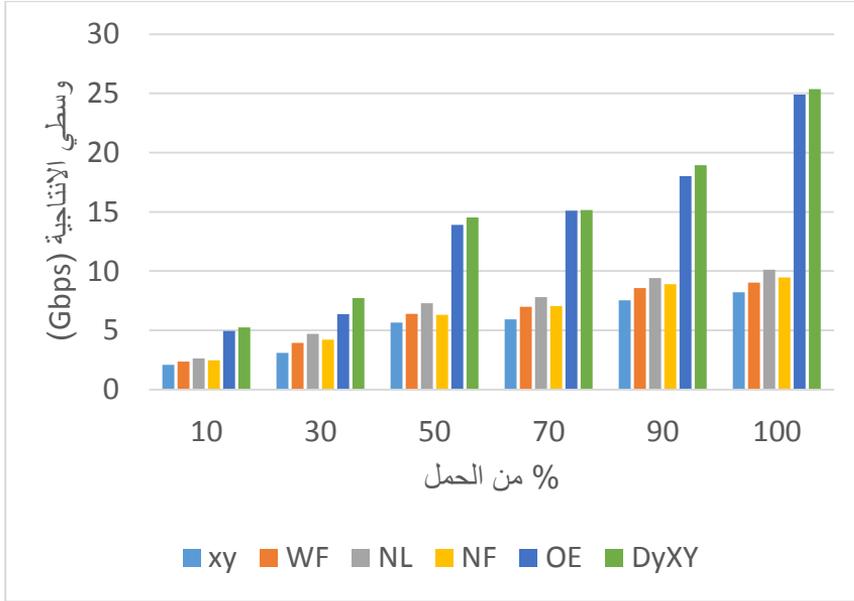
5.3 نتائج المحاكاة لنمط حركة تبديل البتات Bit shuffle traffic pattern

يبين الشكل (19) % من الحمل مقابل متوسط زمن الانتقال لنمط حركة تبديل البتات



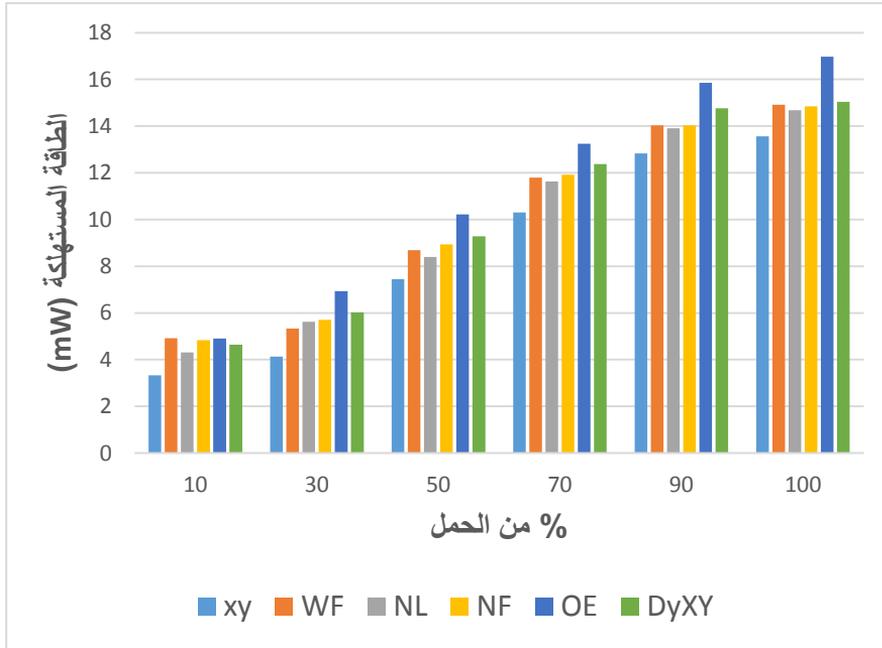
الشكل (19) % من التحميل مقابل متوسط زمن الانتقال لنمط حركة تبديل البتات

كما يبين الشكل (20) % من الحمل مقابل متوسط الإنتاجية لنمط حركة تبديل البتات



الشكل (20) % من الحمل مقابل متوسط الإنتاجية لنمط حركة تبديل البت

كما يبين الشكل (21) % من الحمل مقابل إجمالي طاقة الشبكة لنمط حركة تبديل البتات



الشكل (21) % من الحمل مقابل إجمالي طاقة الشبكة لنمط حركة تبديل البتات

6. المناقشة:

في محاكي NIRGAM، تنتوع النسبة المئوية للحمل (النسبة المئوية للحد الأقصى لعرض النطاق المستخدم) ووفقاً لذلك، يُلاحظ التأثير على بارامترات الأداء (متوسط زمن الانتقال، متوسط الإنتاجية وإجمالي طاقة الشبكة) لوقت الإحماء 800 دورة ساعة وإجمالي وقت المحاكاة 50000 دورة ساعة. في هذه التجربة، تنتوع النسبة المئوية للحمل من 10% إلى 100% وفي الأشكال 13 و 14 و 15 توضح نتائج المحاكاة لمتوسط زمن الوصول (عدد دورات الساعة لكل حزمة) ومتوسط الإنتاجية (بالجيجابت في الثانية) وإجمالي طاقة الشبكة (بالميلي واط) على التوالي بالنسبة للتوجيه XY، الغرب الأول، التوجيه الشمال أخيراً، التوجيه السلبي أولاً، التوجيه OE، DyXY لنمط المرور الموحد العشوائي. توضح الأشكال 16 و 17 و 18 نتائج المحاكاة لمتوسط زمن الوصول (في دورة الساعة لكل حزمة)، ومتوسط الإنتاجية (بالجيجابت في الثانية) وإجمالي طاقة الشبكة (بالميلي واط) على التوالي لـ XY، وتوجيه الغرب الأول، والتوجيه الشمال أخيراً، والتوجيه السلبي أولاً، OE، التوجيه DyXY لنمط حركة انعكاس بت. توضح الأشكال 19 و 20 و 21 نتائج المحاكاة لمتوسط زمن الوصول (في دورة الساعة لكل حزمة)، ومتوسط الإنتاجية (بالجيجابت في الثانية) وإجمالي طاقة الشبكة (بالميلي واط) على التوالي لـ XY، وتوجيه الغرب الأول، والتوجيه الشمال أخيراً، والتوجيه السلبي أولاً، OE، التوجيه DyXY لنمط حركة تبديل البتات.

مقاييس الأداء "P" هي النسبة بين متوسط الإنتاجية ومتوسط زمن الوصول. كلما كانت "P" أكبر تكون خوارزمية التوجيه أفضل.

$$P = \text{مقياس الأداء (على أساس كل قناة)} = \text{متوسط الإنتاجية} / \text{متوسط التأخير}$$

في نمط المرور الموحد العشوائي

$$P = (5.90696 / 66.4783) = 0.0885 \text{ : (تحميل بنسبة 50\%) لتوجيه XY}$$

$$P = (7.311 / 68.5387) = 0.1066 \text{ : (حمولة 50\%) لتوجيه الغرب أولاً}$$

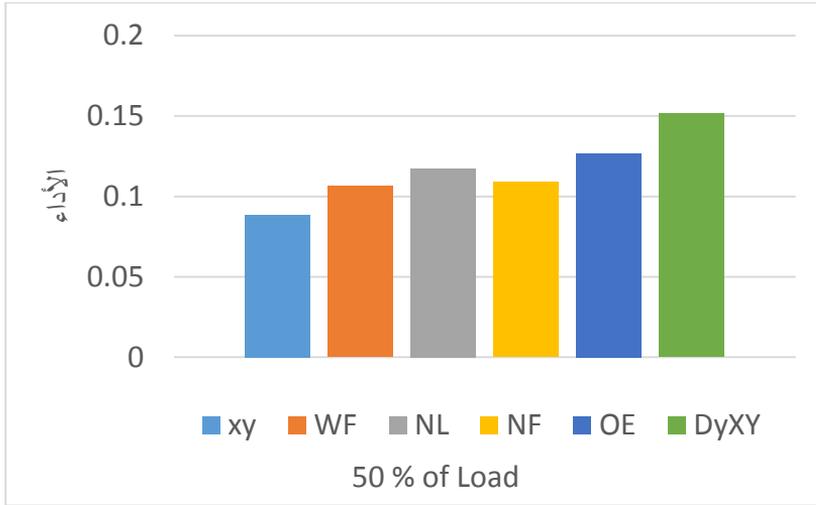
$$P = (7.9612 / 67.7663) = 0.1174 \text{ : (حمولة 50\%) للتوجيه الشمال أخيراً}$$

للتوجيه السلبي أولاً (حمولة 50٪): $P = (7.521 / 69.0121) = 0.1089$

لتوجيه OE (حمل 50٪): $P = (9.336 / 73.661) = 0.1267$

لتوجيه DyXY (تحميل بنسبة 50٪): $P = (10.186 / 67.2065) = 0.1515$

ويبين الشكل (22) مقارنة الأداء بالنسبة لنمط حركة المرور الموحد العشوائي



الشكل (22) مقارنة الأداء بالنسبة لنمط حركة المرور الموحد العشوائي

في نمط حركة انعكاس البت

لتوجيه XY (تحميل بنسبة 50٪): $P = (3.08712 / 69.365) = 0.04450$

لتوجيه الغرب أولاً (حمولة 50٪): $P = (5.6181 / 70.651) = 0.07951$

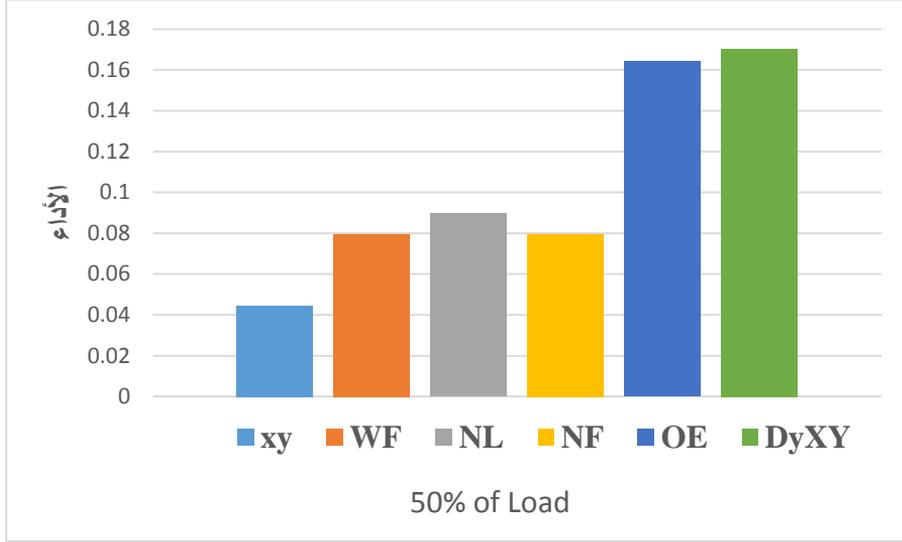
للتوجيه الشمال أخيراً (حمولة 50٪): $P = (6.195 / 69.169) = 0.089563$

للتوجيه السلبي أولاً (حمولة 50٪): $P = (5.6611 / 71.283) = 0.07941$

لتوجيه OE (تحميل 50٪): $P = (11.9635 / 72.815) = 0.1642$

لتوجيه DyXY (حمولة 50٪): $P = (12.021 / 70.597) = 0.17027$

ويبين الشكل (23) مقارنة الأداء بالنسبة لنمط حركة انعكاس البت



الشكل (23) مقارنة الأداء بالنسبة لنمط حركة انعكاس البت

في نمط حركة تبديل البتات

لتوجيه XY (تحميل بنسبة 50٪): $P = (5.664 / 75.367) = 0.07515$

لتوجيه الغرب أولاً (حمولة 50٪): $P = (6.392 / 80.649) = 0.7925$

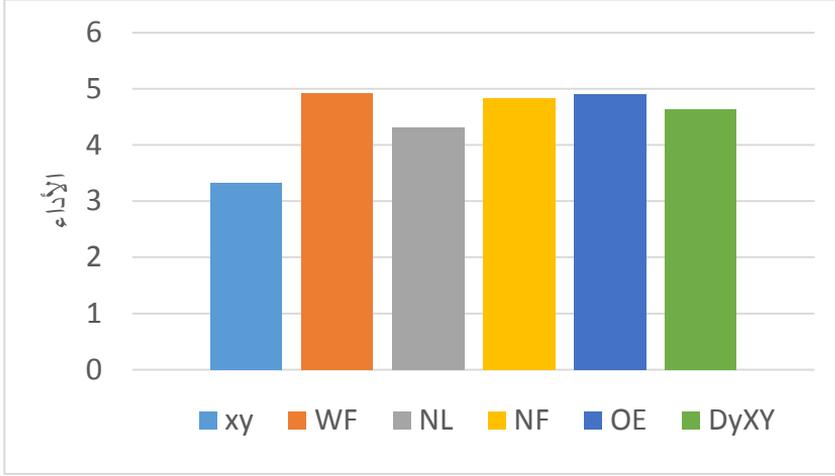
للتوجيه الشمال أخيراً (حمولة 50٪): $P = (7.295 / 76.680) = 0.09513$

للتوجيه السلبي أولاً (حمولة 50٪): $P = (6.313 / 79.341) = 0.07956$

لتوجيه OE (حمل 50٪): $P = (13.9012 / 78.246) = 0.1776$

لتوجيه DyXY (حمل 50٪): $P = (14.532 / 75.099) = 0.1935$

ويبين الشكل (24) مقارنة الأداء بالنسبة لنمط حركة تبديل البتات.



الشكل (24) مقارنة الأداء بالنسبة لنمط حركة تبديل البتات

7. الاستنتاجات والتوصيات:

من النتائج والمناقشة المذكورة أعلاه، نستنتج أن DyXY يؤدي أداءً أفضل من الخوارزميات الأخرى في النمط الموحد العشوائي، وعكس البت، ونمط حركة تبديل البتات. من بين خوارزميات التوجيه التكيفية الجزئية، أي خوارزميات التوجيه من الغرب أولاً والشمال أخيراً والسالب أولاً، تُظهر خوارزمية الشمال أخيراً أفضل أداء في زمن الوصول والإنتاجية والطاقة المستهلكة. كما أن كفاءة الطاقة لـ DyXY هي أكثر من توجيهه OE. يتم عرض كفاءة الطاقة لخوارزميات التوجيه بالترتيب التالي: التوجيه الحتمي أفضل من التوجيه التكيفي جزئياً والتي هي أفضل من التوجيه التكيفي. تعد خوارزمية التوجيه XY هي الخوارزمية الأكثر كفاءة في استخدام الطاقة ولكنها تعاني من تدهور الأداء في حمل الشبكة الثقيل.

References:

- [1] W. J. Dally, "Route packets; not wire," in *DAC 2001*, Las Vegas, 2001.
- [2] E. Kasapaki, M. Schoeberl, R.B. Sorensen, C. Muller, K. Goossens, J. Sparso, Argo: a real-time network-on-chip architecture with an efficient GALS implementation, *IEEE Trans. Very Large Scale Integr. Syst.* 24 (2016) 479e492.
- [3] W. Liu, L. Yang, W. Jiang, L. Feng, N. Guan, W. Zhang, N.D. Dutt, Thermalaware task mapping on dynamically reconfigurable network-on-chip based multiprocessor system-on-chip, *IEEE Trans. Comput.* 67 (2018) 1818e1834.
- [4] W. Xu, N. Wu, B. Liu, A blocking optimization method by convergence of cores for application-based optical circuit switched network-on-chip, *Microprocess. Microsyst.* 53 (2017) 168e177.
- [5] William James Dally, *Principles and Practices of Interconnection Networks*, San Francisco: Morgan Kaufmann, 2004.
- [6] L. H. J. W. Wang Zhang, "Comparison Research between XY and Odd-Even Routing Algorithm of a 2-Dimension 3X3 Mesh Topology Network-on-Chip," in *Global Congress on Intelligent Systems*, Hong Kong, 2009.
- [7] J. Hu, "DYAD - Smart Routing for Networks-on-Chip," in *DAC 2004*, California, 2004.
- [8] G.-M. Chiu, "The Odd-Even Turn Model for Adaptive Routing," *IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS*, vol. 11, no. 7, pp. 729-738, 2000.
- [9] P. Y. K. C. Terrence Mak, "Adaptive Routing in Network-on-Chips Using a Dynamic-Programming Network," *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS*, vol. 58, no. 8, pp. 3701-3716, 2011.
- [10] U. o. S. UK, "NIRGAM: A Simulator for NoC Interconnect Routing and Application Modeling," 2010. [Online]. Available: nirgam.ecs.soton.ac.uk.

دراسة عملية للخيوط الحلقية والخيوط المحكمة عند

درجات برم مختلفة

* م. وائل النواقل ** أ.د.م حسين تينة * د.م نضال عبد الفتاح

قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها - كلية الهمك - جامعة دمشق

المخلص

إن خصائص الخيوط المنتجة من الغزل الحلقي تختلف عن خصائص الخيوط المنتجة من الغزل المحكم لذلك تم إجراء المقارنة بين الخيوط المنتجة من كلا النظامين الحلقي والمحكم. حيث تمت دراسة الخصائص التالية على الخيوط: الانتظامية، الأماكن الرفيعة، الأماكن السميكة، نسبة النبس، التشعر، المتانة، الاستطالة.

وقد وجد بعد الدراسة أنه لم تختلف الانتظامية وعدد النبس و العيوب لكل من الغزل الحلقي و الغزل المحكم بتغير عدد البرمات، في حين نلاحظ انخفاض نسبة التشعر في كلا النظامين الحلقي والمحكم مع زيادة عدد البرمات، بالنسبة للمتانة والاستطالة تزداد بزيادة عدد البرمات حتى عدد برمات معين ثم تبدأ الاستطالة والمتانة بالتناقص مع زيادة عدد البرمات عن حد معين.

الكلمات المفتاحية:

الغزل الحلقي - الغزل المحكم - خصائص الخيوط الحلقية - خصائص الخيوط المحكمة
انتظامية الخيوط الحلقية.

-أعد هذا البحث في إطار رسالة الدكتوراه للمهندس وائل النواقل بأشراف الأستاذ الدكتور المهندس حسين تينة والدكتور المهندس نضال عبد الفتاح.

Practical study of ring and compact yarn At different twist degrees

* Eng. Wael Alnwakeel

**prof. Hsen Teneh

***Dr .Nedal Abd Alfath

* textile industries mechanical engineering and their techniques
department-faculty of mechanical and electrical engineering-
Damascus university

Abstract

The properties of the ring yarns are different from the properties of the compact yarns, so we have compared in this research between the ring yarns and compact yarns.

In this research, the following specifications were studied: Uniformity, Thin Places, Thick Places, Neps Percentage, Hairiness, Tenacity and the Elongation.

The research appeared that when we increased the twist number of the yarn, the Neps Percentage, Uniformity and Defects are not changed on both ring spinning and compact spinning, whereas the hairiness was decreased in both systems, but the elongation and the tenacity increased till a specific number of twist number of the yarns, then they decreased.

Key Words:

Ring spinning, compact spinning , ring yarn properties ,
compact yarn properties, ring yarn Uniformity.

This research is prepared in the context of PHD by Eng.Wael Alnakeel and supervision by Prof. Hsen Teneh and Dr. Nedal Abd Alfatah.

1- مقدمة:

يعتبر انزياح الالياف أحد أهم المشاكل الموجودة في الغزل الحلقي ويعود السبب في انزياح الألياف إلى اختلاف الشد بين الألياف أثناء عملية تشكيل الخيط [3,4].

بينما في الغزل المحكم يتم تقليل مساحة مثلث الغزل الذي يتشكل من الشعيرات ما بين السلندر الأمامي ونقطة بدء تشكل البرمات وذلك عن طريق إضافة عملية تكثيف في هذه المنطقة بحيث أصبح بإمكان الشعيرات القصيرة الانضمام إلى كتلة حزمة الألياف المتعرضة للبرم [3,4].

إن تقليص مساحة مثلث الغزل في الغزل المحكم سيؤدي إلى تقليل انزياح الألياف مما يسبب زيادة في متانة خيط الغزل المحكم [1].

من أهم النتائج التي بينتها التجارب السابقة أنه عندما تكون عدد برمات خيط الغزل المحكم أقل بنسبة 20% من عدد برمات خيط الغزل الحلقي فإن متانة خيط الغزل المحكم ستعادل متانة خيط الغزل الحلقي التقليدي على الرغم من تقليل نسبة البرمات في خيط الغزل المحكم إلى ما يقارب 20% عن خيط الغزل الحلقي ، أضف إلى ذلك النعومة الأفضل والإنتاجية الأعلى الغزل مع تخفيض الطاقة المستهلكة [5] .

مبدأ الغزل الحلقي والمحكم :

إن نظام الغزل المحكم هو صيغة جديدة أو تطوير لنظام الغزل الحلقي جعل من الغزول المنتجة أكثر جودة وحقق بنى أفضل للغزول .

تعتمد هذه التقنية على إحكام غزل الخیط باستخدام جهاز سحب متطور (في حين أن باقي أجزاء الآلة بقيت كما هي) حيث تم استبدال الأسطوانة الأساسية في جهاز السحب بأسطوانة أعرض و أسطوانة ضاغطة عليها مع جهاز شفت (سحب) للهواء [11,12].

في نظام الغزل الحلقي تأخذ حزمة الألياف مساراً يتجه من وحدة السحب إلى نقطة بدء تشكل البرمات ثم إلى دليل الخیط ليتشكل بالون من جسم الخیط ثم إلى الدبلة الدائرة على الحلقة ثم يلتف على الماسورة ، وهذا المسار للخیط يستوجب ضبط مسافات وزوايا انحناء الخیط المتعلقة بالدبلة وباللون وموجه الخیط (هذه النقاط الثلاثة تشكل ما يسمى بمستوي الغزل). [8,9]

إن هذه الزوايا والمسافات ترتبط ارتباطاً مباشراً بمثلث الغزل الذي له تأثير هام على قوى الشد في المناطق المختلفة للخیط وتشعر الخیط وبنيته كما يؤثر تأثيراً مباشراً على انقطاعات الخیط أثناء عملية الغزل [8,9].

يتشكل مثلث الغزل من حزمة الشعيرات الممسوكة من جهة بسلندر التوريد ومن جهة أخرى بنقطة بدء تشكل البرمات هذه المساحة تحتوي على الألياف التي لم تخضع بعد لعملية برم وتسمى مثلث الغزل [8,9].

إن الألياف الموجودة ضمن منطقة مثلث الغزل لا تخضع جميعها لنفس قوة الشد فالألياف التي في مركز المثلث لا تتلقى أي شد ولذلك فإنها تتماسك مع بعضها البعض دون التعرض لأي تشوه ، في حين الألياف التي على أطراف المثلث يتوجب عليها مقاومة قوة الشد الكاملة والناجمة عن تشكل البالون [7,8].

إن الألياف القصيرة الموجودة في مثلث الغزل تكون مشاركتها في مقاومة الشد ضعيفة جداً وهذا ما يفسر انقطاع الخیط أثناء عملية الغزل عند ازدياد نسبة الشعيرات في

المثلث. و يعود تشكل هذه الظاهرة إلى عرض مثلث الغزل المتشكل بعد سلندرات توريد جهاز السحب و عدم انتشار البرمات بشكل مثالي على كامل طول شعيرات الخصلة، بالتالي انفصال أطراف هذه الشعيرات عن جسم الخيط، بالإضافة إلى الاحتكاك الحاصل بين جسم الدبلة و السطح الخارجي للخيط.[6,7]

إن طول مثلث الغزل يتأثر بعاملين تكنولوجيين هامين هما:

1- عدد البرمات.

2- بارامترات مستوى الغزل(أي مسافات عناصر هذا المستوي وزوايا انحناء الخيط

ضمنه)[11,12]

تأثير عدد البرمات على الخيوط :

لقد أثبتت الدراسات أنه عند زيادة البرمات بالخيوط تزداد مقاومته للشد وتستمر بالازدياد مع استمرار زيادة البرم إلى حد معين تقل بعدها قوة الشد، ولكن هذا ينطبق فقط على الخيوط المؤلفة من شعيرات مثل الخيوط القطنية. كذلك بالنسبة للأستطالة أي أنه عند زيادة البرمات بالخيوط تزداد استطالته وتستمر بالازدياد مع استمرار زيادة البرم إلى حد معين تقل بعدها الاستطالة [3].

إن زيادة عدد البرمات في الغزل المحكم يؤدي إلى تقصير مثلث الغزل في حين إذا كان عدد البرمات قليلاً يكون مثلث الغزل أطول.

إن مثلث الغزل القصير يعني نقاط ضعف أقل في خيط الغزل المحكم بسبب زيادة عدد البرمات الذي يسبب زيادة المتانة وبالتالي تكون انقطاعات الخيط أقل ولكن في هذه

الحالة زوايا انحراف الألياف على طرفي المثلث ستكون حادة جداً ولن تستطيع كلها الخضوع لعملية البرم وبالتالي ستتطاير وتساهم في زيادة تشعر الخيط [8]

من جهة أخرى، إن مثلث الغزل الطويل سوف يسبب نقاط ضعف أكثر في خيط الغزل المحكم وذلك بسبب تقليل عدد البرمات الذي يسبب تقليل المتانة وبالتالي تكون تقطعات الخيط أكثر ولكن الألياف سوف تتماسك بشكل أفضل وعدد أكبر من الشعيرات سوف يخضع للبرم وينضم إلى جسم الخيط مما سوف يخفض التشعر ويزيد من نعومة الخيط ويحسن مظهره [8] .

على الرغم من أن مثلث الغزل هو أضعف نقطة في النظام كله لكنه أتاح الفرصة لعدد من الأبحاث لتطویر نظام الغزل الحلقي لأنه يرتبط بأهم عناصر تكوين الخيط على الآلة والتحسينات الأساسية التي أجريت على مكنة الغزل انطلقت من هذه النقطة وهذا ما اعتمد عليه الباحثون في الوصول إلى نظام الغزل المحكم الذي اعتمد على تقليص مساحة هذا المثلث [6,7] .

الجدول (1) يبين الخصائص الفيزيائية لكل من خيوط الغزل الحلقي والمحكم [1].

الجدول (1) : الخصائص الفيزيائية لكل من خيوط الغزل الحلقي والمحكم

نظام الغزل	معامل البرم	الانتظامية	الأماكن الرفيعة	الأماكن السمكية	النسب	التشعر	الاستطالة	المتانة
حلقي	2.8	12.93	0	89	75	5.55	6.18	2.07
	2.8	12.74	0	69	50	5.94	6.19	2.23

2.39	6.33	5.85	63	66	0	12.48	2.8	
2.67	6.57	5.08	64	63	1	12.53	3.2	
2.63	6.69	4.8	84	96	0	12.93	3.2	
2.68	6.59	5.09	54	66	0	12.44	3.2	
3	6.87	4.28	114	96	1	13.57	3.6	
2.77	7.1	4.39	95	65	0	13.23	3.6	
2.87	6.97	4.39	87	86	0	12.66	3.6	
3.03	7.07	4.37	80	62	0	12.37	4	
3.06	7	4.18	68	77	0	12.64	4	
3.1	7.15	4.38	71	74	0	12.76	4	
3.93	7.08	4	78	93	0	12.84	4.4	
2.78	6.99	3.94	76	71	1	12.57	4.4	
2.67	6.67	4.31	99	85	0	12.78	2.8	محكم
2.87	6.66	4.23	82	67	0	12.76	2.8	
2.70	6.41	4.13	115	81	0	12.79	2.8	
2.94	6.89	3.85	72	59	0	12.54	3.2	
2.87	6.88	4.11	79	77	0	12.66	3.2	

3.07	6.93	3.7	73	66	0	12.65	3.2
3.15	6.95	3.37	102	69	1	12.71	3.6
3.03	7.32	3.45	85	70	0	12.63	3.6
2.97	7.17	3.38	96	81	0	12.82	3.6
2.93	7.29	3.4	74	82	0	13.2	4
3.13	7.63	3.5	70	64	0	12.74	4
3.15	7.09	3.39	79	75	0	12.6	4
2.95	7.38	3.14	92	77	1	12.88	4.4
2.98	7.16	3.24	81	88	4	13.25	4.4
3	6.86	3.17	94	78	0	12.88	4.4

2- هدف البحث:

1- مقارنة خصائص خيط الغزل الحلقي مع خيط الغزل المحكم في نفس شروط التشغيل.

2- دراسة تأثير تغيير عدد البرمات على خصائص خيوط الغزل الحلقي وخیوط الغزل المحكم.

3- المواد والمعدات المستخدمة في البحث:

تم إجراء تجربة على خيط قطني 100% بنمرة إنكليزية Ne30 وذلك عند خمس مستويات برم مختلفة حيث كانت معاملات البرم الإنكليزية (2.8-3.2-3.6-4-4.4).

تم إجراء الدراسة العملية في كل من المخابر التابعة لوزارة الصناعة وهي :

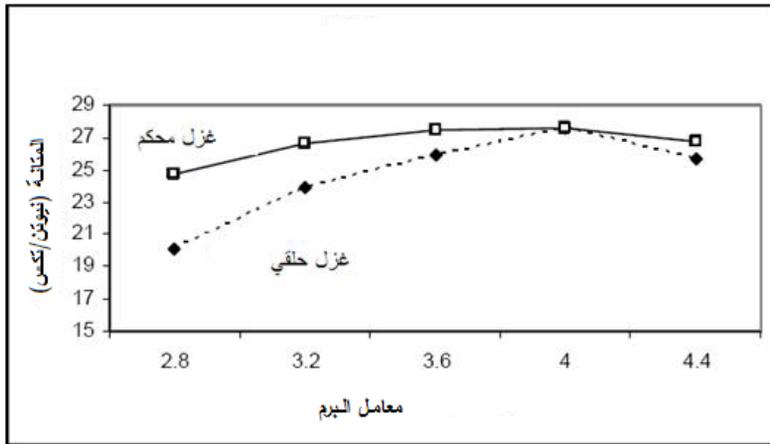
المخابر التابعة لدائرة الصناعات النسيجية في مركز الاختبارات والأبحاث الصناعية في السومرية ، ، وفي مخبر الغزل بشركة المتحدون بالكسوة بالإضافة إلى مخابر الغزل والنسيج في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق.

4-الإجراءات:

4-1: متانة الخيط :

تم قياس متانة الخيط باستخدام جهاز الشد Uster 3 حيث تم هذا الاختبار بدرجة حرارة 21° ورطوبة نسبية 60% ولمدة 20 ثانية، كان طول عينة الاختبار 500 ملم ومتانة أولية 0.005 نيوتن / تكس تم الحفاظ عليه طول فترة الاختبارات[2].

يوضح الشكل (1) مقارنة بين متانة كل من الغزل الحلقي والمحكم عند معاملات برم مختلفة.



الشكل (1): مقارنة بين متانة كل من الغزل الحلقي والمحكم عند معاملات برم مختلفة

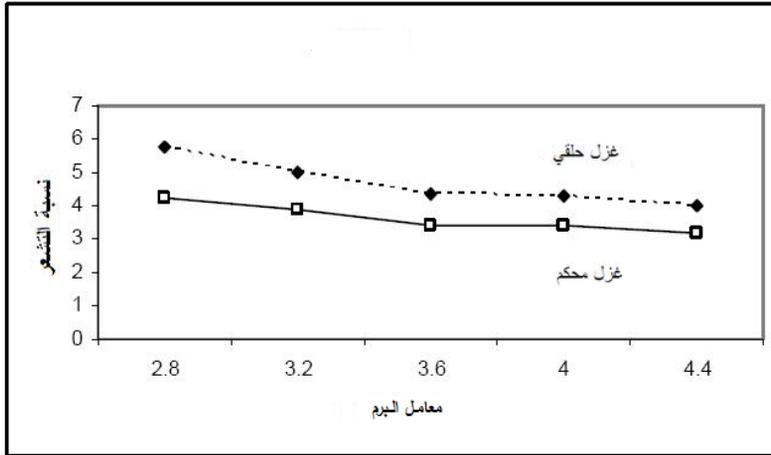
یلاحظ من الشكل (1) زیادة المتانة لكل من الخیطين الحلقی والمحكم بزیادة عدد البرمات حیث أن زیادة عدد البرمات یساعد فی ضم الشعیرات السطحية إلى جسم الخیط وبالتالي زیادة فی المتانة، حتی معامل برم 4 ثم تبدأ بالانخفاض.

حیث أن ازدياد عدد البرمات فی واحدة الطول لخیط مشغل فوق القیم المسموح بها، يؤدي إلى حدوث ظاهرة نقص الشعیرات و ازدياد محتوی الشعیرات القصيرة، بالتالي انخفاض مناطق الاحتكاك فیما بینها الأمر الذي ینتج عنه انهيار فی بنية الشعیرات و الخیط مما یسبب انخفاض المتانة.

كما یلاحظ أن متانة الغزل المحكم أعلى من متانة الغزل الحلقی لنفس قیم عدد البرمات وذلك بسبب عدم انتظامية قوى الشد المتولدة ضمن جسم خیط الغزل الحلقی، فاختلفت قوى الشد یعود بشكل أساسي لعدم انتظامية توزع الشعیرات ضمن مقطع خیط الغزل الحلقی، بالتالي توزع الإجهادات بقیم مختلفة على مساحات مقاطع عرضية مختلفة له، بینما فی خیط الغزل المحكم یتم تقلص مساحة مثلث الغزل مما یساعد فی زیادة ضم الشعیرات السطحية لجسم خیط الغزل ومنه زیادة فی المتانة وخاصة من أجل قیم برم منخفضة. [6,7]

4-2 : تشعیر الخیوط :

تم قیاس تشعیر الخیط باستخدام جهاز الاختبار Uster 4 -G566 وبسرعة 50 م/د ل طول 1000 م [2]. یوضح الشكل (2) مقارنة بین تشعیر كل من الخیط الحلقی والمحكم عند معاملات برم مختلفة.

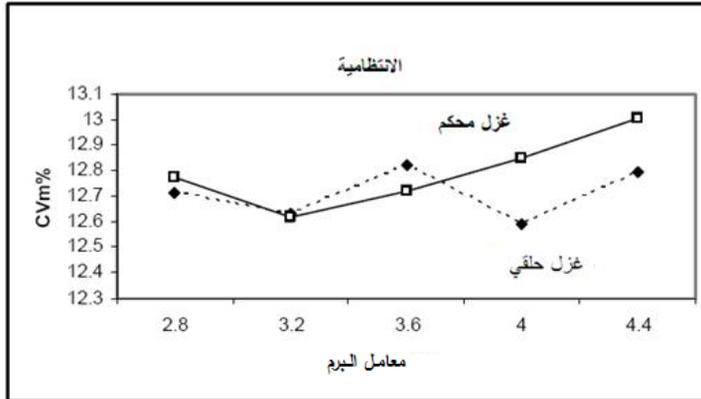


الشكل (2) : مقارنة بين تشعر كل من الخيط الحلقي والمحكم عند معاملات برم مختلفة.

يلاحظ انخفاض نسبة التشعر مع زيادة عدد البرمات في كلا النظامين الحلقي والمحكم حيث أن زيادة عدد البرمات يساعد في ضم الشعيرات السطحية إلى جسم الخيط مما يسبب تقليل في نسبة التشعر، كما يلاحظ أن تشعر الخيط المحكم أقل من تشعر الخيط الحلقي وذلك بسبب تقليص مساحة مثلث الغزل في خيط الغزل المحكم مما يساعد في زيادة ضم الشعيرات السطحية لجسم خيط الغزل المحكم. [6,7]

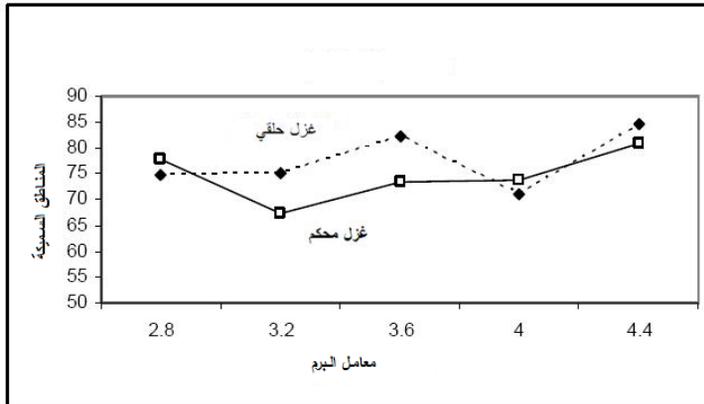
3-4: انتظامية الخيط :

تم قياس عدم الانتظامية باستخدام جهاز Uster 4 وبمعدل 400 م/د [2]. يوضح الشكل (3) مقارنة بين انتظامية الخيط الحلقي والمحكم عند معاملات برم مختلفة.



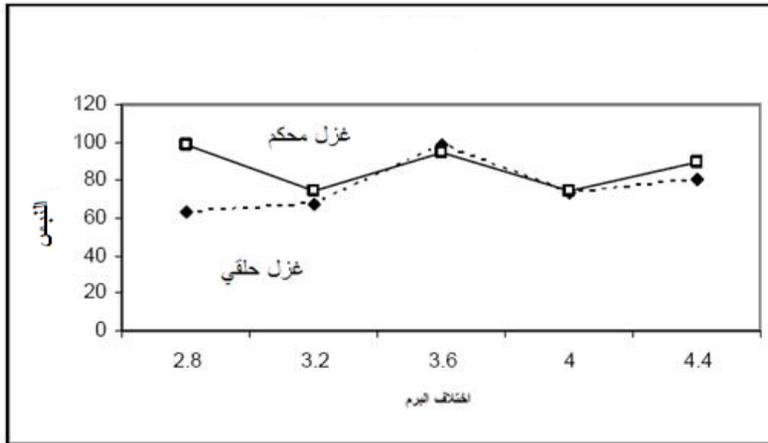
الشكل (3) : مقارنة بين انتظامية الخيط الحلقي والمحكم عند معاملات برم مختلفة.

كما يوضح الشكل (4) مقارنة بين عدد المناطق السميكة في كل من الخيط الحلقي والمحكم عند معاملات برم مختلفة.



الشكل (4) : مقارنة بين عدد المناطق السميكة في كل من الخيط الحلقي والمحكم عند معاملات برم مختلفة.

كما يوضح الشكل (5) مقارنة بين نسبة النبس بين كل من الخيط الحلقي والمحكم عند معاملات برم مختلفة.



الشكل (5) : مقارنة بين نسبة النبس بين كل من الخيط الحلقي والمحكم عند معاملات برم مختلفة.

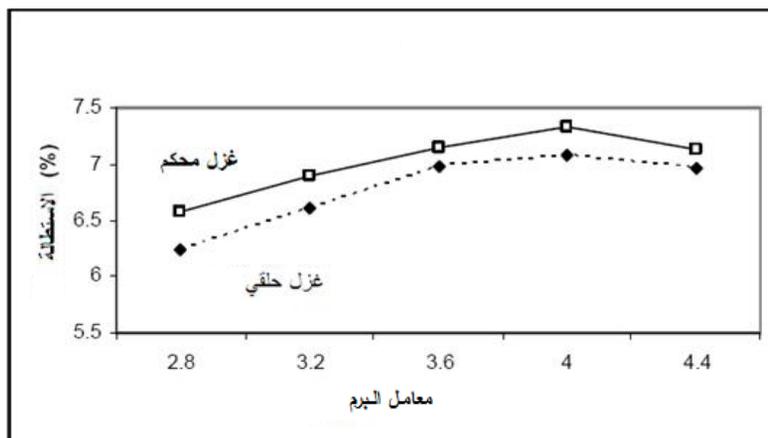
يلاحظ أنه فيما يخص عدد النبس والانتظامية و العيوب لكل من الغزل المحكم و الغزل الحلقي لم تختلف بشكل ملحوظ عند معاملات برم مختلفة.

والسبب في ذلك يعود إلى أنه لا يؤثر نظام الغزل المستخدم (حلقي -محكم) على الانتظامية الكلية وعلى نسبة النبس وعدد الأماكن السمكة والمؤثر الوحيد هو عملية السحب وذلك بسبب وجود موجات السحب (Drafting Wave). [6,7].

4-4: الاستطالة:

تم قياس استطالة الخيط باستخدام جهاز Uster 3 حيث تم هذا الاختبار بدرجة حرارة 21° ورطوبة نسبية 60% بحيث كان طول عينة الاختبار 500 ملم [2].

يوضح الشكل (6) مقارنة بين استطالة كل من الخيط الحلقي والمحكم عند معاملات برم مختلفة.



الشكل (6) مقارنة بين استطالة كل من الخيط الحلقي والمحكم عند معاملات برم مختلفة.

يلاحظ من الشكل (6) أن قيم الاستطالة تزداد لكل من الخيطين الحلقي والمحكم مع زيادة عدد البرمات أن زيادة عدد البرمات يساعد في ضم الشعيرات السطحية إلى جسم الخيط مما يسبب زيادة الاستطالة، حتى حد معين ثم تبدأ بالتناقص.

حيث أن ازدياد عدد البرمات في واحدة الطول لخيط مشغل فوق القيم المسموح بها، يؤدي إلى حدوث ظاهرة نقص الشعيرات وازدياد محتوى الشعيرات القصيرة، بالتالي انخفاض مناطق الاحتكاك فيما بينها الأمر الذي ينتج عنه انهيار في بنية الشعيرات و الخيط مما يسبب انخفاض الاستطالة [6,7].

ويمكن القول أن استطالة الخيط المحكم أكبر من استطالة خيط الغزل الحلقي وذلك بسبب تقليص مساحة مثلث الغزل في خيط الغزل المحكم مما يساعد في زيادة ضم الشعيرات السطحية لجسم خيط الغزل المحكم.

5- الاستنتاجات:

- 1- لم تختلف نسبة النبس والانتظامية و العيوب لكل من الغزل المحكم و الغزل الحلقي بشكل ملحوظ عند معاملات برم مختلفة لخيوط الغزل الحلقي وخيوط الغزل المحكم.
- 2- انخفاض نسبة التشعر مع زيادة عدد البرمات في كلا من النظامين الحلقي والمحكم.
- 3- ازدادت المتانة بازياد معامل البرم لكل من خيوط الغزل الحلقي وخيوط الغزل المحكم حتى قيمة معامل برم 4 ثم انخفضت.
- 4- ازدادت الاستطالة بازياد معامل البرم لكل من خيوط الغزل الحلقي وخيوط الغزل المحكم حتى قيمة معامل برم 4 ثم انخفضت.
- 5- إن تأثير اختلاف البرم و نظام الغزل كان واضحاً فقط على قيم نسبة التشعر و المتانة فالفرق بين قيم نسبة التشعر للغزل المحكم و الغزل الحلقي التقليدي تزايد مع زيادة عدد البرمات.
- 6- من خلال إجراء التجارب يمكن تحديد قيمة عدد البرمات الأعظمي الذي يمكن من خلاله الحصول على أفضل متانة واستطالة وذلك لكل من الغزل الحلقي والغزل المحكم والذي في حال تجاوز عدد البرمات هذه القيمة تبدأ المتانة والاستطالة بالتناقص.

6- التوصيات:

- 7- إجراء مقارنة بين الأقمشة المنتجة من خيوط الغزل الحلقي والأقمشة المنتجة من خيوط الغزل المحكم.
- 8- التوجه إلى وزارة الصناعة بإنشاء معامل تتبع نظام الغزل المحكم في إنتاج الغزول نظراً للفوائد الاقتصادية التي تحققها نتيجة رفع جودة المنتج بهذا النظام.

6- المراجع العلمية المستخدمة:

- 1) Meyer, U, March 2000-**Compact Yarns: Innovation as a Sector Driving Force**. Melliand International, 6, 2p.
- 2) Owen, P, (August 1999)-**Spinning: Wider Future Options**. Textile Month, 16-18p.
- 3) Subrata Ghosh, 1997 -**Effect of Yarn Characteristics on Knitting Performance**. Textile Institute, Manchester, 31-33p.
- 4) Angappan P, 1997-**Hand book on Textile Testing**. SSM Institute of Textile Technology, Komarapalayam g', 325-330p.
- 5) Lord, P.R, 1971-**The Structure of Compact Spun Yarn**. Text. Res. J., 41, 778-784p.
- 6) N. Haleem and X. Wang, 2019, **A comparative study on yarn hairiness results from manual test and two commercial hairiness metres**, *The Journal of The Textile Institute*, 104(5): p. 70-75
- 7) Wulfhorst, B, 2019 -**Future Developments in Spinning**. Melliand International, 270-272.
- 8) Goswami, 2020-**New Technology Challenges conventional Spinning Systems**. ATI, 105-110.
- 9) د.م.قدار، طاهر، **كتاب المواد الأولية النسيجية**. مقرر طلاب السنة الرابعة، جامعة دمشق، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها، دمشق، 2018، ص 32.
- 10) د.م.منصور، زهير، **فيزياء المنسوجات**. مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة البعث، حمص، 2009، ص9-107.
- 11) د.م. حمود، محي الدين، **تحضيرات نسيج**. مقرر طلاب السنة الثالثة، جامعة دمشق، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها، دمشق، ص15.
- 12) د.م.قدار، طاهر، **ضبط ومراقبة جودة الانتاج**. مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة دمشق، 2020.

تطوير دمج البيانات المتزامنة في النظم متعددة عناصر التحسس

" Developing Synchronized Multi-Sensor Data Fusion Systems"

م. ليليان حسن

د.جمان أبو جيب*

جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

قسم: هندسة الإلكترونيات التطبيقية

*مدرس في قسم هندسة الإلكترونيات والاتصالات بكلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

تطوير دمج البيانات المتزامنة في النظم متعددة

عناصر التحسس

المخلص

عانت عدة أنظمة دمج بيانات متعددة عناصر التحسس من مشكلة عدم قدرتها على العمل في الزمن الحقيقي نتيجة اعتمادها آلية الدمج التسلسلي باختلاف تعدد مستويات الدمج، وبالتالي تأخير في عملية المعالجة، مما يترتب عليه عتالة في عملية معالجة المعطيات، وعدم قدرتها على تمييز المعطيات الصحيحة من الشاذة وبالتالي تقييم غير دقيق أو موثوق للموقف أو الحالة المدروسة.

تم في هذه المقالة تقديم أحد الحلول وذلك من خلال اقتراح نموذج دمج بيانات جديد، حيث يعمل على تخفيض زمن عملية الدمج عن طريق فصل مرحلتي الدمج والقيام بهما على التوازي (دمج بيانات - دمج معلومات) لأكثر من عنصري تحسس، وعلى تصفية القراءات الشاذة الناتجة عن خلل في قراءة عنصر التحسس أو نقل المعلومة، وبالتالي إتاحة الإمكانية لتقييم الحالة أو الموقف المدروس في الزمن الحقيقي وبشكل موثوق ودقيق، بالإضافة الى مقارنة أداء النموذج المقترح مع نموذج دورة الاستخبارات (Intelligence Cycle)، مع التحقق من فعالية النموذج المقترح بتنفيذه في تطبيق دمج بيانات صحي مقترح.

كلمات مفتاحية: دمج البيانات المتزامنة - نماذج دمج البيانات - دمج المعلومات-دمج الحساسات

Developing Synchronized Multi–Sensor Data Fusion Systems

Summary

Several data fusion systems with multiple sensor elements have suffered from the problem of their inability to work in real time, due to their adoption of the sequential fusion mechanism with different levels of merging, and thus delaying and consuming time in the processing process, which results in the inactivity of some of them in the data processing process, and their inability to distinguish the correct data from abnormal data, and therefore an inaccurate or reliable assessment of the situation or condition being studied.

In this article, one of the solutions was presented by proposing a new data fusion model, as it reduces the time of the fusion process by separating the two stages of fusion and doing them in parallel (data fusion – information fusion) for more than two sensitization elements, and on filtering the anomalous readings resulting from failure to read the information or transfer the information, thus allowing the possibility to assess the case or situation studied in real time, reliably and accurately, in addition to comparing the performance of the proposed model with the model of the Intelligence Cycle, and verifying the effectiveness of the proposed model for its implementation in Suggested Health Diagnosed application.

Key words: Synchronized data fusion – Data Fusion Models – Information Fusion– Sensor Fusion

1. المقدمة:

تُعرف آلية دمج أو توحيد بيانات قياسية من مصادر متعددة بغية الحصول على معلومات محسنة ذات كلفة أقل وجودة أعلى وأكثر صلة بالهدف المطلوب وتقليل عدم اليقين في البيئة المدروسة، على أنها عملية دمج البيانات [1].

دخل مصطلح دمج البيانات في مختلف المجالات المتعددة المتعلقة بالروبوتيك وأنظمة الدفاع التي تقوم بتحليل البيئة المحيطة وجمع البيانات المختلفة القادمة من عناصر التحسس المختلفة لتحديد أو تتبع هدف ما بدقة أو رسم خريطة للبيئة المحيطة بالاعتماد على نماذج وطرائق دمج تقوم بمعالجة البيانات المحصلة بطريقة أمثليه، حيث ازداد تعقيد هذه النماذج مع ازدياد مدخلات النظام والهدف النهائي من عملية الدمج.

عُرفت آلية الدمج من قبل ورشة عمل المديرين المشتركين للمختبرات (Joint Directors of Laboratories) (JDL) "على أنها عملية تقنية متعددة المستويات تتعامل مع الارتباط والجمع بين مجموعة بيانات قياسية من مصادر المعلومات لتحقيق تقييم أكثر دقة للموقف الحالي وتحديد تقدير كامل وفي الوقت المناسب للمواقف والتهديدات وأهميتها" [2].

تُصنف عملية دمج البيانات بحسب الغرض منها الى نوعين :

➤ الأول: حسب تقانة الدمج [3]:

- النوع التكميلي: في هذا النوع لا تعتمد الحساسات على بعضها البعض بشكل مباشر، حيث يرى أحد الحساسات جزءاً من المنطقة والآخر يرى جزءاً مختلفاً من المنطقة أو من منطقة مختلفة، وبالتالي دمج معطياتهما يعطي صورة كاملة للبيئة أو الغرض المدروس. كما في الكاميرات الجانبية في السيارات ذاتية القيادة.

- النوع التنافسي: في هذه الحالة تقوم الحساسات بقياس نفس القيمة ولكن بطرق مختلفة أو متشابهة للحصول على قراءة أدق وأكثر وثوقيه للغرض المدروس. كأن تتم عملية قياس درجة الحرارة باستخدام مقياسيين يعملان بطرق مختلفة.
- النوع التعاوني: في هذا النوع تُستخدم البيانات المقدمة من حساسين مستقلين وأكثر لاشتقاق معلومات من البيئة المراقبة نفسها لن تكون متاحة من حساس واحد، كما هو الحال في نظام الرؤية المجسمة 3D.

➤ الثاني: حسب التطبيق لعملية الدمج:

تم تقديم تصنيف دمج البيانات بحسب التطبيق لعملية الدمج من قبل Boudjema and Forbes واحتوى التصنيف على ما يلي [4]:

- دمج الحساسات: في هذا النوع تقوم مجموعة من الحساسات بقياس قيمة واحدة.
- دمج الخصائص: في هذه الحالة تقوم الحساسات بقياس خصائص مختلفة لنفس الغرض.
- دمج المجالات: يتم استخدام مجموعة من الحساسات للقيام بقياس نفس القيمة ولكن على مجالات مختلفة. كأن يتم تحسس درجة الحرارة على أكثر من مجال.
- دمج الزمن: كأن يتم أخذ نتيجة معينة ودمجها مع نتيجة لاحقة للحصول على المعلومة الصحيحة. مثل عمليات المعايرة التي تتم في بداية القياس وتستخدم نتائجها في جميع القياسات التالية.

2. هدف البحث:

يهدف البحث إلى إجراء تحسين وتطوير على عملية دمج بيانات عن طريق نموذج جديد مقترح موجه إلى الأنظمة التي تقوم بتقدير الموقف أو الحالة ضمن الزمن الحقيقي وترك تنفيذ القرار المناسب للمستخدم.

يقوم النموذج المقترح بدايةً بالتحقق من صحة البيانات المحصلة من الحساسات والتأكد أن القيم المقاسة ضمن المجالات المقبولة التي يتم تحديدها من قبل المستخدم، وذلك

وفقاً لطبيعة القيمة المقاسة فعلى سبيل المثال، إذا أعطت قراءة حساس الحرارة لشخص ما قيمة فوق 42.6 درجة مئوية أو انخفضت تحت ال 34 درجة مئوية يعني قطعاً وجود خطأ في القراءة لأنه لا يمكن للشخص البقاء على قيد الحياة في هكذا درجة حرارة فيقوم النموذج بعملية الدمج فقط في حال البيانات ضمن المجالات المقبولة للقيم المقاسة وذلك لتوفير وقت معالجة البيانات الخاطئة، وإعطاء تنبيه بوجود خطأ في القراءة للتحقق من سبب هذا الخطأ (خلل في الحساس - خطأ في نقل البيانات ...).

يستهدف النموذج المقترح الأنظمة التي تحتوي على مستويين من دمج البيانات أي يتم دمج البيانات المختلفة من الحساسات للحصول على معلومات تعبر عن جزء من الصورة الكلية ويتم دمج هذه المعلومات مع بعضها للحصول على الصورة الكاملة والتقدير الدقيق والكامل للموقف.

ضمن هذا البحث تم تقسيم عملية الدمج إلى مستويين (دمج بيانات- دمج معلومات) يتم تنفيذهما على التوازي ودراسة أثر هذه العملية على النتائج وزمن التنفيذ. وبذلك يكون النموذج قادر على إعطاء تقدير دقيق للموقف في الأنظمة المعقدة ورفع سوية الوثوقية للنتائج المحصلة كونه يستثني القيم الشاذة تلقائياً.

3. مواد وطرق البحث:

بهدف تطوير نموذج دمج بيانات جديد كان لا بد من دراسة نماذج دمج البيانات الموجودة نظرياً والاستفادة من نقاط قوة كل نموذج ونقادي نقاط ضعف كل نموذج، وتم اعتماد برنامج (Matlab) لبناء التطبيق المقترح، بالإضافة الى برنامج (Visual Studio) لتوليد عينات لاختبار نموذج دمج البيانات المقترح.

4. آلية بناء النموذج المحسن المقترح لتقليل زمن الدمج والتأكد من صحة قراءة

الحساسات:

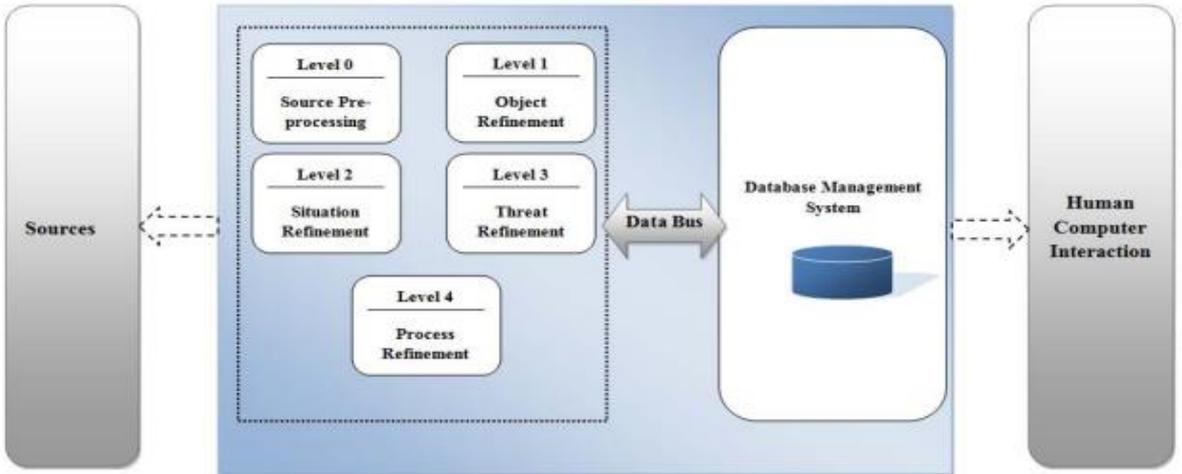
بينت الدراسات التي تم القيام بها على أن أحد أهم مساوئ آليات دمج البيانات الشهيرة (JDL, OOPA...)، أنها تعتمد على آلية دمج تسلسلي مهما تعددت مستويات عملية

الدمج مما يزيد الوقت اللازم لعملية الدمج مع زيادة التعقيد في النظام وازدياد مستويات الدمج ومدخلات النظام. في حين إن النموذج المقترح قادر على تقسيم عملية الدمج إلى مستويات مختلفة يعطي كل من هذه المستويات نتيجة الدمج الخاصة به انطلاقاً من دمج البيانات من جديد دون أن ينتظر هذا المستوى انتهاء عملية الدمج في جميع المستويات وبذلك تبقى جميع المستويات تعمل بشكل مستمر مما يوفر الوقت اللازم لإتمام عملية الدمج بشكل كامل.

وفيما يلي نستعرض أشهر نماذج دمج البيانات والتي تم اعتمادها في بناء النموذج المقترح:

1.4 نموذج المدراء المشتركين للمختبرات (joint Directors of Laboratories) (JDL)

نموذج JDL هو نموذج شائع في مجال دمج البيانات يتكون من خمسة مستويات معالجة رئيسية، وتم دعم نموذج JDL من خلال نظام إدارة قاعدة البيانات، والذي يراقب ويقيم ويضيف ويحدث ويوفر معلومات لعمليات الدمج ويربط جميع المكونات معاً. تم تمثيل بنية نموذج JDL في الشكل (1) [3][5].



الشكل(1): نموذج المدراء المشتركين للمختبرات JDL

فيما يلي نوضح المستويات الخمسة الداخلة في نموذج JDL [6]:

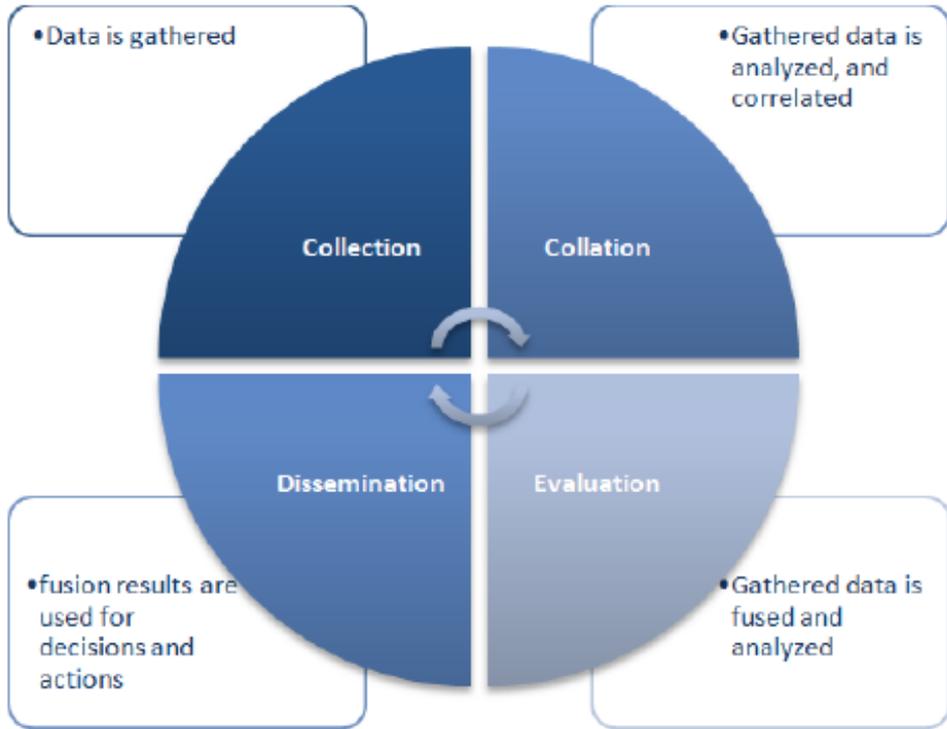
- المستوى 0 معالجة أولية للمصدر (Source Pre-processing).
- المستوى 1 توضيح الغرض (Object refinement).
- المستوى 2 توضيح الحالة (Situation refinement).
- المستوى 3 توضيح وتحديد التهديد (Threat refinement).
- المستوى 4 توضيح العملية (Process refinement).

حيث يعتبر التفاعل بين الإنسان والحاسب (HCI) (Human Computer Interface) أمراً بالغ الأهمية حيث يوفر واجهة للمدخلات البشرية تكون مهمتها توصيل نتائج الدمج للمشغلين والمستخدمين.

2.4 نموذج دورة الاستخبارات (Intelligence Cycle):

دورة الاستخبارات هو نموذج دوري (في مرحلة تحصيل ومعالجة بيانات مستمرة) يحتوي على دورة من أربع مراحل تصف عملية الاستخبارات لاتخاذ القرارات. المراحل الأربع الموضحة في الشكل (2) هي كما يلي [2][5]:

- مرحلة التجميع تجمع البيانات الخام المناسبة.
- مرحلة المعالجة تجمع البيانات من الحساسات المتشابهة وتوحيد الواحدات المختلفة للقيم المقاسة.
- مرحلة التقييم يتم استخدام المعلومات المتاحة ويتم إجراء الاندماج الفعلي.
- مرحلة النشر تقوم بعرض النتائج من المرحلة السابقة من أجل اتخاذ القرارات.



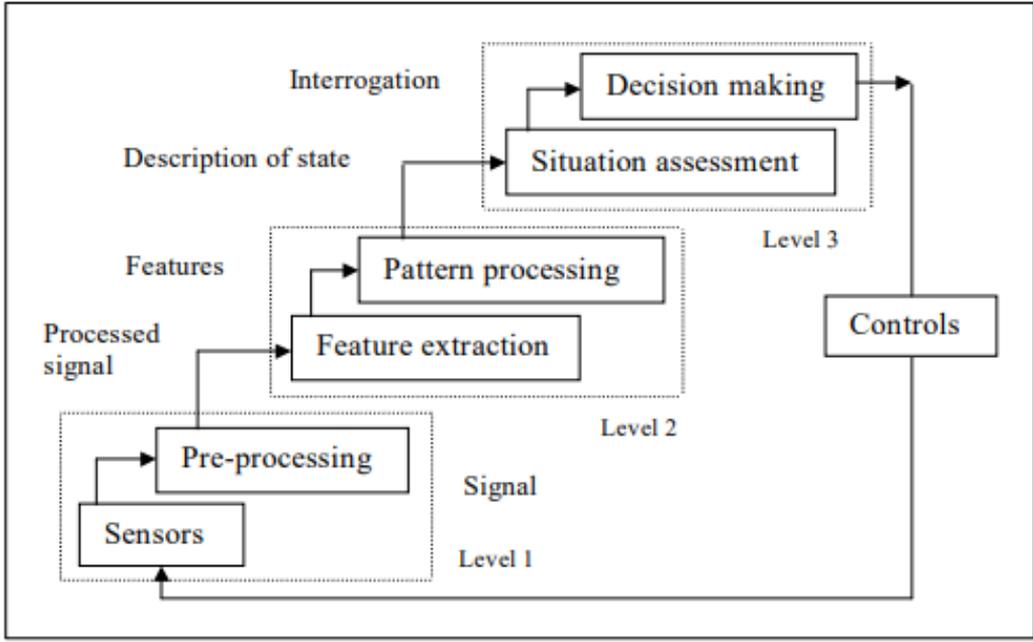
الشكل(2): نموذج دورة الاستخبارات

3.4 نموذج دمج البيانات الشلالي المعدل (Modified Waterfall Fusion Model):

يتشابه نموذج الدمج الشلالي (WFFP) (Waterfall Fusion process) من حيث المستويات في عملية الدمج مع نموذج JDL، كما هو موضح في الشكل (3). وهي كالتالي [7]:

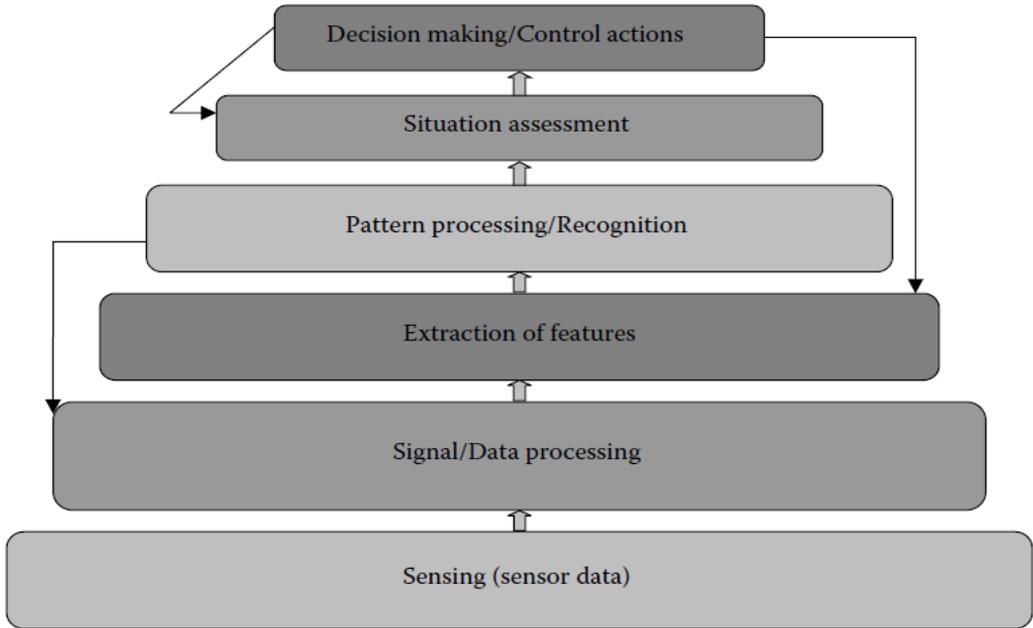
- الاحساس ومعالجة الإشارات.
- استخراج السمات ومعالجة الأنماط.
- تقييم الموقف (SA) المتعلق بتحسين الموقف.

• اتخاذ القرار.



الشكل (3): نموذج دمج البيانات الشلالي (Waterfall Fusion Model)

تم في الشكل (4) تم اقتراح وتقديم نموذج WFFP معدّل، حيث تمت إضافة بعض المهمات الفرعية، وبالتالي، فإن نموذج WFFP المعدّل هو نموذج موجه للأفعال (action-oriented)، مقارنة بنماذج JDL أو WFFP التقليدية [7].



الشكل(4): نموذج دمج البيانات الشلالي المعدل (Modified Waterfall Fusion Mode)

بعد الدراسة تم الاستفادة من عدة ميزات تمتلكها النماذج السابقة من أجل توظيفها في عملية تحسين وتطوير النموذج المقترح، يوضح الجدول (1) الميزات التي تم اعتمادها.

الجدول (1): مميزات نماذج دمج البيانات المدروسة

النموذج التقليدي	الميزة المستفاد منها	السبب
JDL	<ul style="list-style-type: none"> • واجهات التواصل بين الإنسان والنظام. • نظام إدارة قاعدة المعطيات. 	<ul style="list-style-type: none"> • سهولة التعامل مع الواجهة • سهولة ادارة وتخزين كميات بيانات كبيرة

<p>لنشر النتيجة النهائية لعملية الدمج وتقدير الموقف وتسجيلها في قاعدة المعطيات وإظهارها للمستخدم ليقوم باتخاذ القرار المناسب</p>	<p>مرحلة النشر.</p>	<p>Intelligence cycle</p>
<p>من أجل تحصيل بيانات من جديد وإعطاء تنبيه بوجود خطأ في حال اكتشاف خطأ في البيانات المدخلة.</p>	<p>فكرة وجود ممر للتغذية الراجعة بين المستويات المختلفة ضمن نفس النموذج.</p>	<p>WFFP</p>

بالتالي يعتمد النموذج المطور المقترح لعملية دمج البيانات على مجموعة من الخطوات أو المستويات التي من شأنها أن تؤمن عملية دمج بيانات للأنظمة المستمرة الدورية التي تعتمد على معطيات مختلفة قادمة من حساسات مختلفة وحساسات متشابهة (دمج تنافسي - دمج تعاوني -دمج تكميلي)، بالإضافة إلى الحاجة لمدخلات بشرية (HCI) لإدخال بعض القيم المرجعية وطلب التقارير والاطلاع على نتائج الدمج، وقاعدة معطيات (Database) مع نظام إدارة لقاعدة المعطيات تقوم بتسجيل القيم المحصلة من الحساسات مع نتائج عملية الدمج لهذه القيم.

4.4 شروط عمل النموذج المقترح:

يعمل النموذج المقترح في الأنظمة التي تحتوي عملية الدمج فيها على أكثر من مستوى، حيث يحتوي النظام على مدخلات من مجموعة حساسات التي يعطي دمج كل اثنين منهما أو أكثر على معلومة أو أكثر، عندها تكون النتيجة النهائية للنظام تعتمد على الدمج بين هذه المعلومات.

وعندما تكون نتائج قراءات الحساسات ضمن مجال معين، أي أن هذا النظام موجه للقياسات ذات النتائج المحددة بشروط وقواعد يتم إدخالها من قبل الإنسان إلى بنية قاعدة البيانات.

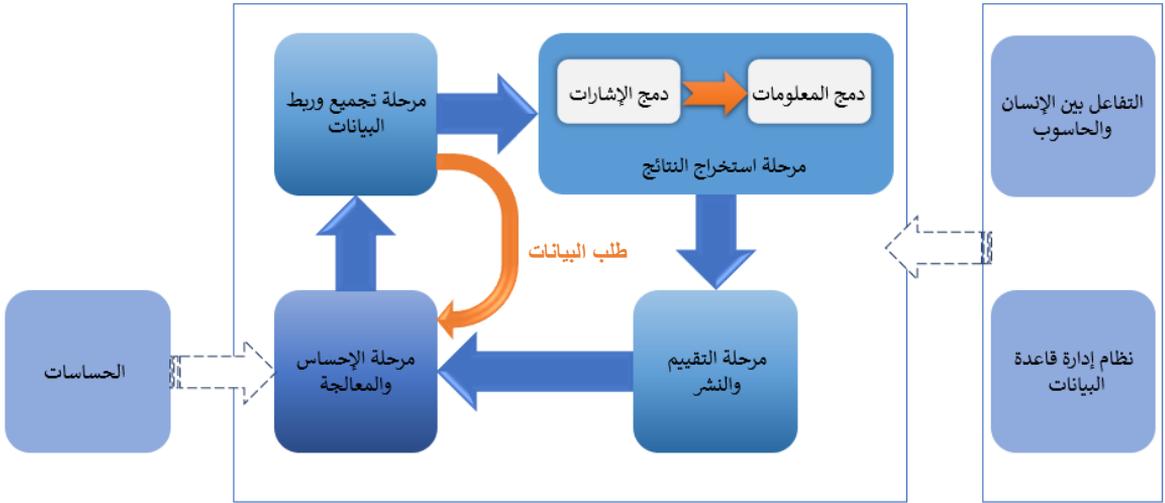
5.4 مخطط نموذج الدمج المقترح:

يتألف النموذج المقترح من المستويات التالية، (كما هو موضح في الشكل (5)):

- I. المستوى 1 (مرحلة التحسس والمعالجة) تقوم هذه المرحلة بجمع البيانات الخام من الحساسات ومعالجة الاشارات بالإضافة إلى القيام بتسجيل الوقت التي تم فيه جمع هذه البيانات وتصنيف البيانات المجمعة.
- II. المستوى 2 (مرحلة تجميع وربط البيانات) يتم في هذا المستوى التالي:
 - تحويل البيانات إلى إطار مرجعي ووحدات متناسقة وربط البيانات ببعضها البعض لتخفيف الضغط على عملية الدمج.
 - معالجة البيانات لاكتشاف أي شذوذ في البيانات ناجم عن أي خطأ في القياس من أجل توفير عملية دمج لا معنى لها على المستوى الثالث وذلك بالاعتماد على بيانات قاعدة المعطيات والقراءات السابقة. وفي حال وجد هذا المستوى أي خطأ في البيانات (قيم شاذة خارجة عن القيم الحدية للقيمة المقاسة) فإنه يقوم بتسجيل وجود خطأ في قاعدة المعطيات ويقوم بطلب بيانات جديدة من المستوى الأول.
- III. المستوى 3 (مرحلة استخراج النتائج) ينقسم هذا المستوى إلى مرحلتين تنتج عنهما عملية الدمج:
 - الدمج المبدئي (دمج البيانات): المرحلة الأولى مسؤولة عن دمج الإشارات والبيانات المعالجة القادمة من المستوى الثاني وتحويل هذه النتائج إلى معلومات.
 - الدمج النهائي (دمج معلومات): المرحلة الثانية حيث يتم أخذ المعلومات من المرحلة السابقة ودمجها.

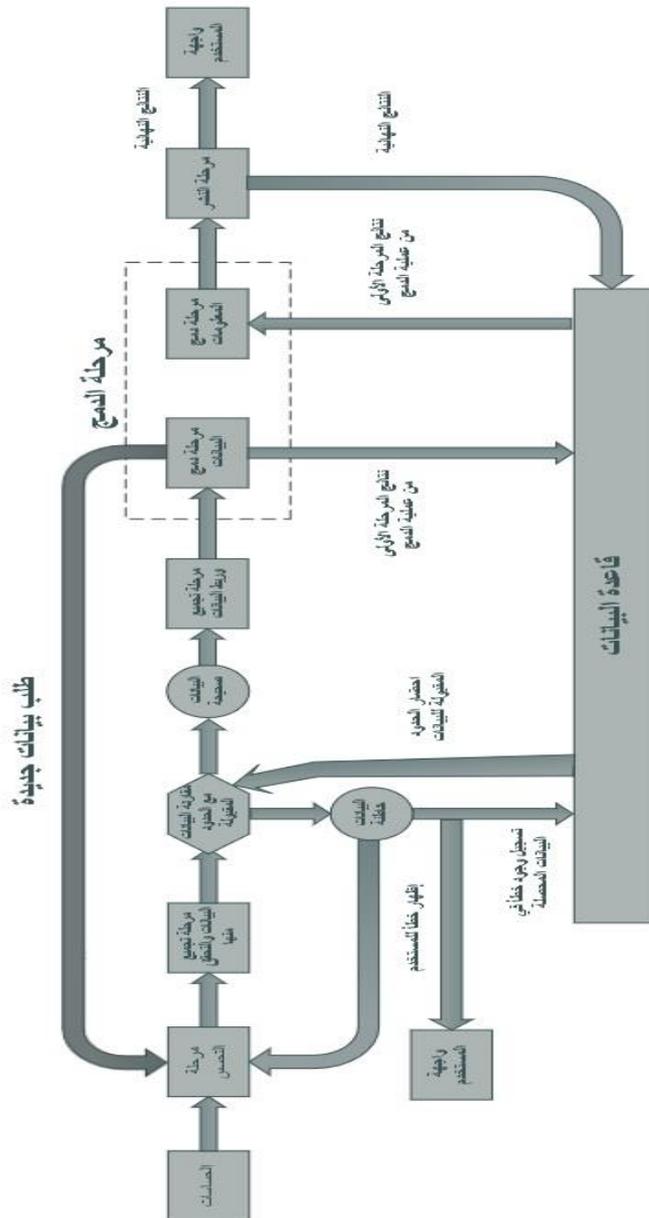
14. المستوى 4 (مرحلة التقييم والنشر) يتم في هذه المرحلة استخدام المعلومات من المستوى السابق وإعطاء النتائج النهائية للمستخدم بالاعتماد على القيم المرجعية والنتائج السابقة المخزنة في قاعدة المعطيات.

يحتوي هذا النموذج على نظام إدارة قاعدة معطيات مسؤولة عن تخزين القيم المرجعية في حال وجدت، والقراءات والنتائج المستخلصة للاستفادة منها. كما يوجد امكانية للتفاعل بين الإنسان والحاسب (HCI)، والذي يسمح بأنواع مختلفة من المدخلات البشرية مثل بيانات ثابتة خاصة بالعرض المدروس أو طلبات البيانات والتقارير.



الشكل (5): نموذج دمج البيانات المحسن المقترح

ويوضح الشكل (6) المخطط التدفقي للبيانات في النموذج المقترح.



الشكل (6): المخطط التدفقي للبيانات في النموذج المقترح

5. التطبيق المقترح لاختبار النموذج:

تم وضع تطبيق مخصص لتقييم حالة الشخص الصحية بالاعتماد على قراءة معاملاته الحيوية (درجة الحرارة - الأوكسجة في الدم - النبض - سرعة الشخص - معدل التنفس)، وتم اختيار هذا التطبيق لأن القيم التي تقوم الحساسات المختلفة بقراءتها أي المعاملات الحيوية تتميز بوجود حدود عليا ودنيا لها فإذا تم تجاوز هذه القيم ذلك يدل على وجود خطأ في قراءة الحساس أو في نقل إشارته أو وجود مؤثر خارجي (كاقتراب منبع حراري من حساس الحرارة على سبيل المثال).

1.5 مراحل تنفيذ التطبيق:

لإجراء اختبار للتطبيق والنموذج تم بناء تطبيق باستخدام برنامج MatLab حيث يأخذ عمر الشخص كدخل له (لمعرفة الحدود الطبيعية للمعاملات الحيوية المناسبة لفتته العمرية) وقراءات الحساسات المسجلة في جداول في قاعدة المعطيات، في حال التطبيق المباشر تكون مصدر هذه الجداول الحساسات، لكن في حالتنا تم توليد هذه القيم عشوائياً.

2.5 توليد العينات العشوائية:

يتم توليد العينات العشوائية لتشمل المجال كاملاً باستخدام رماز برمجي مكتوب بلغة C# بواسطة ال VisualStudio:

```
var rnd = new Random();
var list = new List<double>();
for (int i = 0; i<1000000; i++)
{
var n = Math.Round(((rnd.NextDouble() * 12) + 33),0);
list.Add(n); }
```

يقوم الرماز السابق بتوليد مليون قيمة عشوائية تتراوح قيمتها بين 33.0 و 45.0 وهي تعبر عن قراءات حساس الحرارة وتحتوي على قيم مرفوضة (القيم الأكبر من 42.6 والقيم

الأصغر من 35) وقيم تعبر عن أن درجة الحرارة الطبيعية (أصغر من 38.1 وأكبر من 36.4) [8]، وباقي درجات الحرارة تعبر عن وجود ارتفاع أو انخفاض في درجة حرارة الشخص. تم تكرار الرماز السابق بالنسبة لجميع القراءات المختلفة للحساسات مع تغيير الحدود الدنيا والعليا للقيم المولدة بما يتناسب مع المعامل الحيوي المقاس.

3.5 توليد القيم الخاطئة للاختبار:

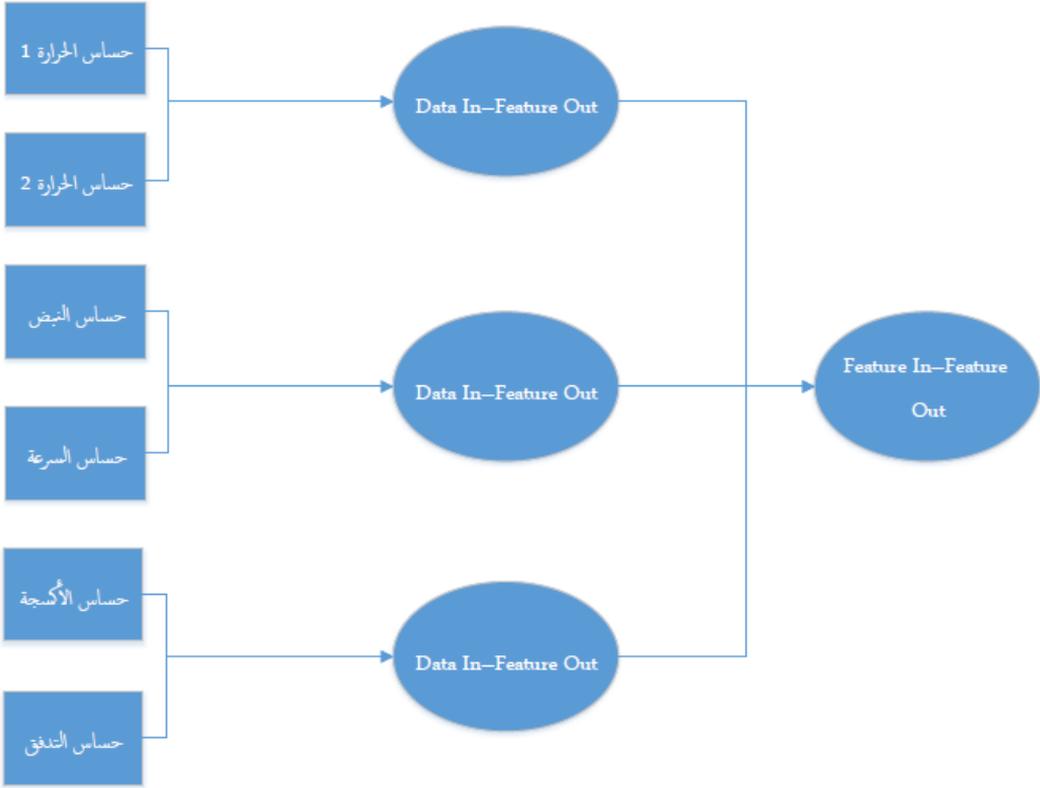
لتوليد القيم الخاطئة يتم تغيير الحد الأدنى والحد الأعلى للقيم المولدة وجعلها أكبر وأصغر من القيم المقبولة وباعتبار أن القيم يتم توليدها عشوائياً تظهر نسبة من البيانات خاطئة بحسب نسبة المجال الذي تمت إضافته، فعلى سبيل المثال إذا كان المجال المقبول هو من ال 0 إلى 9 ، فإذا تم وضع قيمة الحد الأعلى 10 وتوليد قيم عشوائية كثيرة في هذا المجال فستكون نسبة الخطأ في البيانات 10%. (تم التحقق من نسبة الخطأ بعد كل عملية توليد)

4.5 آلية الدمج:

النموذج قادر على تقسيم عملية الدمج إلى مستويين منفصلين لتسريع عملية الدمج وإعطاء النتيجة. أي عندما يكون المستوى الثاني من الدمج يقوم بالمعالجة ودمج النتائج القادمة من المستوى الأول، يكون المستوى الأول في هذه الأثناء مشغول في تجهيز المعلومات الجديدة الناتجة عن دمج البيانات الجديدة الواردة من الحساسات والتي حققت الشروط المعيارية بحيث تكون جاهزة لعملية الدمج النهائية مما يزيد من فاعلية النموذج وقدرته على إعطاء نتائج في الوقت الحقيقي دون تأخير كما هو موضح في

الشكل (7).

يوضح الشكل (7) مخطط الدمج بناءً على نوع الدخل والخرج:

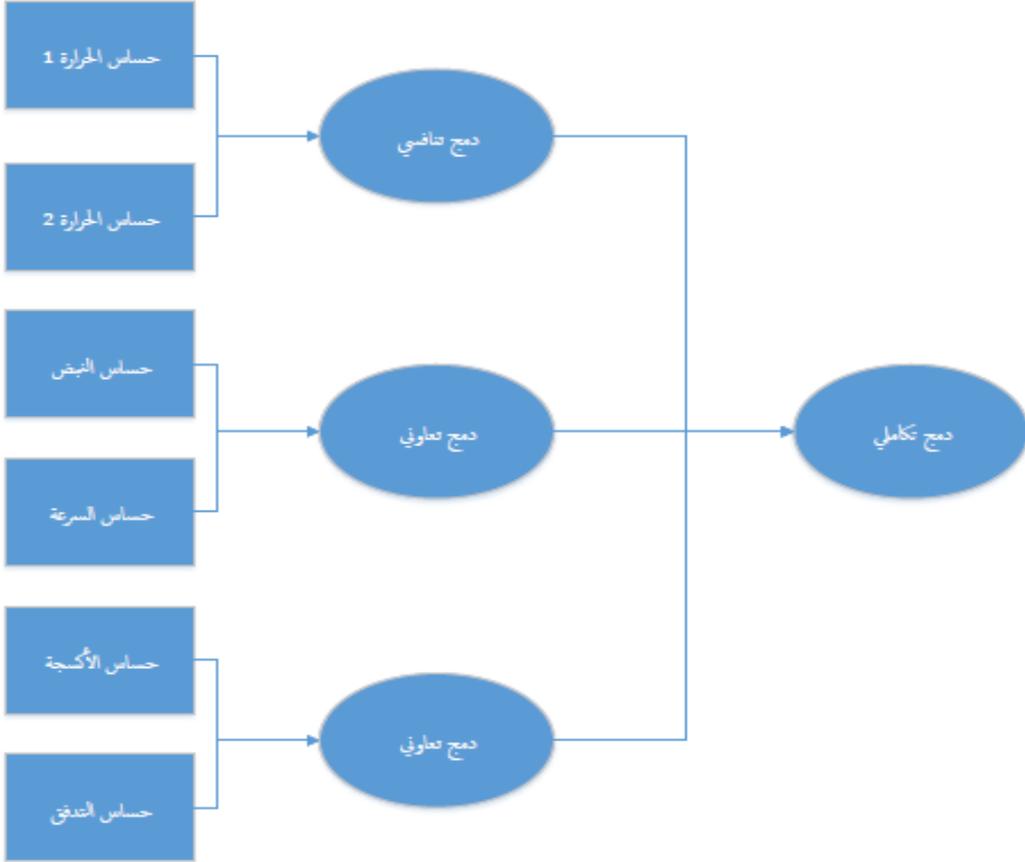


الشكل (7): مخطط دمج البيانات للنموذج المقترح حسب نوع الدخل والخرج

ويوضح الشكل (8) مخطط الدمج بحسب تقانة الدمج:

- تم قياس درجة الحرارة من موضعين مختلفين وإجراء دمج تنافسي بين القراءتين لإعطاء قراءة أقرب مما يكون للقيمة الحقيقية.
- يرتبط نبض الإنسان بكمية النشاط الذي يقوم ببذله أو الحالة النفسية التي يمر بها فيزداد النبض مثلاً في حالات الخوف أو التوتر وأشهر أنواع النشاطات التي يقوم الإنسان بها هي الجري أو الركض.

- كمية الأكسجة في الجسم ومعدل التنفس يرتبطان كذلك فمعدل التنفس الطبيعي يجب ان يؤدي لأكسجة طبيعية في حال عدم وجود أي خلل أو مرض سواء في عملية التنفس أو في الرئتين.



الشكل (8): مخطط دمج البيانات للتطبيق المقترح حسب تقانة الدمج

6. عرض ومناقشة النتائج:

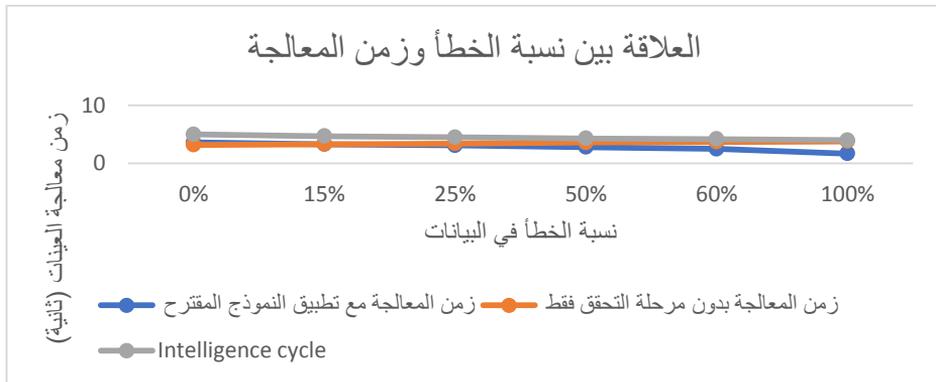
بعد إجراء عملية دمج البيانات في تطبيق من أجل تشخيص الحالة الصحية بالاعتماد على المعاملات الحيوية باستخدام النموذج المقترح، وقياس زمن المعالجة لمليون عينة مع اختلاف نسبة البيانات الخاطئة، ومقارنتها مع زمن معالجة العينات نفسها دون مرحلة التحقق من صحة القراءة، والمقارنة مع قيم الزمن الناتجة عن تطبيق نموذج

(Intelligence cycle) والذي يعتبر النموذج الأقرب للنموذج المقترح حيث يتميز بالدورية ووجود مرحلة نشر في نهايته، تم التوصل الى النتائج التالية (الموضحة في الجدول (2)):

الجدول (2): النتائج الزمنية لعملية المحاكاة

نسبة الخطأ %	زمن المعالجة مع تطبيق النموذج المقترح (ثانية)	زمن المعالجة بدون مرحلة التحقق فقط (ثانية)	Intelligence cycle (ثانية)
0%	3.6	3.2	5.0
15%	3.3	3.3	4.7
25%	3.1	3.4	4.5
50%	2.8	3.6	4.3
60%	2.5	3.7	4.2
100%	1.7	3.8	4.0

ويوضح الشكل (9) زمن معالجة العينات مع نسبة الخطأ في البيانات



الشكل (9): النتائج الزمنية المحصلة من اختبار النموذج المقترح ومقارنته مع نموذج Intelligence Cycle

نلاحظ من النتائج السابقة ما يلي:

- مع ازدياد نسبة الخطأ في البيانات المدخلة:
 - ضمن نموذج Intelligence Cycle يزداد زمن المعالجة لغياب مرحلتي (التحقق - تقسيم عملية الدمج)، وبالتالي يتم دمج كافة البيانات المدخلة حتى الشاذة منها وبالتالي تنخفض موثوقية هذا النموذج في تقدير وتوصيف الحالة بشكل صحيح.
 - ضمن النموذج المقترح دون مرحلة التحقق فقط ، يكون الزمن أقل من ال intelligence cycle ولكن مازال النموذج غير قادر على توصيف الحالة بشكل دقيق وموثوق لكونه قد دمج كافة البيانات المدخلة سواء الشاذة أوالمقبولة.
 - ضمن النموذج المقترح بمرحلتيه (التحقق - تقسيم عملية الدمج)، ينخفض الزمن اللازم لمعالجة البيانات باستخدامه، وذلك لان معالجة البيانات الشاذة تقتصر على مرحلة التحقق فقط وتسجيل معلومة واحدة في قاعدة المعطيات، تعبر عن أن المعطيات المدخلة خارج الحدود المقبولة للقيمة المقاسة، أي أن البيانات الشاذة لا تدخل الى المستوى الثالث أي مستوى الدمج، وبالتالي يكون ناتج الدمج نتيجة موثوقة لتوصيف الحالة المدروسة.
- عند نسبة الخطأ 0%:
 - ضمن نموذج intelligence cycle يكون زمن المعالجة كبير كونه يدمج كافة البيانات المدخلة، وبما أنه تم تحديد نسبة الخطأ معدومة و توصيف الحالة سيكون بديها صحيح.
 - ضمن النموذج المقترح دون مرحلة التحقق فقط، يكون الزمن اللازم لمعالجة البيانات أقل لأن عملية المعالجة والدمج تحصل على مرحلتين وعلى التوازي.

➤ باستخدام النموذج المقترح بمرحلتيه (التحقق - تقسيم عملية الدمج)، يكون الزمن اللازم لمعالجة البيانات أكبر من الزمن اللازم بدون مرحلة التحقق، وذلك لأن وقت مرحلة التحقق في هذه الحالة هو وقت إضافي على حساب ضمان أن المعلومات المدخلة والمجمعة من الحساسات صحيحة دون أي خطأ.

ويوضح الشكل (10) واجهة البرنامج التفاعلية التي تم تصميمها والتي تحتوي على حقل لإدخال العمل والحالة المراد دراستها (أو جميع الحالات) وحقول تقوم بعرض نتائج عملية دمج البيانات الأولي (الحرارة والنبض ومستوى الأكسجين) وحقل يعرض الحالة العامة للشخص.

AGE	Test Case
34	All
Check	
General Status	Stable
Temperature	Normal
Pulse	Normal
Oxygen Level	Normal

الشكل (10): الواجهة التفاعلية في حال القيم المدخلة جميعها صحيحة

يوضح الشكل (11) واجهة البرنامج التفاعلية في حال تم ادخال قيم شاذة أو غير مقبولة

AGE	Test Case
30	12
Check	
General Status	Error
Temperature	Normal
Pulse	Invalid Data
Oxygen Level	Normal

الشكل (11): الواجهة التفاعلية في حال وجود خطأ في إحدى المدخلات

7. الخاتمة:

تم في هذه المقالة اقتراح نموذج دمج بيانات من أجل تحقيق عملية معالجة ودمج لمعطيات عدة عناصر تحسس في الزمن الحقيقي ويوثوقية عالية من أجل تحقيق تقييم وتوصيف دقيق للحالة المدروسة، حيث كان زمن المعالجة للنموذج المقترح هو أقل من زمن نموذج intelligence cycle ، وذلك لأن التحسين المقترح في تقسيم عملية الدمج يختصر الوقت اللازم لدمج المعلومات الناتجة عن المرحلة الأولى من الدمج باعتبار أنها ستنتم على التوازي هي وعملية التسجيل في قاعدة المعطيات، حيث إن النموذج المقترح يمكن أن يتم استخدامه في الأنظمة المتوقعة حدوث أخطاء في الحساسات أو التحصيل والنقل منها وذلك للإشارة إلى هذه الأخطاء، وأيضاً في الأنظمة الحساسة، وبالتالي اختصار وقت معالجتها خصوصاً في التطبيقات المعقدة التي تستهلك عملية دمج البيانات فيها وقت طويل، بحيث يتم تعيين الخطأ الحاصل ضمن مرحلة التحقق أي

ضمن المستوى الثاني في النموذج المقترح مما يزيد من سرعة اكتشاف الخطأ في القيم المحصلة دون الحاجة لمراقبة بشرية وإعطاء إنذار هذا الخطأ للقيام بإصلاحه.

8. المراجع

- [1] Sulaiman Khan – 2021– Deep learning–based urban big data fusion in smart cities: Towards traffic monitoring and flow–preserving fusion – Computers and Electrical Engineering– 89
- [2] Jitendra R. Raol -2010 - Multi-Sensor Data Fusion with MATLAB – CRC Press- 540p
- [3] Myat Su Nwe1, Hla Myo Tun -2017 - Implementation of Multisensor Data Fusion Algorithm
- [4] Boudjema , R.forbes -2004 - parameter estimation methods for data fusion – National physical laboratory
- [5] Marwah M Almasri, and Khaled M Elleithy -2014 - Data Fusion Models in WSNs: Comparison and Analysis – IEEE
- [6] DAVID L. HALL , JAMES LLINAS -1997- An Introduction to Multisensor Data Fusion , IEEE, VOL. 85, NO. 1.
- [7] Jaime Esteban -2005- A review of data fusion models and architectures: towards engineering guidelines - Neural computing & applications, volume 14(4), pages 273-281
- [8] U.S. Department of Health and Human Services- 2020 - Enforcement Policy for Clinical Electronic Thermometers During the Coronavirus Disease (COVID-19) - Public Health Emergency

تطبيق مفهوم النمط المنزلق للحد من تأثير تغير مقاومة الدوار

على أداء المحرك التحريضي

م. حسين معراوي * د. كريمة سكر **

*طالب دراسات عليا (ماجستير)، في قسم هندسة نظم القدرة الكهربائية، كلية الهندسة الكهربائية والالكترونية، جامعة حلب

**أستاذة مساعدة في قسم هندسة نظم القدرة الكهربائية، كلية الهندسة الكهربائية والالكترونية، جامعة حلب

الملخص

تقوم فكرة هذا البحث على تصميم نظام تحكم شعاعي بالاعتماد على مفهوم النمط المنزلق بهدف تنظيم سرعة المحرك التحريضي بالاعتماد على توجيه شعاع الفيض المغناطيسي للدوار على المحور d، حيث يركز البحث على حل مشكلة تطبيق جهود عالية عند تغير مقاومة الدوار، والذي يسبب حدوث إشباع مغناطيسي في الثغرة الهوائية، ويخفض من الأداء الديناميكي للمحرك.

تم كتابة النموذج الرياضي للمحرك في جملة محاور إحداثيات ثنائية متعامدة (α, β) ، وذلك بدلالة تيارات الثابت $I_{s\alpha}, I_{s\beta}$ وفيوض الدوار $\Phi_{r\alpha}, \Phi_{r\beta}$ ، إضافة للمعادلة الميكانيكية. تم تصميم نظام القيادة المقترح في جملة محاور ثنائية متعامدة (d, q) دواراً بسرعة الحقل الدوار وهو يقدم ثلاثة إشارات تحكم، وهي مركبتي شعاع جهد الثابت V_{sd}, V_{sq} وتردد المقادير الكهربائية في الثابت ω_s ، وذلك بخلاف نظام القيادة التقليدي الذي ينتج إشارتي تحكم فقط (V_{sd}, V_{sq}) .

تظهر نتائج المحاكاة في بيئة Matlab\Simulink فعالية المنهجية المقترحة مقارنة مع المتحكمات التقليدية (PI)، فهي تؤمن استجابة سريعة، وكفاءة أكبر في التغلب على الاضطراب الخارجي، وتحقيق إمكانية العمل عند سرعات أعلى عند وجود تغيرات بقيمة مقاومة الدوار.

كلمات مفتاحية: متحكمات الخطوة الخلفية، المحرك التحريضي، التحكم الشعاعي.

ورد البحث للمجلة بتاريخ 2021 / /

قبل للنشر بتاريخ 2021 / /

Applying sliding mode concept to reduce the effect of changing rotor resistance on induction motor performance

Husein Maarrawi *, Karima suker **

*Post graduate student (Msc) Dept. of Electrical Power Systems, Faculty of Electrical and Electronic Engineering, University of Aleppo, Aleppo, Syria.

** Dept. of Electrical Power Systems, Faculty of Electrical and Electronic Engineering, University of Aleppo, Aleppo, Syria.

Abstract

The idea of this research is to design a vector control system based on the sliding mode concept in order to regulate the speed of the induction motor based on the direction of the magnetic flux vector of the rotor on the d axis. The research focuses on solving the problem of applying high voltages when changing the rotor resistance, which causes magnetic saturation in the air gap, and reduces the dynamic performance of the motor.

The mathematical model of the motor is written in frame (α, β) , where the state variables are $I_{s\alpha}$, $I_{s\beta}$, $\Phi_{r\alpha}$, $\Phi_{r\beta}$ and ω .

The proposed drive system is designed in synchronously rotating frame (d,q), and provides three control signals, which are the two components of the stator voltage vector V_{sd} , V_{sq} , and the angular speed of the rotor flux-oriented reference frame (ω_s), unlike the traditional driving system, which produces only two control signals V_{sd} , V_{sq} .

Simulation results in Matlab\Simulink show the effectiveness of the proposed methodology compared to traditional PI controllers, as it provides fast response, higher effective in overcoming external disturbance, and possibility of speeding at high values compared to traditional PI controllers when there is change in the value of the rotor resistance.

Key word: sliding mode control, induction motor, magnetic saturation

Received / /2021

Accepted / /2021

1- مقدمة:

تمتاز المحركات التحريضية بموثوقيتها العالية وتكاليفها المنخفضة ومثانتها العالية، ويمكن اعتبارها الأكثر استخداماً في تشغيل المنشآت الصناعية وإدارتها [1] [2]. تتعلق سرعة المحرك التحريضي بمطال وتردد الجهد المطبق، وبعدد الأقطاب المغناطيسية، وقد كان من الصعب التحكم بمثل هذه المحركات [3].

تم إيجاد خوارزميات عدة ومنهجيات مختلفة من أجل بناء نظم قيادة للمحرك التحريضي، تتنوع هذه النظم وتتفاوت في بساطتها وقوتها. يعتبر التحكم الشعاعي أحد المنهجيات الشائعة لتنظيم سرعة وفيض المحرك التحريضي، حيث يمكن تشبيه أداء عمل المحرك التحريضي في هذه الحالة بأداء عمل محرك التيار المستمر، وذلك لأن هذه المنهجية تتيح إمكانية فصل التحكم بالعزم عن التحكم بالسرعة، [4]. من أجل تصميم وحدة التحكم الشعاعي يمكن استخدام طرق ومنهجيات تحكم عديدة، منها يعتمد على التحكم الأمثل [3] أو المنطق العائم [5] أو متحكم الخطوة الخلفية [6].

في هذا البحث تم تصميم نظام قيادة شعاعي للمحرك التحريضي (FOC) بالاعتماد على المتحكمات التقليدية (PI) لتنظيم السرعة ومركبة الفيض المغناطيسي على المحور d في الحلقة الخارجية وتنظيم التيارات في الحلقة الداخلية، في الخطوة التالية تم استبدال متحكم نمط منزلق بالمتحكمات التقليدية (PI) الموجودة في الحلقة الداخلية لتنظيم التيارات، كما تم إضافة محور ثالث لتنظيم مركبة الفيض المغناطيسي على المحور q، حيث ساهم ذلك بتحسين أداء المحرك التحريضي كما توضح ذلك نتائج المحاكاة في بيئة Matlab/Simulink.

2- أهمية البحث:

تبرز أهمية البحث في تقديم نظام قيادة متقدم، يتم فيه تنظيم شعاع فيض الدوار بشكل مباشر، حيث يساهم ذلك في الحد من تأثير تغيير قيمة مقاومة الدوار، والذي يسبب حصول الإشباع المغناطيسي، في نظام القيادة المقترح يتم توليد إشارة المقادير الكهربائية في الثابت كإشارة تحكم بدلاً من الحصول عليها كعلاقة جبرية عند استخدام المتحكمات التقليدية (PI) [2] [3].

3- طريقة البحث وخطواته:

تم في البداية نمذجة المحرك التحريضي في جملة محاور إحداثيات ثنائية متعامدة ثابتة لتكون الإشارات أقرب للواقع العملي، لكن من أجل نظام القيادة فقد تم الاعتماد على نموذج المحرك التحريضي في جملة محاور إحداثيات ثنائية متعامدة دوارة بسرعة الساحة المغناطيسية لتكون الإشارات ثابتة مع الزمن ونتمكن من تطبيق منهجية التحكم الشعاعي [6] [3].

يُعرض في بداية البحث دراسة لخوارزمية القيادة الشعاعية للمحرك التحريضي، حيث يتم استخدام متحكمات PI لتنظيم التيارات في الحلقة الداخلية، وكذلك متحكمات PI لتنظيم السرعة ومركبة شعاع الفيض المغناطيسي على المحور d.

في الخطوة الثانية تم استبدال متحكم النمط المنزلق في الحلقة الداخلية بمتحكمات PI لتنظيم التيارات، بينما تم الحفاظ على متحكمات PI في الحلقة الخارجية لتنظيم السرعة ومركبة شعاع الفيض المغناطيسي على المحور d، وكذلك تم إضافة محور تحكم ثالث باستخدام مفهوم النمط المنزلق لتنظيم مركبة شعاع الفيض المغناطيسي على المحور q. بعد ذلك تم تحليل ومحاكاة تلك الخوارزميتين في بيئة المحاكاة Matlab\Simulink.

3-1 التمثيل الرياضي للمحرك التحريضي ثلاثي الطور:

يعطى النموذج الرياضي للمحرك التحريضي ثلاثي الطور الذي يستخدم مركبتي شعاع فيض الدوار $\Phi_{r\alpha}^k, \Phi_{r\beta}^k$ مع مركبتي شعاع تيار الثابت $i_{s\alpha}^k, i_{s\beta}^k$ كمتحولات حالة، في نظام محاور الإحداثيات الثنائية المتعامدة والدوارة بسرعة عشوائية ω_k كما يلي [3]:

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_{s\alpha}^k \\ \dot{i}_{s\beta}^k \\ \dot{\Phi}_{r\alpha}^k \\ \dot{\Phi}_{r\beta}^k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -a_5 & \omega_k & a_3 & a_4\omega \\ -\omega_k & -a_5 & -a_4\omega & a_3 \\ a_2 & 0 & -a_1 & \omega_k - \omega \\ 0 & a_2 & -\omega_k + \omega & -a_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{s\alpha}^k \\ i_{s\beta}^k \\ \Phi_{r\alpha}^k \\ \Phi_{r\beta}^k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b & 0 \\ 0 & b \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{s\alpha}^k \\ v_{s\beta}^k \end{bmatrix} \quad (1)$$

حيث أن ثوابت المعادلة السابقة تعطى بالعلاقات التالية:

$$a_1 = \frac{R_r}{L_r}, \quad a_2 = \frac{L_m R_r}{L_r}, \quad a_3 = \frac{L_m R_r}{\sigma L_s L_r^2}, \quad a_4 = \frac{L_m}{\sigma L_s L_r},$$

$$a_5 = \frac{L_r^2 R_s + L_m^2 R_r}{\sigma L_s L_r^2}, \quad b = \frac{1}{\sigma L_s}$$

أما علاقة العزم الكهرومغناطيسي فيمكن كتابتها بدلالة تيارات الثابت وفيوض الدوار كما يلي:

$$T_{em} = \frac{P L_m}{L_r} (\Phi_{ra}^k i_{s\beta}^k - \Phi_{r\beta}^k i_{s\alpha}^k) \quad (2)$$

والمعادلة الميكانيكية الأساسية يعبر عنها بالعلاقة التالية:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{p}{J} (T_{em} - T_d - f\omega) \quad (3)$$

حيث:

$v_{s\beta}^k, v_{s\alpha}^k$: مركبتي شعاع جهد الثابت في نظام محاور إحداثيات ثنائية متعامدة ودوارة بسرعة عشوائية ω_k .

$\omega = p\Omega$: السرعة الزاوية الكهربائية للدوار وتساوي حاصل ضرب السرعة الزاوية

الميكانيكية للدوار Ω بعدد أزواج الأقطاب p .

L_m : المحارضة المتبادلة الدورية للثابت والدوار.

$L_{s(r)}$: المحارضة الدورية للثابت (للدوار).

$\sigma = 1 - L_m^2 / (L_s L_r)$ تعرف بعامل التشنت.

J : عزم العطالة.

T_d : عزم الحمل المقاوم.

f : ثابت عزم الاحتكاك.

في المعادلتين (1) و(2)، المقادير الكهربائية (التيارات، الفيوض والجهود) في الثابت

والدوار تم التعبير عنها في نظام محاور الإحداثيات المتعامدة α^k, β^k والدوارة بسرعة

عشوائية ω_k .

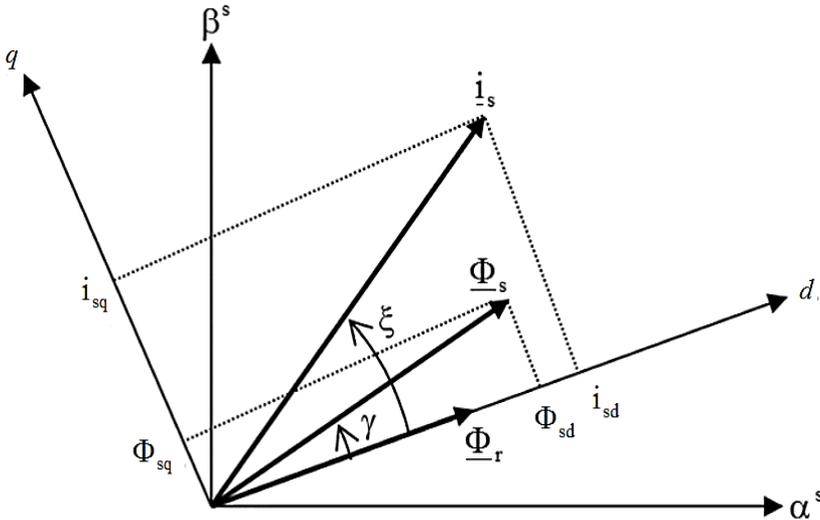
لإيجاد النموذج الرياضي للمحرك التحريضي في نظام المحاور المرتبطة بالثابت، المرتبطة بالدوار، أو المرتبطة بالحقل الدوار فإنه يكفي تبديل ω_k على التوالي بـ 0 (الرمز العلوي بـ s)، بـ ω (الرمز العلوي بـ r)، أو بـ ω_s (بدون رمز علوي).

2-3 التمثيل الصندوقي للمحرك التحريضي بالاعتماد على نظام القيادة الشعاعية:

قبل البدء بتنظيم سرعة المحرك التحريضي، لا بد من الحصول على المخططات الصندوقية الممثلة له وذلك للتمكن من حساب ثوابت المتحركات. في الواقع، بالاعتماد على نظام القيادة الشعاعية [7]، [8].

يمكن تقريب أداء المحرك التحريضي ثلاثي الطور بمحرك تيار مستمر ذي تهييج مستقل وذلك باعتبار نظام محاور الإحداثيات الثنائية دوار بسرعة الحقل الدوار، أي $\omega_k = \omega_s$ ، وتوجيه شعاع فيض الدوار $\underline{\Phi}_r$ باتجاه المحور d كما هو مبين في الشكل (1)، أي أن:

$$\begin{aligned} \underline{\Phi}_r &= \underline{\Phi}_{rd} = \underline{\Phi}_r \\ \underline{\Phi}_{rq} &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$



الشكل (1): توجيه شعاع تدفق الدوار باتجاه المحور d

باستخدام الفرضيتين السابقتين وبإهمال الاضطرابات الداخلية يمكن كتابة المعادلتين (1) و(2) على الشكل التالي:

$$\frac{di_{sd}}{dt} = -a_5 i_{sd} + b v_{sd} \quad (5)$$

$$\frac{di_{sq}}{dt} = -a_5 i_{sq} + b V_{sq} \quad (6)$$

$$\frac{d\Phi_{rd}}{dt} = a_2 i_{sd} - a_1 \Phi_{rd} \quad (7)$$

$$\frac{d\Phi_{rq}}{dt} = a_2 i_{sq} - (\omega - w_k) \Phi_{rd} = 0 \quad (8)$$

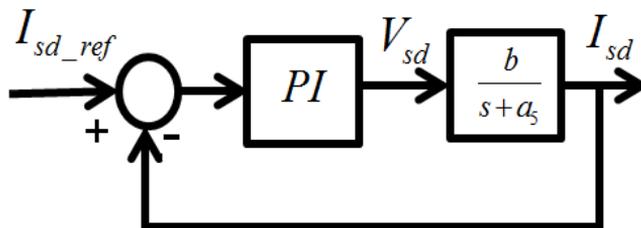
$$T_{em} = \frac{PL_m}{L_r} \Phi_{rd} i_{sq} \quad (9)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{P}{J} \left(\frac{PL_m}{L_r} \Phi_{rd} i_{sq} - T_d - \frac{f}{P} \omega \right) \quad (10)$$

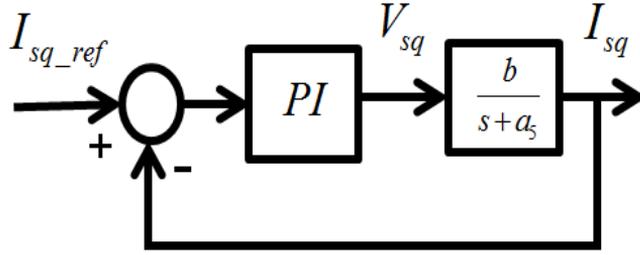
2-3 تنظيم التيارات باستخدام متحكمات PI:

سنقوم بتنظيم مركبتي التيار i_{sd} و i_{sq} كلاً على حدة باستخدام منظمات PI، والتي تمتاز ببساطتها وسهولة تطبيقها.

يوضح الشكل (2) المخطط الصندوقي لحلقة تنظيم التيار على المحور d، حيث تم حساب ثوابت المنظم باستخدام طريقة حذف صفر مع قطب، وبنفس الطريقة يمكن تنظيم مركبة التيار على المحور q كما هو موضح في الشكل (3).

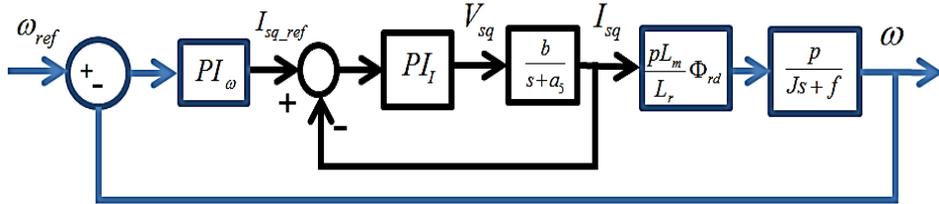


الشكل (2): المخطط الصندوقي لحلقة تنظيم التيار حسب المحور d باستخدام المنظم PI

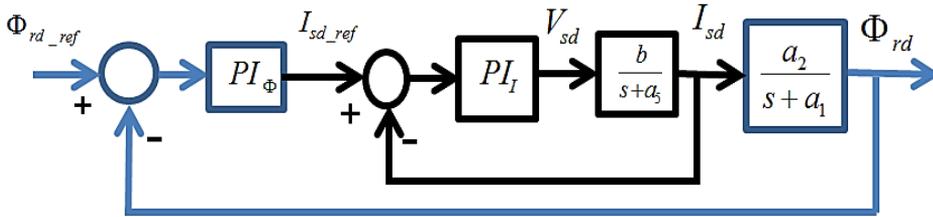


الشكل (3): المخطط الصندوقي لحلقة تنظيم التيار حسب المحور q باستخدام المنظم PI

في الحلقة الخارجية تم تنظيم كل من السرعة ومركبة الفيض على المحور q، حيث الشكل (4) يبين المخطط الصندوقي لتنظيم السرعة، بينما يبين الشكل (5) المخطط الصندوقي لتنظيم مركبة شعاع فيض الدوار على المحور d.



الشكل (4): المخطط الصندوقي لحلقة تنظيم السرعة مع تنظيم التيار على المحور q



الشكل (5): المخطط الصندوقي لحلقة تنظيم مركبة شعاع فيض الدوار مع تنظيم التيار على المحور d

3-3 متحكم النمط المنزلق:

يعتبر النمط الانزلاقي عبارة عن نظام عمل خاص بالأنظمة ذات البنية المتغيرة، وقد تم دراسته لأول مرة في الاتحاد السوفييتي سابقاً، وهي تمتاز بمتانتها وقدرتها على مقاومة تغيرات بارامترات الآلة وسهولة تطبيقها نسبياً [9]. تعتمد هذه المنهجية على قانون ليابونوف لضمان استقرار النظام [10].

تتضمن هذه الخوارزمية مرحلتين: المرحلة الأولى هي مرحلة الجذب، حيث يتم جذب متحول الحالة الخاضع للتحكم باتجاه السطح الانزلاقي .

المرحلة الثانية فهي مرحلة الانزلاق، حيث ينزلق المتحول باتجاه نقطة التوازن [9] [11]. يتضمن قانون التحكم النهائي وفق هذه الخوارزمية حدين أساسيين: الحد الأول يعبر عن الجهد المكافئ، والحد الثاني يعبر عن جهد الجذب كما توضح المعادلة الآتية [9] [12]:

$$v = v_{eq} + v_{att} \quad (11)$$

حيث:

V_{eq} : الجهد المكافئ وهو الجهد الذي يصف ديناميكية النظام على سطح الانزلاق.
 V_{att} : جهد الجذب وهو الجهد الذي يلزم متحول الحالة الخاضع للنظام بالتحرك نحو سطح الانزلاق.

- تنظيم التيار على المحور d:

بدايةً لا بد من اختيار تابع تبديل مناسب يربط بين المتحول المراد تنظيمه والقيمة المرجعية لهذا المتحول، يجب أن تحقق معادلة تابع التبديل شرطين: الشرط الأول أن تكون هذه المعادلة متناهية للصفر عند التنظيم، والشرط الثاني أن تعطي باشتقاقها الدخل الفعال في النظام.

يمكن كتابة تابع التبديل لحلقة تنظيم التيار وفق المحور d والذي يحقق الشروط المذكورة أعلاه كالاتي:

$$S_{id} = I_{sd-ref} - I_{sd} \quad (12)$$

باشتقاق العلاقة السابقة نجد:

$$\dot{S}_{id} = -\dot{I}_{sd} \quad (13)$$

بتعويض العلاقة (5) نجد:

$$\dot{S}_{id} = -a_5 i_{sd} + bV_{sd} \quad (14)$$

لكي نلزم التيار بالتحرك نحو سطح الانزلاق فإنه لا بد من تعويض \dot{S}_{id} بقانون جذب مناسب.

حيث إن قانون الجذب يجب أن يحقق الشروط الموصوفة بالعلاقات الآتية [9] [11]:

$$S_{id} = 0 \ \& \ \dot{S}_{id} = 0 \quad (15)$$

$$S_{id} > 0 \ \& \ \dot{S}_{id} < 0 \quad (16)$$

$$S_{id} < 0 \ \& \ \dot{S}_{id} > 0 \quad (17)$$

هنالك عدة قوانين للجذب منها قانون الجذب بسرعة ثابتة وتناسبية كما توضح العلاقة:

$$\dot{S}_{id} = -K_1 \text{sig} S_{id} - Q_1 S_{id} \quad (18)$$

حيث إن: K_i ، Q_i ثابتين تجريبيين.

بإجراء مساواة بين العلاقتين (18) و(14) نجد:

$$-K_1 \text{sig} S_{id} - Q_1 S_{id} = -a_5 i_{sd} - b V_{sd} \quad (19)$$

بإصلاح العلاقة (19) نجد:

$$V_{sd} = \frac{1}{b} (a_5 i_{sd} + K_1 \text{sig} S_{id} + Q_1 S_{id}) \quad (20)$$

- تنظيم التيار على المحور q:

من أجل تنظيم تيار المحرك على المحور q نفرض أولاً تابع التبديل التالي:

$$S_{iq} = I_{sq\text{-ref}} - I_{sq} \quad (21)$$

باشتقاق العلاقة السابقة نجد:

$$\dot{S}_{iq} = -\dot{I}_{sq} \quad (22)$$

بتعويض العلاقة (6) نجد:

$$\dot{S}_{iq} = -a_5 i_{sq} + b V_{sq} \quad (23)$$

مشتق قانون التبديل يكتب كمايلي:

$$\dot{S}_{iq} = -K_2 \text{sig} S_{iq} - Q_2 S_{iq} \quad (24)$$

بإجراء مساواة بين العلاقتين (24) و(23) نجد:

$$-K_2 \text{sig} S_{iq} - Q_2 S_{iq} = -a_5 i_{sq} + b V_{sq} \quad (25)$$

بإصلاح العلاقة (25) نجد:

$$V_{sq} = \frac{1}{b} (a_5 i_{sq} + K_1 \text{sig} S_{id} + Q_1 S_{id}) \quad (26)$$

- تنظيم الفيض على المحور q:

وجدنا عند استخدام المتحكمات التقليدية (PI) أنه للحصول على قيمة تردد المقادير الكهربائية في الدوار نلجأ للعلاقة (8).

حيث أن العلاقة الأخيرة تتضمن بارامترات متغيرة online لكن العلاقة ستبقى تعتمد القيم الاسمية للمحرك، وهذا ما يسبب الدخول بحالة إشباع مغناطيسي وعدم قدرة النظام على تحقيق التوجيه الصحيح لشعاع الفيض المغناطيسي.

لذلك سنستخدم هنا تنظيم مركبة الفيض على المحور q باستخدام متحكم خاص بها يعطي على خرجه قيمة ω_s وذلك وفق الشكل التالي:

- تنظيم التيار على المحور q:

من أجل تنظيم فيض الدوار على المحور q نفرض أولاً تابع التبديل التالي:

$$S_{\Phi q} = \Phi_{rq-ref} - \Phi_{rq} \quad (27)$$

باشتقاق العلاقة السابقة نجد:

$$\dot{S}_{\Phi q} = -\dot{\Phi}_{sq} \quad (28)$$

بتعويض العلاقة (8) نجد:

$$\dot{S}_{\Phi q} = -a_2 i_{sq} - (\omega - w_k) \Phi_{rd} \quad (29)$$

مشتق قانون التبديل يكتب كمايلي:

$$\dot{S}_{\Phi q} = -K_3 \text{sig} S_{\Phi q} - Q_3 S_{\Phi q} \quad (30)$$

بإجراء مساواة بين العلاقتين (30) و (29) نجد:

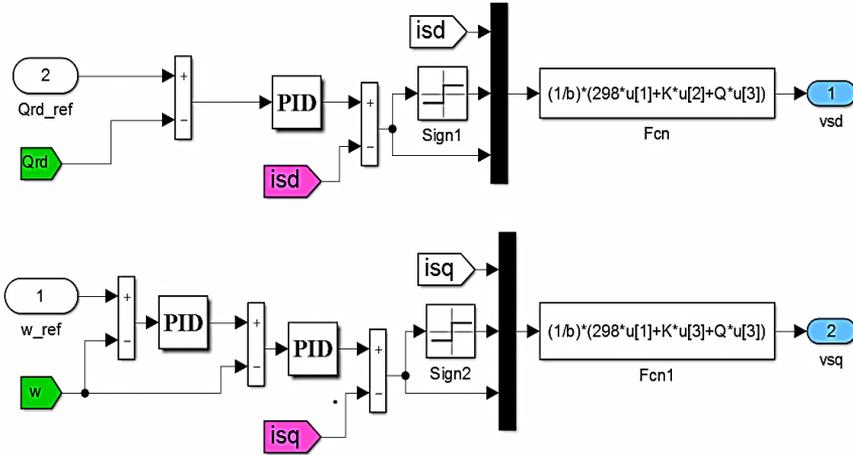
$$-K_3 \text{sig} S_{\Phi q} - Q_3 S_{\Phi q} = -a_2 i_{sq} - (\omega - w_k) \Phi_{rd} + a_1 \Phi_{rq} \quad (31)$$

بإصلاح العلاقة (31) نجد:

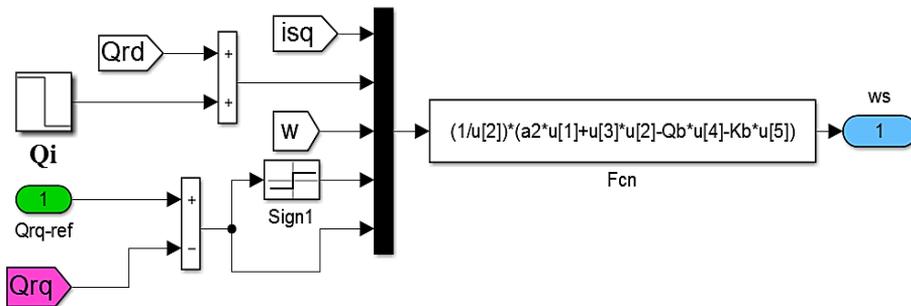
$$w_k = \frac{1}{\Phi_{rd}} (a_2 i_{sd} + \omega \Phi_{rd} - K_3 \text{sig} S_{\Phi q} - Q_3 S_{\Phi q}) \quad (32)$$

في كلا حالتين تنظيم السرعة والفيض سواء باستخدام متحكمات PI أو باستخدام متحكمات النمط المنزلق فإنه يتم تحويل مركبات جهد الثابت V_{sd}^k ، V_{sq}^k إلى الجهود الثلاثية بالاعتماد على تحويل بارك بعد تحديد قيمة W_k .
 لكن الاختلاف بين الحالتين أنه لأجل متحكمات PI فإنه يتم الحصول على إشارة w_k من العلاقة (8) أما لأجل متحكمات النمط المنزلق يتم الحصول عليها من خلال العلاقة (32).

الشكل (6) يوضح المخطط الصندوقي لتنظيم التيارات في الحلقة الداخلية باستخدام متحكمات النمط المنزلق وتنظيم السرعة و فيض الدوار على المحور d باستخدام متحكمات منظمات PI، بينما الشكل (7) يوضح المخطط الصندوقي لتنظيم فيض الدوار على q باستخدام متحكم النمط المنزلق.

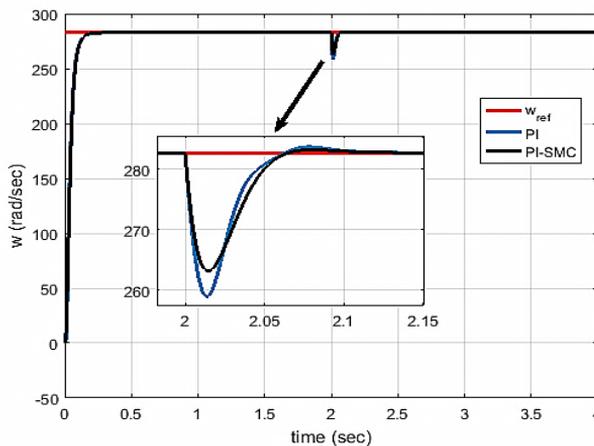


الشكل (6): المخطط الصندوقي لتنظيم التيارات في الحلقة الداخلية باستخدام متحكمات النمط المنزلق
 المنزلق وتنظيم السرعة و فيض الدوار على المحور d باستخدام متحكمات منظمات PI



الشكل (7): المخطط الصندوقي لتنظيم فيض الدوار على q باستخدام متحكم النمط المنزلق
4- مناقشة النتائج:

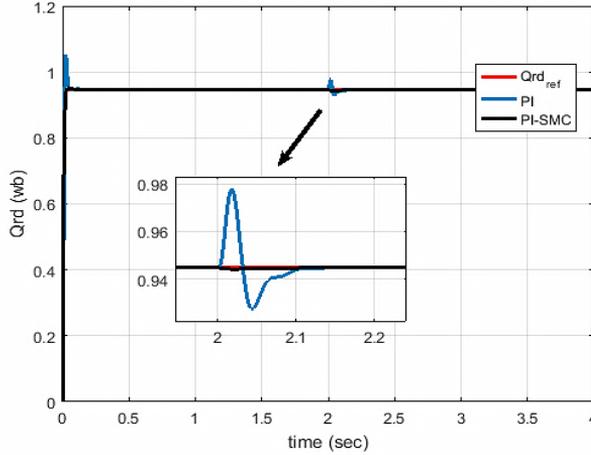
تم بداية تنظيم سرعة المحرك عند القيمة الاسمية (282.8 rad/sec)، وتنظيم مركبتي شعاع الفيض المغناطيسي عند القيم ($\Phi_{rd} = 0.945\text{wb}, \Phi_{rq} = 0\text{wb}$) مع تطبيق عزم اسمي (1.664 N.m) في اللحظة 2 sec، فكانت استجابة النظام من أجل تنظيم السرعة كما في الشكل (8)، حيث نلاحظ أن كلا نظامي القيادة يحققان سرعة استجابة واحدة، مع أفضلية نظام القيادة PI-SMC في التغلب على حالة تطبيق الحمل.



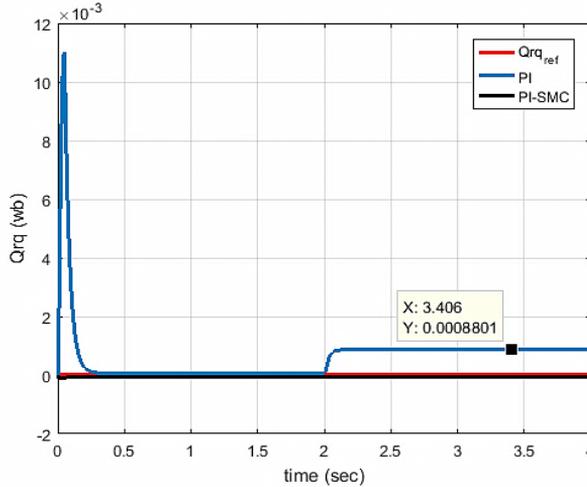
الشكل (8): استجابة النظام من أجل تنظيم السرعة

الشكلين (9) و(10) يوضحان استجابة النظام من أجل تنظيم شعاع الفيض المغناطيسي، حيث نلاحظ أن كلا نظامي القيادة يمتلكان نفس سرعة الاستجابة من أجل تنظيم مركبة الفيض على المحور d، مع أفضلية نظام القيادة المقترح PI-SMC في التغلب الاضطراب الناتج عن تطبيق الحمل. أما من أجل تنظيم مركبة الفيض على المحور q

فلاحظ وجود خطأ ستاتيكي صغير جداً من أجل نظام القيادة التقليدي PI-PI أما من أجل نظام القيادة PI-SMC فقيمة الخطأ تساوي الصفر.

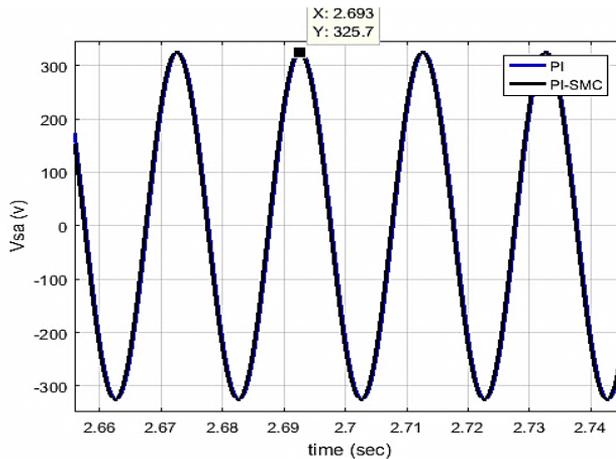


الشكل (9): استجابة النظام من أجل تنظيم مركبة الفيض على المحور d



الشكل (10): استجابة النظام من أجل تنظيم مركبة الفيض على المحور q

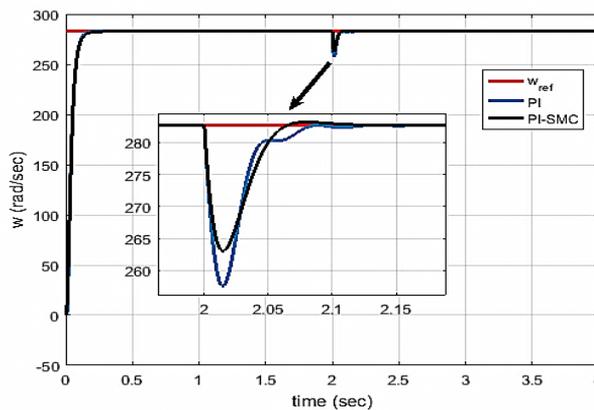
الجهد المطبق على الطور الأول يوضحه الشكل (11) حيث نلاحظ أنه يتم تطبيق نفس قيمة الجهد من أجل كلا نظامي القيادة.



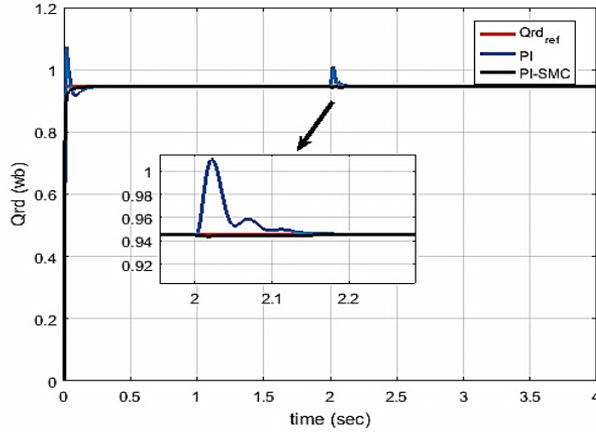
الشكل (11): جهد الطور الأول للمحرك التحريضي

عند زيادة قيمة مقاومة الدوار بمقدار 40%، وإعادة رسم نتائج المحاكاة، نلاحظ من الشكل (12) أن كلا نظامي القيادة يحافظان على نفس الأداء من أجل تنظيم السرعة، كما نلاحظ ذلك من أجل تنظيم مركبة الفيض على المحور d حيث يوضح الشكل (13) استجابة النظام من أجل تنظيم الفيض على المحور d، أما على المحور q فنلاحظ من الشكل (14) أن مقدار الخطأ يزداد بشكل كبير من أجل نظام القيادة التقليدي PI-PI مقارنة مع نظام القيادة المقترح PI-SMC.

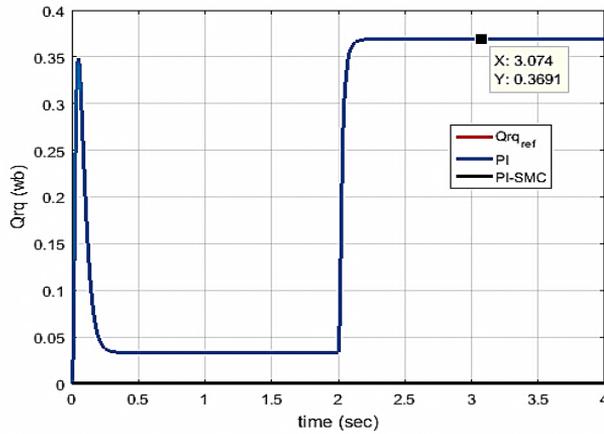
السبب في زيادة الخطأ الستاتيكي من أجل تنظيم الفيض على المحور q هو زيادة الجهد المطبق، حيث نلاحظ أن الجهد المطبق في حالة نظام القيادة PI-PI قد زاد بنسبة 7% بينما من أجل نظام القيادة PI-SMC فكانت نسبة زيادة الجهد هي 3.6% وذلك بحسب ما يوضحه الشكل (15).



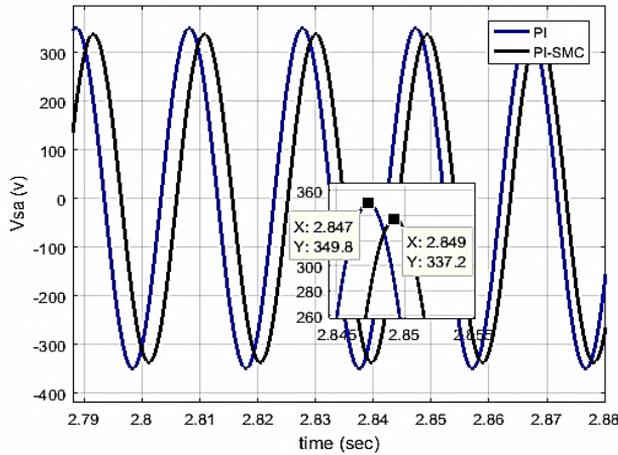
الشكل (12): استجابة النظام من أجل تنظيم السرعة بعد زيادة مقاومة الدوار بمقدار 40%



الشكل (13): استجابة النظام من أجل تنظيم الفيض على المحور d بعد زيادة مقاومة الدوار بمقدار 40%

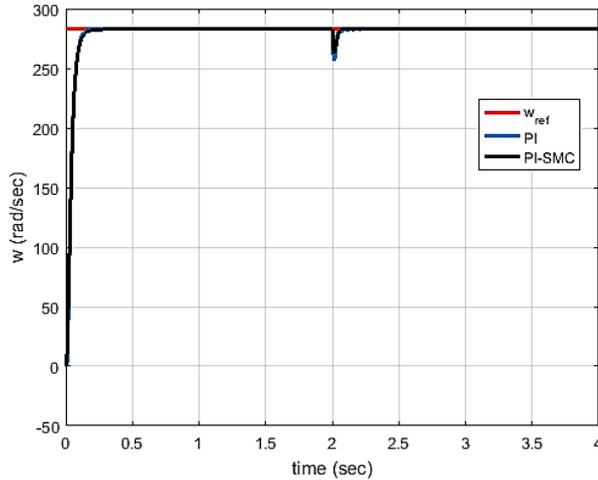


الشكل (14): استجابة النظام من أجل تنظيم الفيض على المحور q بعد زيادة مقاومة الدوار بمقدار 40%

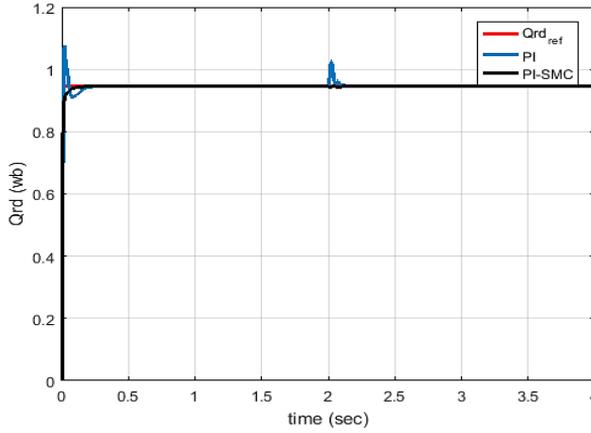


الشكل (15): الجهد المطبق على الطور الأول بعد زيادة مقاومة الدوار بمقدار 40%

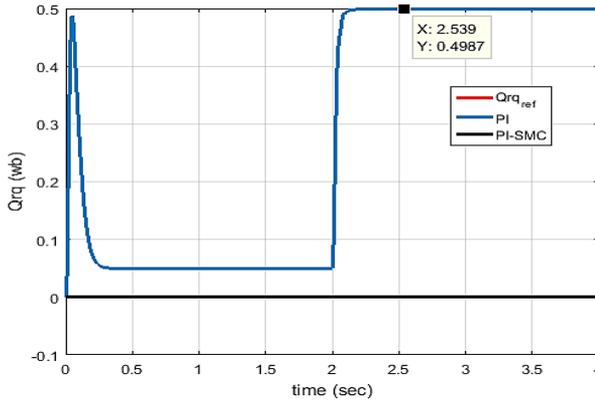
من أجل زيادة قيمة مقاومة الدوار بمقدار 60%، فإن الشكل (16) يوضح استجابة النظام من أجل تنظيم السرعة، حيث نلاحظ أن أداء النظام من أجل تنظيم السرعة مشابه لما سبق، ونفس الأمر نلاحظه من أجل تنظيم الفيض على المحور d كما يوضح ذلك الشكل (17).



الشكل (17): استجابة النظام من أجل تنظيم السرعة بعد زيادة مقاومة الدوار بمقدار 60%

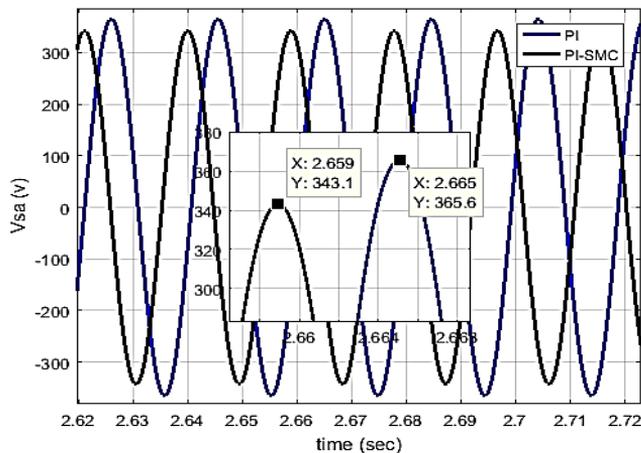


الشكل (18): استجابة النظام من أجل تنظيم الفيض على المحور d بعد زيادة مقاومة الدوار بمقدار 60%
 الشكل (18) يوضح استجابة النظام من أجل تنظيم مركبة الفيض على المحور q حيث نلاحظ أن مقدار الخطأ الستاتيكي من أجل تنظيم الفيض على المحور q قد ازداد بشكل أكبر، وهذا الأمر ناتج كما ذكرنا سابقاً عن الزيادة في قيمة الجهد المطبق كما يوضح ذلك الشكل (19)، فمن أجل نظام القيادة PI-PI كانت نسبة الزيادة هي 12.3%، أما من أجل نظام القيادة PI-SMC كانت نسبة الزيادة هي 5.5%.

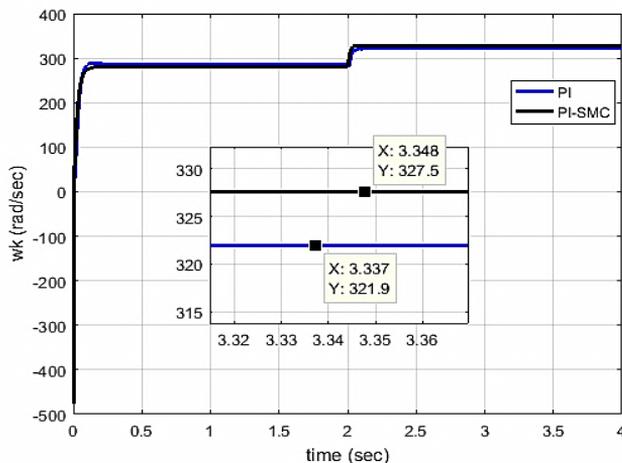


الشكل (19): استجابة النظام من أجل تنظيم الفيض على المحور q بعد زيادة مقاومة الدوار بمقدار 60%
 من الجدير بالذكر أنه بعد زيادة قيمة مقاومة الدوار، فإن الجهد سوف يزداد حتماً لتعويض مقدار هبوط الجهد الناتج عن زيادة قيمة المقاومة، لكن هناك سبب آخر لزيادة الجهد، وهو الخطأ الناتج في حساب قيمة سرعة المحاور w_k والتي تستخدم من أجل التحويل من الاشارات الثنائية التي ينتجها نظام القيادة إلى الإشارات الثلاثية الواجب

تطبيقها (تحويل بارك العكسي)، فكما ذكرنا أنه من أجل نظام القيادة التقليدي فيتم حساب قيمة w_k بناء على العلاقة (8) أما من أجل نظام القيادة المقترح فيتم توليدها وفق قانون التحكم اللازم تطبيقه من أجل تنظيم الفيض على المحور q كما يوضح ذلك العلاقة (32)، إن الشكل (21) يوضح إشارة سرعة المحاور w_k من أجل كلا نظامي القيادة بعد زيادة قيمة مقاومة الدوار.

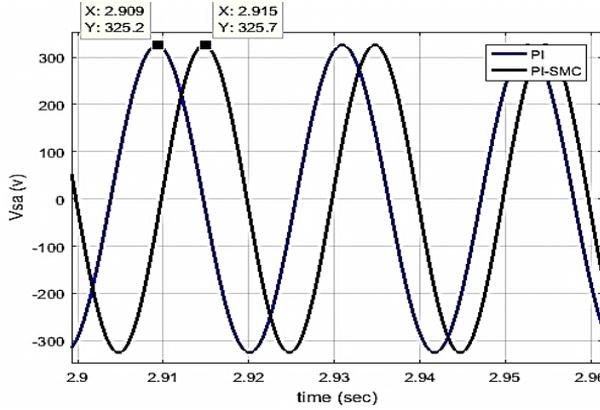


الشكل (20): الجهد المطبق على الطور الأول بعد زيادة مقاومة الدوار بمقدار 60%

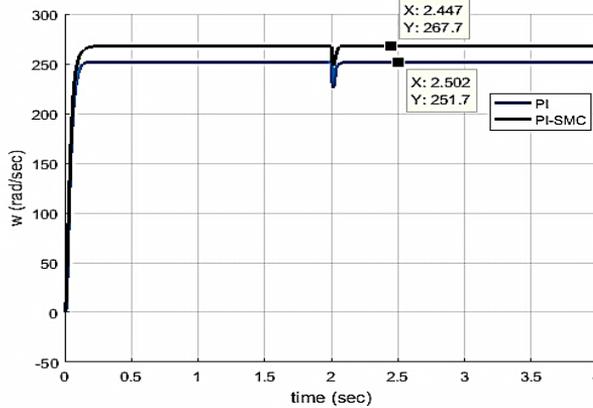


الشكل (21): إشارة سرعة المحاور w_k من أجل كلا نظامي القيادة بعد زيادة قيمة مقاومة الدوار بمقدار 60% قيمة الزيادة الكبيرة في الجهد المطبق سينعكس أثرها على قيمة السرعة التي يمكن أن يعمل عندها المحرك.

فمن المعلوم أنه لا يمكن تطبيق قيم للجهد أكبر من القيمة الاسمية، فمن أجل الحفاظ على حدود القيم الاسمية للمحرك، كما يوضح ذلك الشكل (22)، ومع زيادة قيمة مقاومة الدوار بمقدار 50% فإن أكبر سرعة يمكن أن يدور عندها المحرك من أجل نظام القيادة التقليدي هي 252.7 rad/sec أي ما يعادل 89% من السرعة الاسمية. أما من أجل نظام القيادة PI-SMC فإن أكبر سرعة يمكن أن يدور عندها المحرك هي 267.7 rad/sec أي ما يعادل 94% من السرعة الاسمية، ويوضح ذلك الشكل (23).



الشكل (22): إشارة الجهد المطبق على الطور الأول من أجل كلا نظامي القيادة، بعد زيادة قيمة مقاومة الدوار وضبط قيمة السرعة بحيث يتم المحافظة على القيمة الاسمية للجهد



الشكل (23): إشارتي السرعة لكل من نظامي القيادة بعد زيادة قيمة مقاومة الدوار مع الأخذ بعين الاعتبار الحفاظ على القيمة الاسمية للجهد

5- الخاتمة والاستنتاجات:

توضح نتائج المحاكاة أنه عند استخدام متحكم النمط المنزلق في نظام القيادة الشعاعي فإن أداء المحرك التحريضي أصبح أكثر كفاءةً، إذ تم التغلب على مشكلة الاشباع المغناطيسي الحاصلة عند وجود الحمل وتغيّر قيمة مقاومة الدوار، حيث كان نظام القيادة المقترح يولد إشارة w_k مناسبة من أجل تنظيم مركبة فيض الدوار على المحور q، وبالتالي ساهم هذا الأمر بالحيلولة دون حدوث زيادة كبيرة في الجهد مع زيادة قيمة مقاومة الدوار، فمن أجل زيادة قيمة مقاومة الدوار بمقدار 40% كانت نسبة زيادة الجهد هي 7% من أجل نظام القيادة التقليدي و 3.6% من أجل النظام المقترح، أما من أجل زيادة مقاومة الدوار بمقدار 60% فقد كانت نسبة زيادة الجهد هي 12.6% من أجل النظام التقليدي و 5.5% من أجل النظام المقترح.

مقدار زيادة الجهد ينعكس بشكل مباشر على قيمة السرعة التي يمكن أن يعمل عندها المحرك، فمع زيادة قيمة مقاومة الدوار ومن أجل الحفاظ على قيمة اسمية للجهد ينبغي تقليل قيمة السرعة المطلوبة لعمل المحرك، لكن من خلال إدخال مفهوم النمط المنزلق فإنه يمكن الحد من مقدار هذا التأثير، حيث أوضحت نتائج المحاكاة أنه للحفاظ على قيم مسموحة للجهد عند القيم الاسمية ومع زيادة قيمة مقاومة الدوار بمقدار 50% فإنه يمكن تشغيل المحرك عند 89% من السرعة الاسمية من أجل نظام القيادة التقليدي، بينما يمكن الوصول إلى 94% من السرعة الاسمية من أجل نظام القيادة المقترح.

القيم الاسمية لبارامترات المحرك

P	2	R_r, R_s	31Ω, 45.83Ω
Power	250W	L_r, L_s	1.11H, 1.24H
V_s	Y/Δ 400V/230V	L_m	1.054H
I_s	Y/Δ 0.76A/1.32A	J	1e-3Kg.m²
N	1350rpm	F	1e-3Kg.m²/sec

المراجع

- 1- O.S. Ebrahim M.F. Salem P.K. Jain M.A. Badr "**Application of Linear Quadratic Regulator Theory to The Stator Field-Oriented Control Of Induction**", Electric Power Applications Received On 8th July 2009
- 2- M. Nasir Uddin, Tawfik S. Radwan, And M. Azizur Rahman, "**Performances Of Fuzzy-Logic-Based Indirect Vector Control For Induction Motor Drive**", Transactions On Industry Applications, Vol. 38, No. 5, September/October 2002
- 3- Abdulrahman Huseen Alassaad, "**Optimal Controllers Based Drive System Implementation To Control Three Phase Induction Motor**", Faculty Of Electrical & Electronic Engineering, Electrical Drive Department, Matser Thesis, 2019.
- 4- Ashutosh Mishra , Prashant Choudhary, "**Speed Control Of An Induction Motor By Using Indirect Vector Control Method**", International Journal Of Emerging Technology And Advanced Engineering, 2012.
- 5- Biranchi Narayan Kar, K.B. Mohanty, Madhu Singh, "**Indirect Vector Control Of Induction Motor Using Fuzzy Logic Controller**", IEEE, 2011.
- 6- Ramzi Trabelsi, Adel Khedher, Mouhamed Faouzi Mimouni, Faouzi m'sahli, "**Backstepping Control For An Induction Motor Using An Adaptive Sliding Rotor-Flux Observer** ", Electric Power Systems Research 93 , 2012.
- 7- Blaschke F., "**The Principle Of Field Oriented As Applied To The New Transvector Closed-Loop Control System For Rotating Machines**", Siemens Review, 39(4), Pp. 217-220. 1972.
- 8- Leonhard W, "**Control of Electrical Drives**", Spring Verlag, 425 Pages. 1996.
- 9- Ahmad Amer Al-Mallouhi, "**FPGA-Based Design And Implementation Of Dc Motor Drive System Using Sliding Mode Control Technique**", Faculty Of Electrical & Electronic Engineering, Electrical Drive Department, Matser Thesis, 2010.
- 10- Can Dikmen, Aydemir Arısoy, Hakan Temeltaş, "**Attitude Control Of A Quadrotor**", Ieee, 78-1-4244-3628-6/09, 2009.
- 11- Xiaoguang Zhang, Lizhi Sun, And Li Sun, "**Nonlinear Speed Control For Pmsm System Using Sliding-Mode Control And**

Disturbance Compensation Techniques", Transactions On Power Electronics, Vol. 28, No. 3, March 2013.

12- Biranchi Narayan Kar, Satish Choudhury, Kanungo Barada Mohanty, **"Indirect Vector Control of Induction Motor Using Sliding-Mode Controller"**, Sustainable Energy and Intelligent System Maduravoyal, Chennai, Tamil Nadu, India. July. 20-22, 2011.

تحسين طول الجدول النسبي للمهام المترابطة على وحدات معالجة بيانات غير متجانسة

طالبة الدكتوراه رويدة مهباني

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة البعث

بإشراف: د. م. بسيم عمران

المخلص

تُعتبر جدولة المهام المترابطة في الأنظمة غير المتجانسة أمراً بالغ الأهمية وذلك لتقليل زمن الإتمام الكلي حيث يُدخل عدم التجانس والترابط المزيد من التعقيد وقد ركزت دراسات عديدة على دراسة جدولة المهام في الأنظمة المتجانسة واقتصرت بعض الدراسات على الجدولة في الأنظمة غير المتجانسة.

تم في هذا البحث إنشاء خوارزمية جديدة وتم تصميم محاكي للخوارزمية المقترحة وتم اختبارها باستخدام مولد مخططات عشوائي فأعطت هذه الخوارزمية نتائج أفضل من سابقتها من حيث طول الجدول النسبي نسبة إلى محدد عدم التجانس.

الكلمات المفتاحية: زمن الإتمام الكلي-المسار الحرج-المهمة-الرتبة-السلف-الخلف.

Improving Schedule Length Ratio of Associated Task on heterogeneous data processing units

Abstract

Scheduling of associated tasks in heterogeneous systems is very important to reduce the total completion time as heterogeneity and coherence introduce more complexity. Several studies have focused on studying task scheduling in homogeneous systems and some studies have been limited to scheduling in heterogeneous systems.

In this paper, a new algorithm was created and a simulation of the proposed algorithm was designed and tested using a random schema generator. This algorithm showed better results than its predecessors in terms of schedule length ratio relative to heterogeneity factor.

Keywords: Makespan - Critical Path - Task - Rank - Predecessor - Successor.

1- مُقَدِّمَةٌ

في عصر البيانات الكبيرة لا يمكن أن تعتمد حوسبة البيانات الكثيفة على معالج واحد لتتجز. لكنها غالباً ما تعتمد على أنظمة الحوسبة غير المتجانسة، والتي تعرف بأنها ربط شبكة عالية السرعة من معالجات متعددة، تعتمد في عملها على الحوسبة المتوازية والموزعة.

تعتمد فعالية تنفيذ التطبيقات في الأنظمة غير المتجانسة على طرائق جدولة المهام، حيث تحسن طريقة الجدولة الفعالة بشكل خاص كفاءة النظام غير المتجانس. تهدف طرق الجدولة لإتقان زمن الإتمام الكلي [20].

تحتاج خوارزميات الجدولة أن تسجل عمليات المعالجات وقرار انتهائها تحت معيار أسبقية المهام. تتضمن خوارزميات جدولة المهام الأساسية في الأنظمة غير المتجانسة [20]:

– خوارزمية زمن الانتهاء الأبعد غير المتجانس (Heterogeneous Earliest Finish Time: HEFT)

– المسار الحرج على المعالج (Critical Path On a Processor :CPOP)

– الخوارزمية المستندة إلى الانحراف المعياري (Standard Deviation-Based Algorithm for Task Scheduling :SDBATS)

– التنبؤ بأبعد زمن انتهاء (Predict Earliest Finish Time :PEFT)

على الرغم من أن تلك الخوارزميات استخدمت بشكل واسع في الأنظمة غير المتجانسة إلا أنها لاتزال تعاني من مساوئ عدة أبرزها:

أولاً: يتجاهل معظمها عدم تجانس مصادر الحوسبة المختلفة والاتصالات المختلفة بين مصادر الحوسبة.

ثانياً: ليس لديها سياسة فعالة للإدراج.

بهدف حل تلك المشكلات تم اقتراح خوارزمية جديدة، ومقارنتها مع الخوارزميات السابقة فأعطت هذه الخوارزمية نتائجاً أفضل.

2- مُشكلة البحث

يزداد زمن الإتمام الكلي Makespan كلما اختلف التجانس عند جدولة مهام مترابطة على وحدات معالجة بيانات غير متجانسة (أي يوجد زمن تنفيذ مختلف لنفس المهمة المراد جدولتها على أكثر من معالج، حيث يُلحق بكل مخطط يُراد جدولته جدول يُوضح ذلك).

3- الهدف من البحث

يهدف هذا البحث إلى تحسين جدولة المهام المترابطة على وحدات معالجة البيانات غير المتجانسة، بإنقاص طول الجدول النسبي كلما اختلف التجانس بشكل أفضل من الدراسات السابقة.

4- أهمية البحث

يعتبر الجدول الزمني في الحوسبة الموزعة الذي يتم فيه تعيين المهام للمعالجات أمراً بالغ الأهمية، وذلك لتقليل زمن الإتمام الكلي Makespan. يعتبر تنفيذ المهام في الزمن الحقيقي أمراً مهماً للغاية مثل أنظمة التحكم في العمليات الصناعية، الشبكات الحاسوبية، الروبوتات، الحواسيب.... الخ.

5- آلية البحث

- تقديم دراسات مرجعية.
- دراسة الخوارزميات السابقة وتوضيح دراسة الباحث الحالية.
- استخدام برمجيات متخصصة لبناء محاكي للخوارزمية المقترحة.
- الحصول على نتائج وتحليلها.
- مقارنة الخوارزمية المقترحة مع أهم الخوارزميات المستخدمة سابقاً.

6- دراسات مرجعية Reference studies

تم مؤخراً اقتراح عدد من خوارزميات الجدولة في أنظمة الحوسبة غير المتجانسة. يمكن تقسيمها إلى نوعين رئيسيين: جدولة ديناميكية وجدولة ستاتيكية. يكون زمن التنفيذ وزمن الاتصال والعلاقات بين المهام في الجدولة الديناميكية غير معروفة، إذ يتم اتخاذ القرار خلال زمن التنفيذ، بينما في الجدولة الستاتيكية فإن جميع تلك المعلومات معروفة بشكل مسبق، إذ يتم اتخاذ القرار خلال زمن التنفيذ.

الجدولة الديناميكية مناسبة في الظروف التي تكون فيها محددات المهام مجهولة عند زمن المحاكاة [20].

من الخوارزميات الديناميكية:

- Batch Mode Mapping Heuristics [1]
- Dynamic Mapping Heuristics [2]
- Dynamic Scheduling Cycle Strategy [3]
- Dynamic Scheduling Method [4]

يتم تقسيم خوارزميات الجدولة الستاتيكية إلى صنفين رئيسين: خوارزميات الجدولة المعتمدة على البحث العشوائي وخوارزميات الجدولة المعتمدة على الحدس.

- يتضمن الصنف الأول جدولة مهام متعددة المعالجات باستخدام الخوارزميات الجينية (GA Task Scheduling Multiprocessor) [5].

- نهج المعرفة الوراثية المعززة (Knowledge-Augmented Genetic [6] Approach)

- مشكلة فضاء الخوارزمية الجينية (Problem-Space Genetic Algorithm: [7] PSGA).

أعطت تلك الخوارزميات حلولاً متقاربة من خلال التكرار أكثر، والذي زاد التكلفة مقارنة مع الخوارزميات المعتمدة على الحدس.

تضم الخوارزميات المعتمدة على الحدس ثلاث فئات رئيسية: جدولة القائمة والعنقدة والازدواجية.

من خوارزميات الجدولة الستاتيكية المعتمدة على الحدس الأساسية نذكر الآتي:

- Heterogeneous Earliest Finish Time [8]
- Critical Path On a Processor [8]
- Standard Deviation-Based Algorithm for Task Scheduling [9]
- Predict Earliest Finish Time [10]
- Longest Dynamic Critical Path (LDCP) [11]
- Heterogeneous Critical Parent Trees (HCPT) [12]

- High-PerformanceTask Scheduling (HPS) [13]
- low complexity Performance Effective Task Scheduling (PETS) [14]
- Heterogeneous Earliest Finish with Duplicator (HEFD) [15]
- Selective Duplication Algorithm [16]

للجدولة بالعنقدة قيود كلما زاد عدم التجانس، بينما تسبب الجدولة التي تستند إلى تكرار المهمة تعقيداً زمنياً كبيراً، كما أن تكرار المهمة يستهلك طاقة معالج أكبر، وهذا لا يسبب فقط استهلاكاً أكثر في الطاقة بل استهلاكاً للموارد المشتركة من قبل المعالجات التي تستخدم لتنفيذ مهام أخرى.

تضمن خوارزمية جدولة القائمة جدولاً زمنياً أكثر كفاءة نسبياً مع تعقيد زمني تربيعي. تُعتبر خوارزمية الجدولة HEFT أكثر شيوعاً واستخداماً، إذ تنتج طول جدول زمني قصير [8].

محاسن ومساوئ كل من الخوارزميات السابقة:

المساوئ	المحاسن	الخوارزمية
<ul style="list-style-type: none"> ▶ تعتبر أقل معقولة في البيئات غير المتجانسة. إذا كانت كلفة الحساب لنفس المهمة على معالجات مختلفة كبيرة جداً، فإن هذه الخوارزمية لن تعطي نتائج جدولة مرضية. ▶ هذه الخوارزمية وُضعت لتحسن توازن الحمل حيث تحدد عدد محدد من المهام يمكن تعيينها لكل معالج (L عدد المهام / عدد المعالجات) وتُسند المهام لكل معالج إذ أن عدد المهام المسندة لكل معالج $L \geq$ ▶ لسوء الحظ يزيد هذا التعديل زمن الانتهاء الإجمالي مما يقلل من أداء هذه الخوارزمية. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ تعتبر خوارزمية HEFT أكثر خوارزمية كلاسيكية للمقارنة. ▶ تستخدم هذه الخوارزمية القيمة المتوسطة لكلفة الحسابات والقيمة المتوسطة لكلفة الاتصالات كقيمة للترتبة لتحديد تسلسل الجدولة. 	HEFT
<ul style="list-style-type: none"> ▶ تملك خوارزمية CPOP أسوأ نتائج جدولة، لأنها تُجدول مهام المسار الحرج على نفس المعالج. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ تملك خوارزمية CPOP أداء جيد عندما تحقق مهام المسار الحرج شروط الجدولة المثلى. 	CPOP

<p>▶ عندما تصبح التفرعية عالية فإن هذه المحاسن تقل خاصةً عندما يكون مخطط DAG على درجة عالية من الاختلاف في التجانس.</p> <p>▶ عندما تكلف الحسابات مختلفة وكلفة الاتصالات للعقد الأبناء من تفعة تفقد خوارزمية PEFT محاسنها، حتى تصبح في بعض الأحيان خوارزمية HEFT أفضل منها.</p> <p>▶ تشكل ما يسمى جدول الكلفة الأمثل OCT لأولويات المهام وبالنسبة لطور تخصيص المعالجات للمهام يتم حساب زمن الانتهاء الأكبر الإجمالي OEFT الذي هو مجموع كلفة الحساب لكافة المهام على أطول مسار من عقد الدخول للخروج (المسار الحرج) كما في خوارزمية CPOP ويتم جدولة المهام على المعالج ذو أصغر OEFT.</p>	<p>▶ تأخذ خوارزمية PEFT بعين الاعتبار العقد الأبناء في حساب الأولويات للجدولة لذلك لديها بعض المحاسن عندما تكون التفرعية منخفضة.</p> <p>▶ هذه الخوارزمية عبارة عن خليط من خوارزمية HEFT وCPOP حيث تحسب أولويات المهام بشكل مماثل لخوارزمية HEFT مع الأخذ بالاعتبار أصغر زمن تنفيذ وكلفة اتصال بين المهام.</p>	<p>PEFT</p>
<p>▶ تفقد هذه الخوارزمية محاسنها عندما تكون كلفة الاتصالات كبيرة.</p> <p>▶ تستخدم الانحراف المعياري لكلفة الحسابات لحساب قيمة الرتبة للأولوية بدلاً من القيمة المتوسطة لكلفة الحسابات. هذا سيسبب ظلم في جدولة المهام عندما تكون كلفة الاتصالات كبيرة جداً.</p> <p>▶ تُشغل هذه الخوارزمية أيضاً مهمة الدخول على جميع المعالجات في بداية الجدولة. ستزيد هذه السياسة من طول الجدولة إن كان هنالك اختلاف ملحوظ في كلفة الحساب بين مختلف المعالجات.</p>	<p>▶ تُعتبر خوارزمية SDBATS أفضل من خوارزمية HEFT في بعض الأحيان.</p>	<p>SDBATS</p>
<p>▶ لا تأخذ بالاعتبار مهام المسار الحرج التي تستغل معظم موارد الحاسوب حيث تتم جدولتها مثلها مثل أي مهمة.</p>	<p>▶ خوارزمية HSIP أفضل من باقي الخوارزميات خاصة من حيث اختلافات التجانس الكبيرة.</p> <p>▶ تضرب هذه الخوارزمية الانحراف المعياري بكلفة الحساب المتوسطة وتعتبرها كتكلفة للحساب، لذلك يمكن الحصول على أولوية أعلى للمهمة ذات فرق الحساب الأعلى وبالتالي فإن هذه الخوارزمية تعطي نتائج جدولة أفضل مقارنة مع سابقتها.</p> <p>▶ تستخدم استراتيجيات مضاعفة مهمة الإدخال مُحسنة، حيث تُقيم هذه الاستراتيجيات ضرورة إنشاء نسخة على المعالجات الأخرى من عدمها وفق شروط.</p> <p>▶ تستخدم استراتيجيات الإدخال لفتحات الزمن المثالية ITS بالاعتماد على الأمثلة.</p>	<p>HSIP</p>

الجدول () محاسن ومساوي كل من الخوارزميات السابقة

7- مفاهيم

يتألف نموذج جدولة المهام من: التطبيق وبيئة حساب الهدف ومعايير الأداء. يمكن وصف التطبيق بمخطط بياني لا دوري مباشر

$$G=(V,E) \text{ (Directed Acyclic Graph: DAG)}$$

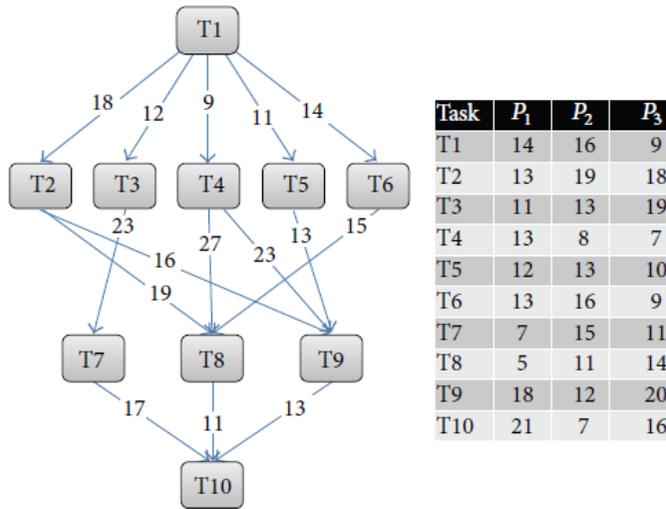
إذ أن: $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ مجموعة من العقد و $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ مجموعة من المسارات.

يبين الشكل (1) مثلاً عن مخطط DAG، إذ أن كل عقدة تمثل مهمة وكل $e(i,j) \in E$ تُمثل زمن الاتصال بين مهمتين تحت قيود الاعتمادية. تُسمى المهمة بدون أسلاف في المخطط مهمة الدخول بينما المهمة بدون أي خلف تسمى مهمة الخروج. يُلحق المخطط بمصفوفة

$$W = T_i \times P_j$$

حيث أن: m : عدد المهام، $i=1:m$ ، n : عدد المعالجات في النظام. تمثل $W_{i,j}$ الزمن المخمن لإنجاز المهمة t_i على المعالج p_j .

بناءً على ذلك، لدينا في الشكل (1) عدد المهام $m=10$ وعدد المعالجات $n=3$ و زمن تنفيذ المهمة T_1 على المعالج $P_1 = 14$ وعلى المعالج $P_2 = 16$ وعلى المعالج $P_3 = 9$ وهكذا.. بالنسبة لبقية المهام، زمن الاتصال بين المهام مُوضح على المسار الواصل بينها.



الشكل (1): مخطط بياني لا دوري مباشر (DAG).

يتضح من الشكل (1) معنى اعتمادية المهام واختلاف التجانس، إذ أن المهمة T_2 مثلاً تعتمد على المهمة T_1 لتنفيذها، حيث تحتاج زمن اتصال بينها وبين المهمة T_1 مقداره 18 وحدة زمنية لنقل البيانات منها، وذلك يحقق مبدأ الاعتمادية وهكذا بالنسبة لأزمة الاتصال بين بقية المهام. يتضح معنى اختلاف التجانس من الجدول المرفق بالمخطط، إذ لدينا ثلاثة معالجات مختلفة في السرعة والأداء، فمثلاً تحتاج المهمة T_1 زمناً مقداره 14 وحدة زمنية لكي يتم تنفيذها على المعالج P_1 وزمناً مقداره 16 وحدة زمنية لكي يتم تنفيذها على معالج آخر مختلف بالسرعة والأداء P_2 و زمناً مقداره 9 وحدة زمنية لكي يتم تنفيذها على المعالج P_3 وذلك يحقق مبدأ عدم التجانس.

يتم حساب الزمن المتوسط لإنجاز المهمة t_i وفق العلاقة (1):

$$\bar{w}_i = \frac{\sum w_{i,j}}{n} \quad (1)$$

تمثل $c_{i,j}$ في الشكل (1) زمن الاتصال بين المهمة t_i والمهمة t_j . عندما تنفذ المهمتان على المعالج نفسه فإن زمن الاتصال يصبح صفرًا نظراً لتجاهل تكلفة الاتصالات داخل المعالج. يُوضع زمن الاتصال عادة على المسار الواصل بين المهام. بعض التعاريف المهمة المستخدمة في الجدولة:

▪ **زمن الإتمام الكلي Makespan:** يمثل الزمن المُنتقضي من لحظة بدء تنفيذ أول

مهمة إلى لحظة تنفيذ آخر مهمة في المخطط يتم حسابه وفق العلاقة (2):

$$makespan = \max\{AFT(t_{exit})\} \quad (2)$$

حيث يمثل $AFT(t_{exit})$ Actual Finish Time زمن الانتهاء الفعلي لمهمة الخروج.

▪ **$EST(t_i, p_j)$:** زمن البدء الأبعد للمهمة t_i على المعالج p_j .

$$EST(t_i, p_j) = \max\{T_{Avl}(p_j), \max_{t_m \in pred(t_i)}\{AFT(t_m) + c_{m,j}\}\} \quad (3)$$

حيث أن $T_{Avl}(p_j)$ الزمن الأبعد عندما يكون المعالج p_j جاهزاً. بينما $pred(v_i)$ مجموعة أسلاف المهمة t_i . يمثل القوس الكبير في التعبير السابق الزمن الذي تصل فيه جميع البيانات التي تم طلبها من قبل المهمة t_i إلى المعالج p_j . يكون زمن الاتصال $c_{m,i}$ صفرًا عندما تنفذ المهمة السلف على المعالج نفسه p_j . لمهمة الدخول فإن:

$$EST(t_{entry}, p_j) = 0 \quad (4)$$

▪ $EFT(t_i, p_j)$: زمن الانتهاء الأبعد للمهمة t_i على المعالج p_j .

$$EFT(t_i, p_j) = EST(t_i, p_j) + w_{i,j} \quad (5)$$

والتي تمثل زمن البدء الأبعد للمهمة t_i على المعالج p_j + كلفة حساب المهمة t_i على المعالج p_j . لمهمة الدخول فإن:

$$EFT(t_{entry}, p_j) = w_{t_{entry},j} \quad (6)$$

▪ **Out-degree communication cost** درجة عالية من وزن زمن الاتصال

weight (OCCW) للمهمة t_i : المجموع الأكبر لزمن الاتصال المباشر بين

المهمة t_i وخلفائها المباشرين وفق العلاقة التالية:

$$occw(t_i) = \sum_{t_j \in succ(t_i)} c_{ij} \quad (7)$$

$$occw(t_{exit}) = 0 \quad (8)$$

تؤثر الدرجة العالية من وزن زمن الاتصال أيضاً على أولويات المهمة. إذا لم تنفذ المهمة ذات عدد كبير من $occw$ فإن جميع خلفائها لن يكونوا جاهزين. تهدف الجدولة لتحديد إسناد المهام في مخطط DAG للمعالجات بحيث يقلل طول الجدول إلى أصغر حد.

8- مقياس الأداء [17]:

طول الجدولة النسبي SLR [18]:

يُعتبر makespan المعيار الذي يُستخدم عادةً لتقييم جدولة مخطط dag واحداً بينما المعيار الذي يُستخدم لمقارنة مخططات مختلفة البنية هو طول الجدولة النسبي SLR والذي يُحسب من العلاقة (11):

$$SLR = \frac{makespan(solution)}{\sum_{t_i \in CP_{MIN}} \min_{p_j \in (w(i,j))} \quad (11)$$

حيث المسار الحرج CP: Critical Path، المقام في التعبير السابق هو أصغر مجموع زمن الحسابات للمهام في المسار الحرج. لا يوجد طول جدولة أصغر من المقام في التعبير السابق، لذلك فإن الخوارزمية ذات أصغر SLR هي الأفضل.

9- مولد مخططات عشوائي:

لتقييم أداء الخوارزمية المقترحة، تم استخدام مولد مخططات عشوائية معياري [19] إذ تم استدعاء المكتبة المتوفرة وتضمينها في برنامج Visual Studio باستخدام لغة ++C مع العلم أن الذي يحدد شكل المخطط المتولد المحددات الآتية:

- **n**: عدد العقد في المخطط (هذا يعني عدد المهام).
- **محدد الشكل fat**: يؤثر هذا المحدد على ارتفاع المخطط وعرضه. يتم إنشاء الارتفاع أو عدد المستويات حسب عدد المهام في المخطط. القيمة المنخفضة ستؤدي إلى مخطط صغير (مثلاً سلسلة) بتفرعية مهام أقل بينما القيمة المرتفعة ستؤدي لمخطط بتفرعية أعلى (مثلاً ارتباط شوكة).
- **محدد عدد المسارات density**: يُحدد هذا المحدد عدد المسارات بين مستويين في المخطط، إذ أن القيمة المنخفضة تؤدي إلى حواف أقل والمرتفعة تُنتج العديد من الحواف.
- **محدد التناسق regularity**: يُحدد هذا المحدد تناسق عدد المهام في كل مستوى. تنتج القيمة المنخفضة مخططاً بعدد مهام متباين في كل مستوى، بينما تؤدي القيمة المرتفعة لعدد مهام متماثل في كل مستوى.
- **درجة القفز jump**: يُشير هذا المحدد إلى أن الحافة يمكن أن تنتقل من المستوى L إلى المستوى L+ jump. القفزة 1 هي اتصال مباشر بين المستويات المتتالية.
- **Communication to Computation Ratio (CCR) محدد نسبة الاتصال للحساب**: نسبة مجموع أوزان المسارات إلى مجموع أوزان العقد في المخطط.
- **β محدد عدم التجانس لسرعات المعالج (مجال النسبة المئوية لزمّن الحساب على المعالجات)**: تعني القيمة المرتفعة β تجانس أعلى وأزمنة مختلفة للحساب بين المعالجات، بينما تعني القيمة المنخفضة أن أزمنة الحساب للمهمة المُعطاة تقريباً متساوية بين المعالجات. يتم اختيار الكلفة المتوسطة للحساب للمهمة t_i في مخطط مُعطى \overline{w}_i بشكل عشوائي من توزيع مُوحد في النطاق $[0.2 \times \overline{w}_{DAG}]$ ، حيث \overline{w}_{DAG} متوسط زمن الحساب للمخطط المُعطى والذي تم توليده بشكل عشوائي. يتم ضبط زمن الحساب لكل مهمة t_i على كل معالج p_j بشكل عشوائي من المجال في المعادلة (12):

$$\bar{w}_i \times \left(1 - \frac{\beta}{2}\right) \leq w_{i,j} \leq \bar{w}_i \times \left(1 + \frac{\beta}{2}\right) \quad (12)$$

• تم استخدام القيم الآتية للمحددات لتوليد المخططات العشوائية بشكل مشابه في الدراسات السابقة:

- n =10; 20; 30; 40
- CCR =0.1, 0.5, 1, 2, 5
- β =0.1, 0.2, 0.5, 1, 2
- jump =1
- regularity =0.2; 0.8
- fat =0.1, 0.4, 0.8
- density =0,2; 0,8
- Processors =4, 8, 16, 32

10- الخوارزمية المقترحة:

تم إجراء حسابات رياضية بشكل يدوي تجريبياً، لإيجاد الخوارزمية المقترحة، إذ تم في كل مرة المزج بين الخوارزميات، وإضافة ميزة من خوارزمية إلى خوارزمية أخرى ومقارنة الخوارزمية الهجينة الناتجة مع أفضل الخوارزميات المستخدمة سابقاً إلى أن تم الوصول إلى خوارزمية أعطت زمن الإتمام الكلي Makespan أقصر من الخوارزميات السابقة.

تُعتبر الخوارزمية المقترحة عبارة عن نظام هجين من خوارزميات سابقة عدة مع إضافة بعض التحسينات، إذ تم استخدام تابع الرتبة (والذي يُعرّف بأنه التابع الذي يحدد المهام ذات الأولوية الأعلى في التنفيذ، حيث تختلف العلاقة الرياضية التي تحسبه من خوارزمية إلى أخرى، إذ تعتمد في خوارزمية HSIP على الانحراف المعياري ومتوسط زمن التنفيذ للمهمة وزمن اتصالها بالأخلاف ورتبتها وكلما كانت قيمة تابع الرتبة لمهمة أعلى كلما كانت أولويته أعلى) وكذلك مضاعفة مهمة الدخول والإدخال لفتحات الزمن المثالية من خوارزمية HSIP [20] وإضافة فكرة المسار الحرج من خوارزمية CPOP [21] والمضاعفة للمهام من خوارزمية HEFT [21] و PEFT [20] و SDBATS [20]. لذلك تم اصطلاح تسمية الخوارزمية

المقترحة AHPSHC اختصاراً لـ Advanced HSIP PEFT

CPOP HEFT SDBATS. أي خوارزمية CPOP HEFT SDBATS PEFT HSIP المتطورة.

تعتمد خوارزمية AHPSHC على تابع الرتبة التصاعدي الذي ينطلق في حساب أولوية المهام من مهمة النهاية إلى مهمة البداية، علماً أن هذا التابع ذاته المستخدم في خوارزمية

HSIP لحساب الرتبة، إذ يحقق أداء أفضل من الخوارزميات السابقة من حيث اعتماده على جداء متوسط كلفة حساب المهام في الانحراف المعياري وأكبر قيمة لمجموع زمن الاتصال مع الأخلاف ورتبتها.

$$rank_u(t_i) = \max_{t_j \in succ(t_i)} \{ \bar{w}_i \times \sigma_i + occw(t_i) + rank_u(t_j) \} \quad (13)$$

$$rank_u(t_{exit}) = \overline{w_{exit}} \times \sigma_{exit} \quad (14)$$

حيث:

$rank_u(t_i)$: الرتبة التصاعدية للمهمة t_i .

$succ(t_i)$: خلف المهمة t_i .

\bar{w}_i : متوسط كلفة حساب المهمة t_i .

σ_i : الانحراف المعياري للمهمة t_i .

$occw(t_i)$: زمن الاتصال مع الأخلاف.

$rank_u(t_j)$: الرتبة التصاعدية للخلف.

$rank_u(t_{exit})$: الرتبة التصاعدية لمهمة الخروج.

$\overline{w_{exit}}$: متوسط كلفة حساب مهمة الخروج.

σ_{exit} : الانحراف المعياري لمهمة الخروج.

تتميز خوارزمية AHPSHC بميزتين إضافيتين:

1- نسخ السلف الأكبر لمهام المسار الحرج فقط والذي يقلل بشكل كبير من زمن الإتمام الكلي ويخفف من أعباء الحسابات على المعالج، نظراً لأنه عندما تتم جدولة المهمة وسلفها على المعالج ذاته فإن كلفة الاتصال تكون صفراً، كما أن مهام المسار الحرج تتطلب بالذات كلفة بالحسابات واستغلال موارد الحاسوب أكثر بكثير من غيرها من المهام في المخطط.

2- نسخ السلف الثاني أو البقية لمهمة الخروج فقط إن حقق زمن إتمام كلي أقصر أو نسخ السلف الأول والثاني معاً إن حقق كلاهما زمن إتمام كلي أقصر.

مصطلحات:

تم اصطلاح التسميات الآتية:

- كل مهمة من المسار الحرج بالمهمة ذات الأهمية الشديدة VIT.

- السلف الأكبر Maximum parent MP T_k لمهمة ما T_i بين مجموعة أسلافها إذا كان المجموع: $EFT(T_k, P_j) + c(T_k, T_i)$ أكبر ما يمكن بين الأسلاف.
- زمن جاهزية البيانات (DRT) Data Ready Time على الوقت المثالي الذي تنتظره المهمة T_i لكي تبدأ التنفيذ على معالج ما.

ملاحظة:

- إذا كانت المهمة الحالية المراد جدولتها VIT، فإنه يتم إنشاء نسخة من سلفها MP على المعالج P_j إذا كان $DRT > W_{T_{MP}, p_j}$ ، وإلا يتم جدولة المهمة على المعالج ذو أصغر EFT.
- في حال كان EFT للمهمة VIT المراد جدولتها على أحد المعالجات أصغر من EFT في حال النسخ وهذا نادراً، فإننا لا نقوم بإنشاء النسخة في هذه الحالة.
- إذا تساوى EFT لمهمة ما على معالجين، فإننا نختار أي منهما للجدولة.

استراتيجية مضاعفة مهمة الإدخال:

أهمية هذه الاستراتيجية:

بما أن بقية المعالجات ستكون خاملة في حال تمت جدولة مهمة البدء (الدخول) على أحدها، وكون أن العُقد الخلف تعتمد على هذه المهمة في نقل البيانات لها أي أن الخلف عليه أن ينتظر زمن انتهاء تنفيذ مهمة الدخول وزمن الاتصال بها، وعلى اعتبار أن زمن الاتصال سيكون صفر في حال تمت جدولة المهمة السلف والخلف على نفس المعالج، نحسب عندها زمن الانتهاء الأبعد على كل معالج في حالة نسخ مهمة الدخول من عدمها ونختار الجدولة والنسخ على المعالج الذي يعطي زمن الانتهاء الأصغر، وهذا يقلل بالنتيجة من زمن الإتمام الكلي Makespan.

تعطي هذه الاستراتيجية طول جدول أقل لكنها محدودة بالحمل الناتج عن استخدام المعالج. ولكن بالنسبة لمهمة الدخول عندما تعمل على أحد المعالجات، فإن جميع المعالجات الأخرى ستكون خاملة في الوقت ذاته، لذلك لا حاجة لأخذ مشكلة الحمل الزائد للمعالج بالحسبان. كما أن المهام الأخرى ليس عليها أن تنتظر عندما تشغل المعالجات الأخرى نسخة. وطالما أن هذه السياسة مطبقة فقط على مهمة الدخول، فإن ذلك لن يسبب حملاً زائداً على المعالج. تستخدم هذه الخوارزمية هذه السياسة لتجنب التحميل الزائد للمعالج وتحسين فعالية الجدولة الكلية. لجعل زمن نقل البيانات للعقد الخلف أسرع، فإن هذه الاستراتيجية تُقيم ضرورة إنشاء

نسخة على المعالجات الأخرى من عدمها. لن تؤثر هذه الاستراتيجية على نتائج جدولة المهام الأخرى، لأنه لن يتم إنشاء النسخة إن لم تحسن نتائج الجدولة وفق الشرطين الآتيين:

- اختر المعالج p_j ذو أصغر زمن EFT لمهمة الدخول.
- حدد فيما إن كانت مهمة الدخول تحتاج إلى نسخة على معالج آخر p_i . إذا تحققت العلاقة الآتية قم بإنشاء نسخة، وإلا لا تقم بأي شيء.

$$W_{v_{entry,i}} < W_{v_{entry,j}} + C_{v_{entry},v_n}$$

حيث v_n الخلف المباشر لمهمة الدخول.

ينتهي التحقق من الشرط السابق في إحدى الحالتين الآتيتين:

- أسندت مهام لجميع المعالجات، أي تم اختبار شرط الحكم بإنشاء نسخة من مهمة الدخول على كل معالج.
- تمت جدولة جميع العقد الخلف v_n لمهمة الدخول، أي أنهم لا يحتاجون أن تنقل مهمة الدخول لهم البيانات.

استراتيجية الإدخال لفتحات الزمن المثالية ITS بالاعتماد على الأمثلة:

اعتمدت هذه الاستراتيجية من قبل خوارزميات جدولة عدة، لكن لا يوجد وصف رياضي دقيق لهذه الآلية. عندما تقابل ITS شرط الإدخال، فإن الخوارزميات السابقة تختار أول ITS بدلاً من الأسرع. هذا يسبب مشكلة جدولة غير معقولة.

تم حل هذه المشكلة وفق الآتي:

- بعد الانتهاء من تخصيص مهمة حدث فتحات ITS لجميع المعالجات.
- ابحث عند تخصيص مهمة v_i لمعالج عن فتحات خاملة تحقق الشرط $W_{i,j} \leq$ ITS.
- طبق الشرط السابق على جميع ITS وحدد فيما إن كانت المهمة المسندة إلى ITS قد نفذت وفيما إن كان EFT أقل أو يساوي الحد النهائي ITS.
- إذا هناك العديد من فتحات ITS المحققة للشرط في البند الثاني اختر ITS ذو أصغر EFT.

منهجية PUSUDO لخوارزمية AHPHC:

Input: DAG, set of tasks V, set of processors P

Output: Schedule result, Makespan

- (1) Starting from the exit node, compute $rank_u$ for all tasks by using " improved task priority strategy ".
- (2) Sort tasks in scheduling list by decreasing order of $rank_u$ value.
- (3) Compute the Critical Path using $CP_x = Max\{\sum_1^n w(t_i)_{max} + \sum \overline{c_{i,succ}(t_i)}\}$.
- (4) Select the first task v_i from the list for scheduling.
- (5) If the task is the entry task
- (6) Use " entry task duplication selection policy "
- (7) Elseif t_i is VIT
- (8) If $DRT(t_i, p_j) > w(MP, p_j)$
- (9) Duplicate MP on p_j without violate the dependency constraints
- (10) Update EFT of t_i on p_j
- (11) End if
- (12) If satisfy the condition of ITS insertion-based optimizing policy
- (13) Use " ITS insertion-based optimizing policy "
- (14) Else
- (15) For each processor in the processor set do
- (16) Compute $EFT(t_i, p_j)$ value
- (17) End for
- (18) Assign t_i to the p_j that minimizes EFT
- (19) For latest task if second MP or any other MP gives shorter scheduale length duplicate it
- (20) elseif first and second MP give shorter scheduale length duplicate them
- (21) End if

الدخل: المخطط والجدول المُرفق معه.

الخرج: مخطط جانت (زمن الإتمام الكلي).

1- البدء من مهمة الخروج وحساب رتبته ورتبة المهام السابقة وفق سياسة أولوية المهام المحسنة حسب العلاقة 9 والعلاقة 10.

2- فرز المهام في قائمة الجدولة بترتيب تنازلي لقيمة الرتبة.

3- حساب المسار الحرج باستخدام العلاقة: $CP_x = Max\{\sum_1^n w(t_i)_{max} + \sum \overline{c_{i,succ}(t_i)}\}$

4- اختر المهمة الأولى من قائمة الجدولة.

5- إذا كانت المهمة مهمة دخول

6- استخدم سياسة اختيار تكرار مهمة الدخول.

7- وإلا إذا كانت المهمة شديدة الأهمية

8- وكانت الفتحة الخاملة أكبر من زمن تنفيذ السلف الأكبر

9- انسخ السلف الأكبر دون انتهاك قيود الاعتمادية.

10- حدث قيمة زمن الانتهاء الأبعد للمهمة t_i على المعالج p_j

- 11-أنهي حلقة if.
- 12-في حال تحقق شرط سياسة التحسين القائمة على الإدراج لفتحات الزمن الخاملة
- 13-استخدم هذه السياسة
- 14-والا
- 15-من أجل كل معالج من مجموعة المعالجات
- 16-احسب زمن الانتهاء الأبعد للمهمة t_i على المعالج P_j
- 17-أنهي حلقة for
- 18-أسند المهمة t_i على المعالج ذو زمن الانتهاء الأبعد الأصغر.
- 19-من أجل آخر مهمة إذا كان السلف الأكبر الثاني أو أي سلف آخر يعطي طول جدولة أقصر انسخه.
- 20-والا إن كان السلف الأكبر الأول والثاني سوياً يعطيان طول جدولة أقصر انسخهما
- 21-أنهي if.

منهجية PUSUDO لخوارزمية HSIP:

Input: DAG, set of tasks V , set of Processors P
 Output: Schedule result, makespan

- (1) Starting from the exit node, compute $rank_u$ for all tasks by using "Improved Task Priority Strategy".
- (2) Sort the tasks in scheduling list by decreasing order of $rank_u$ value.
- (3) While there are unscheduled tasks in the list do
- (4) Select the first task v_i from the list for scheduling
- (5) If the task is the entry task
- (6) Use "Entry Task Duplication Selection Policy"
- (7) Else (task v_i is not the entry task)
- (8) if satisfy the condition of ITS insertion-based optimizing policy
- (9) Use "ITS Insertion-based Optimizing Policy"
- (10) else
- (11) for each processor p_j in the processor set ($p_j \in P$) do
- (12) Compute the earliest finish time (EFT) by (5)
- (13) end
- (14) Assign task v_i to the processor p_j that minimize EFT of task v_i
- (15) End if
- (16) End if
- (17) Update list
- (18) End while

لا تأخذ خوارزمية HSIP بالاعتبار مهام المسار الحرج التي تستغل معظم موارد الحاسوب حيث تتم جدولتها مثلها مثل أي مهمة وهذا يزيد من زمن الإتمام الكلي Makespan، حيث تم تحسين ذلك في خوارزمية AHPSHC.

11-بناء محاكي لخوارزمية AHPSHC:

تم بناء محاكي الخوارزمية المقترحة باستخدام لغة البرمجة Python وبيئة العمل PyCharm Community Edition 2020.1 x64 كما هو موضح في الشكل (2).

```

4 from fractions import Fraction as fr
5 import matplotlib.pyplot as plt
6 import matplotlib.image as mpimg
7 import random
8 import pandas as pd
9
10
11 Data = pd.read_csv("test2.csv", header=None)
12 Data.astype(float)
13 for i in range(len(Data)):
14     if i%8:
15         n=Data.iloc[i,0]
16         n=int(n)
17         print("the number of tasks:",n)
18     elif i%1:
19         m = Data.iloc[i,0]
20         m=int(m)
21         print("the number of processors:",m)
22     elif i%2:
    
```

Run

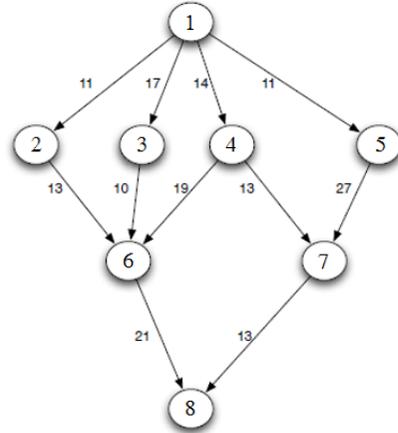
```

T7 || 4 || 35.62999999999999 || 58.8 ||
-----
T6 || 3 || 33.33 || 33.8 ||
-----
T9 || 2 || 66.33 || 24.8 ||
-----
T8 || 3 || 66.33 || 3.0 ||
    
```

الشكل (2) محاكي خوارزمية AHPSHC

بعد أن يتم توليد مخطط DAG كما في الشكل (7) تدخل بياناته على شكل ملف اكسل إلى المحاكى الذي تم بناؤه ليعطينا النتائج. لنطبق الخوارزمية المقترحة على مخطط DAG التالي [22]: لدينا في الشكل (3) 8 مهام مترابطة يُراد جدولتها على نظام مكون من 3 معالجات مختلفة في السرعة والأداء، إذ أن لكل مهمة زمن تنفيذ مختلف على كل معالج أي أن النظام غير متجانس. تعتمد المهام T_2 و T_3 و T_4 و T_5 على المهمة T_1 لتنفيذها، إذ تحتاج المهمة T_2 مثلاً زمن اتصال مقداره 11 وحدة زمنية لتنقل المهمة T_1 البيانات لها وهكذا بالنسبة لبقية المهام. ذلك يحقق مفهوم الاعتمادية. المسار الحرج هو أطول طريق يتم حسابه من مهمة الدخول إلى مهمة الخروج.

Task	p_1	p_2	p_3	\bar{p}_i
1	11	13	9	11.0
2	10	15	11	12.0
3	09	12	14	11.6
4	12	16	10	12.3
5	15	11	19	15.0
6	13	09	05	8.60
7	11	15	13	12.3
8	11	15	10	12.0



الشكل (3) مخطط بياني لا دوري مباشر (DAG)

النتائج حسابياً:

1- طور حساب أولوية المهام:

$$rankT_8 = 12 * 2.16 = 25.92$$

$$rankT_7 = Max(12.3 * 1.632 + 13 + 25.92) = 58.993$$

$$rankT_6 = Max(8.6 * 3.265 + 21 + 25.92) = 74.999$$

$$rankT_5 = Max(15 * 3.265 + 27 + 58.993) = 134.968$$

للمهمة T_4 خلفين وهما T_6 و T_7 بالتالي نختار الرتبة الأعلى وفق التالي:

$$T_6: rankT_4 = Max(12.3 * 2.494 + 13 + 19 + 74.999) = 137.675$$

$$T_7: rankT_4 = Max(12.3 * 2.494 + 13 + 19 + 58.993) = 121.669$$

$$rankT_3 = Max(11.6 * 2.054 + 10 + 74.999) = 108.825$$

$$rankT_2 = Max(12 * 2.16 + 13 + 74.999) = 113.919$$

للمهمة T_1 أربعة أخلاف وهي T_5 ، T_4 ، T_3 ، T_2 بالتالي نختار الرتبة الأعلى وفق التالي:

$$T_2: rankT_1 = Max(11 * 1.63 + 53 + 113.919) = 184.849$$

$$T_3: rankT_1 = Max(17.93 + 53 + 108.825) = 179.755$$

$$T_4: rankT_1 = Max(17.93 + 53 + 124.675) = 195.605$$

$$T_5: rankT_1 = Max(17.93 + 53 + 134.968) = 205.898$$

بالتالي تصبح أولوية المهام بالترتيب التنازلي:

2- حساب المسار الحرج:

$$CP_{12} = 13 + 11 + 15 = 39$$

$$CP_{13} = 13 + 17 + 14 = 44$$

$$CP_{14} = 13 + 14 + 16 = 43$$

$$CP_{15} = 13 + 11 + 19 = 43$$

$$CP_{126} = 39 + 13 + 13 = 65$$

$$CP_{136} = 44 + 10 + 13 = 67$$

$$CP_{146} = 43 + 19 + 13 = 75$$

$$CP_{147} = 43 + 13 + 15 = 71$$

$$CP_{157} = 43 + 27 + 15 = 85$$

$$CP_{1268} = 65 + 21 + 15 = 101$$

$$CP_{1368} = 67 + 21 + 15 = 103$$

$$CP_{1468} = 75 + 21 + 15 = 111$$

$$CP_{1478} = 71 + 13 + 15 = 99$$

$$CP_{1578} = 85 + 13 + 15 = 113$$

بالتالي فإن المسار الحرج $T_1 \rightarrow T_5 \rightarrow T_7 \rightarrow T_8$

3- طور إسناد المهام للمعالجات:

T_1 : مهمة الدخول نجدولها على المعالج ذو أصغر زمن تنفيذ وهو P_3

المهمة ذات الأولوية الأدنى هي T_4 :

$$EST_{4,1} = Max(0, max(9 + 14)) = 23$$

$$EFT_{4,1} = 23 + 12 = 35$$

$$EST_{4,2} = \text{Max}(0, \text{max}(9 + 14)) = 23$$

$$EFT_{4,2} = 23 + 16 = 39$$

$$EST_{4,3} = \text{Max}(9, \text{max}(9 + 0)) = 9$$

$$EFT_{4,3} = 9 + 10 = 19$$

شرط إنشاء نسخة من مهمة الدخول على المعالج P_1 :

$$\text{محقق } 11 < 9 + 14 = 23$$

شرط إنشاء نسخة من مهمة الدخول على المعالج P_2 :

$$\text{محقق } 13 < 9 + 14 = 23$$

نجد أنه في حال إنشاء نسخة من مهمة الدخول على كل من المعالين P_1 و P_2 :

$$EST_{4,1} = \text{Max}(11, \text{max}(11 + 0)) = 11$$

$$EFT_{4,1} = 11 + 12 = 23$$

$$EST_{4,2} = \text{Max}(13, \text{max}(13 + 0)) = 13$$

$$EFT_{4,2} = 13 + 16 = 23$$

نلاحظ أن زمن الانتهاء الأبعد للمهمة T_4 على المعالجات أصغر منه في حال عدم

إنشاء النسخ بالتالي نُجدول المهمة T_4 على المعالج P_3 .

المهمة ذات الأولوية الأدنى في المستوى التالي هي T_5 وهي VIT بالتالي نقوم

بالحسابات اللازمة وفق الآتي:

$$EST_{5,1} = \text{Max}(0, \text{max}(9 + 11)) = 20$$

$$EFT_{5,1} = 20 + 15 = 35$$

يتم حساب slot وفق الآتي:

$$\text{slot} = EST - t_{ready} \quad ; \quad t_{ready} \text{ : زمن جاهزية المعالج}$$

بالتالي: slot = 20

$$EST_{5,2} = \text{Max}(0, \text{max}(9 + 11)) = 20$$

$$EFT_{5,2} = 20 + 11 = 31$$

slot = 20

$$EST_{5,3} = \text{Max}(9, \text{max}(9 + 0)) = 9$$

$$EFT_{5,3} = 9 + 19 = 28$$

في حال إنشاء النسخة:

• باختيار المعالج P_1 :

نتحقق أولاً من الشرط: $W_{T_{1,1}} = 11 < 20$ محقق بالتالي نستطيع إنشاء نسخة

$$EST_{5,1} = \text{Max}(11, \text{max}(11 + 0)) = 11$$

$$EFT_{5,1} = 11 + 15 = 26$$

• باختيار المعالج P_2 :

نتحقق أولاً من الشرط: $W_{T_{1,2}} = 13 < 20$ محقق بالتالي نستطيع إنشاء نسخة

$$EST_{5,2} = \text{Max}(13, \text{max}(13 + 0)) = 13$$

$$EFT_{5,2} = 13 + 11 = 24$$

بالتالي سيتم جدولة المهمة T_5 على المعالج P_2 .

المهمة ذات الأولوية الأدنى هي T_2 :

نتبع سياسة إنشاء نسخة من مهمة الدخول المتبعة في خوارزمية HSIP على جميع

المعالجات الأخرى إذا تحقق $DRT > W_{T_{entry,p_j}}$

$$EST_{2,1} = \text{Max}(9, \text{max}(9 + 11)) = 20$$

$$EFT_{2,1} = 20 + 10 = 30$$

slot =20

$$EST_{2,2} = \text{Max}(24, \text{max}(11 + 0)) = 24$$

$$EFT_{2,2} = 24 + 15 = 39$$

$$EST_{2,3} = \text{Max}(19, \text{max}(9 + 0)) = 19$$

$$EFT_{2,3} = 19 + 11 = 30$$

في حال إنشاء النسخة

• باختيار المعالج P_1 :

نتحقق أولاً من الشرط: $W_{T_{1,1}} = 11 < 20$ محقق بالتالي نستطيع إنشاء نسخة

$$EST_{2,1} = \text{Max}(11, \text{max}(11 + 0)) = 11$$

$$EFT_{2,1} = 11 + 10 = 21$$

أما المعالجين الآخرين فقمنا بإنشاء النسخة سابقاً وحساب EFT.

بالتالي سيتم جدولة المهمة T_2 على المعالج P_1 .

المهمة ذات الأولوية الأدنى هي T_3 :

$$EST_{3,1} = \text{Max}(21, \text{max}(11 + 0)) = 21$$

$$\begin{aligned}
 EFT_{3,1} &= 21 + 9 = 30 \\
 EST_{3,2} &= \text{Max}(24, \text{max}(13 + 0)) = 24 \\
 EFT_{3,2} &= 24 + 12 = 36 \\
 EST_{3,3} &= \text{Max}(19, \text{max}(9 + 0)) = 19 \\
 EFT_{3,3} &= 19 + 14 = 33 \\
 EST_{3,1} &= \text{Max}(21, \text{max}(11 + 0)) = 21 \\
 EFT_{3,1} &= 21 + 9 = 30 \\
 EST_{3,2} &= \text{Max}(24, \text{max}(13 + 0)) = 24 \\
 EFT_{3,2} &= 24 + 12 = 36 \\
 EST_{3,3} &= \text{Max}(19, \text{max}(9 + 0)) = 19 \\
 EFT_{3,3} &= 19 + 14 = 33
 \end{aligned}$$

بالتالي سيتم جدولة المهمة T_3 على المعالج P_1 .
المهمة ذات الأولوية الأدنى هي T_6 :

$$\begin{aligned}
 EST_{6,1} &= \text{Max}(30, \text{max}(21 + 0, 30 + 0, 19 + 19)) = 38 \\
 EFT_{6,1} &= 38 + 13 = 51 \\
 EST_{6,2} &= \text{Max}(24, \text{max}(21 + 13, 30 + 10, 19 + 19)) = 40 \\
 EFT_{6,2} &= 40 + 9 = 49 \\
 EST_{6,3} &= \text{Max}(19, \text{max}(34, 40, 19 + 0)) = 40 \\
 EFT_{6,3} &= 40 + 5 = 45
 \end{aligned}$$

بالتالي سيتم جدولة المهمة T_6 على المعالج P_3 .
المهمة ذات الأولوية الأدنى هي T_7 وهي VIT :

$$\begin{aligned}
 EST_{7,1} &= \text{Max}(30, \text{max}(19 + 13, 24 + 27)) = 51 \\
 EFT_{7,1} &= 51 + 11 = 62
 \end{aligned}$$

Slot=19

$$\begin{aligned}
 EST_{7,2} &= \text{Max}(24, \text{max}(32, 24 + 0)) = 32 \\
 EFT_{7,2} &= 32 + 15 = 47
 \end{aligned}$$

Slot=8

$$\begin{aligned}
 EST_{7,3} &= \text{Max}(45, \text{max}(19 + 0, 49)) = 49 \\
 EFT_{7,3} &= 49 + 13 = 62
 \end{aligned}$$

Slot=4

في حال إنشاء النسخة:

• باختيار المعالج P_1 :

نتحقق أولاً من الشرط: $W_{T_{5,1}} = 15 < 19$ محقق بالتالي نستطيع إنشاء نسخة

$$EST_{7,1} = \text{Max}(45, \text{max}(32,45)) = 45$$

$$EFT_{7,1} = 45 + 11 = 56$$

المهمة T_5 مجدولة على المعالج P_2 بالتالي نختبر إمكانية إنشاء نسخة على المعالج

P_3

• باختيار المعالج P_3 :

نتحقق أولاً من الشرط: $W_{T_{5,3}} = 19 > 4$ بالتالي لانستطيع إنشاء نسخة على هذ

المعالج.

نلاحظ أن EFT على المعالج P_2 بدون إنشاء النسخة أصغر منه في حال إنشاء

النسخة على المعالج P_1 بالتالي نُجدول المهمة T_7 على المعالج P_2 .

المهمة ذات الأولوية الأدنى هي T_8 وهي VIT:

$$EST_{8,1} = \text{Max}(30, \text{max}(47 + 13, 45 + 21)) = 66$$

$$EFT_{8,1} = 66 + 11 = 77$$

Slot=36

$$EST_{8,2} = \text{Max}(47, \text{max}(47, 66)) = 66$$

$$EFT_{8,2} = 66 + 15 = 81$$

Slot=19

$$EST_{8,3} = \text{Max}(45, \text{max}(60, 45)) = 60$$

$$EFT_{8,3} = 60 + 10 = 70$$

Slot=15

T_6 :MP

في حال إنشاء النسخة:

• باختيار المعالج P_1 :

نتحقق أولاً من الشرط: $W_{T_{6,1}} = 13 < 36$ محقق بالتالي نستطيع إنشاء نسخة

$$EST_{8,1} = \text{Max}(43, \text{max}(43 + 0, 47 + 13)) = 60$$

$$EFT_{8,1} = 60 + 11 = 71$$

• باختيار المعالج P_2 :

نتحقق أولاً من الشرط: $W_{T_{6,2}} = 9 < 19$ محقق بالتالي نستطيع إنشاء نسخة

$$EST_{8,2} = \text{Max}(56, \text{max}(56 + 0, 47 + 0)) = 56$$

$$EFT_{8,2} = 56 + 15 = 71$$

نلاحظ أن EFT في حال النسخ أكبر منه بدون النسخة وبالتالي تقترح هذه الخوارزمية

فقط بالنسبة لمهمة الخروج إن لم يحقق السلف ذو MP أصغر EFT لطول الجدولة

مقارنةً به قبل النسخ فإننا ننشئ نسخة من السلف الآخر على المعالج الذي تمت

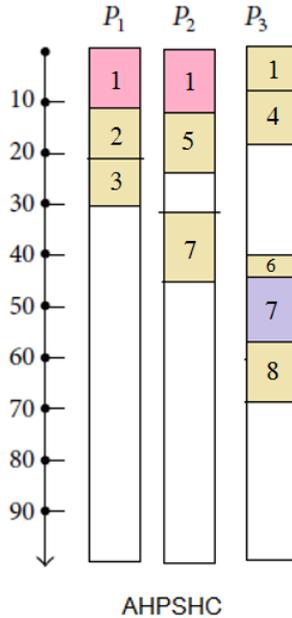
جدولة المهمة ذات MP عليه وهو في مثالنا P_3 .

• باختيار المعالج P_3 :

نتحقق أولاً من الشرط: $W_{T_{7,3}} = 13 < 15$ محقق بالتالي نستطيع إنشاء نسخة

$$EST_{8,3} = \text{Max}(58, \text{max}(45 + 0, 58 + 0)) = 58$$

$$EFT_{8,3} = 58 + 10 = 68$$



الشكل (4) نتائج خوارزمية AHP SHC حسابياً

نلاحظ أن $\text{Makespan}=68$.

النتائج باستخدام المحاكى:

--Table of rank --tabrank

|| T1 || 206.41766444215938

|| T5 || 135.4547396617494

|| T4 || 133.980582565453

|| T2 || 113.98602272047596

|| T3 || 108.9019301461593

|| T6 || 75.06305992684452

|| T7 || 59.46494480608584

|| T8 || 25.92296279363144

Table of cp --tapc:--[]

<== T1 ==> T2 ==> T6 ==> T8 ==> 101.0

--

<== T1 ==> T3 ==> T6 ==> T8 ==> 103.0

--

<== T1 ==> T4 ==> T6 ==> T8 ==> 111.0

--

<== T1 ==> T4 ==> T7 ==> T8 ==> 99.0

--

<== T1 ==> T5 ==> T7 ==> T8 ==> 113.0

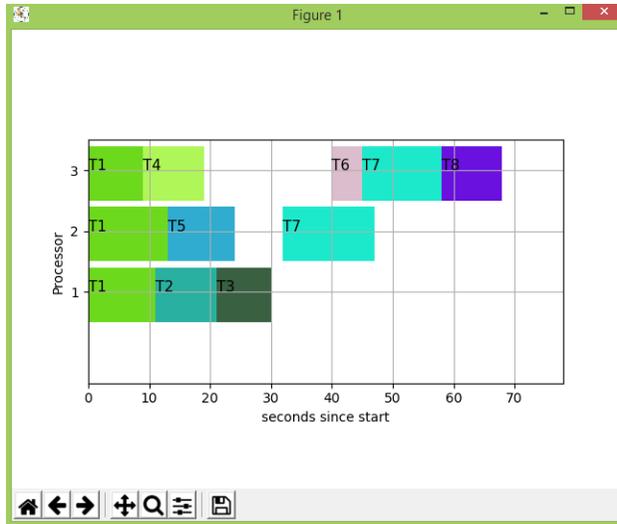
--

<== T1 ==> T5 ==> T7 ==> T8 ==> 113.0

--

Critical Path:

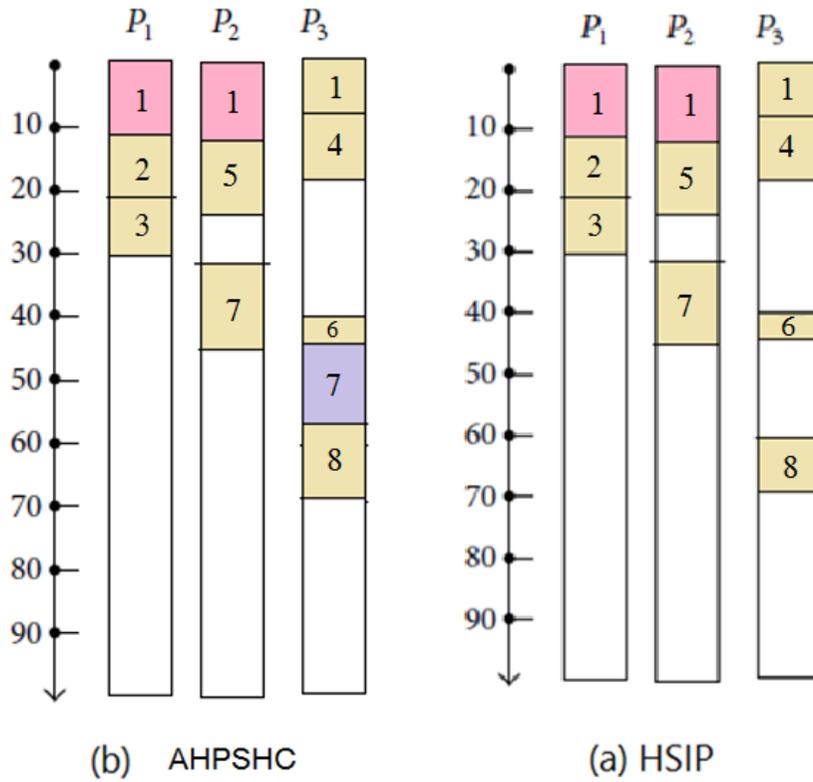
T1 ==> T5 ==> T7 ==> T8 ==> 113.0



الشكل (5) نتائج خوارزمية AHPSHC باستخدام المحاكى

وهذا مطابق للنتائج الحسابية.

المقارنة مع خوارزمية HSIP:



	AHPSHC	HSIP
Makespan	68	70

الشكل (6) مقارنة بين خوارزمية HSIP وخوارزمية AHPSHC

تُلاحظ أنه تم تكرار مهمة الدخول حسب استراتيجيّة مضاعفة مهمة الإدخال المُوضحة سابقاً حيث تم تطبيقها بالحسابات الرياضية، وتم الشرح بشكل مفصل بالحسابات كيفية حساب تابع الرتبة للمهام السابقة، وكذلك شرح مفهوم الاعتمادية وعدم التجانس لهذا المثال على الشكل (3).

نلاحظ حسب الشكل (6) أن المهمة T_8 لديها سلفين T_6 و T_7 تعتمد عليهما في تنفيذها حيث تحتاج المهمة T_8 حسب الشكل (3) زمن اتصال مقداره 13 وحدة زمنية لتنتقل لها المهمة T_7 البيانات فعلى المهمة T_8 أن تنتظر 13 وحدة من انتهاء تنفيذ المهمة T_7 لتبدأ بالتنفيذ، أما بالنسبة لزمن الاتصال بين المهمة T_6 و المهمة T_8 فهو يُهمل في هذه الحالة كونه تتم جدولة المهمة وسلفها على المعالج ذاته وهو في الشكل (6) المعالج 3.

إن زمن الإتمام الكلي $Makespan=70$ في خوارزمية HSIP وهو الزمن المُستغرق من مهمة الدخول لمهمة الخروج وباستخدام خوارزمتنا المقترحة أصبح $Makespan=68$.

12- الاستنتاجات والتوصيات:

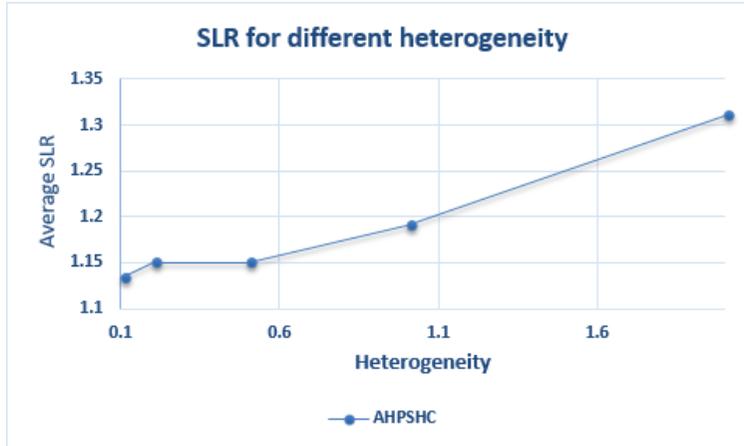
تم توليد عدة مخططات من أجل كل قيمة ل β حيث يوضح الشكل (7) مثلاً عن أحد المخططات المولدة، فكانت النتائج كما هو مُبين في الشكل (8)، إذ يُوضح العلاقة ما بين قيم

$\beta = 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2$ و طول الجدولة النسبي المقابل وبمقارنة هذا المنحني مع المنحنيات التي تم الحصول عليها في الدراسات السابقة نجد وفق الشكل (9) أن خوارزمية AHPSHC أبدت أداء أفضل في الأوساط مختلفة التجانس حيث أعطت طول جدولة نسبي أقل.

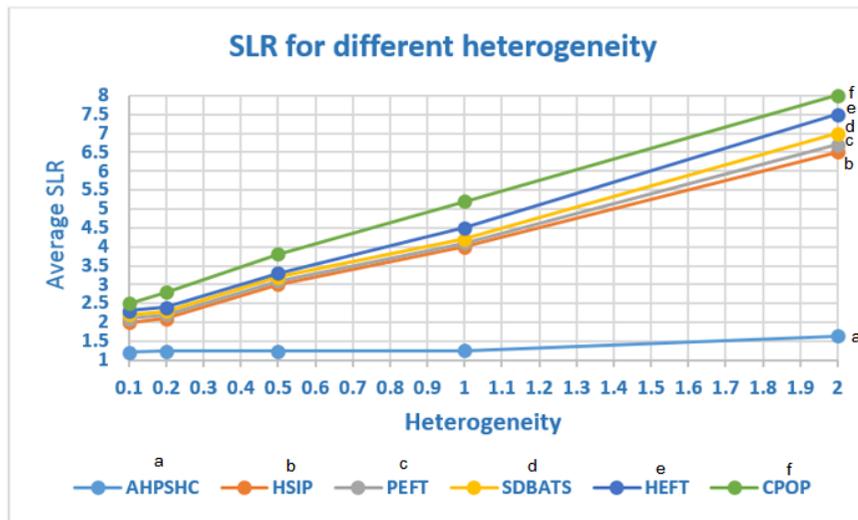
```
digraph G {
  NODE 0 1 ROOT 0.0 0.0
  1 [size="1153751040", alpha="0.26"]
  2,3 COMPUTATION 1153751040 0.26
  1 -> 4 [size="75497472"]
  1 -> 5 [size="75497472"]
  4 [size="218411008", alpha="0.03"]
  6 COMPUTATION 218411008 0.03
  4 -> 8 [size="8388608"]
  5 [size="2247688192", alpha="0.27"]
```

```
7 COMPUTATION 2247688192 0.27
  5 -> 8 [size="134217728"]
  8 [size="212246528", alpha="0.14"]
9 COMPUTATION 212246528 0.14
  8 -> 10 [size="8388608"]
  10 [size="537665536", alpha="0.19"]
11,12 COMPUTATION 537665536 0.19
  10 -> 13 [size="33554432"]
  10 -> 14 [size="33554432"]
  13 [size="4337934336", alpha="0.39"]
15 COMPUTATION 4337934336 0.39
  13 -> 18 [size="75497472"]
  14 [size="4057049088", alpha="0.00"]
16,17 COMPUTATION 4057049088 0.00
  14 -> 18 [size="75497472"]
  14 -> 19 [size="75497472"]
  18 [size="327264256", alpha="0.41"]
20 COMPUTATION 327264256 0.41
  18 -> 22 [size="8388608"]
  19 [size="3153723392", alpha="0.32"]
21 COMPUTATION 3153723392 0.32
  19 -> 22 [size="134217728"]
  22 [size="4751972352", alpha="0.46"]
23 COMPUTATION 4751972352 0.46
NODE 22 23 COMPUTATION 4751972352 0.46
}
```

الشكل (7) مثال عن أحد المخططات المولدة باستخدام مولد المخططات العشوائي



الشكل (8) طول الجدول النسبي في خوارزمية AHPSHC في الأوساط مختلفة التجانس



الشكل (9) مقارنة بين طول الجدولة النسبي في الأوساط مختلفة التجانس مع الخوارزميات السابقة

نقترح أن تتم دراسة تأثير محدد آخر على هذه الخوارزمية ومعرفة السلوك الذي ستسلكه.

المراجع:

- [1] Maheswaran. M, Ali. S, Siegel .H. J, Hensgen.D, Freund.R.F, 1999 -Dynamic mapping of a class of independent tasks onto heterogeneous computing systems , Journal of Parallel & Distributed Computing, vol. 59, no. 2, pp. 107–131.
- [2] Kim. J-K, Shivle. S, Siegel et al. H. J, 2007- Dynamically mapping tasks with priorities and multiple deadlines in a heterogeneous environment, Journal of Parallel and Distributed Computing, vol. 67, no. 2, pp. 154–169.
- [3] Sun.W, Zhang. Y, and Inoguchi. Y, 2007- Dynamic task flow scheduling for heterogeneous distributed computing: algorithm and strategy ,IEICE Transactions on Information and Systems, vol. E90-D, no. 4, pp. 736–744.
- [4] Barbosa.J.G and Moreira.B, 2011 -Dynamic scheduling of a batch of parallel task jobs on heterogeneous clusters ,Parallel Computing, vol. 37, no. 8, pp. 428–438.
- [5] Hou.E. S. H, Ansari.N, and Ren.H, 1994- A genetic algorithm for multiprocessor scheduling ,IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 5, no. 2, pp. 113–120.
- [6] Correa.R.C, Ferreira.A, and Rebreyend.P,1996- Integrating list heuristics into genetic algorithms for multiprocessor scheduling ,in Proceedings of the 8th IEEE Symposium on Parallel and Distributed Processing, pp. 462–469, New Orleans, La, USA.
- [7] Dhodhi.M.K, Ahmad.I, Yatama.A, and Ahmad.I,2002- An integrated technique for taskmatching and scheduling onto distributed heterogeneous computing systems ,Journal of Parallel and Distributed Computing, vol. 62, no. 9, pp. 1338–1361.
- [8] Topcuoglu.H, Hariri.S, and Wu.M.Y,2002- Performance-effective and low-complexity task scheduling for heterogeneous computing,IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol.13, no. 3, pp. 260–274.
- [9] Munir.E.U, Mohsin.S, Hussain.A, Nisar.M.W, and Ali.S,2013- SDBATS: a novel algorithm for task scheduling in heterogeneous computing systems ,in Proceedings of the IEEE 27th International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops & PhD Forum (IPDPSW '13), pp. 43–53, IEEE,Cambridge, Mass, USA.
- [10] Arabnejad.H and Barbosa.J.G, 2014- List scheduling algorithm

for heterogeneous systems by an optimistic cost table ,IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 25, no. 3, pp. 682–694.

[11] Daoud.M.I and Kharna.N, 2008- A high performance algorithm for static task scheduling in heterogeneous distributed computing systems, Journal of Parallel and Distributed Computing, vol. 68, no. 4, pp. 399–409.

[12] Hagra.S and Janecek.J, 2003- A simple scheduling heuristic for heterogeneous computing environments ,in Proceedings of the Second International Conference on Parallel and Distributed Computing (ISPDC '03), pp. 104–110, IEEE.

[13] Ilavarasan.E, Thambidurai.P, and Mahilmanan.R, 2005- High performance task scheduling algorithm for heterogeneous computing system ,in Distributed and Parallel Computing, pp. 193–203, Springer, Berlin, Germany.

[14] Ilavarasan.E and Thambidurai.P, 2007- Low complexity performance effective task scheduling algorithm for heterogeneous computing environments, Journal of Computer Science, vol. 3, no. 2, pp. 94–103, 2007.

[15] Tang.X, Li.K, Liao.G, and Li.R, 2010- List scheduling with duplication for heterogeneous computing systems ,Journal of Parallel and Distributed Computing, vol. 70, no. 4, pp. 323–329.

[16] Bansal.S, Kumar.P, and Singh.K, 2003- An improved duplication strategy for scheduling precedence constrained graphs in multiprocessor systems ,IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 14, no. 6, pp. 533–544.

[17] Kwok.Y.K and Ahmad.I, 1998- Benchmarking the task graph scheduling algorithms ,in Proceedings of the 1st Merged International and Symposium on Parallel and Distributed Processing, and IEEE Parallel Processing Symposium (IPPS/SPDP '98), pp. 531–537.

[18] Arabnejad.H and Barbosa.J.G, 2014- List scheduling algorithm for heterogeneous systems by an optimistic cost table ,IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 25, no. 3, pp. 682–694.

[19]<https://github.com/frs69wq/daggen>. . Accessed in: 14/11/2020.

[20] Guan Wang,1,2 Yuxin Wang,3 Hui Liu,1 and He Guo1,2016- HSIP: A Novel Task Scheduling Algorithm for Heterogeneous Computing,

Hindawi Publishing Corporation,Scientific Programming, Article ID 3676149, 11 pages.

[21] Topcuoglu.H, Hariri.S and Wu.M, ”Task scheduling algorithms for heterogeneous processors”, 8th Proceedings Heterogeneous Computing Workshop (HCW), pp. 3-14, 1999.

[22] Soto.C, Santiago.A, Fraire.H, Dorronsoro.B, 2018- " Optimal Scheduling for Precedence-Constrained Applications on Heterogeneous Machines", MOL2NET, International Conference Series on Multidisciplinary Sciences, vol. 4, pp. 1–5.