

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية
والكهربائية والمعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 43 . العدد 16

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
48-11	د. عبير المكايل د. ماهر الإبراهيم م. نور عيسى بلال	اقتراح بنية هجينة لشبكة الاستشعار اللاسلكية وشبكة المركبات المخصصة لتحسين السلامة على الطرق
78- 49	م. هبه عبدالباسط تدمري	مقارنة أداء وفعالية خوارزميات التوجيه في الشبكات ضمن رقافة (NoC)
100-79	نعمة الله بلو محمد فاضل سكر	دراسة وتصميم نموذج مصغر لجهاز محاكاة الاشعاع الشمسي وتحليل أدائه
130-101	م. ميساء الضاهر	تقليل عدد نطاقات الصور الطيفية باستخدام خوارزمية تحليل المكونات الرئيسية وتطبيقه في التعرف على الوجوه
162-131	م. ولاء سفور د.م. طلال حمود د.م. فواز مفضي	تقييم ومقارنة أداء التحسينات على خوارزمية التقطير في انترنت الأشياء

تطبيق منهجية الستة سيغما في صناعة العبوات

البلاستيكية لتعبئة الزيوت المعدنية

"دراسة حالة معمل مزج الزيوت في مصفاة حمص"

طالبة الماجستير: م. نور عيسى بلال

كلية الهندسة الميكانيكية والكربائية - جامعة البعث

إشراف: د.عبير المكايل & د.ماهر الإبراهيم

المخلص

عرض هذا البحث طريقة تطبيق منهج SIX SIGMA ، واستخدامه لتحليل عيوب العملية الإنتاجية والعمل على تخفيضها باتباع طرق إحصائية وتحليلية.

الغرض الأساسي من إجراء هذه الدراسة هو استكشاف فعالية استخدام تقنية الستة سيغما في تحديد وتحليل الأسباب الأساسية لظهور العيوب، والعثور على التدابير العلاجية الفعالة للقضاء على تلك الأسباب باستخدام دورة DMAIC . تم تنفيذ هذا البحث تحت التجربة العملية في معمل مزج الزيوت المعدنية، يحوي خط إنتاج لعبوة بلاستيكية سعة 4Lit مصنعة من البولي ايتلين عالي الكثافة معاد التدوير R-HDPE .

أثبتت الباحثة في نهاية البحث دور منهج SIX SIGMA في تقليل نسبة عيوب الإنتاج من 16.3% حتى 6.3%، وتحسن مستوى سيغما في المعمل من 3.4

حتى 3.9 ، وهذا يشير إلى تحسين مقدرة، وأداء العملية الإنتاجية، وزيادة كفاءتها وتعدّ هذه النتائج دليل على نجاح التطبيق.

كلمات مفتاحية: سيغما، الستة سيغما ، منهجية الستة سغما ، الجودة ، دورة ديميك، تحليل مقدرة العملية الإنتاجية ،التشكيل بالبتق والنفخ، البولي إيثيلين عالي الكثافة معاد التدوير

Application of the Six Sigma Methodology in the Manufacture of Plastic Containes for the Filling of Mineral Oils

"A Case Study: Oil Mixing Plant in Homs Refinery"

Abstract

This research provided the method of applying SIX SIGMA methodology and its use in analysing the defects of the production process applying statistical and analytical methods to reduce them.

The main objective of this study is exploring the efficiency of using SIX SIGMA technique in identifying and analysing the essential causes of defects and finding the curative procedures to eliminate them using DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) cycle. This research was carried out under practical experiment in the factory of mixing mineral oils that has a production line of plastic packaging with a capacity of 4 Lit that is made from recycled highdensity Polyethylene

R-HDPE. In the end of the research, the researcher proved that the SIX SIGMA methodology has a role in the reduction the percentage of production defects from 16.3% to 6.3%, and

improve the level of sigma in the factory from 3.4 to 3.9, which indicates improvement in the ability and performance of production process in addition to the increase in efficiency, these results are evidences of this application success.

Key words: Sigma , Six Sigma, Six Sigma Methodology , Quality , DMAIC Cycle , Process Capability Analyze , Extrusion Blow Molding , Recycled High Density Polyethylene.

1- المقدمة :

1-1- منهجية الستة سيغما SIX SIGMA Methodology:

◀ تعرف منهجية الستة سيغما بأنها استراتيجية تحسين أعمال قوية دفعت الشركات لاستخدام طرق إحصائية بسيطة وقوية لتحديد وقياس وتحليل وتحسين ومراقبة العمليات لتحقيق التميز التشغيلي. [1]

◀ يتألف مصطلح الستة سيغما من جزأين أولهما الحرف 'σ سيغما' وهو حرف يوناني يستخدم للإشارة إلى الانحراف المعياري للبيانات ، ويعبر عن مدى تشتت البيانات عن وسطها الحسابي وهذا يعني زيادة في كمية الخطأ وبالتالي زيادة التلف في المنتج المطروح.

أما الرقم 6 فيشير إلى عدد الانحرافات المعيارية "مستوى سيغما " وكلما زاد العدد المرافق للسيغما دلّ على زيادة مستوى الجودة وانخفاض نسبة العيوب في المنتج والعكس صحيح .

◀ حساب مستوى سيغما للعملية الإنتاجية:

يحسب مستوى السيغما لمجموعة بيانات من العلاقة التالية [2]:

$$\sigma_{\text{Level}} = 0.8046 + \sqrt{29.37 - 2.22 \ln(DPMO)}$$

حيث أنّ DPMO هي اختصار لعبارة Defects Per Millions Opportunities أي أنها عدد فرص ظهور العيوب من أجل مليون فرصة ممكنة، وتحسب قيمة DPMO كالتالي : [3]

$$\text{نسبة العيوب} = 100 \times \frac{\text{عدد العيوب}}{\text{عدد الواحدات المنتجة}}$$

$$\frac{\text{عدد القطع المرفوضة}}{\text{فرص ظهور العيب} \times \text{عدد القطع المنتجة}} = \text{العيوب لكل فرصة}$$

$$\text{DPMO العيوب لكل مليون فرصة} = \text{العيوب لكل فرصة} \times 1000000$$

1-2-1- مراحل وأدوات تطبيق منهجية الستة سيغما

Phases and Tools for Applying the Six Sigma

:Methodology

يتطلب تطبيق الستة سيغما توافر ثقافة تنظيمية مبنية على العمل الجماعي والتركيز على الزبائن والتحسين المستمر والابتكار؛ هناك العديد من النماذج التي تساعد بتنفيذ مشروع الستة سيغما وتحسين أداء العمليات ومنها نموذج ديميك "DMAIC" وهي حلقة مغلقة تزيل الخطوات غير المثمرة وتركز على قياسات جديدة وتطبيق تقنية التحسين المستمر [3] وفق المراحل الخمس التالية:

1-2-1- طور التحديد Define Phase : الهدف من هذا الطور هو تحديد نطاق وأهداف مشروع التحسين بما يتناسب مع متطلبات العملاء واحتياجاتهم؛ وأبرز الأدوات المستخدمة في هو **تحليل باريتو**، حيث يعتبر تحليل باريتو أن جزءاً قليلاً من الأسباب يتسبب في الكم الأكبر من النتائج و يساعد في تحديد المشكلات الواجب حلها عن طريق تنظيم البيانات بشكل يظهر أكبر العوامل تسبباً في حدوث الخلل ويتدرج إلى أقلها أهمية. انظر الشكل (5)

1-2-2- طور القياس Measure Phase : يتم في هذا الطور جمع البيانات المطلوبة لتحديد العوامل الرئيسية للمشكلة المدروسة، وأبرز الأدوات استخداماً **خرائط التحكم** وهي أداة تحذير استباقي لانحراف العمليات عن أهداف الجودة

المطلوبة، تعرض بيانياً نتائج سير العملية التصنيعية خلال فترة زمنية. انظر الشكل(9)

1-2-3- طور التحليل Analyze Phase : يتم فيه تحليل البيانات التي تم جمعها في طور القياس لتحديد الأسباب الرئيسية للمشكلة واقتراح الحلول ثم اختيار أفضلها، وأهم الأدوات المستخدمة **مخطط السبب والأثر**؛ حيث يعتبر أداة فعالة تستخدم للترتيب المنطقي للأسباب المحتملة لمشكلة ما في خمس فئات هي: البيئة والظروف المحيطة (Environment) ، المواد (Material) ، الآلات والمعدات (Machine) ، العمال الفنيين (Men) ، أساليب العمل (Method) ، والقياس (Measurement)

انظر الشكل (6)

1-2-4- طور التحسين Improve Phase : في هذا الطور تُدرس مدى إمكانية تطبيق الحلول المقترحة ومدى ملائمتها، ثم تنفيذها .

1-2-5- طور الضبط Control Phase : يتم فيه متابعة العمليات والتأكد من عدم تكرار الأخطاء، ومن فعالية الحل المطبق ، عبر جمع بيانات جديدة وتحليلها باستخدام خرائط المراقبة وتحليل لمقدرة العملية الإنتاجية؛ تشير "مقدرة العملية" إلى تقييم مدى توافق العملية مع المواصفات أو مقدرة العملية على إنتاج أجزاء تتوافق مع المواصفات الهندسية ، كما يشير التحكم في العملية إلى تقييم استقرارها بمرور الوقت.

1-3- تحليل مقدرة العملية الإنتاجية Process Capability Analyze :

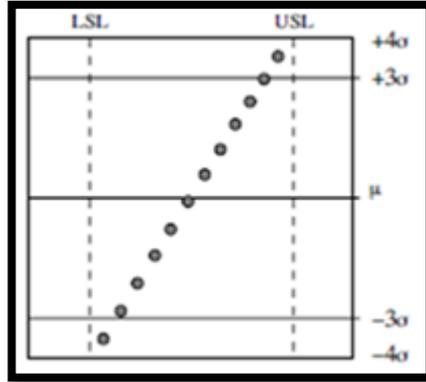
تعتبر مقدرة العملية مقياساً لتباينات العملية التصنيعية وتعرف رياضياً أنها تساوي ستة انحرافات 6σ للعملية الإنتاجية المنضبطة إحصائياً ، تسمح مقدرة العملية بتحديد قدرة العملية على تقديم منتج يلبي حاجات العميل بأقل نسبة عيوب وأكثر مطابقة لرغباته.

يتم دراسة وتحليل مقدرة العملية باستخدام التقنيات التالية :

1-3-1- دراسة استقرار العملية عن طريق ورق الاحتمال الطبيعي :

تعدّ ورقة الاحتمال الطبيعي وسيلة مرئية لتحديد شكل التوزيع ووسطه وكيفية انتشاره، فاتباع البيانات لخط مستقيم مؤشراً لتتبعها نمط التوزيع الطبيعي كما في

الشكل (1)



الشكل (1) نموذج تحليل مقدرة العملية باستخدام ورق الاحتمال الطبيعي [11]

بعد رسم ورقة الاحتمال الطبيعي تعيّن قدرة العملية من خلال تقاطع الخط المستقيم مع خطي $\pm 3\sigma$ حيث تمثّل المسافة الأفقية المحصورة بين هاتين النقطتين 6σ .

1-3-2- دراسة فيما إذا كانت العملية تحقق المواصفات عن طريق المدرج

التكراري:

يعدّ المدرج التكراري من المخططات المهمة التي تساعد على معرفة مقدرة العملية الإنتاجية في المحافظة على حدود التفاوت بمقارنة المدرج مع حدود التفاوت المثبتة على الخرائط التصميمية.

1-3-3- حساب مؤشرات المقدرة:

تكن أهمية مقدرة العملية في تقييم العلاقة بين التباين الطبيعي للعملية ومواصفات التصميم وهو ما يعرف بمؤشرات المقدرة ، وأهم هذه المؤشرات :

مؤشر المقدرة البسيط **Potential Process Capability (Cp)** :

يعتبر Cp مقياساً لتوزيع العملية ضمن حدود المواصفات دون أن يأخذ بالاعتبار تمركز العملية، ويعبر عنه بالعلاقة التالية. [11]

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

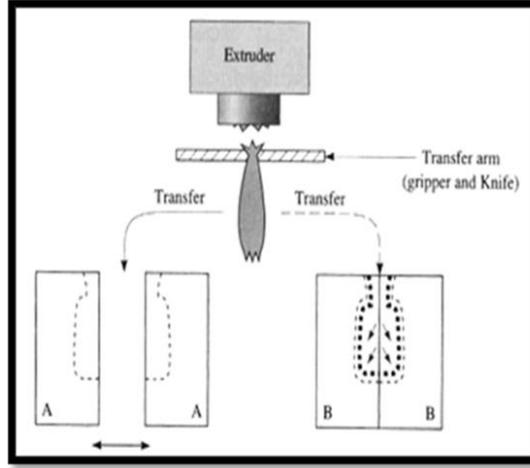
1-4- التشكيل بالبتق والنفخ Extrusion Blow Molding

← تعتبر طريقة تصنيع البلاستيك بالنفخ واحدة من العمليات الرئيسية في صناعة أجزاء بلاستيكية مجوفة رقيقة الجدران مثل القوارير والعبوات وخزانات وقود التدفئة من مواد بلاستيكية حرارية، وفق المراحل التالية :

i. تنقل المواد الأولية من اللدائن الحرارية اللازمة لقمع التغذية وتطبق الحرارة اللازمة لتليين البوليمير و صهره في آلة البثق.

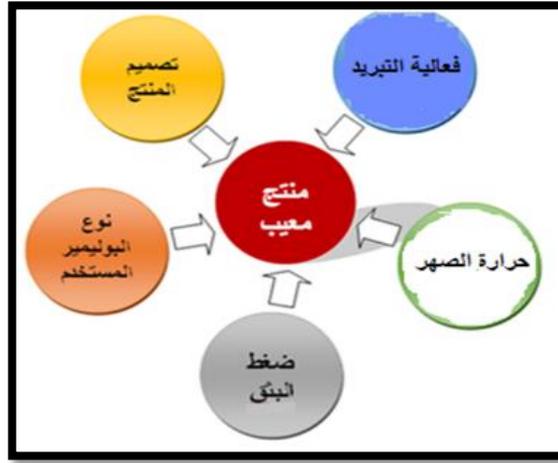
ii. يخرج البوليمير من آلة البثق مشكلاً مصهوراً مذاباً مجوفاً يسمى الباريزون Parison ثم يغلق نصفي القالب حول الأنبوب هيدروليكيّاً.

iii. يطبق ضغط هواء لنفخ الباريزون وجعله يتمدد على الجدران الداخلية للقالب ليأخذ شكل تجويف القالب ثم يبرد القالب حتى تجمد البوليمير، ليفتح القالب وتحرر القطعة البلاستيكية. [4]



الشكل (2) التشكيل بالنفخ والبتق [4]

← تتأثر المنتجات البلاستيكية المشكّلة بهذه الطريقة بالعديد من العوامل أهمها :



الشكل (3) العوامل المؤثرة على جودة المنتج

1-5- البولي إيثيلين عالي الكثافة معاد التدوير High density polyethylene

Recycled

وهو أحد أصناف البولي إيثيلين شائع الاستخدام في مختلف المنتجات الصناعية والتجارية، يمتلك ميزات البولي إيثيلين عالي الكثافة الخام: [5]

- ✓ تتراوح كثافته ضمن المجال $0.94-0.97 \text{ g/cm}^3$
- ✓ درجة حرارة انصهاره تتراوح ضمن المجال C 135-140 وهي 138C تجريبياً
- ✓ يمتلك خواص ميكانيكية جيدة -متانة ومرونة عالية -خفة الوزن ومقاومة كيميائية عالية.
- ✓ تتم إعادة التدوير ميكانيكياً عن طريق طحن المواد البلاستيكية وفصلها عن الملوثات المرتبطة بها ثم إعادة معالجتها إلى مواد قابلة للاستخدام.



الصورة (1) حبيبات البولي إيثيلين عالي الكثافة معاد التدوير كما تم الحصول عليها من معمل مزج الزيوت

2- الدراسات المرجعية:

تم إجراء العديد من الدراسات التجريبية لتبيان أثر التطبيق الناجح لمنهج الستة سيغما في خفض نسبة الإنتاج المعيب، ورفع مقدرة العملية الإنتاجية، والتقدم بمستوى السيغما للشركات المصنعة، وفق مراحل دورة DMAIC (ديميك) مستخدمين الأدوات التحليلية والإحصائية المناسبة لكل طور على حدى.

أجرى كل من الباحثين (Angsumalin Senjuntichai, Nuttapong)
Wonganawat, and Boonwa Thampitakkul

(

بحثهم التجريبي (آب 2018) في شركة لصناعة الأطعمة الجاهزة، بهدف
تحسين مقدرة العملية الإنتاجية لعلبة بلاستيكية تحوي الأرز الجاهز سعة 500ml،
باستخدام تقنية الستة سيغما ودورة DMAIC، وفق الجدول (1). [6]

الجدول (1) دورة DMAIC والعمليات المرتبطة بها لتحسين جودة معلب بلاستيكي

الطور	الهدف	الأدوات	النتائج
التحديد	تحديد العيوب الأكثر تأثيراً على جودة المنتجات	تحليل باريتو	عيوب الشكل
			تغليف مجعد
			عدم وضوح رموز التصنيع
القياس	تحديد السبب المحتمل لكل عيب	مخطط السبب والأثر	بارامترات تصنيع غير قياسية
			ضغط ودرجة حرارة آلة التعقيم غير قياسي
التحليل	تحديد السبب المحتمل وفق نسبة العيب واحتمال حدوثه	تحليل الفشل FEMA	درجة حرارة وزمن التغليف غير قياسي
			الخلل بضغط التعقيم يتسبب بتشوه الشكل
			الخلل بدرجة حرارة التغليف يتسبب بتجعد التغليف
			الخلل بدرجة حرارة التعقيم يتسبب بتجعد التغليف
			زمن التغليف غير الكافي يتسبب بتشوه التغليف
التحسين	اقتراح بارامترات جديدة للعلمية التصنيعية	تحليل ANOVA	الخلل بضغط التعقيم يتسبب بتشوه دبغة رمز التصنيع
			انخفاض نسبة العيوب من 5.14% حتى 2.24%
			العملية مستقرة ومنضبطة إحصائياً
الضبط	مراجعة أعمال التحسين	خريطة التحكم	

عرض كل من الباحثين (Ashish Mishra, Pankaj Mishra and)

(Sachendra) عام (2015)، طريقة تجريبية لتطبيق منهج الستة في شركة للصناعات البلاستيكية، تقدم حنجر بلاستيكي مصنع بطريقة الحقن من مادة PMMA، من أجل تحديد مشكلة الإنتاج أو معايير الرفض التي تواجهها شركة تصنيع باستخدام دورة DMAIC وفق الجدول (2). [8].

الجدول (2) دورة DMAIC والعمليات المرتبطة بها لتحسين جودة حنجر بلاستيكي

الطور	الهدف	الأدوات	النتائج
التحديد	تحديد الظروف المحيطة بعملية التصنيع	خريطة SIPOC	
	تحديد العيب الأكثر تأثيراً	تحليل باريتو	ظهور بقع سوداء على سطح المنتج
القياس	تحديد الأسباب المحتملة للعيوب	مخطط السبب والأثر	قلة تدريب العاملين
			العمر الزمني للألة
			تلوث المادة المصنعة
			بيئة العمل وسياسة الشركة
التحليل	تحديد الأسباب الدقيقة لحدوث العيب	العصف الذهني	تراكم الأوساخ في (الأسطوانة – لولب) آلة الحقن
التحسين	اقتراحات لتقليل العيوب		صيانة وتنظيف آلة الحقن
الضبط	مراقبة جودة العملية	خرائط التحكم	استقرار العملية وانخفاض معدلات الرفض
	قياس مستوى السيغما		تحسن مستوى سيغما من 4.2 إلى 4.3

قَدَم (Qurat ul ain & Jitender Panchal) عام 2017، بحثاً حول منهج

الستة سيغما في شركة لتصنيع الأكياس البلاستيكية المنسوجة من البولي إيثيلين عالي الكثافة HDPE، بهدف تحسين جودة منتجاتها، والقضاء على العيوب المرافقة لها بتطبيق دورة DMAIC [7]، وفق الجدول (3).

الجدول (3) دورة DMAIC والعمليات المرتبطة بها لتحسين جودة كيس بلاستيكي

منسوج

الطور	الهدف	الأدوات	النتائج
-------	-------	---------	---------

التحديد	تحديد الظروف المحيطة بعملية التصنيع	خريطة SIPOC
	تحديد العيب الأكثر تأثيراً	تحليل باريتو
القياس	تحديد الأسباب المحتملة للعيوب	مخطط السبب والأثر
		قلة تدريب العاملين
		خطأ الآلة
التحليل	تحديد الأسباب الدقيقة والأكثر احتمالاً لحدوث العيب	عدم إجراء صيانة دورية
		آلات قديمة
		بارامترات تصنيع غير قياسية
التحسين	التوصية باقتراحات لتقليل العيوب	استخدام مواد تصنيع ملوثة
		استخدام مواد تصنيعية نظيفة خالية من الشوائب
		ضبط رطوبة المواد المستخدمة ورطوبة البيئة المحيطة
الضبط	مراقبة جودة العملية الإنتاجية	جهاز تحليل الرطوبة
		خراطم التحكم
	قياس مستوى السيغما	تحسين مستوى سيغما من 3.5 إلى 5.5

3-هدف البحث :

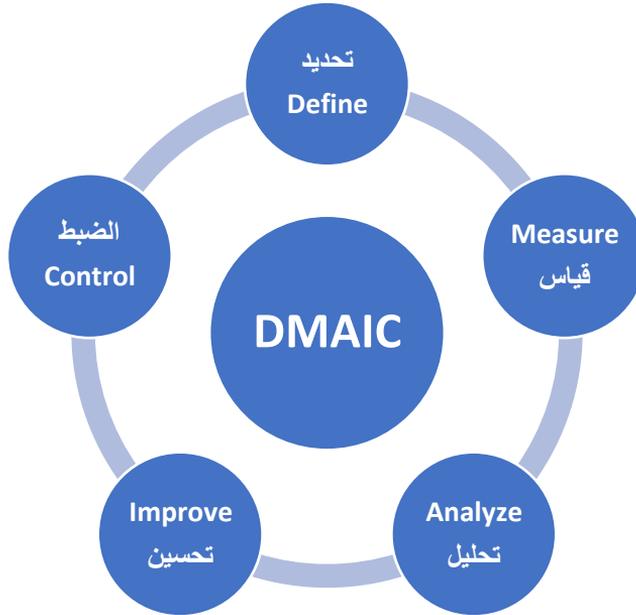
من أجل البحث عن المشاكل التي تعرقل الإنتاج بجودة عالية، قامت الباحثة بإجراء زيارات ميدانية لمعمل مزج الزيوت المعدنية التابع لمصفاة حمص، وسجلت بالتعاون مع القسم الفني لصالة البلاستيك إنتاج بعض العبوات البلاستيكية معابة الشكل وأخرى بوزن منحرف عن حدود تسامح الوزن التصميمي للعبوة البلاستيكية المصنعة. لذا كان لابد من القيام بتوصيف دقيق لتحديد أسباب ظهور منتجات معيبة متدنية الجودة، والعمل على إيجاد مشروع التحسين اللازم لرفع مستوى سيغما معمل مزج الزيوت المعدنية التابع لمصفاة حمص وبالتالي خفض نسبة العيوب،

وتحسين مقدرة العملية الإنتاجية باستخدام الستة سيغما كأداة تحسين مستمر للجودة.

4- مواد وطرق البحث :

4-1- طريقة البحث :

تطبيق منهجية الستة سيغما بمراحل دورة ديميك DMAIC وأدواتها الإحصائية والتحليلية المختلفة.



الشكل (4) مراحل دورة ديميك

4-2- المواد المستخدمة:

تناولت هذه الدراسة عبوة بلاستيكية لتعبئة الزيوت المعدنية مصنعة من البولي ايتلين عالي الكثافة معاد التدوير R-HDPE سعة 4Lit بتقنية النفخ والبتق .



الصورة (2) العبوة المدروسة

يملك R-HDPE خواص مشابهة جداً لخواص HDPE الخام والجدول (4) يبين تلك الخواص

جدول (4) خواص R-HDPE

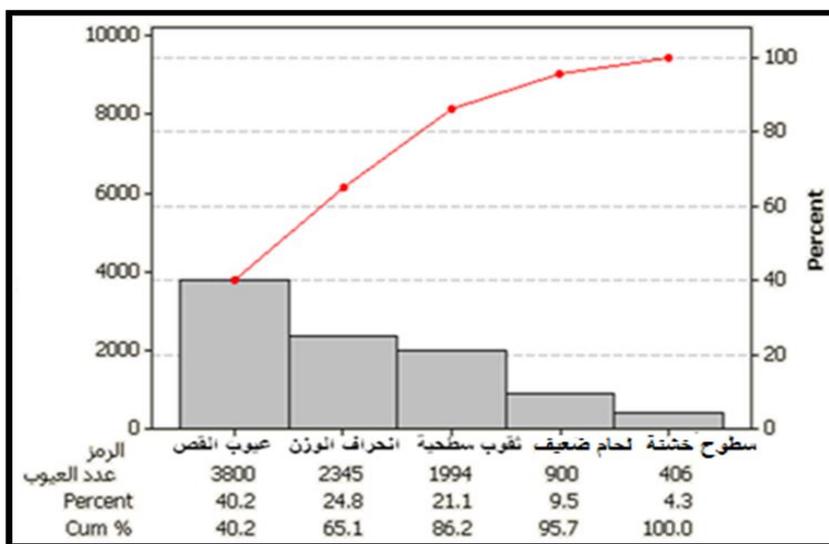
R-HDPE	HDPE	الخاصية
0.65	0.44	السيولة $g/10min$
18.92	24.71	متانة الشد Mpa
138	139	درجة حرارة الانصهار C
0.94-0.97	0.94-0.97	الكثافة g/cm^3

يستخدم R-HDPE في صناعة :

- صناعة الأنابيب البلاستيكية كونه يتمتع بمتانة ومرونة عالية.
- صناعة عوازل الكهرباء لانخفاض الناقلية الكهربائية.
- صناعة حاويات الطعام ، عبوات المنظفات ، ألعاب الأطفال لامتلاكه مقاومة كيميائية عالية.

3-4- طريقة البحث:

3-4-1- طور التحديد : استقصت الباحثة حالات عدم المطابقة و جمعت بيانات لأنواع وكميات العيوب للعبوة البلاستيكية ثم إعداد تحليل باريتو للتركيز على أكثر المشاكل حدوثاً خلال عملية الإنتاج و تحديد العيب الأكثر تأثيراً على جودة المنتج .



الشكل (5) تحليل باريتو

يظهر تحليل باريتو أن العيوب الناتجة عن فشل عملية قص العبوات وانحراف الأوزان تمتلكان النسب الأعلى من بين المؤثرات الأخرى وهذا يعني أن مشروع التحسين ستركز على هذين الجانبين .

3-4-2- طور القياس :

3-4-2-1- البيانات الخاصة بعدد العيوب الناتجة عن فشل عملية القص:

قامت الباحثة بجمع البيانات المتعلقة بعدد العبوات معيبة الشكل جدول (5) ،
النتيجة عن فشل فصل الزوائد البلاستيكية وبقائها ملتصقة بالعبوة .

4-3-2-2- البيانات الخاصة بانحراف اوزان العبوة البلاستيكية :

راقبت الباحثة خط الإنتاج لقياس أوزان العبوات وتسجيل النتائج في الجدول (6) ،
باستخدام ميزان ذو حساسية 0.01g من أجل عينة بحجم 4 ، وعدد عينات 23 ،
وتكرار القياس كل 30Min

جدول (5) عدد العيوب الناتجة عن فشل عملية القص

F	E	D	C	B	A	▲
LCL	CL	UCL	عبوات مرفوضة	عبوات منتجة	اليوم	1
126	165	204	250	2492	1\3	2
126	165	204	148	2500	4\3	3
126	165	204	150	2550	5\3	4
126	165	204	170	2500	8\3	5
126	165	204	75	2491	9\3	6
126	165	204	94	2520	12\3	7
126	165	204	86	2489	16\3	8
126	165	204	105	2475	17\3	9
126	165	204	158	2516	20\3	10
126	165	204	240	2500	21\3	11
126	165	204	144	2490	24\3	12
126	165	204	160	2493	25\3	13
126	165	204	90	2519	28\3	14
126	165	204	120	2575	29\3	15
126	165	204	235	2488	1\4	16
126	165	204	100	2499	2\4	17
126	165	204	190	2505	5\4	18
126	165	204	204	2513	6\4	19
126	165	204	156	2510	9\4	20
126	165	204	260	2525	10\4	21
126	165	204	168	2505	26\4	22
126	165	204	207	2511	29\4	23
126	165	204	290	2514	30\4	24
			3800	57680	total	25

جدول (6) أوزان العبوات

تطبيق منهجية الستة سيغما في صناعة العبوات البلاستيكية لتعبئة الزيوت المعدنية

	Day	X1	X2	X3	X4	Mean	Range	STDV	
1	1\3	226	224	228	220	224.50	8.0	3.4157	
2	4\3	234	240	242	233	237.25	9.0	4.4253	
3	5\3	230	224	225	228	226.75	6.0	2.7538	
4	8\3	218	219	222	225	221.00	7.0	3.1623	
5	9\3	220	224	225	223	223.00	5.0	2.1602	
6	12\3	214	215	223	212	216.00	11.0	4.8305	
7	16\3	235	235	234	230	233.50	5.0	2.3805	
8	17\3	225	218	226	220	222.25	8.0	3.8622	
9	20\3	230	232	230	230	230.50	2.0	1.0000	
10	21\3	234	236	240	242	238.00	8.0	3.6515	
11	24\3	225	227	226	224	225.50	3.0	1.2910	
12	25\3	226	225	224	226	225.25	2.0	0.9574	
13	28\3	243	243	244	241	242.75	3.0	1.2583	
14	29\3	240	242	241	237	240.00	5.0	2.1602	
15	1\4	225	222	222	224	223.25	3.0	1.5000	
16	2\4	225	226	227	228	226.50	3.0	1.2910	
17	5\4	227	230	231	233	230.25	6.0	2.5000	
18	6\4	228	230	232	235	231.25	7.0	2.9861	
19	9\4	232	230	231	234	231.75	4.0	1.7078	
20	10\4	232	230	231	231	231.00	2.0	0.8165	
21	26\4	235	235	236	240	236.50	5.0	2.3805	
22	29\4	234	234	236	241	236.25	7.0	3.3040	
23	30\4	237	236	234	236	235.75	3.0	1.2583	
24						5288.75	122.0	55.0531	Total
25						230.00	5.3	2.3000	Average

4-3-3-3- طور التحليل :

4-3-3-1- تحليل أسباب فشل عملية فصل العبوات عن قالب التشكيل: يتضح

وجود زوائد بلاستيكية ملتصقة على العبوة بعد خروجها من القالب، دليلاً على فشل أداء مسطرة القص خلال مرحلة القص التي تلي مرحلة تشكيل العبوات ولفظها من قالب التشكيل.



الصورة (3) زوائد ملتصقة على العبوة البلاستيكية

لتحديد السبب الرئيسي وراء فشل عملية القص هذه، نستخدم مخطط السبب والأثر الشكل (6) لترتيب العوامل التي تسهم في الحصول على منتج بزوائد بلاستيكية كمايلي :

◀ الآلات : تؤثر الآلات على أداء عملية القص من خلال:

(1) تآكل سكين القص مع الزمن: تفصل العبوات عن القالب بمسطرة القص المعدنية (مصنعة من الألمنيوم بمخارط CNC) ،والتي تتآكل أبعادها مع الزمن بفعل إجهادات عملية القص ، فتتغير التسامحات بين المسطرة والقالب تحول دون قدرتها على قص الزوائد البلاستيكية.

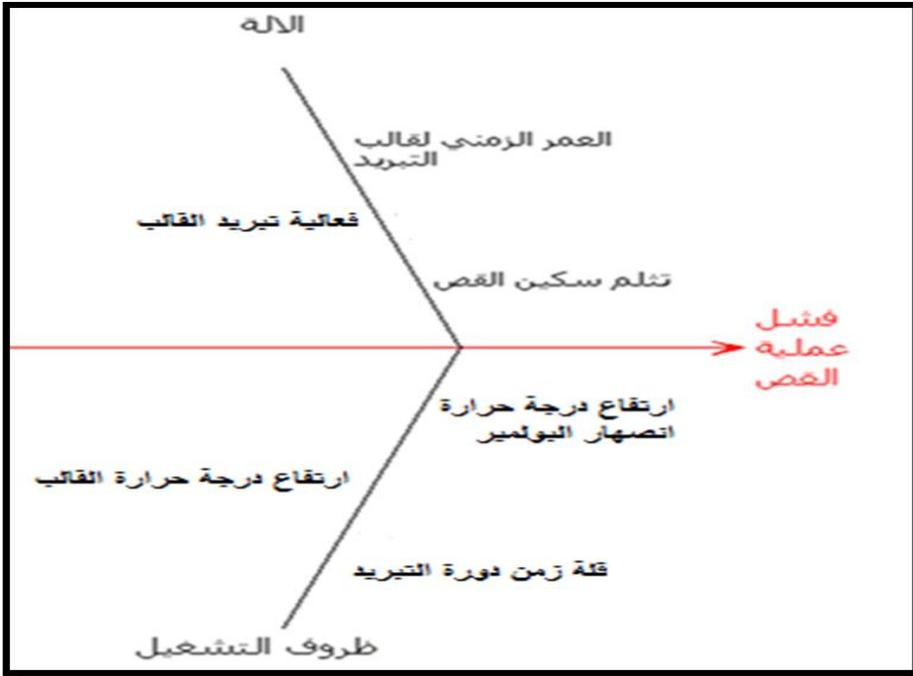
(2) قالب التبريد :

- العمر الزمني لقالب وقنوات التبريد.
- قلة فعالية التبريد (خطأ بتصميم قنوات التبريد – انسداد قنوات التبريد).

◀ ظروف التشغيل : تتلخص بالعاملين التاليين

(1) درجة حرارة انصهار البوليمير.

(2) فعالية تبريد قالب التشكيل.



الشكل (6) مخطط السبب والأثر لفشل عملية القص

4-3-3-2- تحليل أسباب انحراف وزن العبوة المصنّعة عن الوزن التصميمي :

استخدمت الباحثة مخطط السبب والأثر، الشكل (7) لحصر الأسباب الأساسية

لاختلاف كمية المادة المنفوخة لقالب التشكيل كمايلي :

◀ الآلات :

1. العمر الزمني للآلة .

2. تآكل السطوح الداخلية لقالب تشكيل البارازون مما يتسبب بتسرب كميات غير مضبوطة منه.

◀ المواد المستخدمة :

1. كمية البوليمر المستخدم كافية بالإضافة لاستخدام مواد بلاستيكية نظيفة وخالية من الشوائب.

◀ ظروف التشغيل : تعد درجة حرارة انصهار البوليمر من أهم العوامل المؤثرة على عملية التشكيل، فارتفاعها عن الحد المطلوب للانصهار يخفض من لزوجة البوليمر فيأخذ شكلاً خيطياً عند تدفقه بدلاً من الشكل الأنبوبي، ويوقف حساس الطول المتدفق قبل الوصول للوزن المطلوب ، تتراوح درجة حرارة انصهار R-HDPE ضمن المجال C (140-135) وهي 138C تجريبياً .

◀ القياس :

i. صحة معايرة آلة النفخ لتحديد كمية البارازون المتدفق

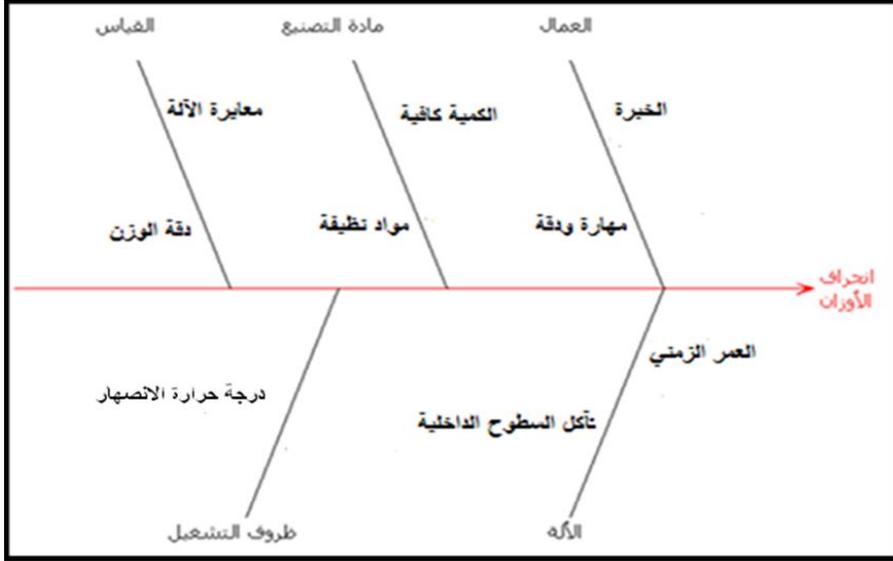
1. خلل بضبط حساس طول البارازون المتدفق .

2. خلل في ضبط الفراغ المحصور بين الجزيرة والمغزل في قالب تشكيل

البارازون الذي يحدد كمية البارازون المتدفق نحو قالب التشكيل.

ii. دقة الوزن : وتتعلق بنظافة الميزان ودقة معايرته.

◀ العمال والفنيين : يشترط بالعمال توفر الخبرة والمهارة والدقة في العمل.



الشكل (7) مخطط السبب والأثر لانحراف وزن العبوة المصنعة المدروسة

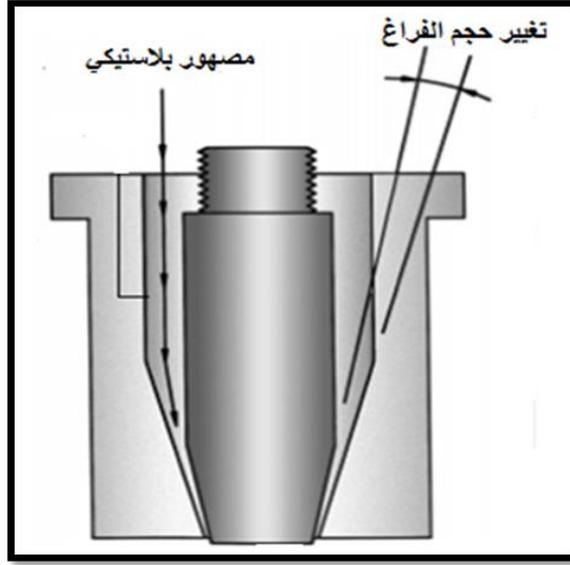
4-3-4-4- طور التحسين:

4-3-4-1 تحسين عملية القص : قامت الباحثة بإجراء الفحوصات الميكانيكية للعوامل السابقة الشكل (6) ، وتحديد السبب الأساسي وراء فشل عملية القص ، وهو انسداد قنوات تبريد قالب التشكيل بسبب وجود رواسب كلسية على سطوحها الداخلية حدّت من فعالية التبريد، واقترحت إجراء أعمال تنظيف و صيانة لتلك القنوات لإعادة فعاليتها.



الصورة (4) قنوات التبريد قبل وبعد مشروع التحسين

2-4-3-4 تحسين أوزان العبوات: تبين أن السبب الرئيسي لاختلاف أوزان العبوات هو وجود خلل بالفراغ المحصور بين الجزيرة والمغزل ضمن قالب تشكيل البارازون، إذ أن هذا الفراغ يتغير مع الزمن ويجب فحصه ومعايرته بشكل دوري من قبل فنيين مختصين ، وتتم المعايرة والضبط ميكانيكياً ثم الكترونياً حتى الوصول للوزن المثالي 220g من أجل العبوة سعة 4 لتر.



الشكل (8) آلية ضبط كمية البارازون المتدفق بالتحكم بحجم الفراغ بين الجزيرة والمغزل [10]

5- النتائج والمناقشة :

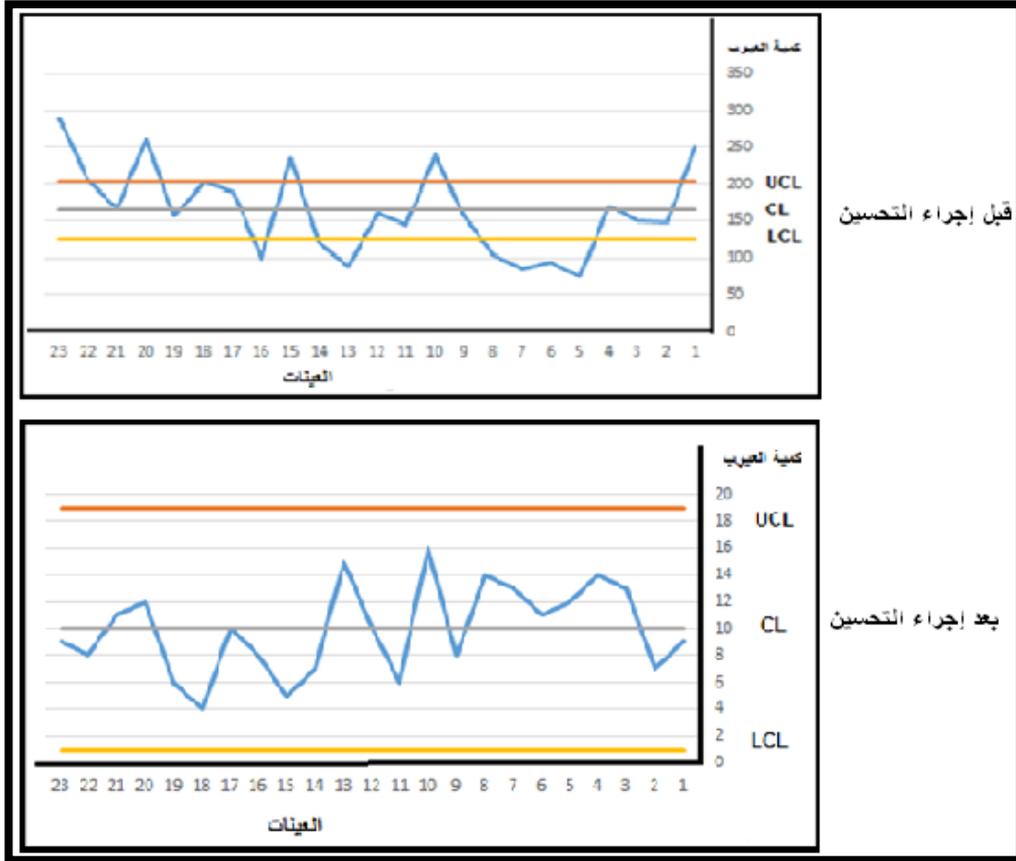
سيتم في هذه الفقرة عرض نتائج التطبيق في الطور الأخيرة من دورة DMAIC طور الضبط ؛ بهدف مراجعة أعمال التحسين المنفذة والتحقق من فعاليتها، جمعت الباحثة بيانات جديدة وعمات على تحليلها مجدداً لتحصل على النتائج التالية :

5-1- نتائج التطبيق قبل وبعد مشروع التحسين من أجل عدد عيوب القص :

قامت الباحثة بإعداد خريطة التحكم لعدد العيوب الناجمة عن فشل قص العبوات والتي أدت لتدني جودة المنتجات قبل وبعد تطبيق اقتراح التحسين الشكل (9) ، يلاحظ من خلال خريطة التحكم اختفاء العينات الخارجة عن حدود الضبط الإحصائي بعد تنفيذ عمليات الصيانة لقوالب التشكيل ، وهذا يعتبر مؤشراً لانضباط العملية الإنتاجية إحصائياً ، واستقرارها وخلوها من التباينات وانخفاض عدد العيوب جدول (7) ، مما يدل على نجاح تطبيق الستة .

الجدول (7) نتائج التطبيق الناجح للستة سيغما من أجل عدد عيوب القص

	Average	\bar{O}	Defect	Defect %
Before	165	13	3800	6.5%
After	10	3	228	0.39%



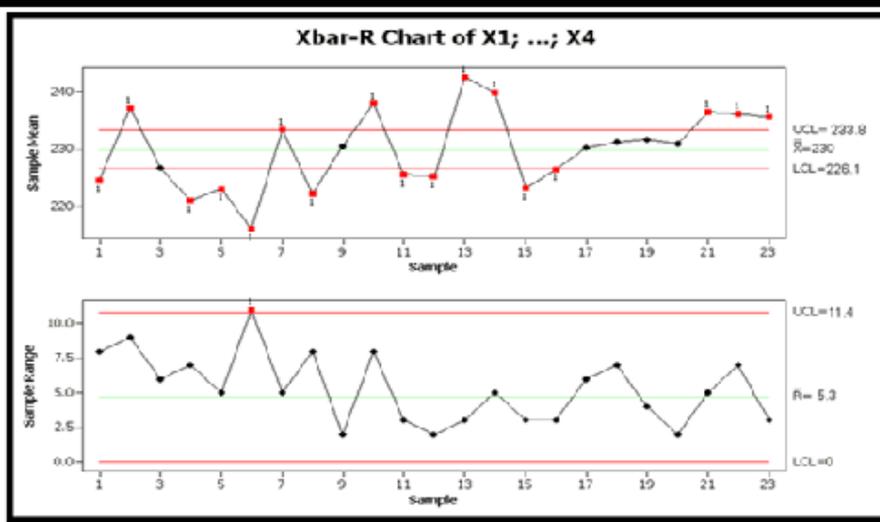
الشكل (9) خريطة التحكم قبل وبعد تطبيق الستة سيغما من أجل عدد عيوب القص

5-2- نتائج التطبيق قبل وبعد مشروع التحسين من أجل انحرافات أوزان العبوات المصنعة :

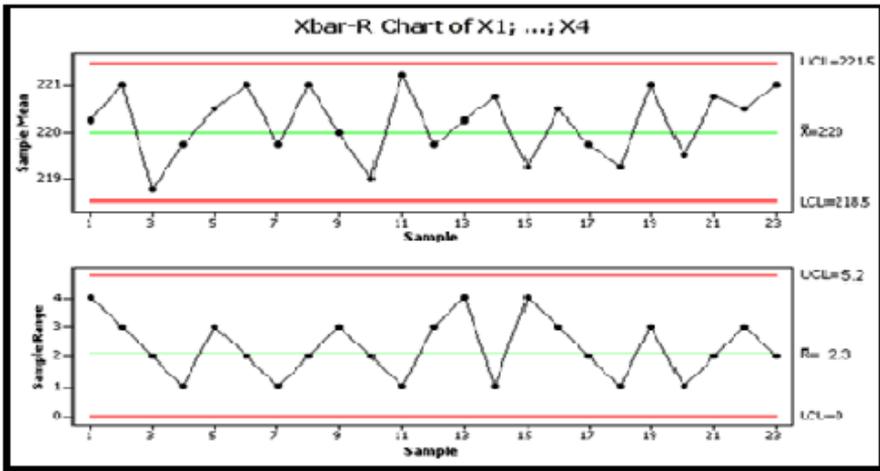
قامت الباحثة بإعداد خريطة التحكم لأوزان العبوات قبل وبعد تطبيق اقتراح التحسين الشكل (10) ، يلاحظ من خلال خريطة التحكم اختفاء العينات الخارجة عن حدود الضبط الإحصائي بعد تنفيذ عمليات الصيانة لقوالب تشكيل الباريزون ، وهذا يعتبر مؤشراً لانضباط العملية الإنتاجية إحصائياً ، واستقرارها وخلوها من التباينات جدول (8) ، مما يدل على نجاح تطبيق الستة.

الجدول (8) نتائج التطبيق الناجح للستة سيغما من أجل انحراف الأوزان

	Average	σ	Defect	Defect %
Before	230	2.3	2345	4%
After	220	1	106	0.18%



قبل إجراء التحسين



بعد إجراء التحسين

الشكل (10) خريطتي التحكم قبل وبعد تطبيق الستة سيغما من أجل انحراف الوزن

5-3- نتائج التطبيق قبل وبعد مشروع التحسين في معمل مزج الزيوت المعدنية :

للتأكد من فعالية التطبيق ونجاحه جمعت النتائج في الجدول (9) الذي أظهر تحسن في مستوى السيغما نتيجة انخفاض كميات العيوب بالنسبة لكميات الإنتاج.

جدول (9) نتائج تطبيق منهج الستة سيغما في معمل مزج الزيوت

	Defect	Defect %	DPMO	Sigma Level	Y
Before	9445	16.3%	23749.65	3.4	93.32
After	3634	6.3%	12600.55	3.9	99.38

4-5- تحليل مقدرة العملية:

4-5-1- تحليل مقدرة العملية من أجل عيوب القص:

يتم تحليل مقدرة العملية لعدد العيوب عن طريق خرائط التحكم، في حال وقوع العملية تحت الضبط الإحصائي تعتبر حدود الضبط حدود مراقبة للعملية وتأخذ مقدرة العملية قيمة الخط المركزي للخريطة كما يلي :

$$UCL - LCL = 19-1=18$$

$$6\sigma = CL = 10$$

$$6\sigma < UCL-LCL$$

حدود المواصفات أكبر من تشتت العملية والعملية قادرة على تحقيق المواصفات المحددة في التصميم بدون وجود تشتت وانحرافات.

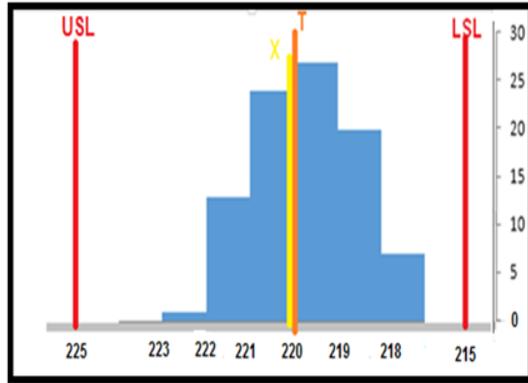
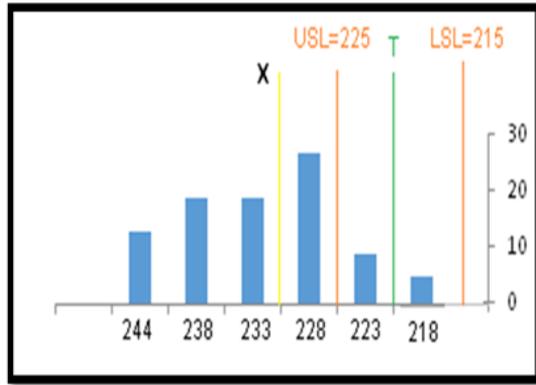
4-5-2- تحليل مقدرة العملية من أجل انحراف الأوزان: وتتم وفق المراحل

التالية

👉 تحليل انتشار البيانات وتمركزها باستخدام المدرج التكراري :

نلاحظ من المخطط البياني لأوزان العبوات بعد التحسين الشكل (11) مايلي :

- تطابق متوسط العملية X و القيمة الإسمية للمواصفات T إذا العملية متمركزة.
- يلاحظ توزع البيانات ضمن حدود المواصفات دون وجود أي التواء أو انزياح للبيانات
- المدى الفعلي $R=6$ للبيانات أصغر من حدود المواصفة $USL-LSL=10$



الشكل (11) المدرج التكراري لأوزان العبوات قبل و بعد التحسين

✋ تحليل التوزيع الطبيعي البيانات باستخدام ورق الاحتمال الطبيعي :

استخدمت ورق الاحتمال لتبيان "كيفية توزع" البيانات المدروسة، يلاحظ من ورقة الاحتمال أن الخط الواصل بين النقاط هو خط مستقيم بدون وجود أي انحناءات أو قيم متطرفة تذكر، مما يدل على أن البيانات تتبع توزيعاً طبيعياً نجد من المخطط الشكل (12) أن $USL - LSL < 6\sigma$ حدود المواصفات أكبر من تشتت العملية إذاً العملية قادرة على تحقيق المواصفات المحددة في التصميم بدون وجود تشتت وانحرافات.

✋ حساب مؤشرات مقدرة العملية :

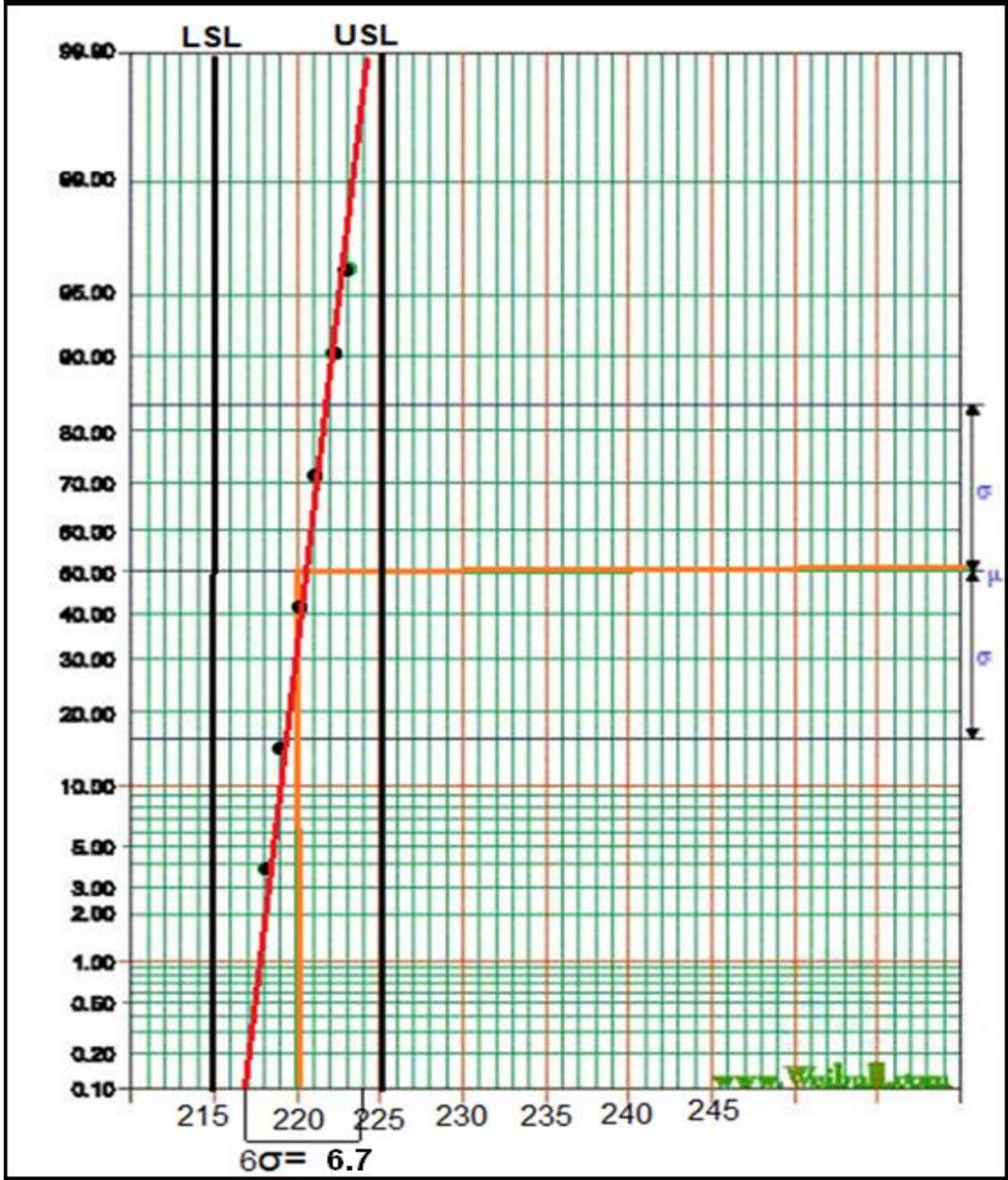
• حساب مؤشر القدرة البسيط $C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{10}{7} = 1.4$

$C_p > 1$ العملية قادرة على تحقيق مواصفات التصميم

• حساب مؤشر المقدرة لحددي المواصفة

$$C_{pk} = \min\left(\frac{225 - 220}{3}, \frac{220 - 215}{3}\right) = 1.5$$
$$\left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right)$$

$C_{pk} = C_p$ العملية متمركزة حول المواصفة الاسمية T



الشكل (12) ورقة الاحتمال الطبيعي لأوزان العبوات بعد التحسين.

6- الاستنتاجات والمقترحات :

أولاً: الاستنتاجات

1- تؤثر درجة حرارة قالب التشكيل على جودة المنتجات النهائية حيث أن التبريد القليل لا يكفي البلاستيك المشكّل للانتقال من الحالة اللدنة إلى الحالة الصلبة ، وبالتالي سيبقى في حالة لدنة يصعب فصله عن القالب و فصل الزوائد الملتصقة عن المنتج ، هذا مايسبب بانخفاض جودة التصنيع. إذاً يجب المحافظة على فعالية تبريد قالب التشكيل بضبط درجة حرارته لتصبح أقرب مايمكن لدرجة حرارة تبريده التصميمية وهي ضمن المجال (5-12 C)، بالفحص المستمر والصيانة الدورية لفنوات التبريد ؛ وهذا ما نفذته الباحثة من خلال منهجية الستة سيغما فانخفضت نسبة عيوب القص من 6.5% حتى 0.39% .

2- لدقة معايرة قالب تشكيل الباريزون دورها في ضبط كمية الباريزون المتدفق عبر الفراغ المحصور بين الجزيرة والمغزل الذي يتغير من مرور الزمن ، فيتسبب إما بزيادة كمية البلاستيك المتدفق وهذا بدوره يؤدي لزيادة سماكة المنتج ، هدر المادة البلاستيكية وارتفاع التكلفة ، وإما بنقص الكمية المتدفقة نحو قالب التشكيل مؤدياً لانخفاض جودة المنتج النهائي .قامت الباحثة باتخاذ منهجية الستة سيغما سبيلاً لمعالجة انحراف الأوزان وضبطها ؛ فانخفضت نسبة التباينات من 4% حتى 0.18% .

3- مما سبق نستنتج أن للستة سيغما بأدواتها التحليلية والإحصائية دور هام في تحديد العيوب وتحليل أسباب ظهورها بشكل منطقي دقيق، وأثبتت قدرتها تجريبياً على خفض نسبة الإنتاج المعيب الكلي من 16% حتى 6% ، وهذا ما أدى لرفع مستوى سيغما المعمل من 3.3 وحتى 3.9 وحسن مقدرة عملياته الإنتاجية ومردودها ليصبح 99.38 بعد ان سجل مردود 93.32 قبل تطبيق مشروع التحسين.

ثانياً: المقترحات

- ◀ واجهت الباحثة أثناء محاولتها تطبيق منهج الستة سيغما بعض المعوقات التي قاومت عملية التنفيذ والإجراء مثل نقص المعرفة بالستة سيغما كأداة لتحسين الجودة، وصعوبة فهم الإحصاءات ، ممانعة العاملين للتغيير في سياسية الجودة وقلة توافر الخبرة لديهم، لذلك تقترح الباحثة إعداد فريق مختص بالجودة مهمته تدريب العاملين وتنقيفهم بالأساليب والتقنيات الحديثة لتحسين الجودة ومنها الستة سيغما وربطها بواقع المعمل.
- ◀ كما أنها واجهت صعوبة في توفير عناصر فريق العمل كافية لمراقبة جودة العملية الإنتاجية على مدار اليوم، وتسليم المهمة لوردية العمل السابقة أو اللاحقة ،لهذا السبب تقترح الباحثة إعداد فريق متدرب بعناصر كافية مهمته مراقبة جودة المنتجات وتطبيق الصيانة الدورية المستمرة لها ومنع الهدر في المواد البلاستيكية الخام بالإضافة للاهتمام بفحص المواد الأولية والتأكد على خلوها من الشوائب وخاصة المواد معادة التدوير.
- ◀ توصي الباحثة بتطبيق الستة سيغما على المنتجات المصنعة من مواد بلاستيكية خام لإثبات أثرها الإيجابي تجريبياً على الوفورات المالية العائدة عن هذا التطبيق .
- ◀ توصي الباحثة بتطبيق الستة سيغما لدراسة أسباب ضعف خط لحام العبوات البلاستيكية المتسبب بتسرب وهدر الزيوت المعبأة ، وإيجاد مشروع التحسين المناسب لتخفيض نسبة العيوب الناتجة عن هذه المشكلة

7- المراجع :

- [1]. Antony. J & Mukkarram . B , 2011- Key Ingredients for a Successful Six Sigma Program, Warwick Manufacturing Group School of Engineering University of Warwick, UK
- [2]. FORREST. W, 2003-IMPLEMENTIN SIX SIGMA, John Wiley & Sons, Second Edition, Hoboken, New Jersey
- [3]. Sung H. Park , 2003 - Six Sigma for Quality and Productivity Promotion, Asian Productivity Organization Hirakawacho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-0093, Japan
- [4].Brent strong .A , 2006- Plastics materials and processing, third edition, Brigham young university.
- [5]. AMNI HUSNA.S ,2013- THE EFFECT OF RECYCLED – HIGH DENSITY POLYETHYLENE , Thesis submitted fulfillment of the requirements for the award of the degree of Bachelor of Engineering in Manufacturing, Faculty of Manufacturing Engineering UNIVERSITI MALAYSIA PAHANG.
- [6]. Senjuntichai.A and others , 2018- Defect Reduction in Ready Rice Packaging by Applying Six Sigma , International Journal of Innovation, Management and Technology, Vol. 9, No. 4
- [7].ul ain.Q, & Panchal.J , 2017 - Total Quality Control for Manufacturing of Plastic Woven Laminated Bags Using Six Sigma , Modern institute of Engineering and Technology ,Kurukshetra University.

- [8]. Mishra.A, 2014- Six Sigma Methodology In A Plastic Injection Molding Industry: A Case Study , International Journal of Industrial Engineering and Technology , ISSN 0974-3146 Volume 7.
- [9].Hamali.S , 2018- A Six Sigma Application for the Reduction of Floor Covering Defects, Management Department BINUS Business School, Undergraduate Program, Bina Nusantara University .
- [10]. Advanced Elastomer Systems , 2007- Guide for extrusion blow molding , the worldwide leader in engineered TPE.
- [11]. Wilson.M , 1989-Machine \ process capability study , USA-ISBN1-883237-10-6.)

بناء المترجم باستخدام مولدات المحلل اللفظي

والقواعدي

الباحثة: م. هبه عبدالباسط تدمري

كلية الهندسة المعلوماتية - جامعة البعث

الملخص:

بناء المترجم هو نظام متطور جداً نظراً لوجود تاريخ طويل له مدعوم بنظريات علمية ومجموعة كبيرة من الكتب، حيث يحتوي على مئات الآلاف إن لم يكن الملايين من أسطر الشيفرة، ولذلك فإنّ عملية تصميمه وبناءه هو أمر أساسي في هندسة البرمجيات تمر مراحل دورة بناء المترجم بمحطات عديدة ابتداء من المحلل اللفظي وانتهاء بتوليد البرنامج الهدف حيث يمكن كتابة هذه المراحل يدوياً أو يمكن الاعتماد على بعض الأدوات لكتابتها. نحاول أن نتناول في هذا البحث الأدوات المساعدة لبناء المترجم وخصوصاً مولدات المحلل اللفظي ومولدات المحلل القواعدي، وكما سنوضح البنية العامة لها وكيفية استخدامها ومدى توفيرها للوقت والجهد.

الكلمات المفتاحية :

المترجم - المحلل اللفظي -المحلل القواعدي- مولدات - الوحدة اللفظية - شجرة الأعراب المجردة- التعابير المنتظمة -القواعد.

Build Compiler using Lexical and Parser generators

Abstract :

Building the compiler is a very advanced system due to its long history supported by scientific theories and a large collection of books, as it contains hundreds of thousands if not millions of lines of code, and therefore the process of designing and building it is essential in software engineering. The stages of the compiler building cycle pass through many stations Starting with the lexical analyzer and ending with generating the target program, where these stages can be written manually or some tools can be relied upon to write them. In this research, we try to deal with the auxiliary tools for building the translator, especially the lexical analyzer and Syntax analyzer generators, and we will explain the general structure of them, how to use them, and the extent to which they save time and effort.

Key words:

Compiler – Lexical Analyzer - Syntax analyzer - generators - Token - Abstract syntactic tree (AST)- the regular expressions - the grammar.

1-المُقَدِّمة:

تعتبر لغة الآلة لغة الحاسب الأساسية فهي تتعامل مع الحاسب مباشرة من مسجلات و معاملات مرتبطة بشكل وثيق بالآلة نفسها، ويعتبر البرنامج المكتوب بلغة الآلة ما هو إلا تسلسل من الواحدات والأصفار، لذا محاولة برمجة خوارزمية معقدة نوعاً ما باستخدام لغة الآلة يعتبر أمراً معقداً مع وجود إمكانية كبيرة للأخطاء. نظراً لصعوبة البرمجة باستخدام لغة الآلة فقد تم التفكير بخلق بيئة برمجية أعلى مستوى، تُمكن المبرمج من كتابة نص برمجي بشكل مفهوم بالنسبة له بدلاً من التفكير بطريقة الآلة، هذه البيئة البرمجية تسمى عادة بالترجم، لذا يعتبر بناء المترجم من التطبيقات المستخدمة على نطاق واسع في هندسة البرمجيات.

إنه لمن الصعب تحديد أول مترجم خرج إلى الحياة وذلك بسبب وجود عدد كبير من فرق البحث التي تعمل ضمن هذا المجال إلا أن أول المحاولات كانت لإيجاد مترجم يحول المعادلات الرياضية إلى ترميز الآلة.

في عام(1950) ظهر أول مترجم فورتران(Fortran) واحتاج إلى جهد عدد كبير من الأشخاص ولسنوات عديدة[7]، فيما بعد ظهرت أدوات تساعد المبرمج على بناء المترجم من خلال لغات توصيفية تبعده عن الأخطاء وهدر الوقت في اكتشافها وتصحيحها.

1- هدف البحث ومبرراته:

يعتبر المترجم الجسر الذي يربط بين لغات البرمجة والبنية الصلبة للحاسب بمعنى هو الجسر الذي يربط نظام التشغيل بالتطبيقات ولغات البرمجة المختلفة.

هذا البحث يغطي فعليا:

- 1) توضيح بنية المترجم العامة وخصوصاً مرحلة المحلل اللفظي والقواعدي.
- 2) دراسة تفصيلية لأدوات المساعدة لبناء المحلل اللفظي والقواعدي (Flex&Bison) وتوضيح مدى أهميتها في توفير الجهد والوقت عند بناء أي مترجم.

- 3) دراسة عملية نتناول فيها لغة تجريبية كلغة مصدر ونحاول تحقيق المحلل

اللفظي والقواعدي يدوياً ومقارنتها مع طريقة تحقيقها باستخدام الأدوات المساعدة وإظهار حل لمشكلة حالات الغموض التي يمكن أن تقع فيها أثناء بناء الشجرة.

3- المترجم:

هو برنامج يساعدك على تحويل البرنامج المكتوب بلغة عالية المستوى إلى برنامج مكتوب بلغة منخفضة المستوى مثل لغة الآلة، فهو يترجم الشيفرة بدون أن يغير معنى هذه الشيفرة بحيث نحصل على شيفرة فعالة بأفضل زمن تنفيذ واشغال ذاكرة.

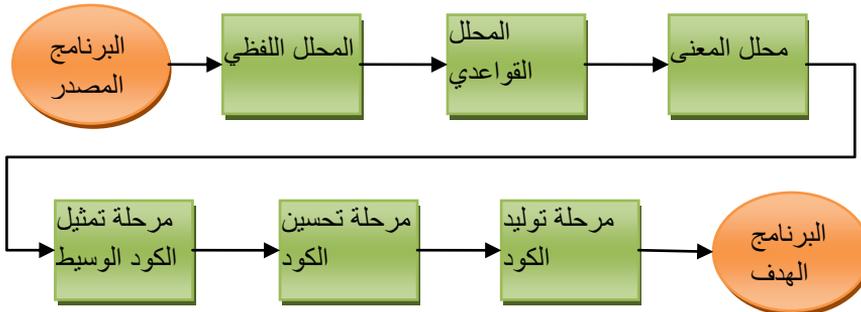
لكن هناك مترجمات تقوم بالترجمة بين اللغات عالية المستوى كأن تقوم مثلاً بترجمة شيفرة مكتوب بلغة (C++) إلى أخرى مكتوبة بلغة الجافا. [1,9]



الشكل (1) آلية عمل المترجم

4- البنية الأساسية للمترجم :

يتبع تصميم المترجم طريقة شهيرة في تصميم البرمجيات تعتمد على تقسيم البرمجية إلى مراحل بدلاً من التفكير الغرضي التوجه وهذه المراحل ضعيفة الترابط فيما بينها، وخرج كل مرحلة هو دخل المرحلة التالية، سنوضح في هذا البحث آلية بناء مرحلتي المحلل اللفظي والقواعدي وشرح الأدوات اللازمة لبنائهما. [9]

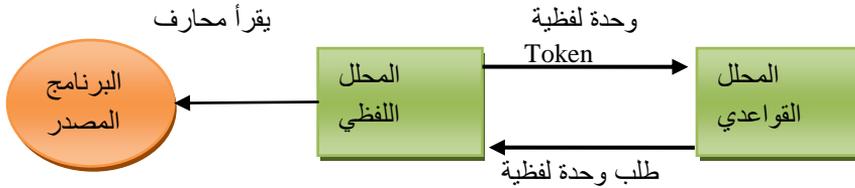


الشكل (2) مراحل المترجم

يتألف المترجم من المراحل التالية:

4-1 المحلل اللفظي (Lexical Analyzer):

هو أول مرحلة من مراحل المترجم حيث يتم فيه قراءة الملف كاملاً وتجميع المحارف مع بعضها لتشكل وحدات لفظية (Token)، مع إهمال الفراغات والتعليقات والأحرف البيضاء، يتم إرسال هذه الوحدة اللفظية إلى المحلل القواعدي، طبعاً من يقوم بدفع المحلل اللفظي للعمل هو المحلل القواعدي. [6]



الشكل (3) المحلل اللفظي

4-1-2 الوحدة اللفظية :

هي تتالي المحارف، يمكن معاملتها كوحدة متكاملة (أو كلمة)، وكل وحدة لفظية لها زوج من المعلومات (نوع-قيمة (lexem)) ويمكن أن تصنف في إحدى المجموعات التالية:

- الكلمات المفتاحية .
- المتحولات.
- الأرقام.
- الرموز .

4-1-3 آلية عمل المحلل اللفظي :

- تقسيم البرنامج إلى وحدات لفظية.
- حذف الفراغات
- حذف التعليقات.
- يساعد في توليد معلومات عن رسائل الخطأ مثل رقم السطر والعمود

int x=5;

مثال : إذا كان لدينا الدخل التالي :

يقوم المحلل اللفظي بتحديد نوع وقيمة كل وحدة لفظية. [5]

قيمة الوحدة اللفظية Lexem	نوع الوحدة اللفظية Token-Type
Int	Int-Token
X	Id-Token
=	Assign_token
Num	Integer-Token

الجدول (1) الوحدات اللفظية للدخل

2-4 المحلل القواعدي (Syntax Analyzer)

أو يدعى أحياناً (Parser)، هو المرحلة الثانية من مراحل المترجم يقوم بالتحقق من صحة قواعد اللغة المدروسة، بحيث يتم تجميع الوحدات اللفظية ضمن جمل بمعنى مطابقة رموز القواعد القادمة من الدخل مع قواعد اللغة المبنية أي التأكد من أن البرنامج صحيح من الناحية القواعدية، كما يقوم بتشكيل شجرة الأعراب كخروج (AST : Abstract Syntax Tree) عقد هذه الشجرة تمثل رموز القواعد وأوراق الشجرة النهائية هي الوحدات اللفظية والانتقالات في الشجرة هي خطوات الاشتقاق للانتقال بين القواعد. [8]

لماذا نحتاج المحلل القواعدي ؟

- التحقق من أن الشيفرة صحيحة قواعدياً.
- يساعد بمطابقة القواعد مع البرنامج المدخل.
 - يطابق كل قوس مفتوح أن له قوس مغلق.
 - كل عملية تصريح يجب أن يكون لها نمط وهذا النمط معتمد من قبل اللغة.

آلية عمل المحلل القواعدي تعتمد على النموذج القواعدي خارج السياق الذي يعرف

التعابير وترتيب ظهورها. [3]

لبناء الشجرة لدينا حالتين:

- 1) الإعراب من الأعلى للأسفل: حيث يتم بناء الشجرة من الأعلى للأسفل.
- 2) الإعراب من الأسفل للأعلى : حيث يبدأ المحلل ببناء الشجرة من الدخل ويحاول بناءها وصولاً لرمز البداية أي بشكل بديهي يحاول المحلل القواعدي تحديد العناصر الأساسية ، ثم العناصر التي تحتوي عليها ، وما إلى ذلك. مثال عنها محلات (LR) كما يستخدم مصطلح لمثل هذا النوع من المحلات هو Shift-Reduce . هذا النوع من المحلات يحتاج إلى (buffer) لتخزين سلسلة الدخل ومكدس لتخزين القاعدة الذي يقوم بمعالجتها مع وجود ثلاث عمليات أساسية يقوم فيها
 - 1) الإزاحة (shift) وهي إزاحة الرمز من (buffer) إلى المكدس.
 - 2) تبديل (Reduce) وهي المطابقة بين حالة المكدس والطرف اليمين للقواعد واستبدالها بالطرف اليساري للقواعد.
 - 3) مقبول (Accept) إذا بقي في المكدس رمز البداية فقط و (Buffer) الإدخال فارغ معناها الدخل مقبول.
 - 4) الخطأ (Error): تحدث هذه الحالة عندما يعجز المحلل عن القيام بعملية الإزاحة أو التبديل. [11]

3-4 محلل المعنى (Semantic Analyzer)

يقوم بفحص مضمون الشجرة القواعدية و يتحقق من صحتها من حيث المضمون، تكشف هذه المرحلة الأخطاء مثل جمع عدد صحيح مع سلسلة نصية فكما نلاحظ أن هذا الخطأ لن يتم كشفه في مرحلة التحليل القواعدي، كما تقوم هذه المرحلة بتتبع حالة الرموز المعرفة من قبل المستخدم (من متحولات وتوابع و..). [4].

4-4 التمثيل الوسيط (Intermediate Code Representation):

يتم في هذه المرحلة توليد الكود المرحلي (IR) من شجرة الإعراب بعدة طرق أشهرها (3 Address Code) أما في اللغات الشهيرة مثل الجافا ولغات إطار (.Net) يتم استخدام كود وسيط لآلة افتراضية تعتمد على مكس واحد، في الحقيقة الفائدة الأساسية من هذه المرحلة تكمن في تسهيل تعزيز محمولية المترجم.[10]

4-5 تحسين الكود الوسيط:

يتم في هذه المرحلة تحسين الكود الوسيط مثلاً اختصار بعض التعليمات وهو من أصعب المراحل وعلى الكود المحسن تحقيق خاصيتين مهمتين: الأولى أن يكافئ البرنامج الأصلي تماماً، والثانية أن يكون أفضل من البرنامج الأصلي من حيث استهلاك الذاكرة وسرعة التنفيذ.[4]

4-6 توليد الكود الهدف:

يتم في هذه المرحلة توليد الكود النهائي تبعاً للمنصة التي نريد للكود العمل عليه . في الحقيقة إن المراحل 4 و 5 قد لا تكون موجودة في بعض المترجمات، كما أن بعض الكتب تفضل تقسيم المترجم إلى طرف أمامي (front-end) و طرف خلفي (back-end)

والسبب وراء هذا التقسيم أن مراحل الطرف الأمامي غير مرتبطة بمنصة عمل أو نظام تشغيل معين فإذا أردت مثلاً كتابة مترجم يعمل على عدة أنظمة تشغيل يكفي أن تقوم بتغيير الطرف الخلفي في كل نظام[9].

4-7 جدول الرموز :

يحتاج المترجم إلى معلومات عن الأسماء التي تظهر في برنامج المصدر، حيث أنّ هذه المعلومات يتم تخزينها في بنية معطيات تسمى جدول الرموز Symbol Table، إنّ كل سطر في جدول الرموز هو عبارة عن ثنائية (اسم،معلومات)، و في كل مرة يتم فيها إدخال اسم فإنّه يجب إجراء بحث في جدول الرموز لمعرفة فيما إذا كان الاسم المُدخل

موجود سابقاً أم لا، فإذا كان الاسم جديداً يتم إدخاله إلى الجدول، و يتم إدخال المعلومات المتعلقة بهذا الاسم إلى الجدول خلال فترة التحليلين اللفظي و القواعدي.[10]

إنّ المعلومات المجمعّة في جدول الرموز يمكن أن تستخدم خلال مراحل متعدّدة من العمل، فمثلاً يتم استخدام هذه المعلومات في مرحلة تحليل المعنى و ذلك للتأكد من التوافق بين التصريح عن الاسم و نمط هذا الاسم.

كما يتم استخدام المعلومات الموجودة في جدول الرموز أيضاً في مرحلة توليد الشيفرة Code Generation لمعرفة كميّة و نوعيّة الذاكرة التي يجب أن تخصّص للاسم.[5]

عادة في المترجم، تكون الأسماء الموجودة في جدول الرموز تشير إلى أغراض Objects من أنواع مختلفة، و من الممكن أن توجد جداول منفصلة لكل من :

أسماء المتحوّلات ، أسماء الاجراءات ، الثوابت ، ... و أنماط أخرى من الأسماء تبعاً للغة.

إن تشكيل جدول الرموز ممكن و ذلك اعتماداً على إحدى بنى المعطيات :

(1) اللوائح الخطيّة: وهي بطبيّة في الولوج لكتّها سهلة التحقيق و التطبيق.

(2) البنية الشجرية: تعطي استجابة متوسّطة.[9]

ولا ننسى أنه في كل مرحلة من مراحل المترجم سينتج عنه أخطاء لذا لدينا ما يسمى (Error Handling) لكل مترجم وعملية تحديد موقع الخطأ تقع على عاتق المحلل اللفظي فهو من يقوم بتحديد رقم السطر والعمود، لكن لن نغطي في هذا البحث معالجة الأخطاء وإنما تركزيها على بناء المترجم باستخدام الأدوات المساعدة.[8],[10]

5-أدوات بناء المترجم:

تم تقديم أدوات بناء المترجم مع انتشار التقنيات البرمجية عالمياً وهي تعرف أيضاً باسم (مترجم-المترجمات) (مولدات المترجم)، تستخدم لغات أو خوارزمية محددة لتحديد وتنفيذ مكونات المترجم فيما يلي أمثلة عن أدوات بناء المترجم:

- المولدات اللفظية (Scanner generators) : يكون مدخلات هذه الأدوات عينات تعتمد على التعبيرات المنتظمة (regular expressions)، على سبيل المثال LEX لنظام التشغيل Unix .
- مولدات المحلل اللغوي: يكون دخلها عبارة عن قواعد وتقوم اتوماتيكياً بتوليد الكود البرمجي لهذه القواعد يمكنها تحليل الوحدات اللفظية بمساعدة هذه القواعد.
- مولدات الكود الاتوماتيكية تؤخذ الكود (الشفيرة) الوسطى وتحولها الى لغة الآلة. كما ذكرنا سابقاً سنركز في بحثنا على مولدات المحلل اللفظي والقواعدي. [8]

5-1 مولدات المحلل اللفظي :

وهي برامج مصممة لتوليد المحللات اللفظية (Scanner)، تقوم بتمييز العينات اللفظية في البرنامج وهي مصمم بالبداية للأنظمة المعتمدة على اليونكس طور شفرته كلاً من (Eric Schmidt وMike Lesk). [7,2]

إن الغرض الأساسي منها هو تسهيل عملية التحليل اللفظي التي تعتمد على مبدأ معالجة تتالي المحارف من البرنامج المصدر لإنتاج سلسلة موافقة من الرموز تدعى الوحدات اللفظية التي تستخدم بدورها كدخل لبرامج أخرى مثل (Parser). [7]

تعتبر برامج (lex & yacc) برامج لتوليد برامج المحللات اللفظية و القواعدية مكتوبة بلغة (C) هناك نسخة مطورة عنهم هم (Flex & Bison) سنلقي الضوء عليهما في هذا البحث.

- أداة توليد المحلل اللفظي السريع

(Flex(Fast Lexical Analyzer Generator)

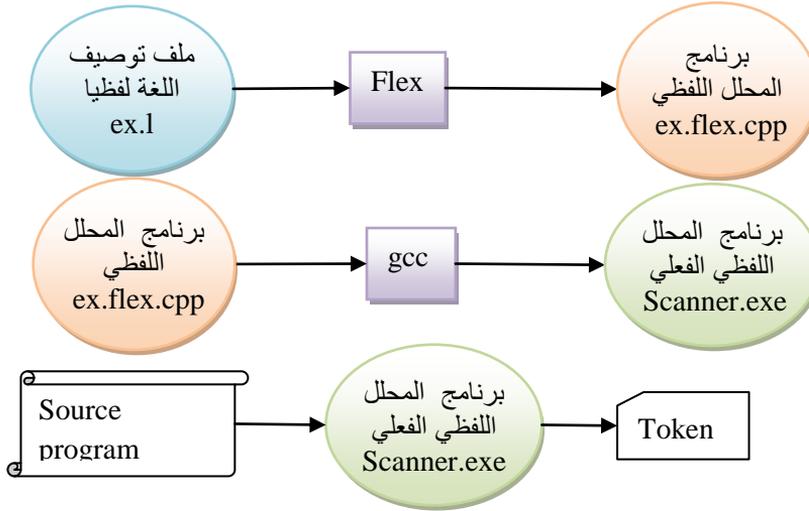
مولد المحلل اللفظي السريع هي أداة لتوليد المحلل اللفظي صممت من قبل (Vern Paxson) بلغة (C) في عام 1987 يمكن استخدامها مع مولدات المحلل القواعدي (Yacc, Bison) لكن سنوضح في بحثنا هذا الأدوات (Flex & Bison) لأنها أحدث من النسخة (Lex & Yacc). [7]

• آلية عمل Flex:

الخطوة الأولى : ملف دخل يوصف المحلل اللفظي للغة المصدر مكتب بلغة (flex) أي تكون لاحقته (*.l) يُدخل إلى أداة (Flex) فتقوم بتحويل هذه الملف إلى برنامج المحلل اللفظي مكتوب بلغة (C\C++) يدعى عادة (*.flex.cpp).

الخطوة الثانية : نقوم بإدخال الملف الناتج عن الخطوة السابقة إلى مترجم لغة (C\C++) لينتج عنه ملف تنفيذي.

الخطوة الثالثة : هذه الملف التنفيذي هو المحلل اللفظي الفعلي حيث يأخذ كدخل سلسلة محارف وخرجه الوحدات اللفظية (Token). [5]



الشكل (4) آلية عمل Flex

• بنية ملف (*.l):

يتألف ملف (flex) من ثلاث أقسام رئيسية يتم فصل كل قسم عن الآخر بالإشارة (%%) بحيث يجب وضعها على سطر منفرد. [3]

{Definitions}

%%

{Rules}

%%

{User subroutines}

1. قسم التصريحات :

```
% {
//c++ decleration      وهي قسمان :
% }
Flex decleration      a. تصريحات لغة C يتم احاطتها بالرمز (%)
%%                    b. تصريحات Flex.
```

2. قسم القواعد:

القسم الأساسي يحوي سلسلة من القواعد بحيث كل قاعدة تتألف من عينة (Pattern) يجب مطابقتها مع وحدة لفظية تكتب بالاعتماد على التعابير النظامية، وحدث موافق لهذه العينة عبارة عن شيفرة بلغة (C++) كما يلي:

```
%%
pattern1 { action1 }
pattern2 { action2 }
...
pattern_i { actionn }
%%
```

مع ملاحظة أنه يجب وضع كل عينة على سطر، ويجب فصل بين العينات بحدوثها بفراغ واحد على الأقل، ويجب أن لانضع فراغ قبل العينة إطلاقاً، عند مطابقة الدخل يتم المقارنة بين المحارف المدخلة مع العينات المكتوبة في ملف التوصيف وتحقيق الحدث المقابل للعينة المطابقة، يوضح الجدول التالي بعض العينات التي يمكن مطابقتها. [7]

العينة	يمكن مطابقتها
[0-9]	كل الأرقام بين العددين صفر وتسعة
[0+9]	إما 9 أو إشارة + أو العدد 0
[0, 9]	إما 9 أو إشارة الفاصلة أو العدد 0
[0 9]	إما 9 فراغ أو العدد 0
[-09]	أما إشارة الطرح- أو 9 أو 0

$[-0-9]$	أما إشارة الطرح- أو الأرقام بين الصفر والتسعة
$[0-9]^+$	عدد صحيح من أكثر بخانة وحدة أو أكثر
a	كل المحارف ما عدا المحرف a
^A-Z	كل المحارف ما عدا الأحرف الأبجدية بحالة الأحرف الكبيرة
.	أي محرف
a^*	تكرار حرف a أو عدم تكراره
a^+	تكرار الحرف a مرة وحدة على الأقل
$[a-z]$	كل الأحرف الأبجدية بحالة الحرف الصغير
$[a-zA-Z]$	أي حرف أبجدي
$w(x y)z$	السلسلتين wxz أو wyz

الجدول (2) بعض التعابير المنتظمة

3. قسم التوابع المعرفة من قبل المستخدم: يحوي هذا المقطع على جمل برمجية بلغة (C/C++) وتوابع إضافية. [1]

مثال :

كتابة ملف (flex) للتعرف على عبارة التصريح عن متحول التالية بلغة C++ :

```
int x=10;
```

أولا يجب تمييز أنواع الوحدات اللفظية :

- كلمة محجوزة (int) .
- متحول.
- وإشارتي (= و ؛) .
- العدد الصحيح 10.

```
%{
#include <iostream>
Using namespace std;
%}
```

```

%%
int      { cout << "this is int token";}
[a-z]+   { cout << "this is id token";}
[=]      { cout << "this is = equal token" ;}
[;]      { cout << "this is semicolon token" ;}
.        {cout << " Lexical error not valid charchter";}
%%
Void main()
{
yylex();
}

```

ملف (a.l)

مع ملاحظة أن الحدث هنا هو طباعة نوع الوحدة اللفظية ولكن عند ربط المحلل اللفظي مع القواعدي يجب إضافة تعليمة (return) لنعود بنوع الوحدة اللفظية الموافق للعينة. يتم توليد التابع (yylex) اوتوماتيكاً من قبل الأداة (flex) داخل ملف (a.flex.cpp)، حيث يعتبر قلب المحلل اللفظي يقوم بتحويل قسم القواعد إلى شيفرة موافقة لها مبيّنة على التعابير النظامية. [5,6]

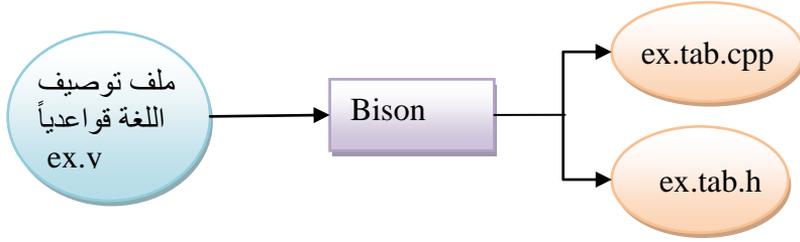
5-2 مولدات المحلل القواعدي :

وهي برامج مصممة لتوليد برامج المحللات القواعدية (Parser). يعتبر (Yacc) أولى المولدات القواعدية تعتمد على ما ينتجه المحلل اللفظي (lex) حيث يأخذ كدخل توصيف القواعد فيقوم بإنشاء محلل ((LALR(1)) للتعرف على الجمل في تلك القواعد وهو اختصار لـ (yet another compiler compiler)، سنوضح في بحثنا هذه نسخة محدثة عنه وقريبة له تدعى (Bison) [9]

• أداة توليد المحلل القواعدي (BISON)

هي أداة لتوليد المحلل القواعدي صممت من قبل (GNU Project) مفتوحة المصدر، دخلها عبارة عن ملف توصيف اللغة قواعدياً (.y) مبني بالاعتماد على النموذج

القواعدي خارج السياق، [1] أماخرجها ملف شيفرة برنامج المحلل القواعدي (*.tab.cpp) مع ملف تزويصة (*.tab.h) يحوي تعريف أسماء الوحدات اللفظية يجب تضمينه في ملف توصيف اللغة (a.l) حتى تكون تعليمة (return) مع نوع الوحدة اللفظية صحيحة. [3]



الشكل (4) آلية عمل Bison

يتم ترجمة هذه الملفات مع الملف الناتج عن أداة ال (Flex) لنحصل على المحلل القواعدي، ولا يمكن تنفيذ المحلل القواعدي لوحده بل يعمل بالتوازي مع المحلل اللفظي لان دخله هو الوحدات اللفظية. [5]

• **بنية ملف (*.y):**

يتألف من ثلاث أقسام رئيسية كل قسم مفصول عن الآخر بالإشارة (%%) بحيث يتم وضعها على سطر منفرد (كما في ملف flex)، [1] لكن هنا شكل القواعد والتصريحات مختلف.

{Definitions}

%%

{Rules}

%%

{User subroutines}

{

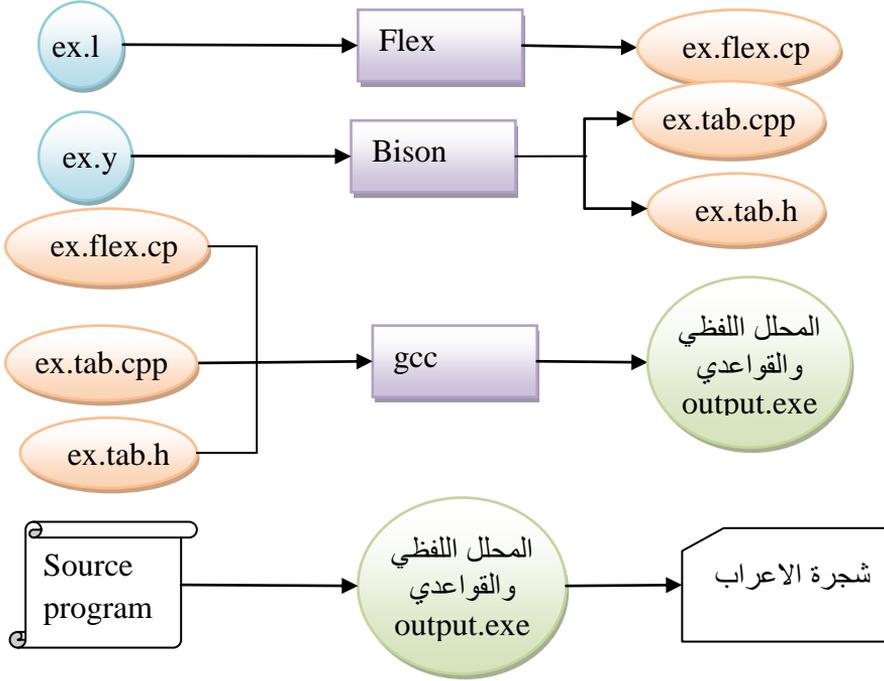
//c++ decleration

}

bison decleration

%%

1. قسم التصريحات :



الشكل (4) آلية عمل Flex&Bison

وهي قسمان :

- a. تصريحات لغة C يتم حصرها بالرمز (%{)
- b. تصريحات Bison:

- التصريح عن أسماء الوحدات اللفظية التي سوف تأتي من المحلل اللفظي (%token)
- التصريح عن أنماطها (%type).
- التصريح عن الأنماط (%union).
- التصريح عن رمز البداية (%start)

2. قسم القواعد وهو أساسي يحوي سلسلة من القواعد بحيث كل قاعدة تتألف من

(Production) وحدث موافق لها عبارة عن شيفرة بلغة (C++) كما يلي:

%%

$production_1 \{ action_1 \}$

$production_2 \{ action_2 \}$

...

%%

القاعدة :

هي مجموعة من القواعد المهيكلة توصف اللغة وتطابق جملة ما، لتشكيل أي قاعدة نحتاج إلى مجموعة رموز لانتهائية تظهر على الطرف اليسار للقاعدة، ومجموعة من الرموز النهائية (الوحدات اللفظية) لا تظهر أبداً على يسار القاعدة، بالتالي تعتمد على نموذج قواعدي خارج السياق. [1][5]

تكون في (Bison) من الشكل التالي:

Rule Name	Pattern To Match	action
Non-Terminal:	Terminal or non-terminal	{ c++\c code }
;		

3. قسم التوابع المعرفة من قبل المستخدم: يحوي هذا المقطع على جمل برمجية بلغة (C/C++) وتوابع إضافية.

يتم توليد التابع (yyparse) اتوماتيكا من قبل الأداة (Bison) عند إعطاءها ملف (a.y) كدخل كما أن هذا التابع هو قلب المحلل القواعدي يقوم بتحويل قسم القواعد إلى شيفرة موافقة لها. [5]

مثال :

كتابة ملف (bison) للتحقق من عبارة التصريح عن متحول التالية بلغة C++ بالشكل التالي :

```
int x=10;
```

أولاً: نجد أن قاعدة التصريح تتألف من نمط ثم اسم المتحول ومن ثم إشارة يساوي ومن

ثم القيمة وأخيرا الفاصلة المنقوطة.

ثانياً: يجب التصريح عن الوحدات اللفظية في ملف الـ(*.y) واستخدامها في ملف الـ(*.l) كما يلي:

<pre>% { #include <iostream> using namespace std; #include "example.tab.h" int yyerror (char *); % } %option noyywrap %% int { return Tint;} [a-zA-Z]+ { return id;} [0-9]+ { return Tintnum;} [+;] { return *yytext;} . {yyerror("lex");} %%</pre>	<pre>% { #include <iostream> using namespace std; int yylex(); int yyerror (char *); % } %token Tint %token Tintnum %token id %start decl %% decl : Tint id '=' Tintnum ';' ; %% void main(){yyparse();} int yyerror (char *c) {cout <<c; return 1;} </pre>
Example.l	Example.y

8-دراسة عملية:

تهدف هذه الدراسة إلى بناء مترجم للغة بسيطة (مرحلة المحلل اللفظي والقواعدي فقط) يدوياً ومن ثم باستخدام مولدات المحلل اللفظي والقواعدي (Flex&Bison) فيما يلي سوف نقوم بشرح كل من الأدوات بما يغطي التفاصيل المشروحة سابقاً بالاعتماد على قواعد اللغة التالية:

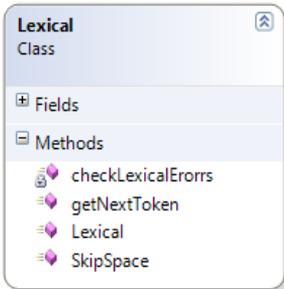
- يجب مراعات تسمية المتحولات الشروط نفسها كما في اللغات.
- أنماط المعطيات المدعومة : Boolean - Double - Int

- تعليمة الأسناد .
- تعليمة القراء و الكتابة .
- الحلقات والشروط .

الشكل العام للبرنامج	التعليمات	بعض التتابع
<pre> Program programName; Var X: Data_type; z,y: data_type; Begin .. instruction .. End. </pre>	<p style="text-align: right;">IF</p> <p>If (condition) then One statement ; If (condition) then Statement ; If (condition) then One statement ; Else One statement ;</p> <p style="text-align: right;">: While</p> <p>While (condition) do Begin One statement ; End;</p> <p style="text-align: right;">: For</p> <p>For counter = val1 to val2 do One statement ;</p>	<p style="text-align: right;">: Read -</p> <p>Read (variable); Readline (varabile);</p> <p style="text-align: right;">: Write -</p> <p>Write (Exp); Writeline (Exp);</p>

جدول (3) قواعد اللغة المدروسة

8-1 مقارنة بين كتابة المحلل اللفظي يدويا وباستخدام الأداة (flex):



نجد عند كتابة المحلل اللفظي يدوياً يجب تعريف الكلمات المفتاحية في ملف، ليتم قراءته عند تحميل المحلل اللفظي ومن ثم قمنا بإنشاء الصف (Lexical) الذي يحقق الدوال التالية:

- الدالة (SkipSpace): هذه الدالة تسمح لنا بتخطي المحارف الغير ضرورية مثل (الفراغ السطور التعليقات ..) وتتوقف عند وجود محرف مفيد أو عند الوصول إلى نهاية الملف يمكن اعتماد الخوارزمية التالية:

```
While(not end of file)
Switch current_char
  Case space: col++;
  Case tab : col+=7;
  Case new_line : line++ ; col=1;
  Case comment:
    if (comment line) go to end line ;Line++ ;col=1;
    else if(comment multi line) search for endof comment symbol
  default: return there is character
```

الشكل (5) خوارزمية تجاوز الفراغات والأحرف البيضاء

الدالة (getToken): تسمح بالتعرف على الوحدات اللفظية وفق الخوارزمية:

```
While (Skip space)
Switch (current_Char)
  Case letter:
    While(current_char is letter)
      Temp=temp+ current_char
    Token T_type= search(Tem);
    if (T!= NULL) return T_type;
    else return T_id;
  case digit:
    check_intnumber();
    check_doublenumber();
  default:
    if (current_char = '+') return T_plus;
    if (current_char = '*') return T_multiply;
  // for all symbol (+-* < > <= >= ...) we discuss this
```

الشكل (6) خوارزمية الحصول على الوحدة اللفظية

أما في حال استخدام (Flex) يكفي أن نعرف التعابير المنتظمة الموافقة لهذه الوحدات

اللفظية في ملف توصيف اللغة (*.)، وبالمقارنة نجد سهولة توصيف اللغة لفظياً باستخدام التعبيرات المنتظمة من كتابة شيفرة برمجية لكل الحالات (الفراغ- مسافة الجدولة والسطر الجديد).

<pre>boolean SkipSpace() { while (currentIndex <fileContent.Length) { switch currentcharcter { case ' ': currentIndex++; column++; break; case '\n': currentIndex++; line++; column = 1; break; case for tab charchter and comment... increase current index default: case there is charchter.... }</pre>	<pre>%% [\t] {col += yyleng;} \n {line++; col = 1;} ...</pre>
--	--

جدول (4) مقارنة كتابة المحلل اللفظي حالة الأحرف البيضاء

أما من أجل مطابقة الوحدات اللفظية، حالة كلمة نصية:

- في الحالة اليدوية عند تجميع الكلمة يتم استدعاء تابع يقوم بالبحث عنها في جدول الكلمات المفتاحية إذا وجدها يعود بنوع الوحدة اللفظية وإلا يعود أنها متحول.

- في حالة استخدام أداة (flex) يكفي كتابة التعبير المنتظم لكل وحدة لفظية "وهي نفس الكلمة" في حال كانت كلمة مفتاحية وإلا يقوم بمطابقة التعبير المنتظم للمتحول، من هنا نستنتج أن ترتيب الوحدات اللفظية في ملف (flex) له أهمية كبيرة حيث يتم المطابقة من الأعلى للأسفل الأول فالأطول.

<pre>for (int i = 0; i < CCompiler.keywords.Count; i++) { if (Buffstr == ((Symbol)CCompiler.keywords[i]).symbol) { tknTemp = ((Symbol)CCompiler.keywords[i]).type; break; } else tknTemp = token.U_ID;</pre>	<pre>%% program { col += yyleng; return PROGRAM} begin { col += yyleng; return Begin} end { col += yyleng; return End; [a-zA-Z_][A-Za-z0-9_]* { col += yyleng; Return IDENT;}</pre>
---	---

جدول (5) مقارنة كتابة المحلل اللفظي حالة الأحرف النصية

كذلك الحال عند مناقشة الرموز الأخرى.

<pre>public token getNextToken() { if (!SkipSpace()) goto test_U_EOF; switch (fileContent[currentIndex++]) { case '=': { column++; if(currentIndex<fileContent.Length) { if(fileContent[currentIndex+1]==='') { column++; currentIndex++; tknTemp = token.U_EQUAL; break; } } tknTemp = token.U_ASSIGN; break; }</pre>	<pre>%% [\t] { col += yyleng; } \n { line++; col= 1; } [;,():=+*/-] { col += yyleng; return*yytext; } "==" { col += yyleng; return EQUAL; }</pre>
---	--

جدول (6) مقارنة كتابة المحلل اللفظي حالة الرموز

نلاحظ من خلال هذا البحث توفير الأداة (Flex) لآلية مريحة لكتابة أي محلل لفظي دون الدخول بتفاصيل قد تستهلك وقت أكثر فهي تقوم بتوليد الدالة ((yylex()) التي يكون مضمونها موافق بالعمل للدالة (getNextToken).

بالمقارنة نجد أنه احتجنا تشفير برنامج مكون من 613 تقريباً بالمقابل عند توصيف اللغة باستخدام (Flex) تم بحوالي 55 سطر.

استخدام أداة flex	البرمجة اليدوية لمرحلة المحلل اللفظي	
489	890	عدد الأسطر

جدول (7) مقارنة عدد الأسطر لتوليد المحلل اللفظي

8-2 مقارنة بين كتابة المحلل القواعدي يدوياً وباستخدام الأداة (Bison)

عندما نتحدث عن تحليل القواعد أي كل قاعدة من ماذا تتكون وهل هي مطابقة لشروط القاعدة، مثلاً: بعد أن تأتي كلمة Program سوف نناقش الكلمة التي تأتي بعدها وتكون اسم البرنامج، وبالنسبة للمتحويلات من أي نمط وطريقة كتابتها والتعليمات (الإسناد والحلقات ..) كيف تكتب.

عند تحقيق المحلل القواعدي يدوياً سنحصل على الصف (Syntax) هذا الصف يقوم بأعمال كثيرة، من خلاله نستطيع قراءة المتحويلات وقراءة التعابير الرياضية وقراءة التعليمات، وأخيراً تحليل اللغة قواعدياً من خلال الدالة (parser) التي تعتبر قلب المحلل القواعدي.

الدالة (Parser) تقوم بالتأكد من تتالي كلمة (program) وبعدها اسم البرنامج ومن ثم قسم التصريح عن المتحويلات ومن ثم قسم التعليمات.

```

parser()
{
    syntaxToken = lex.getNextToken();
    if (syntaxToken != token.U_PROGRAM) // Error
        syntaxToken = lex.getNextToken();
    if (syntaxToken != token.U_ID) // Error
        syntaxToken = lex.getNextToken();
    if (syntaxToken != token.U_SEMICOLON) // Error
        syntaxToken = lex.getNextToken();
    if (syntaxToken == token.U_VAR)
    {
        readBlock of VarDeclare();
    }

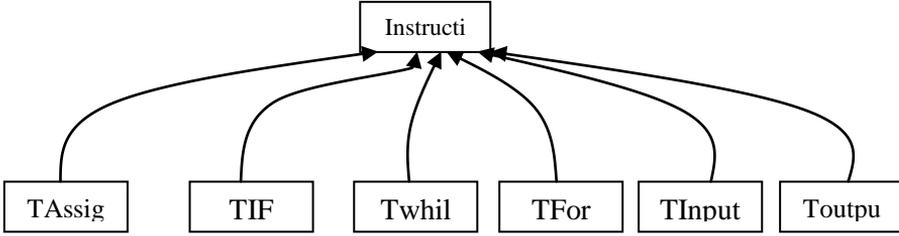
    if (syntaxToken != token.U_BEGIN) // Error
        InstructionsList=readBlockInstructions();
    if (InstructionsList == null) // Error
        syntaxToken = lex.getNextToken();
}

```

```
if (syntaxToken != token.U_EOF) // Error
}
```

الشكل (7) خوارزمية التحقق من الشكل العام للبرنامج

بما انه لدينا مجموعة من التعليمات (تعليلة شرطية ، تكرارية، اسناد ...)سنقوم بإنشاء صف عام اسمه (Instruction) ونشتق منه صفوف موافقة لهذه التعليمات(صف لكل تعليلة) وذلك من أجل بناء الشجرة.



الشكل (8) صفوف التعليمات

مثلاً من أجل تعليلة التصريح عن متحول:

X :
int

{ }
{ }

VarName
Type

قسم مطابقة قاعدة التصريح عن المتحول:

```
Var readDec()
{
    var = readIDs();
    if (syntaxToken != token.U_COLON)
    {
        //Error
        // breakParsing
        return null;
    }
    syntaxToken = lex.getNextToken();
    type = readType();
    if (type == token.U_UNKNOWN)
        return null;
    setType(var, type);
    return var;
}
```

الشكل (9) خوارزمية التحقق من التصريح عن متحول

أما عند استخدام الأداة (bison) نجد الجزء الخاص بتعريف البرنامج الاساسي:

```
%token PROGRAM IDENT Begin End BOOLT INTT |DOUBLET
%start prog
%%
prog:    PROGRAM IDENT Begin members End
        ;
members: /* Empty */
        | members member
        ;
member:  function
        |global
        ;
function: Type IDENT '(arg_s)' '{Statements}'
        ;
global :  Type Vars ';'
        ;
Statements: /*Empty*/
        | Statements STMT
        ;
global :  Type Vars ';'
        ;
Vars:    Var
        | Vars ',' Var
        ;
Var:     IDENT
        | IDENT '=' expression
        ;
Type:    BOOLT
        |INTT
        |DOUBLET
        ;
```

الشكل (10) قواعد التحقق من البرنامج باستخدام (Bison)

ولبناء الشجرة نحتاج إلى إنشاء مجموعة من الصفوف الموافقة للقواعد. ويتم وضع الشيفرة الخاصة بالبناء ضمن الحدث المرافق لكل قاعدة .

كما في المثال:

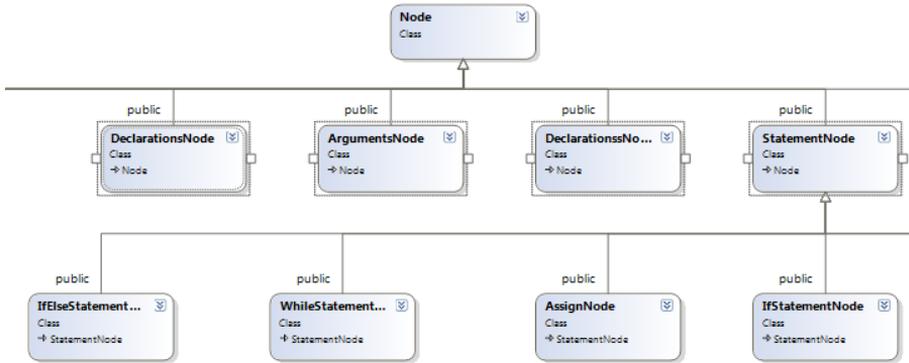
```
prog:PROGRAM IDENT Begin members End { $$=new Prog
($2,$4,line,col);}
;
```

حيث (\$) تحمل قيمة الطرف اليساري من القاعدة ، (\$) من النمط متحول تحمل قيمة الرمز الثاني للقاعدة (\$) من النمط عناصر البرنامج تحمل قيمة الرمز الرابع من القاعدة.

حيث القاعد العامة للوصول إلى رمز القاعدة حيث (i) هو رقم ترتيب الرمز بالقاعدة:

Left : M1 M2...Mn

\$\$ \$1 \$2...\$n



الشكل (11) جزء من الصفوف اللازمة لبناء الشجرة .

حالة الغموض في المحلل القواعدي هي الحالة التي يحدث فيها تعارض في آلية عمله، يوجد نوعين من التعارض (Shift\Reduce) أو تعارض (Reduce\Reduce).

إذا كانت لدينا القاعدة الخاصة بالتعليمة الشرطية :

```

stmt:  expr ';'
      | Type expr ';'
      | IF '(' expr ')' stmt
      | IF '(' expr ')' stmt ELSE stmt
      ;
    
```

عند قراءة الكلمة (Else) ستكون في قمة المكس كل شيء قبلها موافق لقاعدة التعليمة الشرطية وهي صحيحة ولكن وجود else يعني أن هناك دخل قادم لإكمال القاعدة الثانية للتعليمة الشرطية هذه الحالة من التعارضات تسمى تعارض (shift\Reduce) هل يقوم المحلل بتبديل القاعدة الأولى للتعليمة الشرطية أم يتابع في قراءة الدخل ويقوم بتنفيذ ازالة

للکلمات.

أما في حالة تعارض (Reduce\Reduce) عندما يكون هناك قاعدتين يمكن أن نقوم بعملية التبديل معهما في نفس الوقت.

نجد هنا أهمية الـ (Bison) فهو مصمم لحل مثل هذه التعارضات من خلال معامل الأولوية الذي يتم تعريفه في قسم التصريحات [12]

```
%prec IF_PREC
%%
....
stmt:  expr ';'
      | Type expr ';'
      | IF (' expr ') stmt %prec IF_PREC
      | IF (' expr ') stmt ELSE stmt
      ;
```

أو يعطينا الخيار لإعادة النظر في القواعد وكتابتها بشكل يجنبنا هذا الغموض، لكن في حالة البرمجة اليدوية لن يكون هناك مؤشر فعلي يوضح مثل هذه الحالات.

نضيف إلى ذلك إمكانية تشغيل (Debugger) أثناء تنفيذ (Bison) ليرينا حالة المكس وعمليات (Shift -Reduce) التي يقوم فيها فعليا وفق ارقام القواعد المعطاة.

```
Starting parse
Entering state 0
Reading a token: x=y
Next token is token '=' (<)
Reducing stack by rule 2 (line 26):
-> $$ = nterm PROG (<)
Stack now 0
Entering state 3
Next token is token '=' (<)
Error: popping nterm PROG (<)
Stack now 0
Cleanup: discarding lookahead token '=' (<)
Stack now 0
```

الشكل (12) تشغيل (Bison) في حالة (debugger)

بالإضافة للميزات السابقة وبالمقارنة نجد أنه في حال البرمجة اليدوية للمحلل القواعدي احتاج ما يقارب (860) سطر بينما عند استخدام ملف توصيف اللغة قواعدياً باستخدام الأداة (bison) احتجنا ما يقارب 190 سطر لكتابة القواعد فقط وعند إضافة بناء الشجرة في الحدث المقابل لكل قاعدة ازداد عدد الأسطر إلى حوالي 489 سطر تقريباً مع

ملاحظة سهولة تحديد الأخطاء ومكان وقوعها لعدم ضياع ترتيب الوحدات اللفظية وضمان وجود آلية لتجنب حدوث غموض في كتابة القواعد.

استخدام أداة bison	البرمجة اليدوية لمرحلة المحلل القواعدي	عدد الأسطر
489	890	

جدول (8) مقارنة عدد الأسطر لتوليد المحلل القواعدي

9- الاستنتاجات والمقترحات:

من خلال دراسة أدوات توليد المترجم التي قمنا بها، توصلنا في هذا البحث إلى أن استخدام مولدات برامج المحللات اللفظية والقواعدية أقوى من البرمجة اليدوية لبناء المترجم من حيث كشف الأخطاء والغموض، ويمكن استخدامها ضمن شريحة واسعة من التطبيقات ومن قبل أغلب المبرمجين، لتقديمها مرونة كبيرة في كتابة المحلل القواعدي دون الدخول في التفاصيل البرمجية التي يمكن أن تحصل في حال ضياع وحدة لفظية.

وبناء عليه وجدنا أن جاذبية أدوات توليد المحلل اللفظي والقواعدي تتمثل في إمكانية توصيف لغة المصدر بطريقة مجردة وبعيدة عن العلاقات الرياضية والحسابات هي التعابير المنتظمة والنموذج القواعدي خارج السياق. كما يمكن اعتبار هذا البحث أساس لدراسات مستقبلية تساعد الباحثين في هذا المجال لبناء مترجم لأي لغة وبداية تشجيعية لدخول عالم المترجمات .

المراجع

- [1] Zhang, Y., Lu, Y., & Yang, B.,2017, June- Parsing Statement List Program Using Flex And Bison, In 2017 First International Conference on Electronics Instrumentation & Information Systems (EIIS) (pp. 1-4). IEEE.
- [2] Farhanaaz and V. Sanju, 2016 ,An exploration on lexical analysis, International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT), Chennai
- [3] Levine, J.,2009, Flex & Bison: Text Processing Tools. O'Reilly Media, Inc.
- [4] Appel, A. W. ,2004, Modern compiler implementation in C, Cambridge university press
- [5] Aaby, A. A. ,2003, Compiler construction using flex and bison. Walla Walla College.
- [6] Debray, S ,2002, Making compiler design relevant for students who will (most likely) never design a compiler. ACM SIGCSE Bulletin, 34(1), 341-345.
- [7] Lesk, M. E., & Schmidt, E. 1975, Lex: A lexical analyzer generator .Computer Science Technical Report No. 39, Bell Laboratories, Murray Hill New Jersey.
- [8] Alekhya, A. and Someswar, G.M., 2014, on Development of Compiler Design Techniques for Effective Code Optimization and Code Generation. IJETAE, 4(3).
- [9] Maggie Johnson and revised by Julie Zelenski,2015, Introduction to yacc and bison
- [10] Louden, K. C. ,1997, Compiler construction. Cengage Learning.
- [11] Jain, M., Sehrawat, N., & Munsri, N. ,2014,Compiler Basic Design and Construction. *Int. J. Comput. Sci. Mob. Comput*, 3(10), 850-852.
- [12] <https://www.gnu.org/software/bison/manual/>

التعرف على أنشطة الجسم البشري وكشف السقوط من خلال الحساسات العطالية للهواتف الذكية

نعمة الله بلو *، محمد فاضل سكر **

* طالب دراسات عليا (ماجستير)، قسم الذكاء الصناعي، كلية الهندسة المعلوماتية، جامعة حلب

** قسم الذكاء الصناعي، كلية الهندسة المعلوماتية، جامعة حلب

الملخص

أصبحت الحساسات العطالية (حساس التسارع، حساس السرعة الزاوية) مكوناً مهماً تتضمنه جميع الهواتف الذكية تقريباً، وتستخدم فيها في العديد من التطبيقات. تم في هذا البحث تسجيل مجموعة بيانات من حساس التسارع وحساس السرعة الزاوية لهاتف ذكي حمّله 10 متطوعين أثناء قيامهم بـ 7 أنشطة، 6 من الحركات الاعتيادية اليومية بالإضافة إلى محاكاة السقوط. قام المتطوعون بتنفيذ كل من الأنشطة عدة مرات. تم تصميم وتدريب واختبار نظام للتعرف على أنشطة الجسم البشري وكشف السقوط من خلال البيانات المسجلة. اعتمد نظام التعرف على تقنية لإلغاء أثر تغير اتجاه الهاتف أثناء حمّله، واعتمد في استخراج السمات على السمات الإحصائية، واستخدم من أجل التصنيف مصنف معدّل عن آلة شعاع الدعم متعددة الأصناف Multi class SVM من النوع (One vs All، 1 مقابل الكل). تم الوصول إلى دقة تصنيف 92.52، وأشار اختبار إشارات الرتب لويلكوكسون عند مستوى معنوية 0.05 إلى تفوق المصنف المقترح على مصنف kNN وعلى مصنف آلة شعاع الدعم متعدد الأصناف التقليدي.

الكلمات المفتاحية: تعلم الآلة، آلة شعاع الدعم، الخوارزمية الجينية، الحساسات العطالية، التعرف على الأنشطة البشرية، الهاتف الذكي.

Human Activity Recognition and Fall Detection Using Inertia Sensors of Mobile Phone

Abstract

Inertial sensors (accelerometers, gyroscopes) became important components included in approximately all smart phones, and used in many applications. In this work, a dataset has been recorded from an accelerometer and a gyroscope of a smart phone carried by 10 volunteers while executing 7 actions, 6 normal daily actions beside of simulation of fall. Volunteers have executed every action many times. An intelligent system for human action recognition was designed, trained and tested using recorded data. The recognition system depended on a mechanism to nullify the effect of change in smartphone orientation while it is carried, and in feature extraction it depended on statistical features, and for classification it used a modified multi class SVM of type (1 VS all). A 92.52% classification accuracy was accomplished, and Wilcoxon signed rank test showed that the proposed classifier significantly outperforms kNN and traditional multiclass SVM at significance level of 0.05.

Keywords: Machine learning, Support vector machine, SVM, Genetic algorithm, GA, Inertia sensors, Human activity recognition, HAR, Smart phone.

1- المقدمة:

باتت أنظمة التعرف على النشاط الحركي البشري جزءاً من العديد من الأنشطة اليومية [1]. يمكن لتطبيقات مثل Google Fit [2] أو Apple Health [3] اكتشاف بعض الأنشطة مثل المشي والجري التي تستخدم في هذه التطبيقات في مقاييس الصحة واللياقة البدنية، كما تم إضافة ميزة كشف السقوط إلى الإصدار الرابع من ساعات Apple Watch [4] الذي تم طرحه في شهر أيلول من عام 2018. وتم تطوير العديد من تطبيقات كشف السقوط التي تعمل على أنظمة Android و IOS مثل RightMinder [5]. استخدمت تقنيات الرؤية البصرية والليزرية (الرؤية بالعمق) في بعض الأجهزة مثل Microsoft Kinect [6] وكاميرات Intel RealSense [7] كطريقة حديثة للتفاعل بين الإنسان والحاسب وفي تطبيقات الواقع الافتراضي المستخدمة بكثرة في الألعاب. واستخدمت تسجيلات الفيديو لأشخاص أثناء قيامهم بالمشي للحصول على بصمة للتعرف على الأشخاص للاستفادة منها في عمليات المصادقة [8].

مع التطور المستمر للأنظمة الكهروميكانيكية الدقيقة (MEMS)، أصبحت وحدات القياس العطالي (IMUs) Inertial Measurement Units المستخدمة لقياس التسارع والسرعة الزاوية أصغر حجماً. يمكن من خلال هذه الأجهزة إجراء تتبع الحركة في البيئة الحية الواقعية دون الحاجة لوجود أجهزة مراقبة مثبتة في مكان المراقبة.

أصبحت خوارزميات التعرف على أنشطة الجسم البشري التي تعتمد على تطبيق تقنيات التعلم الآلي باستخدام البيانات التي تم جمعها من الأجهزة القابلة للارتداء [9] بديلاً مناسباً لخوارزميات الكشف عن النشاط بالاعتماد على الرؤية كنتك المستخدمة في [10] و [11]. إن استخدام أجهزة الاستشعار القابلة للارتداء يعد بديلاً أسهل استخداماً وأكثر دقة وتوافرية وأكثر مراعاة لقضايا الخصوصية مقارنة بالأنظمة القائمة على الرؤية [9]. تستفيد بعض أنظمة المراقبة الصحية من أنظمة التعرف على الأنشطة البشرية باستخدام الأجهزة القابلة للارتداء من خلال تسجيل الأنشطة لإجراء المراقبة عن بعد والمراقبة على المدى الطويل وتسهيل الوصول إلى معلومات نشاط المريض [12] و [13]. توفر هذه الأجهزة معلومات قيمة حول أنشطة المريض في بيئة عمله ومعيشتة مما يسهل تقديم المساعدة في علاج العديد من الأمراض [14] حيث تعتبر هذه

المعلومات أفضل من تلك التي يتم الحصول عليها في العيادة أو المختبر، وحول مدى تنفيذ بعض التوصيات الطبية الشخصية [14].

يعتبر حساس التسارع من أكثر الحساسات استخداماً في الأبحاث المتعلقة بالتعرف على الأنشطة البشرية وكشف السقوط، يليه حساس السرعة الزاوية، وللحصول على نتائج أفضل يمكن استخدام كلا الحساسين معاً [15]، وقد لوحظ الميل في الأبحاث الأحدث إلى الاعتماد على الحساسات العطالية وأجهزة التصوير بالعمق بشكل أكبر من الاعتماد على التصوير الضوئي [15]. تتضمن جميع الهواتف الذكية اليوم حساسات تسارع كما تتضمن معظمها حساسات جيروسكوب لذلك ظهرت الكثير من الأبحاث التي تركز على تطوير تقنيات وخوارزميات التعرف على حركات الجسم البشري من خلال الحساسات العطالية للهواتف الذكية باعتبار هذه الهواتف تتضمن حساسات عطالية، وتتضمن معالجات قويا يمكن من تشغيل خوارزميات التعرف عليه، وفي نفس الوقت تتضمن العديد من وسائل الاتصال التي يمكن استخدامها للتبليغ عن حالة السقوط، كما أن المستخدم معتاد على حمل الهاتف عند وجوده خارج المنزل، ومعتاد على شحنه بشكل متكرر وبالتالي لا يتطلب نظام التعرف أي تجهيزات إضافية.

قدم [16] مجموعة البيانات sisfall التي تضمن تسجيلات لحساس تسارع مثبت على الخصر لـ 38 متطوعاً نفذوا 19 من الحركات اليومية بالإضافة إلى 15 نوعاً من السقوط. وقدم [17] مجموعة البيانات UniMiB SHAR التي تضمنت تسجيلات لحساس التسارع لهاتف ذكي وذلك لـ 30 متطوعاً نفذوا 9 من الأنشطة اليومية و 8 من حركات السقوط. بينما اعتمد [18] في مجموعة البيانات MobiFall على حساسي التسارع والسرعة الزاوية للهاتف المحمول وتضمنت المجموعة تسجيلات للحركات اليومية والسقوط نفذها 24 متطوعاً.

قدم [19] نظاماً لكشف السقوط أثناء الحركات اليومية كالمشي والجلوس والهولة حيث يعمل النظام على مرحلتين الأولى تتضمن مصنف متعدد الصفوف لتحديد نوع السقوط وفي المرحلة الثانية يتم اتخاذ القرار بناء على النتائج التي تم توقعها في المرحلة الأولى وتم التوصل إلى دقة 95.65%. توصل [20] إلى دقة 89% في

تصنيف الحركات اليومية وكشف السقوط عند استخدام مصنف آلة شعاع الدعم متعدد الأصناف Multi class SVM ونسبة تدريب 70%. في حين توصل [21] إلى دقة 91.76% في التعرف على الأنشطة اليومية وذلك باستخدام نموذج ماركوف المخفي Hidden Markov Model (HMM) وقسم البيانات إلى مقاطع بطول 2.56 sec واعتمد نسبة تدريب 70%. في [22] تم الوصول إلى دقة 93.8% وذلك في تصنيف 8 من الأنشطة اليومية وذلك باستخدام الشبكات العصبية الالتفافية ذات نواة الالتفافية معدلة وبالاعتماد على حساس التسارع. في حين تم في [23] الاعتماد على الشبكات العصبية الالتفافية CNN والوصول إلى دقة 95.75% في تصنيف الحركات اليومية. كما تم في [24] الوصول إلى دقة 95% في تصنيف الحركات اليومية وكشف السقوط بالاعتماد على الشبكات العصبية التكرارية العميقة Deep recurrent neural network (DRNN).

من الملاحظ أن الأبحاث ومجموعات البيانات السابقة تعتمد على حساسات مثبتة على الجسم في مكان محدد، أو على هاتف ذكي مثبت على الجسم أو محمول بطريقة محددة واتجاه محدد. يقدم هذا البحث مجموعة بيانات تتضمن تسجيلات للحساسات العطالية لهاتف ذكي موضوع بالجيب الأيمن أو الأيسر دون تقييد المتطوعين باتجاه الهاتف وهو في الجيب. كما يطبق البحث تقنية تصنيف هجينة تعتمد على تعديل مصنف آلة شعاع الدعم التقليدي متعدد الصفوف Multi class SVM وتحسين بارامترات المصنف المعدل باستخدام الخوارزمية الجينية. تتناول الفقرات التالية معلومات حول مجموعة البيانات المستحصلة، كما تتضمن شرحاً لمراحل عمل المصنف المستخدم، والنتائج التي تم الحصول عليها ومقارنتها مع نتائج المصنفات الأخرى.

2- مجموعة البيانات والحساسات المستخدمة:

من أجل تسجيل البيانات تم استخدام هاتف من النوع Samsung S4 (i337) الذي يعمل بنظام Android 5.0، يتضمن الجهاز وحدة قياس عطالي من نوع STMicronics k330، وتتضمن الوحدة حساس تسارع وحساس سرعة زاوية، وتم التسجيل لقيم كلا الحساسين بتردد 100Hz. قام بتنفيذ الحركات 10 متطوعين نفذ كل منهم 6 من الحركات اليومية بالإضافة إلى محاكاة عملية السقوط. تم تنفيذ كل

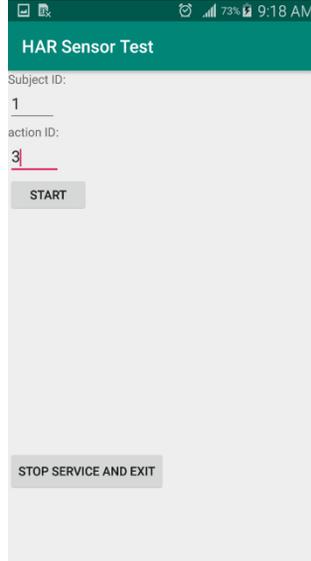
واحدة من الحركات عدة مرات مع مراعاة التنوع من خلال تنفيذ كل حركة بعدة سرعات بحيث يحاكي كل متطوع في كل حركة كل السرعات المختلفة التي يمكن ان يقوم بها في تصرفاته اليومية. أما بالنسبة للسقوط فقد تم تنفيذ أربعة أنواع من السقوط (أثناء المشي، أثناء الجري، أثناء الوقوف، أثناء المشي إلى الخلف) وتم تنفيذ كل نوع مرتين من قبل كل متطوع. يمثل الجدول (1) جميع الحركات المتضمنة في مجموعة البيانات وتتبعاتها ومدة التسجيل لكل منها.

الجدول (1) - الحركات المتضمنة في مجموعة البيانات

رقم الحركة	الحركة	عدد مرات التسجيل	مدة التسجيل (ثانية)
1	المشي (بطيء، متوسط، سريع)	60	581
2	الجري (بطيء، متوسط، سريع)	60	370
3	صعود الدرج (بطيء، متوسط، سريع)	60	430
4	نزول الدرج (بطيء، متوسط، سريع)	60	400
5	الجلوس (بطيء، سريع)	40	61
6	القيام (بطيء، سريع)	40	62
7	السقوط (أثناء المشي، أثناء الجري، أثناء الوقوف، أثناء المشي للخلف)	80	56
	كل الحركات	400	1960

طُلب من كل متطوع وضع الهاتف أثناء تسجيل البيانات في جيبه دون تحديد الجيب الأيمن أو الأيسر ودون تحديد جهة الهاتف داخل الجيب. تم إنشاء تطبيق يعمل على نظام Android من أجل تسجيل البيانات، الشكل (1). يدخل المتطوع رقمه (كل متطوع له رقم يميزه)، ورقم الحركة التي يريد أن يقوم بها (كما هو محدد في الجدول 1) ثم يضغط على زر البدء ثم يضع الهاتف في جيبه. بعد ذلك على المتطوع الوقوف بشكل ساكن لمدة ثانيتين على الأقل (ويمكن الوقوف لمدة أطول) ثم يبدأ بعد فترة الوقوف هذه بتنفيذ الحركة مباشرة، كما أنه بعد تنفيذ الحركة مباشرة يقوم أيضا بالوقوف بشكل ساكن لمدة ثانيتين على الأقل. يقوم تطبيق التسجيل باكتشاف فترة السكون الأول واقتطاعها واقتطاع ما قبلها من التسجيل، كما يقوم باكتشاف فترة السكون الثانية واقتطاعها واقتطاع ما بعدها من التسجيل. تمنع التقنية

السابقة من دخول القيم المسجلة أثناء وضع الهاتف في الجيب أو إخراجها منه ضمن التسجيل الذي يقوم التطبيق بحفظه في ملف نصي على ذاكرة الهاتف.



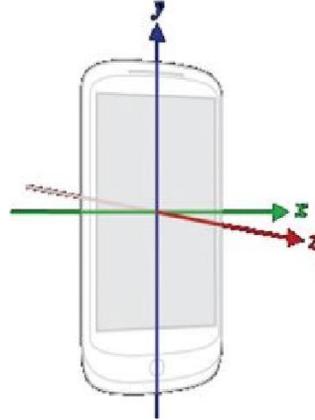
الشكل (1) - واجهة التطبيق المستخدم في تسجيل البيانات

لا يمكن استخدام التقنية السابقة لاقتطاع تسجيلات عملية السقوط إذ لا يمكن للمتطوع الوقوف بشكل ساكن قبل السقوط لأن السقوط يكون أثناء المشي أو الجري، لذلك تم تصوير عملية السقوط واستخدام تسجيلات الفيديو لتحديد نقطة بداية السقوط في تسجيلات الحساسات وذلك من خلال برنامج يعمل على نظام Windows تم إنشاؤه لهذا الغرض، يقوم البرنامج بمزامنة الفيديو مع تسجيلات قيم الحساسات من خلال تحديد فترة الوقوف الساكن في تسجيلات الحساسات وتسجيلات الفيديو وذلك بمساعدة مستخدم البرنامج.

يدعم نظام التشغيل Android العديد من الحساسات حسب توفرها في الهاتف المستخدم وقد تم تسجيل قيم أربع حساسات هي: حساس التسارع، حساس السرعة الزاوية، حساس الجاذبية، حساس التسارع الخطي. وتضمن التسجيل ثلاث قيم لكل حساس للمحاور الثلاث المبينة بالشكل (2).

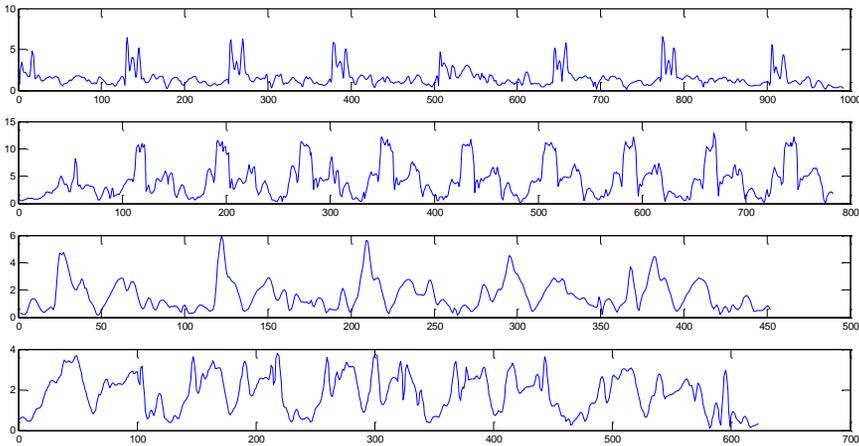
يمثل حساس التسارع مجموع قيمتي تسارع الجاذبية بالإضافة إلى التسارع الناتج عن حركة الجهاز وهي قيم التسارع التي يقرأها النظام مباشرة من حساس التسارع في

وحدة القياس العطالي المتضمنة في الجهاز. يستخدم نظام التشغيل Android تقنية تعتمد على مرشح تمرير الترددات المنخفضة لفصل تسارع الجاذبية عن التسارع الخطي الناتج عن الحركة وبالتالي فإن الحساسين الأخيرين برمجياً أي يقوم نظام التشغيل بحساب قيمها برمجياً من الحساسات الأخرى.



الشكل (2) - المحاور الإحداثية للهاتف المعتمدة في نظام التشغيل Android

يتم تسجيل قيم حساسات التسارع الثلاثة بـ $m.s^{-2}$ وقيم السرعة الزاوية بـ $Radian/s$. يمثل الشكل (3) بعض التسجيلات من مجموعة البيانات وهي القيم المطلقة لحساس السرعة الزاوية لأحد تسجيلات المشي في الأعلى يليها أحد تسجيلات الجري ثم أحد تسجيلات صعود الدرج ثم نزول الدرج.



الشكل (3)، بعض التسجيلات من مجموعة البيانات

3- استخراج السمات:

تم في مرحلة جمع البيانات مراعاة عدم تقييد المتطوعين بوضع الهاتف باتجاه محدد، لذلك فقد تم في مرحلة استخراج السمات إلغاء أثر تغير اتجاه الهاتف أثناء جمع البيانات وذلك من خلال الحصول على 4 إشارات من الإشارات التي تم تسجيلها وهذه الإشارات لا تختلف قيمها حسب اتجاه الهاتف وهي:

- القيمة المطلقة للتسارع الخطي، وهي الجذر التربيعي لمجموع مربعات مركبات شعاع التسارع الخطي

$$|Acc| = \sqrt{acc_x^2 + acc_y^2 + acc_z^2}$$

- القيمة المطلقة للسرعة الزاوية، وهي الجذر التربيعي لمجموع مربعات مركبات شعاع السرعة الزاوية

$$|Gyr| = \sqrt{gyr_x^2 + gyr_y^2 + gyr_z^2}$$

- قيمة مسقط شعاع التسارع الخطي على شعاع الجاذبية الأرضية، وهي قيمة جداء شعاع الجاذبية الأرضية مضروباً بشعاع التسارع الخطي، مقسومة على قيمة تسارع الجاذبية $g=9.8$.

$$Acc_earth = (acc * earth) / g$$

حيث acc هو شعاع التسارع الخطي، $earth$ هو شعاع الجاذبية الأرضية.
- القيمة المطلقة للمساقط الأفقية للتسارع الخطي وهي الجذر التربيعي لمربع القيمة المطلقة للتسارع الخطي مطروحاً منه مربع مسقط التسارع الخطي على محور الجاذبية:

$$Acc_horz = \sqrt{|acc|^2 - Acc_earth^2}$$

بعد حساب الإشارات الأربعة السابقة تم استخراج السمات منها. تم تقسيم الإشارات إلى نوافذ بعرض $2\ sec$ وتداخل $1.5\ sec$ ثم تم استخراج سمات إحصائية للنوافذ التي تم الحصول عليها حيث تم استخراج 3 سمات لكل إشارة من الإشارات الأربعة وهذه السمات هي:

- اللوغاريتم العشري للجذر التربيعي لمتوسط مربعات القيم:

$$\text{Log}_{10}(\text{Sqrt}(\text{Mean}(X^2)))$$

حيث X هو مصفوفة أحادية تتضمن قيم نافذة من إحدى الإشارات.

- اللوغاريتم العشري للانحراف المعياري للقيم:

$$\text{Log}_{10}(\text{Std.Dev}(X))$$

- طول المنحني الذي تمثله قيم النافذة.

وبالتالي تم استخراج ثلاث سمات إحصائية لكل واحدة من الإشارات الأربعة أي

تم استخراج 12 سمة لكل نافذة من النوافذ.

4- التصنيف:

يستخدم مصنف آلة شعاع الدعم متعدد الصفوف Multi class SVM من نوع (واحد مقابل الكل one VS all) مصنفات SVM ثنائية فرعية عددها هو عدد الأصناف المطلوب تصنيفها. يقوم المصنف الفرعي الأول بتحديد فيما إذا كان الدخل ينتمي إلى الصنف الأول أو لا، وهكذا بالنسبة لباقي المصنفات. يتم بعدئذ التصويت بين هذه المصنفات لاختيار الصنف الذي ينتمي له الدخل. لحل مشكلة عدم التعيين عند التصويت لاختيار الصنف، يتم التصويت عادة بناء على خرج النقاط scores للمصنفات الفرعية وهو عدد حقيقي، وليس على الخرج الثنائي مما يتيح إمكانية تصويت أدق عند اختيار الصنف الذي ينتمي له الدخل.

عند تدريب مصنفات ثنائية من النوع (1 مقابل الكل) لتصنيف البيانات قيد

الدراسة تم ملاحظة ما يلي:

- عند اختلاف نسبة الدخل من الصنف 1 في عينة التدريب، يتم الحصول على

مصنفات مختلفة في الدقة ويصعب تحديد النسبة المثالية من الصنف 1

للحصول على المصنف الأفضل ويختلف ذلك من صنف لآخر.

- عند استخدام مجموعة بيانات متوازنة (عدد الدخل من كل صنف متساو) فإن

نسبة الدخل من الصنف 1 في عينة التدريب ستكون قريبة من (1/عدد

الأصناف) وهذه النسبة ليست النسبة المثلى التي تؤدي إلى الحصول على

المصنف الثنائي الأفضل.

- عند استخدام عينة تدريب بحيث يكون فيها نسبة الدخل من الصنف 1 صغيرة يتم الحصول على مصنف يكون فيه عدد الأخطاء في تصنيف الدخل من الصنف 0 صغيراً وعدد الأخطاء في تصنيف الدخل من الصنف 1 كبيراً والعكس بالعكس.

إن الملاحظات السابقة تُحَفِّز على إنشاء أكثر من مصنف ثنائي لنفس الصنف بحيث يتم تدريب هذه المصنفات بعينات تدريب جزئية تختلف عن بعضها بنسبة الدخل من الصنف 1 فيها، ثم إيجاد تقنية التصويت المناسبة بين هذه المصنفات. تم تصميم مصنف يعتمد على استخدام الخوارزمية الجينية من أجل تحديد نسبة الدخل من الصنف 1 لكل مصنف من المصنفات الفرعية وألوية هذه المصنفات في التصويت وقد أدى ذلك إلى الحصول على نتائج أفضل من المصنفات التقليدية كمصنف آلة شعاع الدعم متعدد الصنوف Multi class SVM ومصنف kNN.

4-1- تدريب المصنفات الثنائية:

أ- اختيار عينة التدريب بناء على نسبة محددة من البيانات الكلية وبشكل عشوائي دون أي تحيز في اختيار نسبة كل من الأصناف في عينة التدريب وإنما يتم ذلك عشوائياً.

ب- لكل صنف من الأصناف السبعة يتم بناء 10 مصنفات ثنائية فرعية من نوع آلة شعاع الدعم بنواة خطية (Linear SVM) يتم تدريبها بعشر عينات جزئية يتم اختيارها من عينة التدريب المختارة في الخطوة السابقة بحيث تكون نسب الدخل من النوع 1 في العينات الجزئية هي: 0.05، 0.1، 0.2، 0.3، 0.4، 0.5، 0.6، 0.7، 0.8، 0.9 وبحيث يكون حجم كل منها أكبر ما يمكن وبالتالي يتم الحصول على 70 مصنفاً فرعياً. تم اختيار هذه النسب لتغطي طيفاً واسعاً من النسب الممكنة والتي سيتم فيما بعد اختيار بعضها كما توضح الفقرات التالية.

ت- يتم اختبار المصنفات التي تم بناؤها في الخطوة السابقة باستخدام عينة التدريب المختارة في الخطوة الأولى ويتم حفظ نتائج التصنيف لكل مصنف مع كل دخل من عينة التدريب.

4-2- تطبيق الخوارزمية الجينية لاختيار المصنفات وترتيبها:

يتم اختيار 15 أو 20 أو 25 مصنف فرعي أو حتى غير ذلك (عدد المصنفات الفرعية هو أحد بارامترات نظام التعرف) كما يتم اختيار الترتيب الذي يحدد أولوية هذه المصنفات في اتخاذ قرار التصنيف النهائي باستخدام الخوارزمية الجينية. وبهذا يكون لدينا مصنف متعدد يعتمد على عدد من المصنفات الثنائية الفرعية مرتبة ترتيباً جيداً في أولوية التصويت بحيث تعطي نتائج جيدة في اتخاذ قرار التصنيف النهائي.

4-2-1- بنية الكروموزوم:

يتم تخزين المصنفات الفرعية في مصفوفة (70x1). وبهذا تكون بنية الكروموزوم عبارة عن مصفوفة بطول 15 أو 20 أو 30 من الأعداد الصحيحة كل منها هو جين من جينات الكروموزوم حيث يمثل هذا الجين فهرساً أو رقم مصنف ثنائي فرعي حيث يمثل العدد الأول فهرس المصنف الفرعي ذا الأولوية الأعلى. وبهذا يحدد الكروموزوم المصنفات التي ستدخل في عملية التصنيف وأولوياتها.

4-2-2- تابع الملاءمة Fitness:

يعيد تابع الملاءمة دقة مجموعة المصنفات المرتبة الممثلة بالكروموزوم عند تصنيف عينة التدريب ويعتمد في ذلك على القيم المحسوبة مسبقاً في الخطوات من مرحلة التدريب حيث يفيد الاحتفاظ بتلك القيم في اختصار الوقت اللازم لتنفيذ الخوارزمية الجينية وذلك من خلال تقليل عدد المرات التي يتم فيها اختبار المصنفات الفرعية على عينة التدريب.

4-2-3- التصالب:

يتم إجراء التصالب بالاعتماد على قطع الأبوين عند نقطة أو نقطتين والحصول على ابنين من دمج الأبوين. على الرغم من أن التكرار في جينات الابن الناتج لا يؤدي إلى الحصول على حل غير مقبول إلا أن هذا التكرار يؤدي إلى الحصول على حلول غير فعالة لذلك تقوم عملية التصالب بمعالجة حالة التكرار في جينات الابن وذلك بحذف الجينات المكررة وإضافة جينات عشوائية بدلا منها في نهاية الكروموزوم.

4-2-4- الطفرة:

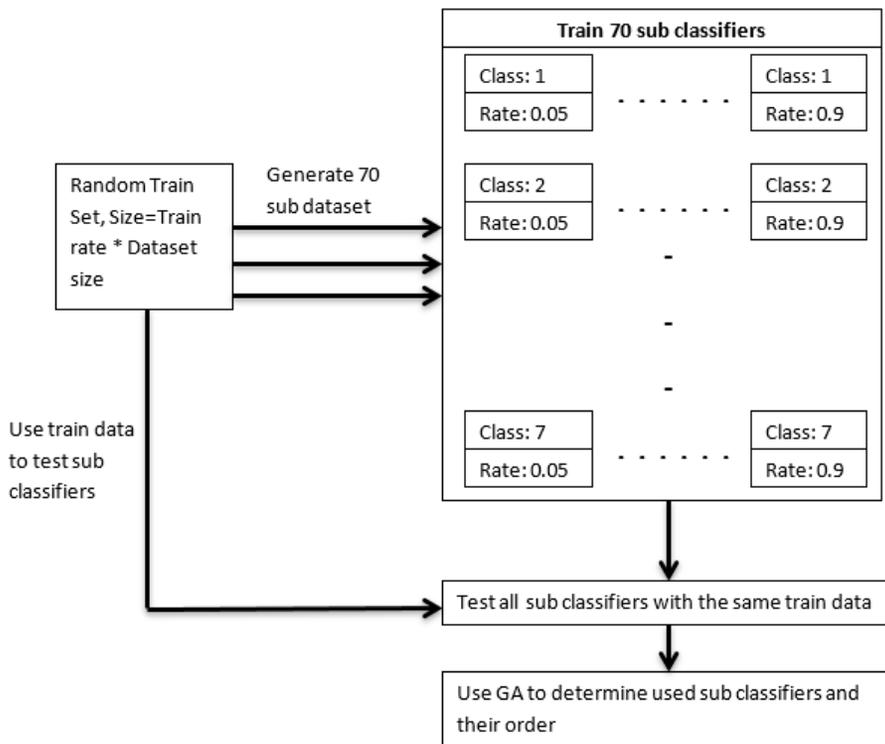
يختار تابع الطفرة بشكل عشوائي إحدى الطفرتين التاليتين لتطبيقها على جينين عشوائيين: الطفرة الأولى تقوم بتبديل قيمتي الجينين والثانية تقوم بعكس قيمة الجين الأول (أي إذا كان يشير إلى المصنف الأول فإنه سيشير إلى المصنف الأخير وهكذا) ووضعت قيمة عشوائية في الجين الثاني.

4-2-5- البارامترات الجينية المستخدمة:

الجدول (2)، بارامترات الخوارزمية الجينية المستخدمة في تدريب النظام

25 مصنف فرعي	20 مصنف فرعي	15 مصنف فرعي	
3000	3000	3000	عدد الدورات
150	100	100	حجم المجتمع
3	3	3	عدد النخبة
0.7	0.7	0.7	نسبة التصالب
نقطتين	نقطتين	نقطة واحدة	نوع التصالب
0.1	0.1	0.1	نسبة الطفرة
Rank	Rank	Rolette	طريقة الاختيار

إن تدريب نظام التعرف المقترح يستغرق وقتاً أطول من بعض المصنفات التقليدية الأخرى خصوصاً مرحلة تطبيق الخوارزمية الجينية إلا أنه مقبول جداً حيث استغرق تدريب النظام بعينة تدريب حجمها 3000 للحصول على مصنف يحوي 25 مصنفاً فرعياً أقل من ثلاث دقائق على حاسب بمعالج Intel core i3 بسرعة 2.53GHz وباستخدام نواة واحدة. يمثل الشكل (3) مخططاً يوضح طريقة تدريب المصنف المقترح.



الشكل (4)، مخطط يوضح طريقة تدريب المصنف المقترح.

4-3- استخدام النظام:

يتكون النظام المدرب من عدد من المصنفات الثنائية الفرعية ومصفوفة تحدد أولوية هذه المصنفات في اتخاذ القرار النهائي. يتم استخدام النظام بتمرير الدخل إلى المصنفات الفرعية المستخدمة فقط ثم تحديد النتيجة النهائية لكل دخل بناء على مصفوفة الأولويات. استغرق التعرف على عينة دخل حجمها 3500 باستخدام مصنف يتكون من 25 مصنفاً فرعياً 740ms وذلك على نفس الحاسب المذكور في الفقرة السابقة.

5- تقييم أداء النظام:

تم إجراء 30 اختباراً باستخدام 30 عينة تدريب مختارة عشوائياً، 10 منها بحجم 50% من البيانات و 10 منها بحجم 60% من البيانات و 10 عينات بحجم 70% من البيانات. تم تدريب 5 مصنفات باستخدام العينات السابقة وهي: ثلاث مصنفات من النوع المقترح في هذا البحث يتضمن كل منها 15 أو 20 أو 25 مصنفاً فرعياً، ومصنف آلة شعاع الدعم متعدد الأصناف التقليدي من النوع (1 مقابل 1)، ومصنف

kNN. يبين الجدول (3) والجدول (4) والجدول (5) دقة تصنيف المصنفات الستة للبيانات المستخدمة عند تدريبها بعينات التدريب ذات الحجم 50% ثم العينات ذات الحجم 60% ثم العينات ذات الحجم 70% على الترتيب. ويبين الجدول (6) المتوسط والانحراف المعياري للدقة لكل واحد من المصنفات عند كل نسبة تدريب. أشار اختبار إشارات الرتب لويلكوكسون عند مستوى معنوية 0.05 إلى تفوق كل من المصنفات من النوع المقترح على مصنف kNN وعلى مصنف آلة شعاع الدعم متعدد الأصناف التقليدي من النوع (1 مقابل 1).

الجدول (3)، دقة تصنيف المصنفات الخمسة للبيانات المستخدمة عند تدريبها بعينات تدريب بحجم 50%.

25 مصنف فرعي	20 مصنف فرعي	15 مصنف فرعي	SVM متعدد الأصناف	kNN	
89.57	89.34	88.88	86.31	80.39	1
90.09	89.01	89.16	86.4	79.54	2
90.02	89.53	89.09	86.75	80.78	3
90.36	89.8	88.28	86.24	79.95	4
89.99	89.21	88.57	85.74	80.78	5
90.01	89.46	89.21	86.06	80.23	6
89.78	89.25	88.58	85.53	79.12	7
90.19	89.31	89.04	86.04	80.56	8
90.27	89.63	88.82	85.88	80.11	9
90	89.48	88.57	85.6	80.64	10
90.03	89.4	88.82	86.06	80.21	mean
0.229	0.227	0.31	0.382	0.548	Std. dev.

الجدول (4)، دقة تصنيف المصنفات الخمسة للبيانات المستخدمة عند تدريبها بعينات تدريب بحجم 60%.

25 مصنف فرعي	20 مصنف فرعي	15 مصنف فرعي	SVM متعدد الأصناف	kNN	
91.28	91.39	90.55	88.56	86.39	1
91.17	91.38	90.78	87.94	86.12	2
90.82	91.15	90.62	87.87	86.75	3
90.81	90.79	90.29	88.2	86.81	4
90.96	91	90.55	87.57	86.49	5

التعرف على أنشطة الجسم البشري وكشف السقوط من خلال الحساسات العظالية للهواتف الذكية

90.98	91.05	90.62	88.2	86.77	6
91.16	90.89	90.76	88.19	86.63	7
91.03	90.89	90.82	87.92	87.08	8
91.26	91.21	90.9	87.62	86.88	9
90.88	90.71	90.42	88.1	86.24	10
91.04	91.05	90.63	88.02	86.62	mean
0.174	0.235	0.189	0.297	0.302	Std. dev.

الجدول (5)، دقة تصنيف المصنفات الخمسة للبيانات المستخدمة عند تدريبها بعينات تدريب بحجم 70%.

25 مصنف فرعي	20 مصنف فرعي	15 مصنف فرعي	SVM متعدد الأصناف	kNN	
92.4	92.34	91.43	89.06	90.99	1
92.63	92.47	91.81	88.82	90.56	2
92.37	92.25	92.22	89.53	91.03	3
92.39	92.52	91.95	89.04	90.38	4
92.36	92.79	92.19	89.85	90.57	5
92.62	92.57	92.24	89.47	90.05	6
92.72	92.68	92.08	89.41	90.38	7
92.7	92.51	92.37	89.47	90.49	8
92.42	92.41	91.74	89.31	90.49	9
92.59	92.42	92.03	89.05	90.07	10
92.52	92.5	92.01	89.3	90.5	mean
0.145	0.158	0.282	0.306	0.324	Std. dev.

الجدول (6)، المتوسط والانحراف المعياري للدقة لكل من المصنفات عند نسب التدريب المختلفة.

25 مصنف فرعي	20 مصنف فرعي	15 مصنف فرعي	SVM متعدد الأصناف	kNN	حجم عينة التدريب
90.03	89.4	88.82	86.06	80.21	%50
0.229	0.227	0.31	0.382	0.548	
91.04	91.05	90.63	88.02	86.62	%60
0.174	0.235	0.189	0.297	0.302	
92.52	92.5	92.01	89.3	90.5	%70
0.145	0.158	0.282	0.306	0.324	

لا يمكن مقارنة النتائج الحالية مع نتائج بعض الدراسات السابقة لعدم تشابه ظروف الدراستين مثل [19] حيث ذُكرت نتائج التصنيف في كشف السقوط فقط دون تصنيف الحركات اليومية أي أن الدراسة استخدمت آلية لتصنيف البيانات إلى صنفين هما صنف السقوط وصنف الحركات اليومية (أو عدم السقوط). يوضح الجدول (7) مقارنة نتائج البحث الحالي مع نتائج بعض الأبحاث السابقة.

الجدول (7) - مقارنة نتائج البحث الحالي مع الأبحاث السابقة

النتيجة	التقنية	البحث
92.52%	مصنف معدل عن آلة شعاع الدعم، سمات إحصائية تراعي الاختلاف في اتجاه الهاتف	البحث الحالي
89%	آلة شعاع الدعم SVM	[20]
91.76%	نموذج ماركوف المخفي HMM	[21]
93.8%	الشبكات العصبية الالتفافية CNN	[22]
95.75%	الشبكات العصبية الالتفافية CNN	[23]
95%	الشبكات العصبية التكرارية العميقة DRNN	[24]

6- الخلاصة:

تم في هذا البحث استحصا ل مجموعة بيانات من حساسات تسارع وحساسات جيرسكوب لهاتف ذكي وذلك أثناء تنفيذ 6 من الحركات اليومية بالإضافة إلى محاكاة السقوط. شارك في عملية جمع البيانات 10 متطوعين وتضمنت البيانات 400 تسجيل بطول إجمالي 1960 ثانية. لم يتم تقييد المتطوعين باتجاه محدد للهاتف أثناء التسجيل بخلاف مجموعات البيانات الأخرى. تم الحصول على أربع إشارات ألغي فيها تأثير اختلاف اتجاه الهاتف، وتم استخلاص سمات إحصائية منها. اعتمد نظام التصنيف على مصنف آلة شعاع الدعم متعدد الصفوف معدّل عن المصنف التقليدي وتم الوصول إلى دقة 92.52% عند التريب ب 70% من البيانات. أشارت الاختبارات الإحصائية إلى تفوق آلية التصنيف المستخدمة على المصنفات التقليدية عند مستوى معنوية 0.05 وذلك عند استخدام نفس البيانات ونفس الطريقة في استخراج السمات. كانت دقة التصنيف لنظام التعرف الذي تم تصميمه في هذا البحث أعلى من دقة التصنيف في الدراسات التي اعتمدت على تقنيات التصنيف التقليدية مثل آلة شعاع الدعم ونموذج ماركوف المخفي، لكنها لم تتفوق على نتائج الأبحاث التي اعتمدت على تقنيات التعلم العميق كالشبكات

العصبية الالتفافية والشبكات العصبية التكرارية العميقة، إلا أن البحث الحالي يتميز عن الأبحاث السابقة بعدم التقيد باتجاه محدد للهاتف.

7- الاقتراحات والأعمال المستقبلية:

توصل البحث إمكانية الحصول على نتائج جيدة مع عدم التقيد باتجاه الهاتف وتفوق نظام التصنيف المقترح على الأنظمة التقليدية الأخرى حتى ضمن هذا الشرط، وهذا يحفز على استخدام الإشارات الأربعة التي تم الحصول عليها مع تقنيات التعلم العميق لتحديد إمكانية الحصول على نتائج تضاهي النتائج الحالية دون التقيد باتجاه الهاتف.

المراجع

- [1] A. Wang, G. Chen, J. Yang, S. Zhao and C.-Y. Chang, "A Comparative Study on Human Activity Recognition Using Inertial Sensors in a Smartphone," *IEEE Sensors Journal*, vol. 16, no. 11, pp. 4566-4578, 2016.
- [2] Google, "Google Fit," 2020. [Online]. Available: <https://www.google.com/fit/>.
- [3] Apple, "Apple Health," [Online]. Available: <https://www.apple.com/ios/health/>.
- [4] Apple, "Apple Watch Series 4," [Online]. Available: <https://www.apple.com/apple-watch-series-4>.
- [5] C. L. Pty, "RightMinder – Fall Detection Application," [Online]. Available: <http://www.rightminder.com>.
- [6] Microsoft, "Microsoft Kinect," [Online]. Available: <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect/>.
- [7] Intel, "Intel Real Sense," [Online]. Available: <https://software.intel.com/realsense>.
- [8] L. Sudha and R. Bhavani, "Biometric Authorization System using Gait Biometry," *International Journal of Computer Science, Engineering and Applications (IJCSA)*, vol. 1, no. 4, 2011.
- [9] Lara, O.D. and Labrador, M.A., "A survey on human activity recognition using wearable sensors," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, p. 1192–1209, 2013.
- [10] Turaga, P., Chellappa, R., Subrahmanian, V.S. and Udrea. O., "Machine recognition of human activities: A survey," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 18, no. 1, p. 1473–1488, 2008.
- [11] R. A. Poppe, "Survey on vision-based human action recognition," *Image and Vision Computing*, vol. 28, no. 6, p. 976–990, 2010.
- [12] Hassanali, M., Page, A., Soyata, T., Sharma, G., Aktas, M., Mateos, G., Kantarci, B. and Andreescu, S., "Health Monitoring and Management Using Internet-of-Things (IoT) Sensing with Cloud-based Processing: Opportunities and Challenges," *Proceedings of the IEEE International Conference on Services Computing (SCC)*, 2015.

- [13] A. Pantelopoulos, "A survey on wearable sensor-based systems for health monitoring and prognosis," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, vol. 40, no. 1, 2010.
- [14] A. Nazabal, García-Moreno, P., Artés-Rodríguez, A. and Ghahramani, Z., "Human Activity Recognition by Combining a Small Number of Classifiers," *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 20, no. 5, 2016.
- [15] R. Saini and V. Maan, "Human Activity and Gesture Recognition: A Review," in *International Conference on Emerging Trends in Communication, Control and Computing (ICONC3)*, Lakshmanarh, 2020.
- [16] A. Sucerquia, J. D. López and J. F. Vargas-Bonilla, "SisFall: A Fall and Movement Dataset," *Sensors*, vol. 17, no. 1, p. 198, 2017.
- [17] D. Micucci, M. Mobilio and P. Napoletano, "UniMiB SHAR: A Dataset for Human Activity Recognition Using Acceleration Data from Smartphones," *Applied Sciences*, vol. 7, no. 1101, 2017.
- [18] G. Vavoulas, M. Padiaditis, C. Chatzaki, E. Spanakis and M. Tsiknakis, "The mobifall dataset: Fall detection and classification with a smartphone," 2016.
- [19] John C. Dogan and Md Shafaeat Hossain, "A Novel Two-Step Fall Detection Method Using Smartphone Sensors," 2019.
- [20] D. Anguita, A. Ghio, X. Parra, X. Parra and J. L. Reyes-Ortiz, "A Public Domain Dataset for Human Activity Recognition Using Smartphones," in *21th European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning*, 2013.
- [21] C. Ronao and S. Cho, "Human activity recognition using smartphone sensors with two-stage continuous hidden Markov models," in *e sensors with two-stage continuous hidden Markov (ICNC)*, 2014.
- [22] M. A. Alsheikh, A. Selim, D. Niyato, L. Doyle, L. Shaowei and H. P. Tan, "Deep Activity Recognition Models with Triaxial Accelerometers," in *The Workshops of the Thirtieth AAAI*, 2016.
- [23] C. Ronao and S. Cho, "Human activity recognition with smartphone sensors using deep learning neural networks," *Expert Systems with Applications*, vol. 59, pp. 235-244, 2016.

- [24] I. Masaya, I. Sozo and N. Takeshi, "Deep Recurrent Neural Network for Mobile Human Activity Recognition With High Throughput," *Artifitial Life Robotics Journal*, vol. 23, pp. 173-185, 2018.

تحليل أداء وحدات تحكم الشبكات المعرفّة

برمجياً: POX و Opendaylight

الباحثة: م. ميساء الزاهر *

الملخص

لقد تناولنا في هذا البحث نوع جديد وحديث من الشبكات وهي الشبكات المعرفّة برمجياً والتي ابتكرت لتجاوز السليبيات والتحديات التي تعاني منها الشبكات التقليدية الموجودة حالياً من خلال فصل ذكاء الشبكة عن أجهزة التبديل ووضعها على وحدات تحكم خارجية وهذا ما يوفر بيئة أبسط للبرمجة وإدارة الشبكة وحرية أكبر للبرمجيات لتحديد سلوك الشبكة. يوجد حالياً العديد من تطبيقات وحدات التحكم المتوفرة، في هذا البحث قمنا بمقارنة أداء اثنين من وحدات التحكم مفتوحة المصدر وهي POX و Opendaylight باستخدام محاكي mininet والأداة D-ITG من حيث متوسط تأخير التدفق والإنتاجية وأي من وحدتي التحكم كانت أكثر ثباتاً مع زيادة الحمل من خلال قياس معامل jitter في عدد من بُنى الشبكات الأساسية لتحديد وحدة التحكم ذات السلوك الأفضل.

الكلمات المفتاحية: الشبكات المعرفّة برمجياً، وحدة التحكم POX، وحدة التحكم Opendaylight، محاكي mininet، الأداة D-ITG .

* م. ميساء الزاهر: قائم بالأعمال عضو هيئة فنية في كلية الهندسة المعلوماتية - جامعة البعث

Performance Analysis of Software Defined Networks Controllers: POX and Opendaylight

Abstract

In this research we have dealt with a new and modern type of networks, namely, Software Defined Networks, which were created to overcome the negatives and challenges faced by the existing traditional networks by separating network intelligence from switching devices and placing it on external controllers, and this provides a simpler environment for programming, network management and greater software freedom To determine network behavior. There are currently many controller applications available, in this paper we compared the performance of two open source controllers which are POX and Opendaylight using mininet emulator and D-ITG tool in terms of average flow delay and throughput and which of the two controllers was more stable with increased load through Measurement of the jitter parameter in a number of basic network architectures to determine which controller has the best behavior.

KEYWORDS: SDN, POX, Opendaylight, mininet, D-ITG.

1. المقدمة:

اقترحت فكرة الشبكات المعرفة برمجياً لتجاوز كل السلبات التي تعاني منها الشبكات التقليدية الحالية والتي تتمثل بالنقاط التالية:

أولاً: عدم وجود نقطة مركزية للإعدادات: حيث يتم إعداد كل جهاز على حدى، حتى لو كان الإعداد موحداً، وهذا الإعداد اليدوي ممل وعرضة للخطأ، وفي الوقت نفسه يلزم بذل جهد كبير لتحري الخلل وإصلاحه.

ثانياً: تعدد مستويات المهام على الجهاز الشبكي: ففي كل جهاز شبكي مستويين هما مستوى التحكم وهو من يقوم باتخاذ القرارات ومستوى البيانات أو التوجيه وهو الذي يقوم بتنفيذ ما قرره مستوى التحكم، وكما نعلم كلما زادت مستويات المهام على الجهاز كلما أدى ذلك إلى التقليل من أداء الجهاز الشبكي.

ثالثاً: تعددية الشركات المصنعة للتجهيزات الشبكية: حيث في الشركات الكبيرة ومراكز البيانات لا يتم الاعتماد على شركة مصنعة واحدة، والمشكلة أنّ كل شركة تملك نظام تشغيل خاص بها يختلف عن الشركات الأخرى أي ليس لدينا لغة موحدة تتمثل بنظام تشغيل موحد فيما بين الأجهزة الشبكية المختلفة التصنيع.

رابعاً: تظهر بعد فترة من الزمن من شراء الأجهزة الشبكية بروتوكولات وتقنيات جديدة قد نحتاج إليها، لكن هذه التجهيزات الموجودة لدينا في الشبكة لا تدعمها، كون هذه البروتوكولات والتقنيات ظهرت بعد تصنيعها وتحتاج إلى مواصفات أعلى. هنا سنضطر للتخلي عن هذه التقنيات والبروتوكولات، أما إذا كنا في حاجة ماسة إليها فسنضطر إلى تغيير كامل الأجهزة، ولكن عالم الشبكات سريع التقدم فمهما غيرنا الأجهزة وأحضرنا أجهزة جديدة فهي ستصبح قديمة بعد مرور الوقت.

خامساً: عند استخدام middleboxes مثل جدران الحماية وأنظمة كشف التسلل فإنها تراكب فوق البنية التحتية للشبكة الأساسية [1].

لذلك تم اقتراح فكرة الشبكات المعرفة برمجياً حيث عن طريق بنية SDN تصبح الشبكة عبارة عن عناصر توجيه للرمز "بسيطة"، من ناحية أخرى فإن قرارات التوجيه عالية المستوى ومعلومات الحالة تكون مركزية في وحدة تحكم مركزية خارجية ومنفصلة، بدلاً من فرض السياسات وتشغيل البروتوكولات على الأجهزة المتفرقة [2]. وبما أن وحدة التحكم هي من تمثل ذكاء الشبكة وهي من تقوم بصنع القرارات ولسلوها الأثر الأكبر على أداء الشبكة لذلك قمنا بتحليل أداء اثنين من وحدات التحكم المتوفرة والمفتوحة المصدر وهي Opendaylight و POX.

2. وحدة التحكم Opendaylight:

هي منصة مفتوحة المصدر، تم تطويرها من قبل مؤسسة linux بلغة ODL.java لا تدعم openflow فحسب بل تدعم أيضاً southbound APIs أخرى مثل BGP-LS و Lisp، قام بعض البائعين مثل Big switch و Cisco بترويج ODL [3].

3. وحدة التحكم POX:

تم تطوير منصة العمل هذه بالكامل باستخدام لغة Python [4]. تدعم بروتوكول openflow فقط وتتميز بأنه يمكن بوقت قليل فهم مكوناتها ومعرفة كيفية تشغيل هذه المكونات ويمكن تطوير تطبيقات خاصة بنا لتأدية وظائف معينة في الشبكة وإضافتها وتشغيلها بسهولة على وحدة التحكم POX فهي موجهة نحو البحث والتعليم.

4. مواد وطرق البحث:

سنستخدم في الاختبارات برنامج المحاكاة Mininet، حيث يستند هذا المحاكى إلى Linux لنمذجة الشبكات المعرفة برمجياً فهو يوفر طريقة بسيطة لاختبار الشبكات

لتطوير تطبيقات Openflow حيث يسمح باختبار طوبولوجيا كبيرة ومعقدة دون الحاجة إلى شبكة مادية [12].
سنستخدم أيضاً الأداة D-ITG والتي تستخدم لتوليد أنواع مختلفة من المرور وقياس معاملات الأداء في الشبكة مثل متوسط تأخير التدفق والإنتاجية و jitter.

5. الدراسات السابقة:

في الورقة البحثية [5] تم اختبار العديد من وحدات التحكم باستخدام أداة تسمى cbench وتم قياس الإنتاجية عن طريق إرسال أكبر عدد من رزم packet-in لحساب العدد الأقصى لعدد الرزم التي تتعامل معها وحدة التحكم وتم قياس وقت الاستجابة حيث ترسل cbench رزمة packet-in وينتظر الرد لحساب الوقت المستغرق لمعالجة رزمة واحدة بواسطة وحدة التحكم، وتم تشغيل cbench ووحدة التحكم على نفس الجهاز. وفي الدراسة [6] تم تقديم تحليل لوحدة التحكم الشائعة مفتوحة المصدر (nox,pox,beacon,floodlight,mul,ryu,maestro) حيث تم تحليل الأداء وقابلية التوسع والوثوقية والأمان ولأغراض الاختبار تم استخدام أداة تسمى hcprobe وأداة cbench. وفي الورقة [7] قام الباحثون بدراسة وتقييم أداء عدد من وحدات التحكم وهي (onons,ruy,floodlight,opendaylight) من حيث زمن الاستجابة والإنتاجية باستخدام الأداة cbench. وفي البحث [8] تم إجراء تقييم لأداء خمس وحدات تحكم (onos,libfluid,ruy,pox,opendaylight) من حيث الإنتاجية ومتوسط RTT (Round Trip Time) باستخدام أوامر ping و ipref، تم إجراء الاختبار باستخدام الهيكل الخطي فقط في محاكي mininet. أما في [9] تم إجراء مقارنة نظرية بين عدد من وحدات التحكم. وفي [3] تم مقارنة pox و floodlight و opendaylight في شبكة محاكاة تم إنشاؤها بواسطة محاكي mininet من حيث إنتاجية tcp وudp باستخدام أمر ipref، ومتوسط RTT للزرمة الأولى فقط من التدفق عبر أمر ping، تم إجراء الاختبارات باستخدام الهيكل

الشجري وهيكل محدد من قبل المستخدم. وركزت الورقة البحثية [10] على اثنين من وحدات التحكم وهما pox و floodlight وقاموا بمقارنة الأداء عن طريق تحليل الإنتاجية والتي تم حسابها من خلال النظر في استخدام عرض النطاق الترددي و RTT، كما تم تحليل RTT باستخدام الأمر ping، وذلك في عدد من بنى الشبكات الأساسية المضمنة في mininet وهي single و linear و tree بالإضافة إلى طوبولوجيا محددة من قبل المستخدم.

6. تحليل الأداء:

ما يميز بحثنا عن الأبحاث السابقة هو قيامنا بتحليل أداء وحدتي التحكم pox و opendaylight من حيث العوامل التالية المؤثرة على أداء الشبكة وهي متوسط تأخير التدفق ومتوسط معدل البتات ومتوسط معدل الرزم و jitter باستخدام الأداة D-ITG لتحديد وحدة التحكم ذات الأداء الأفضل في عدد من بنى الشبكات الأساسية المضمنة في mininet وهي single و linear و tree.

6-1 توليد المرور (Traffic):

في كل الاختبارات قمنا باستخدام الأداة D-ITG لتوليد تدفقين UDP مرسله من المضيف الأول إلى المضيف التاسع بحيث يكون عدد الرزم المولدة من التدفق الأول كل ثانية 1000 رزمة وعدد الرزم المولدة من التدفق الثاني كل ثانية 2000 رزمة، كل رزمة في أي تدفق مؤلفة من 512 بايت (القيمة الافتراضية) علماً أن مدة توليد أي تدفق 10 ثوانٍ (القيمة الافتراضية). ومن أجل كل تدفق قمنا بإعادة تنفيذ كل اختبار خمس مرات ثم أخذنا المتوسط الحسابي للنتائج. من المقاييس التي يتم الحصول عليها بتحليل ملفات السجل التي قمنا بتوليدها على طرف المستقبل باستخدام أداة D-ITG :

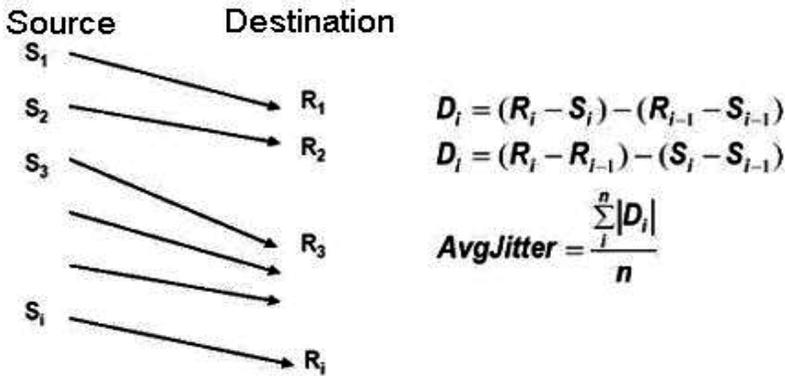
1-متوسط تأخير التدفق: وهو عبارة عن حاصل قسمة التأخير لجميع رزم التدفق المستلمة على عددها، والتأخير لكل رزمة هو الفرق بين وقت الاستقبال ووقت الإرسال لهذه الرزمة.

$$\text{Average Delay} = \sum (\text{rxTime} - \text{txTime}) / \text{Number of received packets} \quad (1)$$

وكما نعلم أن هذا المعامل يعتبر من المعاملات الأكثر أهمية عند دراسة سلوك أي شبكة، فكلما قل التأخير كلما زادت فعالية الشبكة، أما عند تجاوزه لحدود التسامح فإن ذلك سيجعلها غير فعالة.

2-متوسط معدل البتات المستلمة كل ثانية ومتوسط معدل الرزم المستلمة كل ثانية: كما نعلم أنه كلما كانت كمية البيانات المستلمة كل ثانية أكبر كلما كان ذلك يعبر عن سلوك أفضل للشبكة.

3- jitter: من العوامل الرئيسية المؤثرة على أداء الشبكة هو القدرة على التعامل مع الحمل بطريقة فعالة، لذلك قمنا باختيار هذا المعامل لنرى أيًا من وحدتي التحكم هي أكثر ثباتًا مع زيادة الحمل. وتقوم أداة D-ITG بحساب هذا المعامل بالصيغة التالية:



الشكل (1) صيغة حساب jitter [11].

حيث يتوافق Si و Ri على التوالي مع txTime (وقت الإرسال للزرمة) و rxTime (وقت الاستقبال للزرمة).

6-2 الاختبار الأول:

استخدمنا في هذا الاختبار طوبولوجيا single والتي تتألف من مبدل واحد متصل بمضيفات متعددة ويتصل المبدل بدوره بوحدة التحكم. تم تصميم هذه الطوبولوجيا مع 9 مضيفات باستخدام محاكي mininet من خلال الأمر التالي:

```
Sudo mn --topo single,9 --
```

```
controller=remote,ip=controller_ip,port=controller_port
```

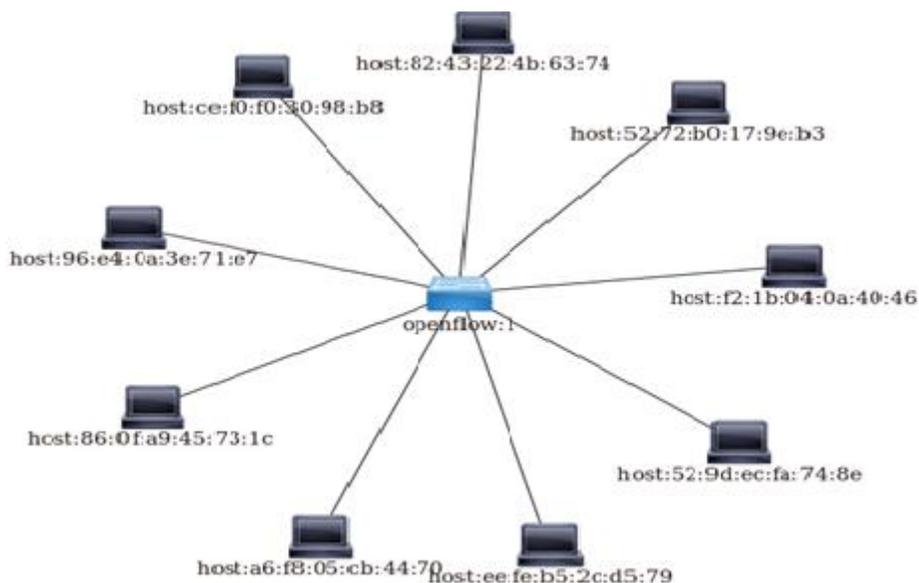
مع استبدال controller_ip بعنوان وحدة التحكم pox أو opendaylight، و controller_port برقم المنفذ الذي يتم التنصت عليه، علماً أن وحدات التحكم في جميع الاختبارات توجد على vm مختلفة عن vm التي تم تنصيب محاكي mininet عليها. وعند تنفيذ الاختبار مع وحدة التحكم pox يتم استدعاؤها على النحو الموجود في الشكل (2) حيث قمنا باستخدام الوحدة forwarding.l2_learning والتي تجعل مبدلات openflow تنصرف ك l2 learning switch، ومن الشكل (2) نلاحظ اتصال وحدة التحكم بمبدل واحد.

```
mayssaa@mayssaa: ~/pox
mayssaa@mayssaa:~$ cd pox
mayssaa@mayssaa:~/pox$ ./pox.py forwarding.l2_learning openflow.of_01 --port=6633
POX 0.3.0 (dart) / Copyright 2011-2014 James McCauley, et al.
INFO:core:POX 0.3.0 (dart) is up.
INFO:openflow.of_01:[00-00-00-00-00-01 2] connected
```

الشكل (2) استدعاء وحدة التحكم POX.

وعند تنفيذ الاختبار مع وحدة التحكم opendaylight والتي تدعم واجهة مستخدم رسومية مستندة إلى الويب يمكن رؤية طوبولوجيا single عن طريق إدخال عنوان

URL التالي [http://\\${ODL_IP}:8181/index.html](http://${ODL_IP}:8181/index.html) على متصفح الويب وهذا ما يوضحه الشكل (3).



الشكل (3) الطوبولوجيا الفردية في واجهة opendaylight الرسومية. ويتوليد ال traffic وتحليل ملفات السجل بشكل مكافئ للفقرة 6-1 نحصل على النتائج التالية:

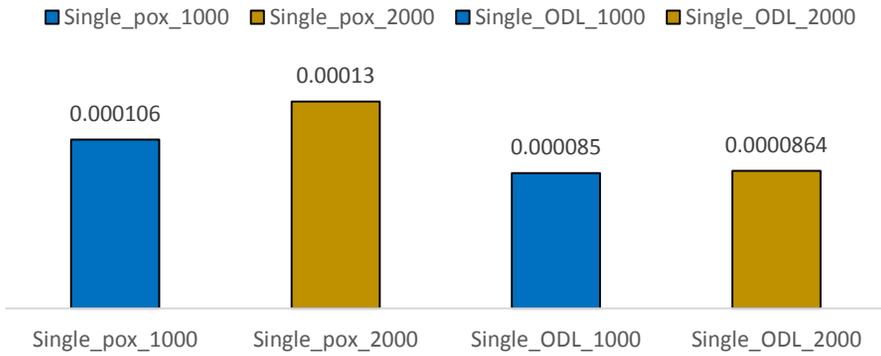
Average delay 📊

Tests	Single_pox _1000	Single_pox _2000	Single_ODL _1000	Single_ODL _2000
Avg delay(s)	0.000106	0.00013	0.000085	0.0000864

الجدول (1) قيم متوسط التأخير لطوبولوجيا Single.

لفهم الفرق بشكل أوضح بين قيم متوسط التأخير رسمنا المخطط البياني التالي:

Avg delay(s)



الشكل (4) متوسط التأخير لطوبولوجيا Single.

نلاحظ أن قيم متوسط التأخير في طوبولوجيا single هي أعلى مع وحدة التحكم pox وبالتالي يكون أداءها أفضل مع وحدة التحكم opendaylight.

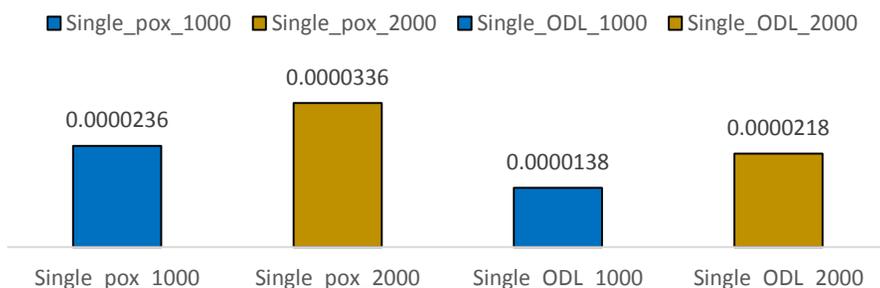
Average jitter 📊

Tests	Single_pox_1000	Single_pox_2000	Single_ODL_1000	Single_ODL_2000
Avg jitter(s)	0.0000236	0.0000336	0.0000138	0.0000218

الجدول (2) قيم متوسط jitter لطوبولوجيا single.

لفهم الفرق بشكل أوضح بين قيم متوسط jitter رسمنا المخطط البياني التالي:

Avg jitter(s)



الشكل (5) متوسط jitter لطوبولوجيا Single.

نلاحظ من أجل أي تدفق كان الانحراف بين قيم تأخير الرزم أقل مع وحدة التحكم opendaylight، وإذا ما قارنا القيم من ناحية زيادة الحمل نلاحظ أن opendaylight أكثر ثباتاً مع زيادة الحمل حيث كان الفرق في قيم jitter بين التدفقين مع opendaylight هو 0.000008 أقل من الفرق في قيم jitter بين التدفقين مع pox وهو 0.00001.

Average packet rate و Average bitrate

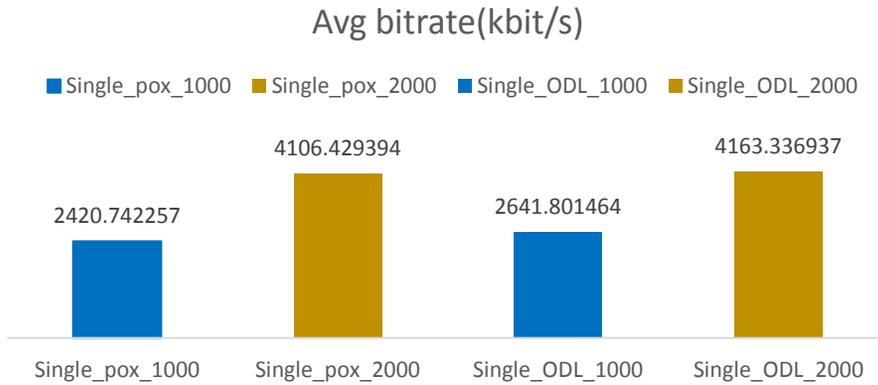
Tests	Single_pox_1000	Single_pox_2000	Single_ODL_1000	Single_ODL_2000
Avg bitrate(kb/s)	2420.7422	4106.4293	2641.8014	4163.3369
	57	94	64	37

الجدول (3) قيم متوسط معدل البتات لطوبولوجيا single.

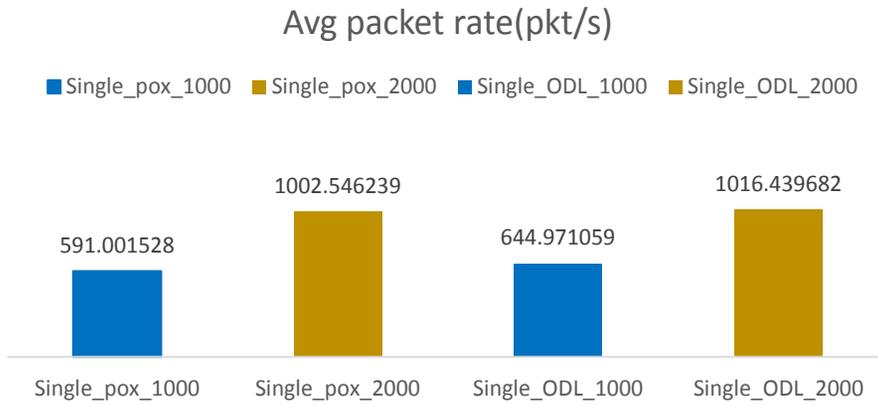
Tests	Single_pox_1000	Single_pox_2000	Single_ODL_1000	Single_ODL_2000
Avg pkt rate(pkt/s)	591.00152	1002.5462	644.97105	1016.4396
	8	39	9	82

الجدول (4) قيم متوسط معدل الرزم لطوبولوجيا single.

لفهم الفرق بشكل أوضح بين القيم رسمنا المخططات البيانية التالية:



الشكل (6) متوسط معدل البتات لطوبولوجيا Single.



الشكل (7) متوسط معدل الرزم لطوبولوجيا Single.

نلاحظ أن كمية البيانات المستلمة كل ثانية مع وحدة التحكم opendaylight أكبر منها مع pox.

3-6 الاختبار الثاني:

استخدمنا في هذا الاختبار الطوبولوجيا الخطية Linear، مع هذه الطوبولوجيا يمكن تحديد عدد المبدلات في الشبكة، يتصل كل مبدل إلى مضيف، وجميع المبدلات متصلة ببعضها البعض والتي بدورها تتصل إلى وحدة التحكم. تم تصميم هذه

الطوبولوجيا مع 9 مبدلات وهذا أدى إلى وجود 9 مضيفات باستخدام محاكي mininet من خلال الأمر التالي:

```
Sudo mn --topo linear,9 --  
controller=remote,ip=controller_ip,port=controller_port
```

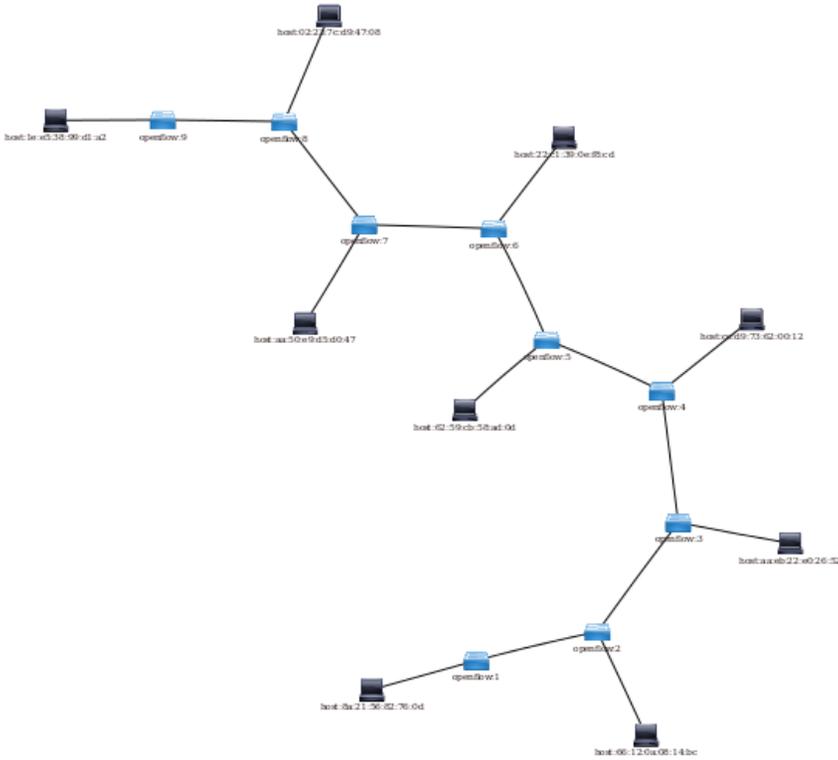
مع استبدال controller_ip بعنوان وحدة التحكم pox أو opendaylight، و controller_port برقم المنفذ الذي يتم التنصت عليه. وعند تنفيذ الاختبار مع وحدة التحكم pox يتم استدعاؤها على النحو الموجود في الشكل (8) ونلاحظ اتصال وحدة التحكم ب 9 مبدلات.

```
mayssaa@mayssaa:~/pox$ ./pox.py forwarding.l2_learning openflow.of_01 --port=6633  
POX 0.3.0 (dart) / Copyright 2011-2014 James McCauley, et al.  
INFO:core:POX 0.3.0 (dart) is up.  
INFO:openflow.of_01:[00-00-00-00-00-02 5] connected  
INFO:openflow.of_01:[00-00-00-00-00-09 7] connected  
INFO:openflow.of_01:[00-00-00-00-00-01 2] connected  
INFO:openflow.of_01:[00-00-00-00-00-06 3] connected  
INFO:openflow.of_01:[00-00-00-00-00-03 4] connected  
INFO:openflow.of_01:[00-00-00-00-00-08 6] connected  
INFO:openflow.of_01:[00-00-00-00-00-07 8] connected  
INFO:openflow.of_01:[00-00-00-00-00-04 9] connected  
INFO:openflow.of_01:[00-00-00-00-00-05 10] connected
```

الشكل (8) استدعاء وحدة التحكم POX.

وعند تنفيذ الاختبار مع وحدة التحكم opendaylight يمكن رؤية طوبولوجيا Linear على متصفح الويب كما في الشكل (9).

تحليل أداء وحدات تحكم الشبكات المعرفة برمجياً: POX و OpenDaylight



الشكل (9) الطوبولوجيا الخطية في واجهة opendaylight الرسومية. وبتوليد ال traffic وتحليل ملفات السجل بشكل مكافئ للفقرة 6-1 نحصل على النتائج التالية:

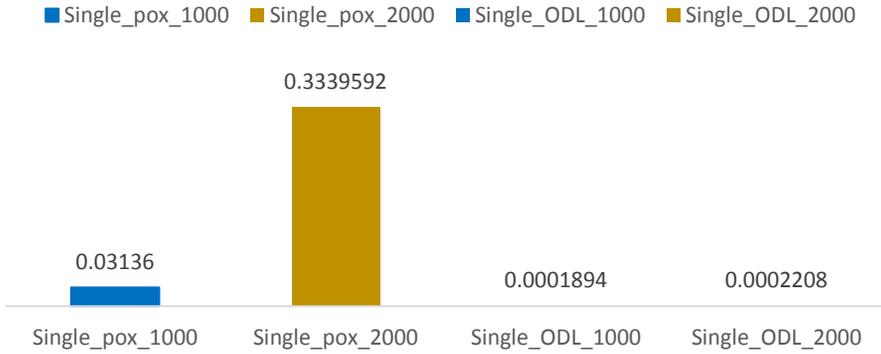
Average delay 🚦

Tests	Single_pox _1000	Single_pox _2000	Single_ODL _1000	Single_ODL _2000
Avg delay(s)	0.03136	0.3339592	0.0001894	0.0002208

الجدول (5) قيم متوسط التأخير لطوبولوجيا Linear.

لفهم الفرق بشكل أوضح بين قيم متوسط التأخير رسمنا المخطط البياني التالي:

Avg delay(s)



الشكل (10) متوسط التأخير لطوبولوجيا Linear.

نلاحظ أن قيم متوسط التأخير في طوبولوجيا linear هي أعلى بكثير مع وحدة التحكم pox وبالتالي يكون سلوكها أفضل بكثير مع وحدة التحكم opendaylight. وإذا ما قارنا قيم متوسط التأخير في هذه الطوبولوجيا مع قيم التأخير في طوبولوجيا single نجد أن القيم في الطوبولوجيا الخطية أكبر منها في الفردية بسبب أن عدد المبدلات في الطوبولوجيا الخطية أكبر وبالتالي تحتاج الرزمة وقت أكبر حتى تصل إلى الهدف بسبب مرورها على أكثر من مبدل بينما في الطوبولوجيا الفردية لن تحتاج الرزمة سوى المرور عبر مبدل واحد فقط حتى تصل إلى الهدف.

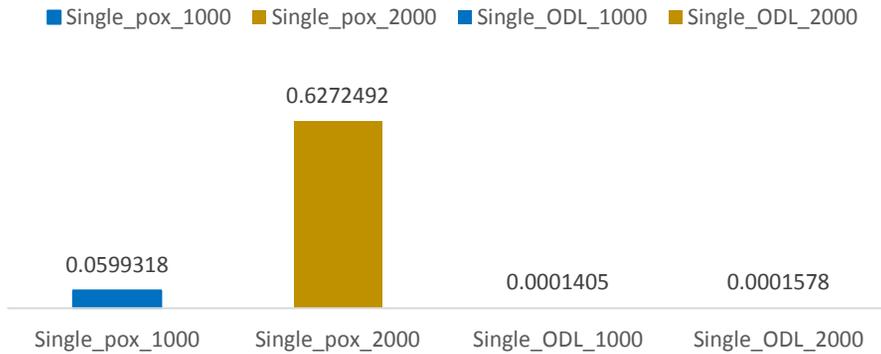
Average jitter 📊

Tests	Single_pox_1000	Single_pox_2000	Single_ODL_1000	Single_ODL_2000
Avg jitter(s)	0.0599318	0.6272492	0.0001405	0.0001578

الجدول (6) قيم متوسط jitter لطوبولوجيا Linear.

لفهم الفرق بشكل أوضح بين قيم متوسط jitter رسمنا المخطط البياني التالي:

Avg jitter(s)



الشكل (11) متوسط jitter لطوبولوجيا Linear.

نلاحظ من أجل أي تدفق كان الانحراف بين قيم تأخير الرزم أقل بكثير مع وحدة التحكم opendaylight، وإذا ما قارنا القيم من ناحية زيادة الحمل نلاحظ أن opendaylight أكثر ثباتاً مع زيادة الحمل حيث كان الفرق في قيم jitter بين التدفقين مع opendaylight هو 0.0000173 أقل بكثير من الفرق في قيم jitter بين التدفقين مع pox وهو 0.5673174 .

Average packet rate و Average bitrate

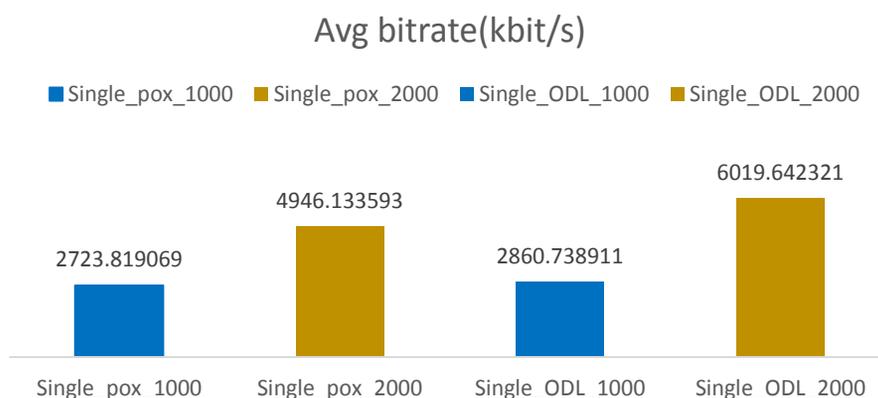
Tests	Single_pox_1000	Single_pox_2000	Single_ODL_1000	Single_ODL_2000
Avg bitrate(kb/s)	2723.8190	4946.1335	2860.7389	6019.6423
	69	93	11	21

الجدول (7) قيم متوسط معدل البتات لطوبولوجيا Linear.

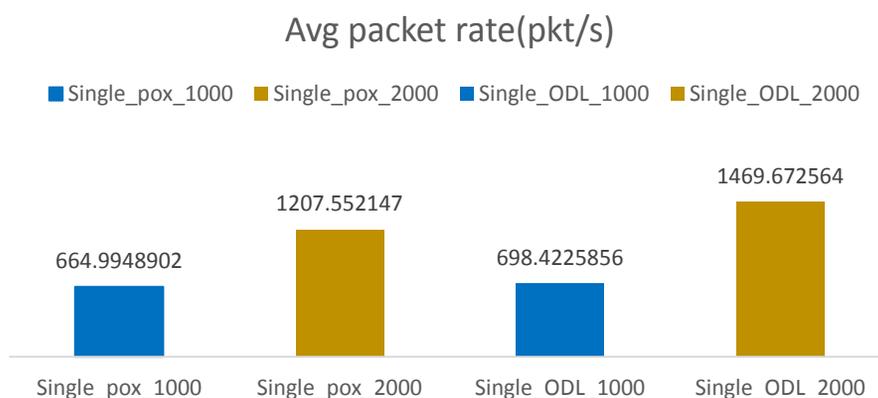
Tests	Single_pox _1000	Single_pox _2000	Single_ODL _1000	Single_ODL _2000
Avg pkt rate(pkt/s)	664.99489 02	1207.5521 47	698.42258 56	1469.6725 64

الجدول (8) قيم متوسط معدل الرزم لطوبولوجيا Linear.

لفهم الفرق بشكل أوضح بين القيم رسمنا المخططات البيانية التالية:



الشكل (12) متوسط معدل البتات لطوبولوجيا Linear.



الشكل (13) متوسط معدل الرزم لطوبولوجيا Linear.

نلاحظ أنّ كمية البيانات المستلمة كل ثانية مع وحدة التحكم opendaylight أكبر منها مع pox. وإذا ما قارنا كمية البيانات المستلمة كل ثانية في هذه الطوبولوجيا مع كمية البيانات المستلمة كل ثانية في طوبولوجيا single نجد أنّ القيم في الطوبولوجيا الخطية أكبر منها في الفردية بسبب توزيع الحمل على المبدلات في الطوبولوجيا الخطية.

6-4 الاختبار الثالث:

استخدمنا في هذا الاختبار الطوبولوجيا الشجرية tree، مع هذه الطوبولوجيا يمكن توصيل المبدلات والمضيفات في هيكل شجري. تم تصميم هذه الطوبولوجيا باستخدام محاكي mininet من خلال الأمر التالي:

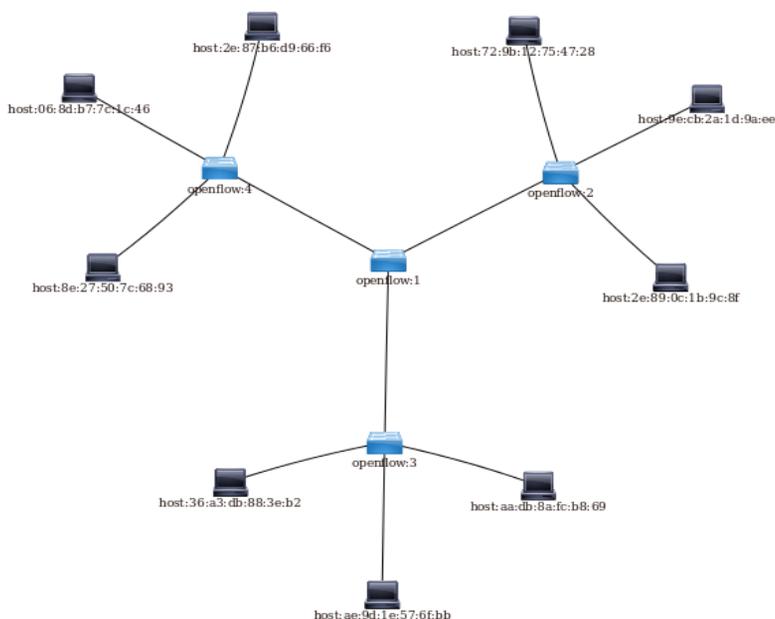
```
Sudo mn --topo tree,depth=2,fanout=3 --  
controller=remote,ip=controller_ip,port=controller_port
```

هذا الأمر سيؤدي إلى إنشاء طوبولوجيا بعمق مستويين من المبدلات مع ثلاث أولاد لكل عقدة، أي سيمتلك الهيكل الشجري 4 مبدلات و 9 مضيفات مع استبدال controller_ip بعنوان وحدة التحكم pox أو opendaylight، و controller_port برقم المنفذ الذي يتم التتصت عليه. وعند تنفيذ الاختبار مع وحدة التحكم pox يتم استدعاؤها على النحو الموجود في الشكل (14) و نلاحظ اتصال وحدة التحكم ب 4 مبدلات.

```
mayssaa@mayssaa:~/pox$ ./pox.py forwarding.l2_learning openflow.of_01 --port=6633  
POX 0.3.0 (dart) / Copyright 2011-2014 James McCauley, et al.  
INFO:core:POX 0.3.0 (dart) is up.  
INFO:openflow.of_01:[00-00-00-00-00-01 2] connected  
INFO:openflow.of_01:[00-00-00-00-00-02 4] connected  
INFO:openflow.of_01:[00-00-00-00-00-03 3] connected  
INFO:openflow.of_01:[00-00-00-00-00-04 5] connected
```

الشكل(14) استدعاء وحدة التحكم POX.

وعند تنفيذ الاختبار مع وحدة التحكم opendaylight يمكن رؤية طوبولوجيا tree على متصفح الويب كما في الشكل (15).



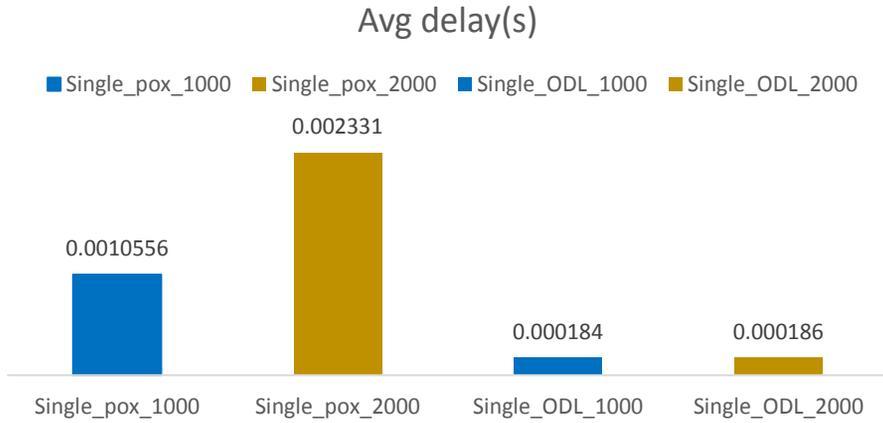
الشكل (15) الطوبولوجيا الشجرية في واجهة opendaylight الرسومية. ويتوليد ال traffic وتحليل ملفات السجل بشكل مكافئ للفقرة 6-1 نحصل على النتائج التالية:

Average delay 📊

Tests	Single_pox _1000	Single_pox _2000	Single_ODL _1000	Single_ODL _2000
Avg delay(s)	0.0010556	0.002331	0.000184	0.000186

الجدول (9) قيم متوسط التأخير لطوبولوجيا Tree.

لفهم الفرق بشكل أوضح بين قيم متوسط التأخير رسمنا المخطط البياني التالي:



الشكل (16) متوسط التأخير لطوبولوجيا Tree.

نلاحظ أن قيم متوسط التأخير في طوبولوجيا Tree هي أعلى بكثير مع وحدة التحكم pox وبالتالي يكون أداء الشبكة أفضل مع وحدة التحكم opendaylight. وإذا ما قارنا قيم متوسط التأخير في هذه الطوبولوجيا مع قيم التأخير في طوبولوجيا linear نجد أن القيم في الطوبولوجيا الشجرية أقل منها في الخطية بسبب أن عدد المبدلات في الطوبولوجيا الشجرية أقل وبالتالي ستحتاج الرزمة وقت أقل لتصل إلى الهدف.

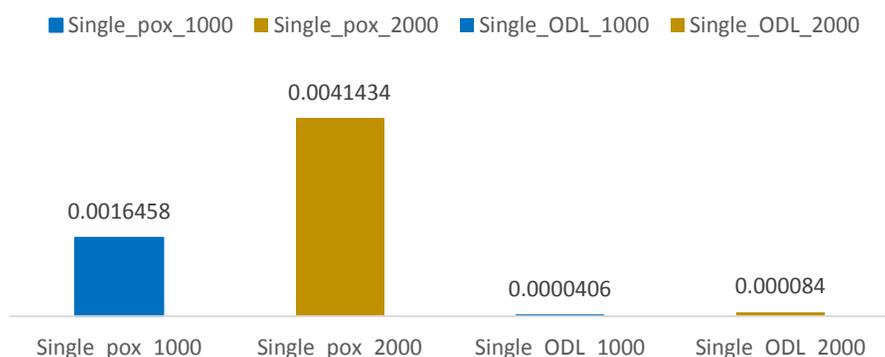
Average jitter 📊

Tests	Single_pox_1000	Single_pox_2000	Single_ODL_1000	Single_ODL_2000
Avg jitter(s)	0.0016458	0.0041434	0.0000406	0.000084

الجدول (10) قيم متوسط jitter لطوبولوجيا Tree.

لفهم الفرق بشكل أوضح بين قيم متوسط jitter رسمنا المخطط البياني التالي:

Avg jitter(s)



الشكل (17) متوسط jitter لطوبولوجيا Tree.

نلاحظ من أجل أي تدفق كان الانحراف بين قيم تأخير الرزم أقل بكثير مع وحدة التحكم opendaylight، وإذا ما قارنا القيم من ناحية زيادة الحمل نلاحظ أن opendaylight أكثر ثباتاً مع زيادة الحمل حيث كان الفرق في قيم jitter بين التدفقين مع opendaylight هو 0.0000434 أقل بكثير من الفرق في قيم jitter بين التدفقين مع pox وهو 0.0024976 .

Average packet rate و Average bitrate 📊

Tests	Single_pox_1000	Single_pox_2000	Single_ODL_1000	Single_ODL_2000
Avg	2414.1809	4142.0685	2741.6022	5434.6089
bitrate(kb/s)	77	97	42	19

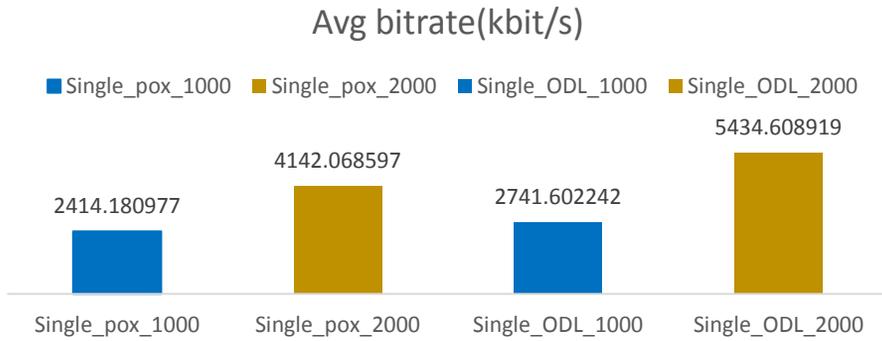
الجدول (11) قيم متوسط معدل البتات لطوبولوجيا Tree.

تحليل أداء وحدات تحكم الشبكات المعرفة برمجياً: POX و Opendaylight

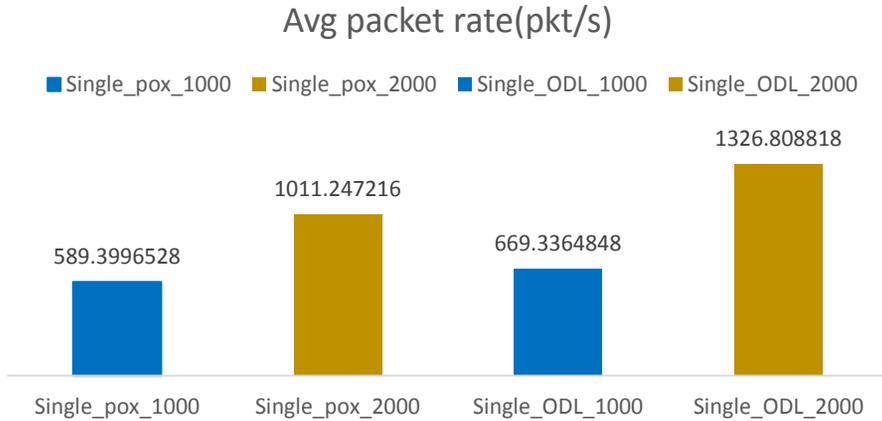
Tests	Single_pox _1000	Single_pox _2000	Single_ODL _1000	Single_ODL _2000
Avg pkt rate(pkt/s)	589.39965 28	1011.2472 16	669.33648 48	1326.8088 18

الجدول (12) قيم متوسط معدل الرزم لطوبولوجيا Tree.

لفهم الفرق بشكل أوضح بين القيم رسمنا المخططات البيانية التالية:



الشكل (18) متوسط معدل البتات لطوبولوجيا Tree.



الشكل (19) متوسط معدل الرزم لطوبولوجيا Tree.

نلاحظ أنّ كمية البيانات المستلمة كل ثانية مع وحدة التحكم opendaylight أكبر منها مع POX. وإذا ما قارنا كمية البيانات المستلمة كل ثانية في هذه الطوبولوجيا مع

كمية البيانات المستلمة كل ثانية في طوبولوجيا Linear نجد أن القيم في الطوبولوجيا الخطية أكبر منها في الشجرية بسبب توزيع الحمل على مبدلات أكثر في الطوبولوجيا الخطية.

7. ملخص النتائج:

وفقاً للنتائج التي تم الحصول عليها نستنتج أن وحدة التحكم opendaylight توفر أداءً أفضل للشبكة مقارنة بوحدة التحكم pox، فعند استخدام وحدة التحكم opendaylight حصلنا على تأخير أقل وإنتاجية أعلى وتعاملت مع زيادة الحمل بطريقة أفضل من وحدة التحكم pox، وكما رأينا أن وحدة التحكم opendaylight توفر واجهة مستخدم رسومية مستندة إلى الويب من خلالها يمكن رؤية طوبولوجيا الشبكة، ولكن يجب الإشارة إلى أن وحدة التحكم pox توفر سهولة أكبر من ناحية تشغيلها وفهم مكوناتها وتطويرها.

8. المراجع :

- [1] A Survey of Software–Defined Networking: Past,Present, and Future of Programmable Networks Bruno Nunes Astuto, Marc Mendonça, Xuan Nam Nguyen, Katia Obraczka,Thierry Turletti, HAL Id: hal–00825087 <https://hal.inria.fr/hal–00825087v5> Submitted on 19 Jan 2014.
- [2] Enhancing quality of service in software–defined networks, professor antonio corradi, academic year 2013–2014.
- [3] Performance analysis of SDN controllers: POX, Floodlight and Opendaylight. GERELTSETSEG Altangerel, TUGSJARGAL Chuluuntsetseg, DASHDORJ Yamkhin/Ph.D/. Department of Information network and Security ,The school of Information and Communication Technology, Mongolian University of Science and Technology ,Ulaanbaatar, Mongolia, Conference Paper April 2019
- [4] POX Wiki, Added by Ali Al–Shabibi, last edited by Murphy McCauley On Mar 05, 2015 <https://openflow.stanford.edu/display/ONL/POX+Wiki>.
- [5] SDN Controllers: A Comparative Study,Ola Salman Imad Elhajj Ayman Kayssi Ali Chehab,Electrical and Computer Engineering ,Department American University of Beirut,Beirut 11 07 2020, Lebanon.
- [6] Advanced Study of SDN/OpenFlow controllers, Alexander Shalimov, Dmitry Zuikov, Daria Zimarina, Vasily Pashkov, Ruslan Smeliansky, Conference Paper October 2013 .
- [7] A Comparative Evaluation of the Performance of Popular SDN Controllers, Lusani Mamushiane, Albert Lysko, Sabelo Dlamini ,CSIR Pretoria, South Africa, 2018 .
- [8] Performance Evaluation and Comparison of Software

Defined Networks Controllers, Mahmood Z. Abdullah, Nasir A. Al-awad, Fatima W. Hussein, Computer Engineering Department, Al-Mustansiriyah University, Baghdad, Iraq, 2018.

[9] sdn controllers comparison, v r sudarsana raju ,Srit, bangalore, 7, Jul.-2018.

[10] Performance Analysis of SDN/OpenFlow Controllers: POX Versus Floodlight ,Idris Z. Bholebawa Upena D. Dalal , Department of Electronics and Communication Engineering, S. V. National Institute of Technology, Surat, Gujarat 395007, India, published online :30 August 2017 .

[11] D-ITG 2.8.1 Manual, Alessio Botta, Walter de Donato, Alberto Dainotti, Stefano Avallone, and Antonio Pescap' e, COMICS (COMputer for Interaction and CommunicationS) Group, Department of Electrical Engineering and Information Technologies ,University of Napoli Federico, October 28, 2013

[12] Development of a performance measurement tool for SDN, Marion MAUGENDRE, Date :07/10/2015.

تحسين أداء خوارزمية Viola-Jones في كشف وتحديد

الوجوه ضمن الصور ومقاطع الفيديو الرقمية

د.م. فواز مفضي ***

د.م. طلال حمود**

م. ولاء سفور*

الملخص

تمّ في هذا البحث إجراء دراسة مرجعية لأهم خوارزميات كشف وتحديد الوجوه في الصور الرقمية والفيديو الرقمي، وهي خوارزمية Viola-Jones، ومن ثمّ إضافة تحسين لهذه الخوارزمية. يتمثل التحسين بزيادة سرعة تنفيذ الخوارزمية، وذلك عن طريق إضافة عملية كشف الجلد skin detection على المنطقة المحيطة من الصورة المدروسة أو الإطار المدروس من مقطع الفيديو، ومن ثمّ تطبيق خوارزمية Viola-Jones على الصورة مع إهمال المنطقة المحيطة إن كانت غير حاوية على الجلد. قمنا باختبار الخوارزمية على عدة صور وعدة مقاطع فيديو قبل وبعد التحسين، مع عرض النتائج.

الكلمات المفتاحية: كشف وتحديد الوجوه، خوارزمية Viola-Jones، خصائص Haar، خوارزمية Adaboost، كشف لون الجلد البشري.

* أعد هذا البحث في سياق رسالة الدكتوراه للمهندسة ولاء سفور بإشراف الدكتور المهندس طلال حمود.

** طالبة دكتوراه في قسم هندسة الإلكترونيات والاتصالات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق.

*** أستاذ مساعد في قسم هندسة الإلكترونيات والاتصالات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق.

**** دكتور مدرس في قسم هندسة الإلكترونيات والاتصالات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق.

Improving Viola-Jones algorithm's performance in face detection for digital images and videos

Abstract

In this research, we present a reference study for the most important face detection algorithms in digital images and digital videos, which is Viola-Jones algorithm, and then we proposed an improvement to the algorithm which is increasing the speed of the algorithm's implementation by adding a skin detection process to the peripheral area of the studied image or the studied frame of video, and then applying Viola-Jones algorithm to the image while neglecting the peripheral area if it is not containing skin. We tested the algorithm on several images and videos before and after the optimization.

Key words: face detection, Viola-Jones algorithm, Haar features, AdaBoost algorithm, skin detection.

1.مقدمة

يُقصد بعملية كشف الوجه في صورة أو مقطع فيديو تحديد فيما إذا كانت الصورة أو المقطع يحوي وجوه أو لا، بالإضافة إلى تحديد موقع وأبعاد كل وجه، وكشف الوجه تطبيقات متعددة فهو يمثل مرحلة أولى للكثير من العمليات والتي من أهمها التعرف على الوجوه Face Recognition، التعرف على تعابير الوجه Facial Expressions Recognition ، كشف العمر والجنس وغيرها من التطبيقات. تُعتبر خوارزمية Viola-Jones من أهم خوارزميات كشف الوجه في الوقت الحالي، تم تطوير هذه الخوارزمية عام 2001 وكان ذلك بمثابة قفزة كبيرة في كشف الوجه لامتياز هذه الخوارزمية بالدقة العالية، بالإضافة إلى سرعة في التنفيذ لاعتمادها على أساليب حسابية ذات زمن تنفيذ قليل مما يجعل الخوارزمية مناسبة لكشف وملاحقة الوجوه في مقاطع الفيديو لذلك يُعتمد على خوارزمية Viola-Jones حالياً في معظم تطبيقات كشف وتحديد الوجه في الهواتف النقالة والحواسيب الشخصية.

منذ تطوير خوارزمية Viola_Jones للمرة الأولى وحتى الآن، يعمل الباحثون على إضافة تحسينات لها، مما أدى إلى نشوء نسخ جديدة من الخوارزمية بعضها ذات سرعة أعلى وبعضها ذات دقة كشف أعلى من الخوارزمية الأساسية، ونذكر من ذلك قيام الباحثين John Gan و Adrlan Clarck في عام 2017 بزيادة سرعة الخوارزمية عن طريق استبدال خصائص Haar التي تستخرج في الخوارزمية الأساسية بخصائص الأنماط الثنائية المحلية Local Binary Patterns (LBP)، مما أعطى زيادة في سرعة الخوارزمية بمقدار الضعف، ولكن بوجود تقييد وهو التطبيق على الصور الحرارية فقط، والتي تلتقط من كاميرات خاصة [1]، أيضاً نذكر جهود الباحثين Ahmed I. Taloba، Adel A. Sewisy و Yasser A. Dawood عام 2018 في تحسين دقة خوارزمية Viola_Jones وذلك عن طريق الخوارزميات الجينية Genetic Algorithms ويعتمد التحسين على وجود معامل يمكن من زيادة دقة الخوارزمية ولكن على حساب إنقاص سرعتها، أو العكس أي زيادة السرعة ولكن على حساب الدقة [2]، إضافةً إلى ذلك، قام الباحثون Muhammad Fachrurrozi, Kerel Afif عام 2020 بإضافة عملية كشف الجلد skin detection على

نوافذ الخوارزمية، ومن ثمّ الاستفادة من نتيجة الكشف لزيادة كل من دقة الخوارزمية وأيضاً زيادة سرعتها وقد بلغ مقدار زيادة السرعة %6.14، إلا أنّ عملية الاختبار شملت الصور وحيدة الوجوه فقط [3].

2. هدف البحث

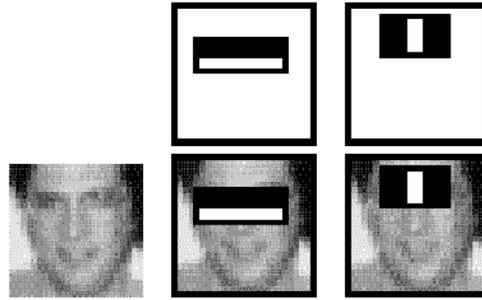
يهدف البحث إلى تقديم تحسين لخوارزمية Viola-Jones، ويتضمّن التحسين زيادة لسرعة تنفيذ الخوارزمية، ومن المعلوم أن خوارزمية Viola-Jones تعتبر من الخوارزميات ذات سرعة التنفيذ الجيدة كما ذكرنا سابقاً، لكن زيادة إضافية في سرعة التنفيذ ستكون مفيدة وفعالة في تحسين أداء الخوارزمية خصوصاً في ما يتعلّق بكشف وملاحقة الوجوه في مقاطع الفيديو بشكل عام، ومقاطع الفيديو التي تُبث مباشرةً بشكل خاص حيث تأخذ سرعة التنفيذ أهمية خاصة.

3. دراسة مرجعية عن كشف وتحديد الوجه باستخدام خوارزمية Viola-Jones

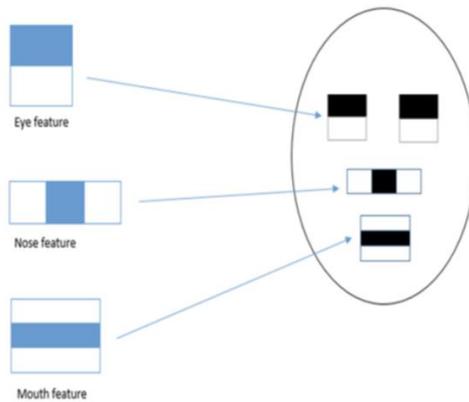
تقوم الفكرة الأساسية للخوارزمية على تمرير نافذة على الصورة واختبار فيما إن كانت هذه النافذة تحوي وجه ذا أبعاد موافقة لأبعاد النافذة أم لا. من أجل كشف وجوه بأبعاد مختلفة يجب تمرير نوافذ بأبعاد مختلفة، أي تمرير نافذة على كل مواضع الصورة ومن ثمّ تغيير حجم النافذة وتمرير النافذة الجديدة على مواضع الصورة وهكذا. تعتمد خوارزمية Viola-Jones في اختبار وجود الوجه في النافذة على ما يسمى خصائص Haar [4].



الشكل (1) مسح النافذة للصورة



الشكل (3) مثال أول عن استخدام خصائص Haar لكشف الوجه [6]



الشكل (4) مثال ثانٍ عن استخدام خصائص Haar لكشف الوجه [6]

يمكن لكل خاصية من خصائص Haar أن تعطي إما نتيجة إيجابية (استجابة عالية)، أو نتيجة سلبية (استجابة منخفضة)، أي يمكن القول أنّ كل خاصية Haar هي مصنّف يعطي نتيجة إيجابية أو سلبية عن وجود وجه في النافذة الحالية، لكنّ المصنّف المعتمد على خاصية Haar واحدة هو مصنّف ضعيف جداً أي ذو نتائج غير دقيقة فلا يمكن بالتأكيد الاقتصار عليه، وسنرى لاحقاً كيفية تشكيل مصنّف قوي لكشف الوجه عن طريق تكامل عدد كبير من خصائص Haar باستخدام خوارزمية AdaBoost [5].

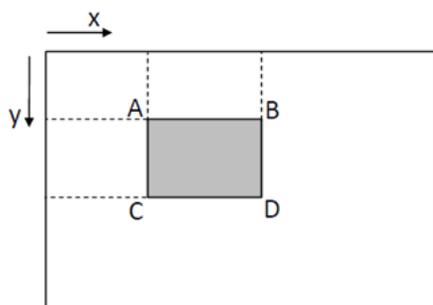
2.3. طريقة حساب خصائص Haar في خوارزمية Viola-Jones

يتم حساب خصائص Haar عن طريق ما يعرف بالصورة التكاملية وهي طريقة للحساب السريع لمجموع القيم المحتواة ضمن مستطيل في الصورة، وتعتمد على العلاقة التالية:

$$ii(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} i(x', y')$$

حيث $ii(x, y)$ هي الصورة التكاملية عند البكسل ذي الإحداثيات (x, y) ، $i(x', y')$ هي الصورة الأصلية. يمكن الاعتماد على الصورة الجمعية من أجل حساب مجموع القيم ضمن المستطيل ABCD المبين في الشكل (5) عن طريق العلاقة التالية:

$$\sum_{(x,y) \in ABCD} i(x, y) = ii(D) + ii(A) - ii(B) - ii(C)$$



الشكل (5) حساب مجموع القيم ضمن مستطيل باستخدام الصورة التكاملية [7]

ونلاحظ أن حساب مجموع قيم بكسلات مستطيل تم بعملية حسابية على أربع قيم فقط، وبإسقاط هذا الأمر على حساب خصائص Haar، يمكن القول بأن حساب خاصية Haar للنوع الأول مثلاً تتم بعملية حسابية على ست قيم فقط، مقابل ثماني قيم لحساب النوع الثاني وتسع قيم لحساب النوع الثالث، ما يعني أن الاعتماد على الصورة التكاملية يفيد في حساب خصائص Haar بزمن قصير جداً [7].

3.3. التصنيف عن طريق خوارزمية AdaBoost

تهدف خوارزمية AdaBoost في بحثنا إلى تشكيل مصنّف قادر على تصنيف نافذة ما في صورة إما نافذة تحوي وجه أو نافذة لا تحوي وجه، بحيث أنّ أبعاد الوجه الذي نبحث عنه موافق لأبعاد النافذة، ويتم الاعتماد في تشكيل معادلة هذا المصنّف على خصائص Haar.

قبل شرح مبدأ عمل خوارزمية Adaboost في كشف الوجه لا بد من التطرق إلى التصنيف الثنائي.

1.3.3. التصنيف الثنائي

يُعرّف التصنيف classification على أنه نسب عنصر ما data object إلى فئة محددة من فئات معروفة مسبقاً، وذلك حسب خصائص هذا العنصر، وتتم عملية التصنيف عن طريق تحليل بيانات عدد من العناصر والتي عُلّم تصنيفها مسبقاً ويطلق عليها اسم عينات التدريب training data، وذلك بهدف تعلّم نموذج model أو تابع function يمكن استخدامه لاحقاً من أجل نسب عناصر غير معلومة التصنيف إلى الفئة الصحيحة. في تطبيق كشف الوجه، يوجد حالتان فقط للتصنيف هما وجود وجه وعدم وجوده، لهذا السبب نركز في الدراسة على التصنيف الذي يتضمن حالتين فقط، أو ما يعرف بالتصنيف الثنائي binary classification.

ليكن لدينا عدد من عينات التدريب، حيث أنّ عينة التدريب في حالتنا (كشف الوجه) هي عبارة عن صورة إما تحوي وجه أو لا تحوي وجه، وليكن عدد هذه العينات m وكل عينة تمتلك عدداً من الخصائص التي يعتمد عليها في التصنيف. سنرمز للمجموعة المؤلفة من العينات بالرمز X ، كل عينة من العينات لها تصنيف محدد والذي له خياران إما 1 (صورة تحوي وجه) أو -1 (صورة لا تحوي وجه) ونرمز لمجموعة التصنيفات بالرمز Y حيث $Y = \{-1, +1\}$.

سنعرّف الآن ما يسمى بمجموعة تدريب العينة sample training set وهي المجموعة S وتحوي العينة x_j مع التصنيف المقابل لها y_j أي $S = \{(x_j, y_j)\}$ حيث $j = 1, 2, \dots, m$. سنرمز لخصائص العينة المؤثرة في عملية التصنيف بالرمز f_t حيث $t = 1, 2, \dots, T$ باعتبار T عدد الخصائص.

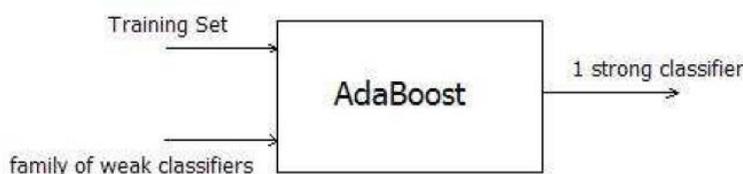
تعني عملية تدريب المصنف الثنائي الخطي إيجاد علاقة خطية تربط بين الخصائص ونتيجة التصنيف وفق ما يلي:

$$z = \alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2 + \dots + \alpha_T f_T + b$$

$$z = \alpha^T x + b$$

وبحيث أنّ العينة الحالية تنتمي للتصنيف الأول أي $y=1$ عندما يكون $z>0$ وبالمقابل، تنتمي العينة إلى التصنيف الثاني أي $y=-1$ عندما $z<0$. يطلق على α اسم شعاع الوزن وهو يعطي وزن مختلف لكل خاصية من الخصائص بحسب مدى تأثيرها بالتصنيف، ويطلق على العدد b قيمة الانحياز، ويمكن للتبسيط اعتبار $b=0$ بشرط جعل $a_1 = 1$ بحيث يتحقق انحياز المستقيم المعبر عن العلاقة تبعاً للقيمة f_1 .
يمكن أن نلاحظ مما سبق أنّ مهمة تدريب المصنّف الثنائي الخطي هي إيجاد شعاع الوزن α أي إيجاد القيم $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_T$ [8,9].

2.3.3. مبدأ خوارزمية AdaBoost

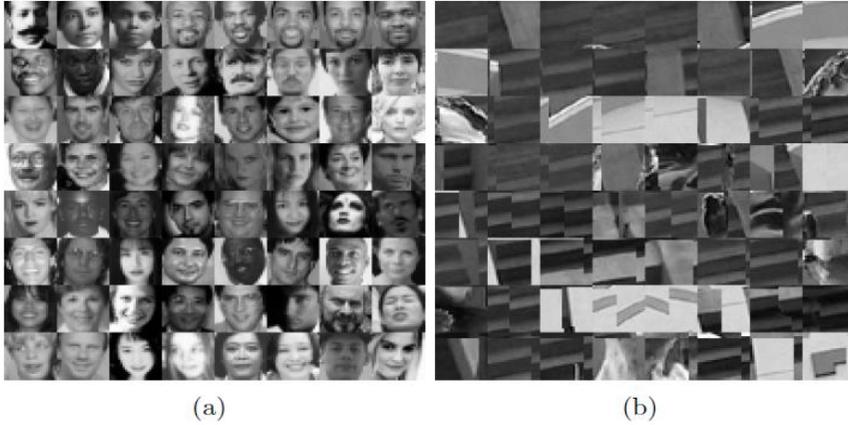


الشكل (6) المخطط الصندوقي لخوارزمية AdaBoost [10]

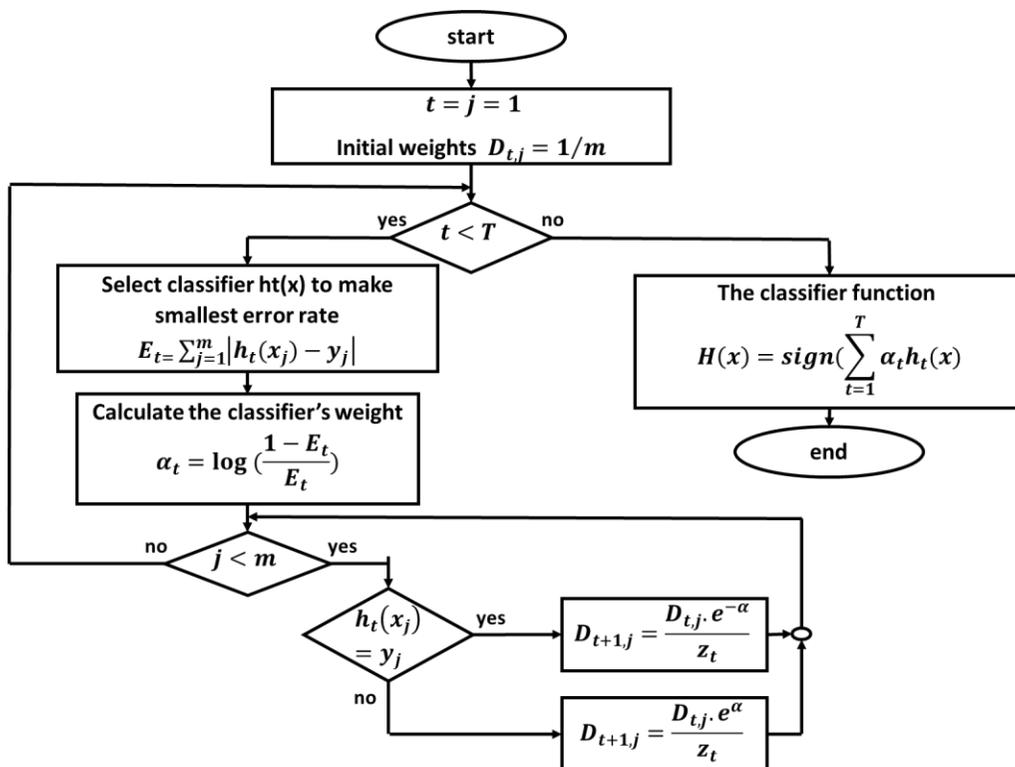
يقوم المبدأ الأساسي لخوارزمية AdaBoost على تكامل عمل عدد من المصنّفات الضعيفة (والتي لا تعطي نتائج دقيقة) للحصول على مصنف قوي، ويتم ذلك عن طريق التدريب بوجود عدد من عينات التدريب. في حالتنا كل مصنّف ضعيف يعتمد على واحدة من خصائص Haar أي يتخذ القرار بناءً على خاصية Haar واحدة، بينما عينات التدريب هي صور تحوي أو لا تحوي وجوه. يبين الشكل (7) بعض عينات التدريب المستخدمة في الخوارزمية، تتلخّص الخوارزمية بأنّ كل مصنّف ضعيف سيتم اختياره باستخدام جميع العينات من حيث إعطائه تصنيفاً صحيحاً أو خاطئاً، مع إعطاء أوزان لعينات التدريب بحيث تأخذ العينة وزناً عالياً إن تمّ تصنيفها بشكل خاطئ، بينما تأخذ العينة وزناً منخفضاً إن تمّ تصنيفها بشكل صحيح، وتستخدم العينات ذات الأوزان الجديدة لاختبار مصنّف جديد وهكذا حتى انتهاء المصنّفات، مع العلم أن المرور بكل مصنّف سينتج عنه وزن لهذا المصنّف

بحيث يكون الوزن أعلى كلما أعطى المصنّف نتائج أكثر دقة، وتهدف خوارزمية AdaBoost في النهاية إلى الحصول على معادلة مصنّف قوي قادر على تحديد ما إن كانت النافذة الحالية تحوي وجهاً مطابقاً لأبعادها أم لا، ويتمّ تشكيل هذه المعادلة من معادلات المصنّفات الضعيفة مع أوزانها [10].

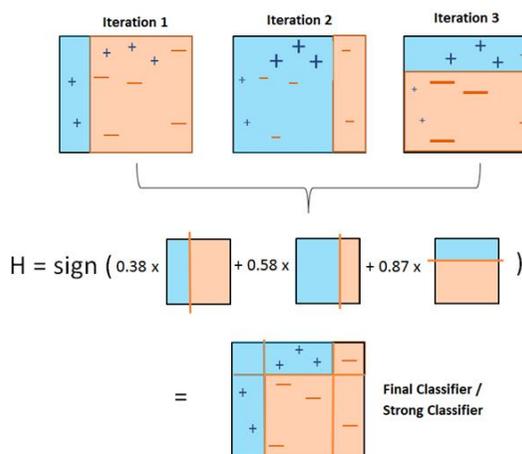
يوضح الشكل (8) المخطط التدفقي للخوارزمية بينما نرى في الشكل (9) مثلاً على الانتقال من مصنف إلى آخر مع عملية تغيير أوزان العينات.



الشكل (7) بعض عينات التدريب المرجعية بتدرجات الرمادي وبحجم 24x24، الشكل a يحوي عينات إيجابية والشكل b يحوي عينات سلبية [11]



الشكل (8) المخطط التدفقي لتدريب خوارزمية AdaBoost



الشكل (9) تغيير أوزان العينات مع الانتقال من مصنف إلى آخر وتشكيل المصنف النهائي [12]

من أجل الشرح التفصيلي للمخطط التدفقي لخوارزمية AdaBoost سنعتبر في البداية أن لدينا عدد من عينات التدريب (صور تحوي أو لا تحوي وجوه)، يتم إعطاء أوزان لهذه العينات، ونرمز لوزن العينة بالرمز $D_{t,j}$ حيث j ترتيب العينة الحالية، t ترتيب المصنّف الحالي الذي سيُختبر باستخدام العينة الحالية. تكون الأوزان في بداية العمل متساوية ومساوية ل $1/m$ حيث m عدد العينات، بعد ذلك، ندخل في حلقة هدفها المرور على المصنّفات الضعيفة الواحد تلو الآخر، شرط استمرار الحلقة هو عدم انتهاء المصنّفات أي $t < T$ حيث t هي دليل المصنّف الحالي، في كل دورة للحلقة ستتقدّم الخطوات التالية:

1- اختيار أفضل مصنّف، أي المصنّف الذي يعطي خطأ تصنيف أقل ما يمكن، بحيث تعطى معادلة الخطأ:

$$E_t = \sum_{j=1}^n |h_t(x_j) - y_j|$$

2- حساب وزن المصنّف الحالي α_j (في حالتنا هو وزن إحدى خصائص Haar) كما يلي:

$$\alpha_t = \log \frac{1 - E_t}{E_t}$$

3- الدخول في حلقة ثانية هدفها المرور على كل عينات التدريب وإعطاؤها أوزان، شرط استمرار الحلقة هو $j < m$ حيث j دليل العينة الحالية، m عدد العينات الكلي. في كل دورة للحلقة يتم فحص العينة هل تمّ تصنيفها بشكل صحيح من قبل المصنّف الحالي أم لا، وبناءاً عليه فإن العينة الحالية تعطى وزن عالي إن صنّفت بشكل خاطئ، وتُعطى وزن قليل إن صنّفت بشكل صحيح.

عند الانتهاء من تحديث أوزان عينات التدريب ننتقل إلى مصنّف جديد بمعادلة $h_t(x)$ ، يقوم بدوره بتصنيف العينات بناءً على أوزانها الجديدة وتعاد الخطوات نفسها.

بعد الانتهاء من جميع المصنّفات يمكن الحصول على معادلة المصنّف النهائي $H(x)$ حيث:

$$H(x) = \text{sign}\left(\sum_{t=1}^T a_t h_t(x)\right)$$

والذي يمكن له التحديد بدقة ما إن كانت النافذة تحوي وجه متناسب مع أبعادها أم لا [10].

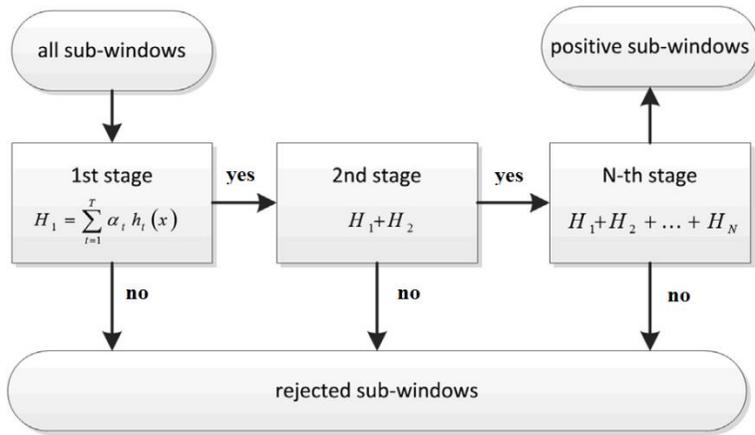
4.3. تتالي المصنّفات Cascade of Classifiers

تعتمد خوارزمية Viola-Jones على عدة مصنّفات قوية، بحيث أنّ كل مصنّف قوي قد تمّ تشكيله من عدة مصنّفات ضعيفة معتمدة على خصائص Haar وذلك عن طريق خوارزمية AdaBoost. لتسريع عملية كشف الوجه يتمّ تشكيل عدة مراحل stages من المصنّفات القوية السابقة، بحيث تكون المرحلة الأولى قد تمّ تشكيل مصنّفها القوي من مصنّفات ضعيفة معتمدة على خصائص Haar الأكثر تأثيراً ودقّةً في الكشف، ونقل أهمية خصائص Haar المشكّلة للمصنّفات كلما تقدّمتنا في المراحل. تكمن الميزة الأساسية لخوارزمية Viola-Jones في سرعتها، وهذا الأمر تمّ تحقيقه عن طريق تتالي المصنّفات cascade of classifier وفق ما يلي:

- إذا أعطى المصنّف الخاص بالمرحلة الأولى (المعتمدة على الخصائص الأكثر تأثيراً) نتيجة سلبية هنا يمكن القول أنه لا يوجد وجه مقابل للنافذة الحالية، ولا داعي لاختبار المراحل التالية، وتمّ في هذه الحالة رفض النافذة الحالية بسرعة دون إضاعة وقت في اختبار باقي المصنّفات للنافذة.
- أمّا إذا أعطى المصنّف الخاص بالمرحلة الأولى نتيجة إيجابية فهنا توجد احتمالية لوجود وجه، ويتمّ التحقق من ذلك عن طريق مصنّف المرحلة الثانية، فإذا أعطى المصنّف الثاني بدوره نتيجة سلبية فهذا يعني عدم وجود وجه ويتمّ رفض النافذة دون المرور بالمراحل التالية، أمّا إذا أعطى المصنّف الثاني نتيجة إيجابية فهنا يتمّ

الانتقال إلى مصنّف المرحلة الثالثة وهكذا. يوضح الشكل (10) مبدأ تتالي المصنّفات.

بناءً على ما سبق، يتلخص عمل خوارزمية Viola-Jones بمسح الصورة بنوافذ متعددة الحجم، وعند كل تموضع للنافذة يتم اتخاذ قرار إما بوجود وجه ذي أبعاد متوافقة مع أبعاد النافذة أو بعدم وجوده، وذلك عن طريق تتالي مصنّفات قوية مشكّلة من خصائص Haar ومدربة سابقاً اعتماداً على خوارزمية AdaBoost [13].



الشكل (10) تتالي المصنّفات [13]

4. تحسين خوارزمية Viola-Jones

يعتمد تحسين الخوارزمية على الاستفادة من فكرة أنّ الاحتمال الأكبر لوجود الوجوه في معظم التطبيقات لا يكون في المنطقة المحيطة للصورة، أي أنّ هذه المنطقة تخلو على الأغلب من الوجوه، فإذا تمكنا من التحقق من هذا الأمر بالنسبة إلى الصورة المدروسة أمكن حذف هذه المنطقة من المساحة التي تمسحها النوافذ في الخوارزمية، واقتصار مرور النوافذ ودراسة احتمالية وجود الوجوه على المنطقة المتبقية من الصورة، مما يعني التقليل من الزمن اللازم لتنفيذ الخوارزمية على الصورة. وعلى الرغم من أنّ خوارزمية Viola-Jones تعتبر من الخوارزميات السريعة نسبياً، لكن يبقى الحصول على سرعة إضافية في التنفيذ أمراً مرغوباً

ومثراً خصوصاً إذا كان تطبيق الخوارزمية على عدة صورة متلاحقة وليس هلى صورة واحدة ثابتة (حالة كشف وملاحقة الوجوه في مقاطع الفيديو).

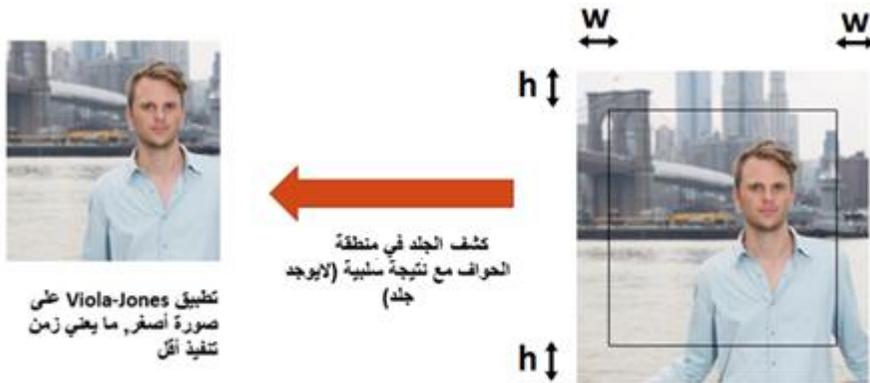
في البداية، يتم اختيار سماكة محددة للمنطقة المحيطة من الصورة، ولتكن على الشكل التالي مع أخذ قيمة مناسبة لN:

$$h = \frac{height}{N}$$

$$w = \frac{width}{N}$$

بعدها يجري اختبار وجود لون الجلد في المنطقة المحيطة المذكورة، وهنا يكون لدينا حالتان:

- النتيجة إيجابية أي المنطقة تحوي جلد وهنا يتم تطبيق خوارزمية Viola-Jones على الصورة كاملةً دون تغيير.
- النتيجة سلبية أي المنطقة لا تحوي جلد (وهو الاحتمال الأرجح)، هنا تُحذف المنطقة المحيطة المذكورة من الصورة وتقتصر حركة النافذة في خوارزمية Viola-Jones على المنطقة المتبقية من الصورة كما يبين الشكل (11).



الشكل(11) الاستفادة من كشف الجلد في المنطقة المحيطة

1.4. كشف الجلد في الصورة Skin Detection

يمكن كشف الجلد البشري في صورة بالاعتماد على معرفتنا المسبقة بالمجال اللوني الذي يمكن أن يحتله الجلد، وتوجد عدة طرائق لتحديد هذا المجال بحيث تعتمد كل طريقة على واحد من الفضاءات اللونية $YCbCr$, HSV , RGB .. إلخ. يُعتبر فضاء HSV الأفضل والأدق من حيث كشف العناصر بالاعتماد على اللون، لذلك تمّ الاعتماد على هذا الفضاء اللوني في البحث.

يعبر فضاء HSV عن اللون باستخدام ثلاث مركبات: المركبة الأولى Hue وهو يمثل تغير اللون بحد ذاته بدءاً من اللون الأحمر وانتهاءً بالأخضر، ويأخذ قيم بين 0، 360. المركبة الثانية هي التشبع $Saturation$ وهو يحدد هل اللون فاتح أم قاتم فعلى سبيل المثال وبالنسبة لقيمة Hue المساوية للصففر والمقابلة للون الأحمر، يعطي التشبع عدة تدريجات للأحمر تنتهي باللون الوردي الفاتح $pink$. المركبة الثالثة هي القيمة $Value$ وهي تحدد الكثافة اللونية أي انتقال اللون من الأسود إلى الأبيض، ويُعبّر عن كل من التشبع والقيمة عادةً بنسبة بين 0،1.

يمكن الحصول على دقة جيدة عند استخدام فضاء HSV في كشف لون الجلد وذلك باعتبار أن الألوان المتعددة للجلد البشري تنحصر في المجالات التالية لمركبات الفضاء:

$$0 \leq H \leq 25$$

$$0.2 \leq S \leq 0.6$$

$$v \geq 0.4$$

فإذا كانت قيم البكسل ضمن المجالات السابقة للمركبات الثلاث يمكن القول بأنّ لون البكسل هو لون للجلد البشري، والعكس بالعكس [14].

5. النتائج ومناقشتها

1.5. نتائج تطبيق التحسين على الصور الثابتة

اختبرنا خوارزمية Viola-Jones قبل وبعد التحسين باستخدام لغة PYTHON نسخة 3.6 وبالاستعانة ببعض المكتبات مثل numpy,time، بالإضافة إلى الاعتماد بشكل أساسي على مكتبة openCV، وهي مكتبة خاصة بمعالجة الصور والفيديو. ما يميز هذه المكتبة في تطبيقنا هو أنها تمكّن من بناء تتالي مصنّفات بحيث يكون كل مصنّف مبنياً اعتماداً على خصائص Haar، بالإضافة إلى ذلك تؤمن مكتبة openCV مرونة في الانتقال بين الفضاءات اللونية المختلفة للصور، وبالتالي الانتقال إلى فضاء HSV من أجل كشف لون الجلد. الحاسب المستخدم هو بمعالج intel core i3 بسرعة 2.53GHZ. شمل الاختبار صوراً من إحدى قواعد البيانات الخاصة بتقييم خوارزميات كشف وتحديد الوجوه في الصور وهي قاعد بيانات (Face Detection Data Set and Benchmark). Fddb. تحوي قاعدة البيانات المذكورة على 2845 صورة فيها 5171 وجه، مع تعدد كبير من حيث ألوان الوجوه ووضعياتها، وكذلك دقة الصور والخلفيات [15].

تمّ الاختبار بأخذ قيم متعددة ل N، مع تقسيم النتائج إلى نتائج إيجابية (زيادة السرعة بعد التحسين) ونتائج سلبية (نقصان السرعة بعد التحسين)، قمنا بحساب النسبة المئوية للزيادة والنقصان. يبين الجدول (1) النتائج السابقة، ويبين الشكل (12) أمثلة على نتائج التنفيذ مع نقصان زمن التنفيذ بأخذ N=10، بينما يعبر الشكل (13) عن نتيجتين مع زيادة زمن التنفيذ بأخذ N=10.

N=14	N=12	N=10	N=8	N=6		
------	------	------	-----	-----	--	--

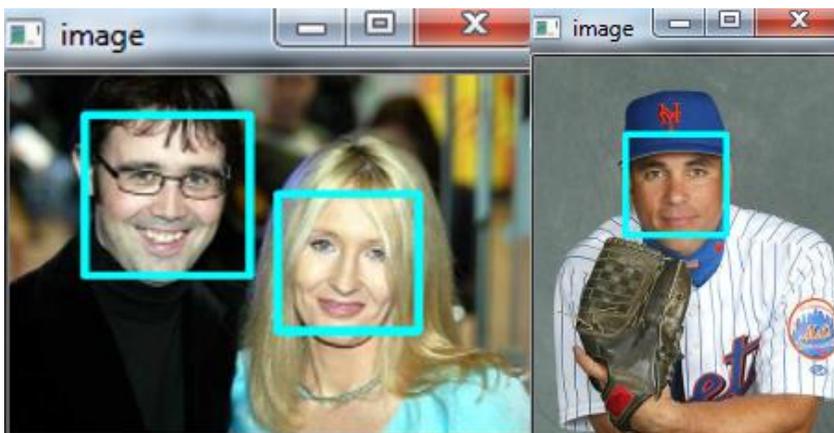
تحسين أداء خوارزمية Viola-Jones في كشف وتحديد الوجوه ضمن الصور ومقاطع الفيديو الرقمية

70.3%	66.3%	58.5%	54.4%	49.1%	النسبة المئوية لعدد النتائج الإيجابية	النتائج الإيجابية
78ms	113ms	141ms	172ms	200ms	متوسط نقصان زمن التنفيذ	
19.8%	23%	25.6%	30.2%	34.6%	متوسط النسبة المئوية لزيادة السرعة	
11.7%	15.7%	23.5%	27.6%	32.9%	النسبة المئوية لعدد النتائج السلبية	النتائج السلبية
20ms	20ms	22ms	22ms	23ms	متوسط زيادة زمن التنفيذ	
3.8%	3.8%	4%	3.9%	4.1%	متوسط النسبة المئوية لنقصان السرعة	
18%	18%	18%	18%	18%	النسبة المئوية لعدد النتائج الخاطئة	النتائج الخاطئة

الجدول (1) نتائج تطبيق تحسين الخوارزمية على قاعدة بيانات FDDB



الشكل (12) أمثلة على صور ذات نتائج إيجابية من قاعدة بيانات FDDDB باعتبار $N=10$



الشكل (13) مثالان على صور ذات نتيجتين سلبيتين من قاعدة بيانات FDDDB باعتبار $N=10$

نستنتج من الجدول السابق ما يلي:

1- كلما زاد المعامل N كلما زاد عدد النتائج الإيجابية أي أنه بزيادة N من أجل صورة ما يكون لدينا احتمالية أكبر لتحقيق تنفيذ الخوارزمية بسرعة أعلى.

2- مع زيادة المعامل N نحصل على زيادة أقل في سرعة التنفيذ، وهذا أمر متوقع لأن مساحة المنطقة المحذوفة والتي لن تمسحها نافذة الخوارزمية ستكون أقل بأخذ N أعلى.

3- هناك نتائج سلبية نقصت فيها سرعة التنفيذ، وهي تخص الصور التي تحوي الجلد في المناطق المحيطية، مثل الصورتين في الشكل (13)، حيث نلاحظ وجود الجلد في المنطقة السفلى لكل من الصورتين، وسبب هذه الزيادة في زمن التنفيذ هو أنّ عملية كشف الجلد في المنطقة المحيطية استغرقت زمناً، دون أن يقابلها تقليل في المساحة التي مسحتها نافذة الخوارزمية.

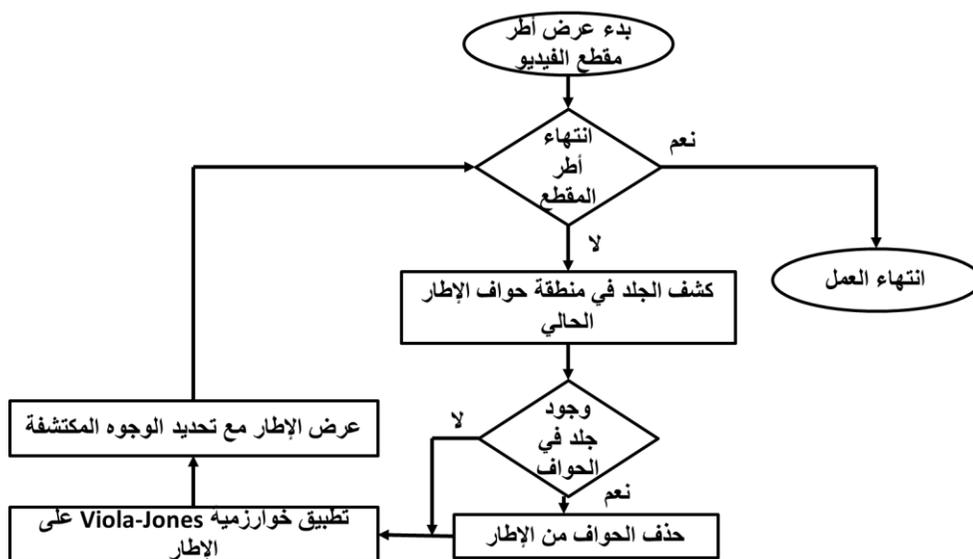
4- حسب الجدول (1) نرى أن متوسط زيادة زمن التنفيذ في الحالات السلبية (والمذكورة في البند 3) يقارب 20ms وهو رقم قليل بالمقارنة مع نقصان الزمن الذي نحصل عليه فيما لو كانت الصورة لا تحوي الجلد في المناطق المحيطية (حالة النتائج الإيجابية)، والذي قد يتجاوز 100ms، أي أنّ الفائدة المتحققة فيما لو كانت النتيجة إيجابية تفوق الضرر المتحقق عند النتيجة السلبية، مع الأخذ بعين الاعتبار أنّ معظم النتائج إيجابية خصوصاً عند أخذ N مساوية لـ 10 فما فوق كما هو مبين في الجدول.

4- نعلم أنّ جميع الخوارزميات الخاصة بكشف وتحديد الوجوه لها نسبة خطأ حيث تقشل الخوارزمية بكشف الوجه، فلا توجد خوارزمية تعطي نتائج صحيحة بنسبة 100% عند اختبارها بقاعدة بيانات ما، ونلاحظ من الجدول أن نسبة الخطأ للخوارزمية المدروسة بقيت عند القيمة المتعارف عليها للخوارزمية وهي 18% أي لم تتغير قبل وبعد إضافة كشف الجلد عليها، أي لا تتأثر نسبة الخطأ بإضافة التحسين.

2.5. نتائج تطبيق التحسين على مقطع فيديو

يمكن تطبيق خوارزمية Viola-Jones على مقاطع الفيديو ويعني ذلك تطبيق الخوارزمية على كل إطار frame من أطر المقطع، مما يفيد في كشف وملاحقة الوجوه ضمن الفيديو. يبين الشكل (14) المخطط التدفقي لتنفيذ تحسين خوارزمية Viola-Jones على مقطع فيديو.

قمنا باختبار خوارزمية Viola-Jones قبل وبعد التحسين على 20 مقطع فيديو وبأخذ الحالة الأكثر احتمالية لتحسين السرعة وهي حالة $N=14$ ، وقد أخذ بعين الاعتبار تنوع محتوى هذه المقاطع حيث حوت نصف المقاطع على أشخاص متحركين بشكل عشوائي في شوارع وأسواق (من أجل دراسة تأثير وجود الجلد في حواف أطر الفيديو عند عدة لحظات زمنية) كالأمتلة في الشكل(14)، بينما حوى النصف الآخر أشخاص بموضع ثابت في منتصف أطر مقطع الفيديو كمقدم برنامج تلفزيوني مثلاً، كما نرى في المثالين المبينين في الشكل (15) حيث لا تحوي الحواف الجلد وذلك خلال كامل أطر المقطع.



الشكل (14) المخطط التدفقي لتنفيذ تحسين خوارزمية Viola-Jones على مقطع فيديو [الباحث]



الشكل (15) عينات لحظية من ثلاثة مقاطع فيديو بحركة عشوائية للأشخاص



الشكل (16) عينتان لحظيتان من مقطعي فيديو يحويان أشخاص ثابتين في منتصف الأطر

قمنا بحساب الزمن للزم للتنفيذ قبل وبعد التحسين بالنسبة للمقاطع السابقة مع حساب نسبة تغير السرعة لمقاطع الحركة العشوائية ومقاطع الوجوه الثابتة ولاحظنا بالمقارنة ما يلي:

1- بالنسبة لمقاطع الحركة العشوائية للأشخاص، وبحساب متوسط تغير زمن التنفيذ بعد تطبيق التحسين وجدنا أنه مساوٍ ل $0.002+$ ثانية للدقيقة الواحدة، أي يمكن القول أنه لا يوجد تأثير يذكر على سرعة التنفيذ بالنسبة لمقاطع الحركة العشوائية حيث أخذ التنفيذ بعد التحسين زمناً يساوي تقريباً الزمن قبل التحسين، وهذا الأمر متوقع بسبب وجود الجلد في حواف نسبة لا بأس بها من الأطر نتيجة للحركة العشوائية للأشخاص ما يعني تأثيراً سلبياً

على السرعة، ويعاكس هذا التأثير الأطر الأخرى التي لا تحوي الجلد في حوافها والتي تزيد فيها سرعة التنفيذ بالنسبة للإطار الواحد.

2- بالنسبة للمقاطع التي حوت وجوهاً ثابتة في المنتصف حصلنا على زيادة واضحة في سرعة التنفيذ وبحساب متوسط نقصان زمن التنفيذ وجد أنه مساوٍ 4.3 ثانية للدقيقة الواحدة، أي يمكن القول أن التحسين يكون ذا فائدة في الحالة الثانية من مقاطع الفيديو (عدم وجود حركة تؤدي إلى ظهور الجلد في المناطق المحيطة من الأطر).

في الجدول (2) مقارنة بين أداء التحسين المدروس في هذا البحث مع بعض التحسينات الأخرى لخوارزمية Viola-jones والتي عُتبت بزيادة سرعة الخوارزمية والمذكورة سابقاً في المقدمة.

تحسين الخوارزمية	تحسين الخوارزمية	تحسين الخوارزمية	تحسين الخوارزمية	طريقة التحسين	خاصية التحسين
تحسين الخوارزمية بإضافة كشف الجلد على المناطق المحيطة من الصورة (التحسين المدروس في البحث)	تحسين الخوارزمية بإضافة كشف الجلد على كل نافذة من نوافذ الخوارزمية (2020) [3]	تحسين الخوارزمية باستخدام الخوارزميات الجينية (2018) [2]	تحسين الخوارزمية باستخدام خصائص LBP بدل خصائص Haar (2017) [1]		
زيادة سرعة الخوارزمية دون التأثير على الدقة	زيادة سرعة ودقة الخوارزمية	الاختبار بين زيادة سرعة الخوارزمية أو زيادة دقتها	زيادة سرعة ودقة الخوارزمية		فائدة التحسين
لا يوجد قيود	لا يوجد قيود	لا يوجد قيود	الصور الحرارية فقط		وجود قيود
يتراوح بين 4.1% - و 34.6% حسب محتوى الصورة والمعامل N	6.14%	يتعلق بمقدار إنقاص الدقة ويُتحكم به باستخدام معامل خاص	50%		النسبة المئوية لزيادة السرعة

الجدول (2) مقارنة بين التحسين المدروس وبعض التحسينات الأخرى لخوارزمية Viola-Jones

6. الاستنتاجات

يفيد التحسين المشروح في هذا البحث والمعتمد على كشف الجلد في المناطق المحيطة من الصور في زيادة سرعة تنفيذ خوارزمية Viola-Jones سواءً للصور الثابتة أو لمقاطع الفيديو وذلك في الحالات التي تقل فيها احتمالية وجود الجلد في حواف الصورة أو الأطر، ويمكن القول أن التحسين المذكور مفيد في العديد من التطبيقات، مثل تطبيقات مكالمات الفيديو حيث يكون الوجه بشكل تلقائي في المنطقة الوسطى من الصورة، بينما لا يكون التحسين مفيداً في تطبيقات أخرى كأن تكون الحركة عشوائية في مجال تصوير الكاميرا مثل صور ومقاطع الفيديو لكاميرات المراقبة حيث تتوزع الوجوه على كامل مناطق الصور.

7. المراجع

- [1] Gan J, Clarck A, (2017) – **Accuracy Enhancement of the Viola–Jones Algorithm for Thermal Face Detection**, University of Essex.
- [2] Taloba A, Sewisy A, Dawood Y, (2018) – **Accuracy Enhancement Scaling Factor of Viola–Jones Using Genetic Algorithms**, Assiut University.
- [3] Fachrurrozi M, Afif K, (2020) –**Face Detection Using the Viola–Jones Method with Segmentation of Skin Color on Face Images**, Informatics Engineering Department, Faculty of Computer science, Universitas Sriwijaya, Vol.15,No.4(2020)2149 – 21621
- [4] Monali C, Shanta S, Gauresh V,(2015)– **A review on Face Detection and study of Viola Jones method**, International Journal of Computer Trends and Technology(IJCTT), volume 25 Number 1
- [5] Oualla M, Sadiq A, Mbarki S, (2015)– **COMPARATIVE STUDY OF THE METHODS USING HAAR LIKE FEATURES**, International Journal of Engineering Sciences & Research Technology.
- [6] Akash A, Mollah A,MAH A, (2016)– **Improvement of Haar Features Based Face Detection in OpenCV Incorporating Human Skin Color Characteristic**, Journal of Computer Science Applications and Information Technology.

- [7] Stefanos Z, Cha Z, Zhengyou Z,(2015)– **A Survey on Face Detection in the wild: past, present and future.**
- [8] Aijun A, **Classification Methods**, York University, Canada.
- [8] Grosse R, **Linear Classification.**
- [10] Meynet J, (2003)– **Fast Face Detection Using AdaBoost.**
- [11] Viola P,Jones M,(2001)– **Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features.**
- [12] Dangeti P,Yu A, Petrou T, (2018)– **Numerical Computing with Python.**
- [13] Riha K, Masek J, Burget R, (2013)– **NOVEL METHOD FOR LOCALIZATION OF COMMON CAROTID ARTERY TRANSVERSE SECTION IN ULTRASOUND IMAGES USING MODIFIED VIOLA–JONES DETECTOR**, World Federation for Ultrasound in Medicine & Biology, Vol. 39, No. 10, pp. 1887–1902.
- [14] Rahman M, Purnama I, Purnomo M, (2014)– **Simple Method of Human Skin Detection using HSV and YCbCr Color Spaces**, International Conference on Intelligent Autonomous Agents, Networks and Systems.
- [15] Jain V and Miller E, FDDB: **A Benchmark for Face Detection in Unconstrained Settings**, University of Massachusetts Amherst.