

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية
والكهربائية والمعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 43 . العدد 20

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

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
32-11	د.م. فادي متوج د.م. غادة سعد م. ابراهيم اسماعيل	استخدام خوارزميات معالجة الصورة والشبكات العصبونية في تشخيص القرحة المعدية
54- 33	أ.د. غسان حداد م. محمد ثائر الجوهري	تقنيات تخطيط الإنتاج
102-55	رفيع جبره م. فخر الدين علي صلوح	تحضير مادة مركبة رباعي فلور الإيتلين - أكسيد الألمنيوم وتوصيف خواصها الفيزيائية والميكانيكية
128-103	د. بسيم عمران م. ملك فيتروني	تصميم نظام كشف تسلل شبكي باستخدام الشبكات العصبونية العميقة المعقدة
154-129	أ.د. غسان حداد م. محمد ثائر الجوهري	أثر تطبيق أنظمة التخطيط الحديثة على الانتاج

استخدام خوارزميات معالجة الصورة والشبكات العصبونية في تشخيص القرحة المعدية

د.م. فادي متوج*

د.م. غادة سعد**

م. ابراهيم اسماعيل***

الملخص

يمثل الداء القرصي الهضمي مشكلة طبية خطيرة. يمكن أن تتطور القرحات في المريء والمعدة والاثني عشر. إن مرضى الداء القرصي الهضمي قد يوجد لديهم طيف من الأعراض تتراوح من الاحساس الخفيف بعدم الارتياح البطني الى الانتقاب الخطير والنزف. يعد التنظير بنوعيه التقليدي باستخدام القسطرة والحديث باستخدام الكبسولات الذكية أحد أهم الطرق التشخيصية للقرحة المعدية، وهناك منافسة عالية بين الشركات في تحسين جودة ومعدل التقاط الصور داخل الجهاز الهضمي. وأحد أهم التحديات هي القدرة على معالجة الصور بشكل فعال. في هذا البحث تم اقتراح خوارزمية معالجة صورة تهدف الى كشف القرحة داخل الصور وعزلها وتحديد حالتها عن طريق استخلاص بعض الميزات من الصور ليتم بعدها ادخال هذه الخصائص الى شبكة عصبونية تم تدريبها بشكل مسبق بالاعتماد على قاعدة بيانات تحتوي على 300 صورة للقرحة المعدية تنوعت بين حالة سليمة ووجود قرحة وأيضاً وجود نزيف. أظهرت النتائج دقة AC وتحديدية SP بنسبة 98% وحساسية SE بنسبة 99%.

الكلمات المفتاحية:

القرحة المعدية-الكبسولات الذكية - الشبكات العصبونية - معالجة الصورة.

*دكتور، قسم الميكاترونيك - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - سوريا

** دكتورة، قسم الهندسة الطبية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - سوريا

*** مهندس - كلية التكنولوجيا المعلوماتية والنظم الحيوية - جامعة بازماني بيتر كاثوليك - هنغاريا

Implementation of image processing algorithms and neural networks in gastric ulcers diagnosing

Dr. Fadi Motawej*

Dr. Ghada Saad**

Eng. Ebrahim Ismaiel***

Abstract

Digestive ulcer disease is a serious medical problem. Ulcers can develop in the esophagus, stomach and duodenum. Patients with peptic ulcer disease may have a range of symptoms ranging from a mild sensation of abdominal discomfort to serious perforation and bleeding. One of the most important diagnostic methods for gastric ulcers is the traditional two-stage endoscopy using modern catheters and smart caps. There is high competition between companies in improving the quality and rate of image capture within the digestive system using capsules. One of the most important challenges is the ability to process images effectively. In this research, the concept of gastric ulcer has been identified, and an image processing algorithm has been introduced that aims to detect ulcers inside the images and isolate them and determine their status by extracting some features from the images, after which these features are inserted into a neuronal network that was previously trained on a large number of discovered properties of a database Contains 300 pictures of gastric ulcers, varied between a healthy condition and the presence of an ulcer as well as bleeding. The results showed AC accuracy, SP identification at 98% and SE sensitivity at 99%.

Keywords: Gastric ulcers – smart capsules –Neuron networks – Image processing.

* Dr., Department of Mechatronics - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Tishreen University - Syria

** Dr., Department of Medical Engineering - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Tishreen University - Syria

*** Engineer - Faculty of Information Technology and Bionics - Pázmány Péter Catholic University - Hungary

1-المقدمة:

اعتمادا على التنظير الداخلي للجهاز الهضمي، أمكن للأطباء الكشف عن الأمراض الشديدة في مراحل التطور المبكرة، وبالتالي انخفض معدل الوفيات في العديد من الأمراض، وخاصة أنواع السرطان المختلفة بشكل كبير خلال السنوات الأخيرة [12]. نظراً لأن التنظير الطبي هو إجراء غير مؤلم نسبياً ويسمح لنا بفحص التجاويف الداخلية للجسم البشري فإن أجهزة التنظير تلعب دوراً هاماً في الطب الحديث. كذلك فإن ظهور المناظير مع القدرة على النقاط الصور الرقمية خلق مجال جديد كامل من أنظمة دعم القرار بمساعدة الكمبيوتر (CAD) في التشخيص الطبي. وتهدف هذه الأنظمة إلى كشف وتصنيف الأمراض المختلفة، وبالتالي مساعدة الكادر الطبي في تحسين دقة التشخيص الطبي.

من جهة أخرى، هناك تقنية وجدت مؤخراً لجعل الإجراءات بالمنظار التقليدي أكثر أماناً، أقل إيلاًماً، وأكثر راحة للمريض، هي تقنية التنظير بالكبسولة اللاسلكية. تقنية التنظير عن طريق الكبسولة اللاسلكية (WCE) يمكن أن تصور أجزاء من الجهاز الهضمي للإنسان والتي كانت بعيدة عن متناول المناظير التقليدية.

من أكثر السلبيات المتصلة بهذه التكنولوجيا هي أنه يجب تحليل حجم كبير من البيانات من أجل الكشف عن مرض ما والذي يمكن أن يستغرق وقتاً طويلاً ويشكل عبء على الأطباء. حيث يجب على الطبيب من ذوي الخبرة أن يقضي حوالي ساعتين لعرض وتحليل ما يقرب من 60,000 صورة ناتجة عن فحص واحد. وبالتالي، فإن تطوير نظم تشخيص بمساعدة الحاسوب (CAD) هو أمر بالغ الأهمية ويأتي لتقديم المساعدة للأطباء.

تتبع أهمية هذا البحث من المساعدة التي يمكن أن يقدمها للكادر الطبي في اتخاذ قرار طبي بنسبة خطأ قليلة مما يسمح بإعطاء العلاج المناسب وزيادة فرص الشفاء. عادة ما تكون مناطق الآفة بلون مختلف عن المناطق الطبيعية المحيطة، فعلى سبيل المثال، قد تظهر مناطق النزيف على شكل مناطق حمراء والمنقرحة قد تظهر باللون

الأصفر أو الأبيض. تم في [3] اقتراح طريقة كشف النزيف السريع عن طريق استخراج ميزة اللون في فضاء اللون RGB. بالإضافة إلى فضاء ألوان RGB، فإن فضاء الألوان الأخرى، مثل HSI / HSV و YCbCr تُستخدم أيضًا بشكل شائع لاستخراج الميزات [4]، [5].

التركيب النسيجي Texture هو نوع آخر من الميزات شائعة الاستخدام في التعرف على أنماط القرحة المعدية [12]. تتضمن ميزات النسيج الأنماط الثنائية المحلية local binary patterns (LBP) والميزات المعتمدة على الترشيح filter-based features [6]. يعتمد واصف LBP على مخطط ترميز ثنائي بسيط يقارن كل بكسل مع جيرانه [7]. تم اعتماد واصف LBP، بالإضافة إلى إصداراته الموسعة، مثل LBP المنتظم uniform [8] و LBP الأحادي المنشأ monogenic [9]، في العديد من مهام التعرف على القرحة المعدية. يتم استخدام الميزات المستندة إلى عامل التصفية، مثل مرشحات Gabor وتحويلات الموجات wavelet transforms، على نطاق واسع في مهام التعرف على صور القرحة لقدرتها على وصف الصور في مساحة متعددة المراحل. بالإضافة إلى ذلك، يمكن الجمع بين الميزات النسيجية المختلفة لتحسين أداء التعرف. كما هو موضح في [8]، فإن الجمع بين تحويل الموجات و LBP المنتظم يمكن أن يحقق الكشف التلقائي بدقة جيدة.

أدرك العديد من الباحثين أن الميزات المصنوعة يدويًا handcrafted features تقوم فقط بترميز المعلومات الجزئية في صور القرحة [10] وأن طرق التعلم العميق قادرة على استخراج تمثيلات مميزة للميزات التي يمكن استخدامها في التعرف على آفات القرحة وتخمين العمق depth estimation [11-14].

2- أهداف البحث:

يهدف البحث إلى استحصاال عدد من الصور الحقيقية للقرحة المعدية داخل جسم الانسان وبناء خوارزمية معالجة صورة تقوم بتحديد مكان القرحة وخصائصها (الحجم، وحالة وجود نزيف)، ليتم بعدها بناء قاعدة بيانات تشخيصية تعتمد على خبرة أطباء مختصين في هذا

المجال واستخدامها لتدريب شبكة عصبونية متعددة الطبقات ذات تغذية أمامية بحيث يكون دخلها هو الخصائص المكتشفة من القرحة والخرج هو تشخيص القرحة، لنحصل في النهاية على نظام تشخيصي متكامل يبدأ بإدخال الصورة وينتهي بتحديد مكان القرحة وتشخيصها.

3- طرائق ومواد البحث:

في هذا البحث سيتم تنفيذ مايلي:

1. خوارزمية معالجة الصورة المستخدمة لتحديد وتشخيص القرحة المعدية.
2. بناء قاعدة بيانات مبسطة تعتمد على خبرة الأطباء ليتم بعدها تنفيذ شبكة عصبونية أمامية متعددة الطبقات وتدريبها عليها واختبار عدد من الصور وخصائصها المكتشفة باستخدام معالجة الصورة السابقة.

4- تشخيص القرحة المعدية من خلال التنظير

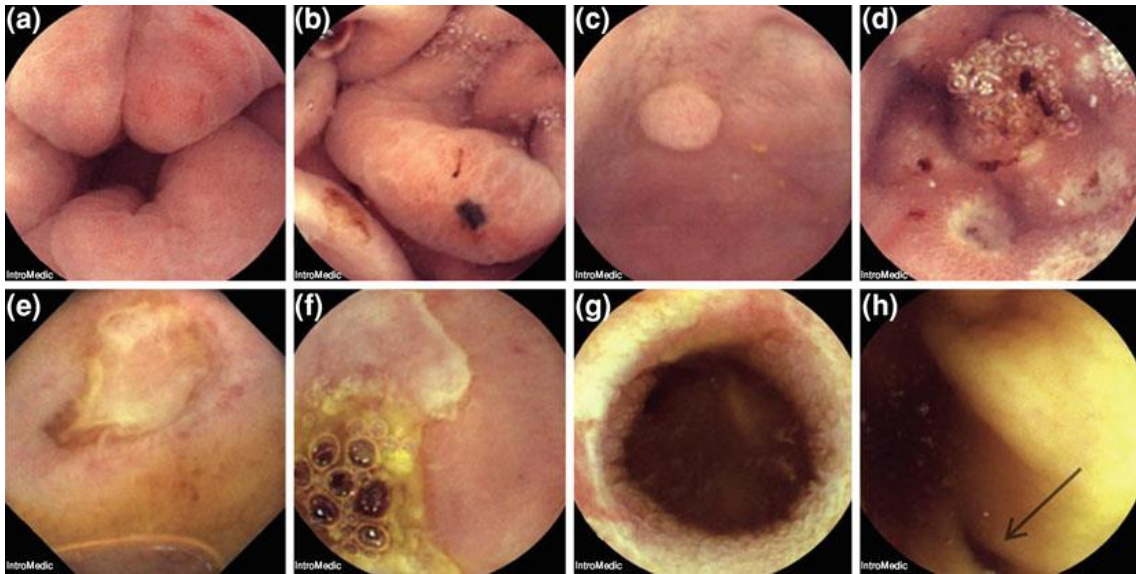
4-1- التنظير التقليدي

يتم إجراؤه وتنفيذه باستخدام التنظير المرن. وتحتوي أجهزة التنظير الحديثة بالإضافة إلى رقاقة التصوير الرقمي على مصدر ضوئي في الطرف البعيد ومجهزة بقناة ملحقة مما يسمح بدخول الأدوات الطبية لأخذ عينات الأنسجة وإجراء الاستئصالات التنظيرية دون الحاجة لإجراء عملية جراحية. وبما أنّ الأمعاء الدقيقة طويلة جداً والتنظير المرن التقليدي معقد فلذلك يكون ذو استخدام محدود فقط. وهناك تقنية تم تطويرها مؤخراً للتغلب على هذا التحديد والتقيد وجعل الإجراءات التنظيرية أكثر أماناً، وأكثر راحة للمريض، هذه التقنية تعرف باسم تقنية التنظير الكبسولي اللاسلكي.

4-2-تنظير الجهاز الهضمي باستخدام الكبسولة

أو ما يعرف بتقنية التنظير الكبسولي اللاسلكي، ولإجرائه فإن المريض يبتلع كبسولة صغيرة تحتوي على مصدر الضوء، وعدسة، وكاميرا، وجهاز إرسال لاسلكي وبطاريات. تسير الكبسولة بعد ذلك عبر الجهاز الهضمي مدفوعةً بالانقباضات، لحوالي ثماني ساعات حيث تأخذ تلقائياً أكثر من 50000 صورة ويتم نقلها لاسلكياً إلى جهاز تسجيل خارج الجسم. يوضح الشكل (1) عينة من الصور الملتقطة بواسطة هذه الكبسولة.

ولقد أثبت التنظير الكبسولي اللاسلكي بالفعل خلال السنوات الماضية أنه أداة قيمة وفعالة للكشف عن سبب نزيف الجهاز الهضمي داخل الأمعاء الدقيقة. وعلى الرغم من أن التنظير الكبسولي اللاسلكي يفتقر حالياً إلى القدرة على علاج الآفات، والحصول على عينات الخزعة، فقد أثبتت هذه التقنية الجديدة أنها وسيلة تشخيصية فعالة للكشف عن الأورام والآفات المعدية منذ الموافقة الأولية للتنظير الكبسولي اللاسلكي وذلك من قبل إدارة الغذاء والدواء الأمريكية في عام 2001 والتي يمكن أيضاً أن تصبح أداة هامة للكشف عن أمراض أخرى في الجهاز الهضمي [15].



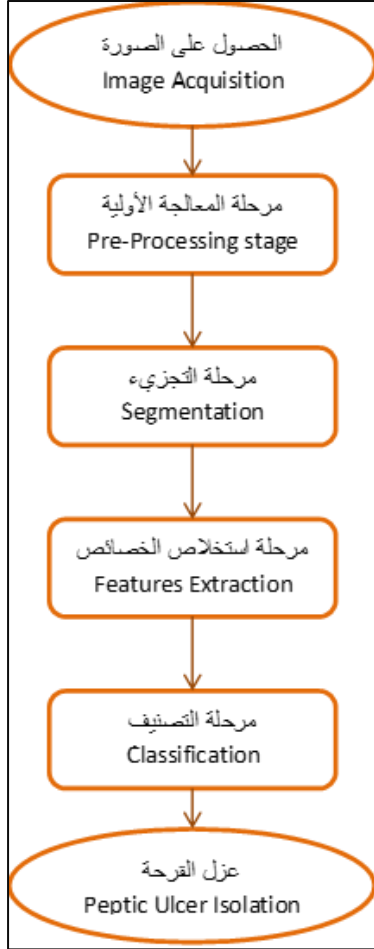
الشكل (1) صور ملتقطة بواسطة كبسولة للتقرحات غير الطبيعية.

5- خوارزمية معالجة الصورة المقترحة

من أجل اكتشاف القرحة المعدية عن طريق الحاسب، قمنا باستخدام تقنيات معالجة الصورة انطلاقاً من عمليات ما قبل المعالجة والتقطيع والتصنيف واستخلاص الخصائص من الصور وانتهاءً بعزل القرحة من أجل الاستفادة من خصائصها كدخل للشبكة العصبونية ومعالجة البيانات من أجل تشخيص حالة القرحة عن طريق برنامج مزود بواجهة رسومية مصممة باستخدام برنامج Matlab. ويوضح الشكل (2) المخطط العام للخوارزمية المقترحة.

5-1- الحصول على الصورة Image Acquisition:

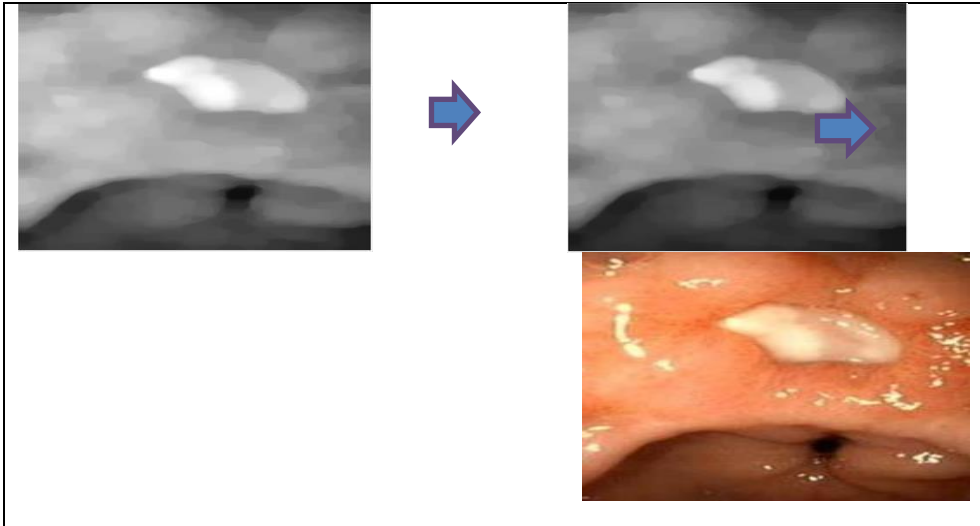
تم الحصول على صور القرحة المعدية المستخدمة في هذه الدراسة من موقعي CapsuleEndoscopy.org و Atlas RAPID. هو موقع دولي ملتزم بتدريس وتعلم ومشاركة معلومات التنظير الداخلي للكبسولة، بينما يحتوي RAPID Atlas على مجموعات بيانات الصور للتنظير الداخلي لكبسولة التصوير.



الشكل (2) المخطط العام لخوارزمية كشف القرحة المعدية

5-2-مرحلة المعالجة الأولية Pre-Processing Stage

الصورة الرقمية تعاني دائما من وجود تشويش بأنواع مختلفة وذلك تبعاً للطريقة التي التقطت بها الصورة وجودة التصوير وعدة عوامل أخرى. لذلك من المهم التخلص من التشويش الموجود بالصورة عن طريق خوارزميات ومرشحات مناسبة ومخصصة لنوع التشويش. وكون الصور الملتقطة ذات جودة جيدة فإنها لا تحتوي على التشويشات التقليدية المعروفة وإنما في أمثلتها تحتوي فقط على إضاءة ساطعة في مناطق مختلفة ضمن الصورة. لذلك تمت الاستعانة بالعمليات المورفولوجية من أجل التخلص من الاضاءة الساطعة وذلك عن طريق تطبيق عملية الفتح Openingتليها عملية الإغلاق Closing الشكل (3).



الشكل (3) نتيجة تطبيق عمليات الفتح والاعلاق والتابع اللوغاريتمي.

بعدها يتم تحويل الصورة من نوع RGB الى Gray scale من أجل سهولة التعامل معها. ولكن عند تحليل الصورة الى المركبات الثلاثة (Red,Green,Blue) كلاً على حده نجد أن القناة الخضراء تعبر بشكل أمثل عن منطقة القرحة وذلك استناداً الى الجدول (1). حيث تعبر القناة الخضراء عن القرحة باللون أبيض ساطع مختلف عن باقي الملامح الموجودة في الصورة. من أجل تحسين ملامح الصورة قمنا بتطبيق التابع اللوغاريتمي الذي يقوم بزيادة تباين السويات الرمادية المنخفضة في صورة الدخل فيخصص لها مجال واسع من السويات الرمادية العالية [16].

الجدول (1) يوضح آلية معالجة الصور واختلاف التدرج اللوني للقنوات RGB باختلاف القرحة

<i>Image</i>	<i>Brightness removed</i>	<i>R Layer</i>	<i>G Layer</i>	<i>B</i>

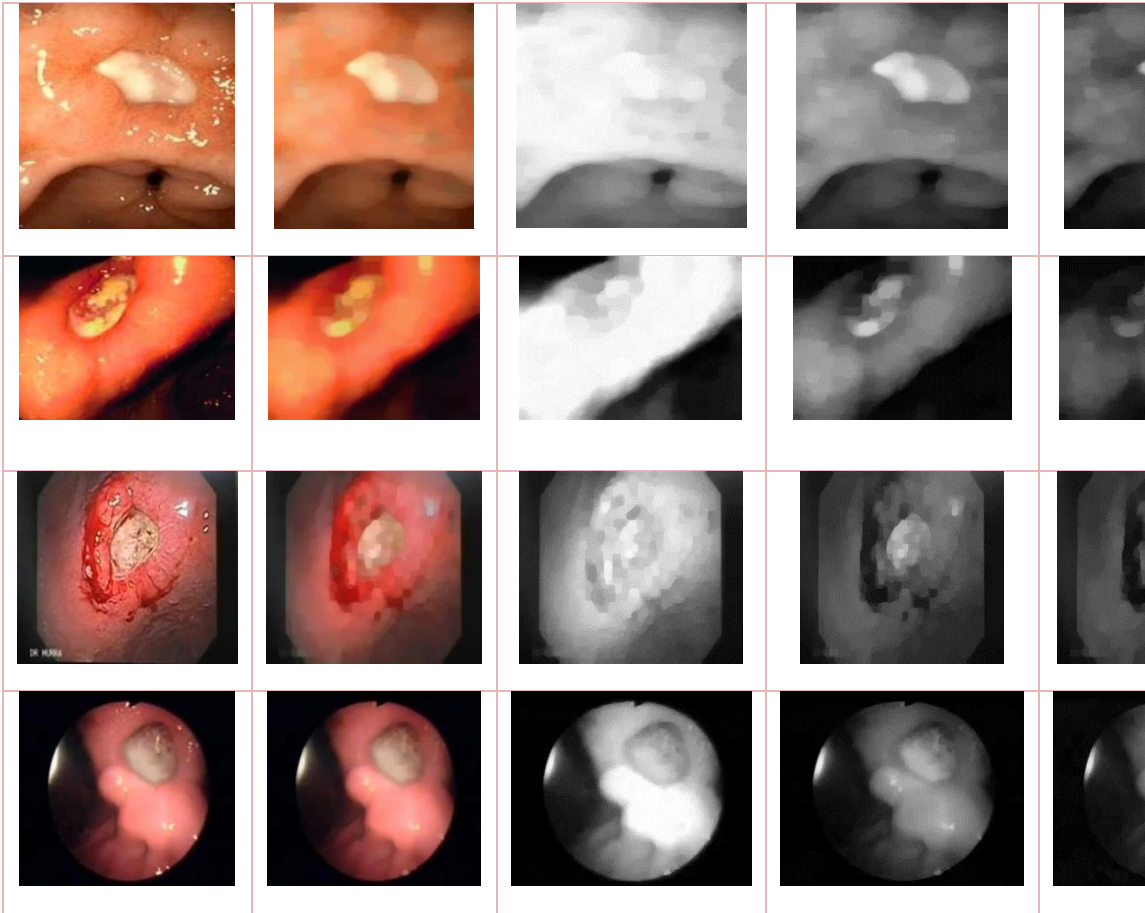
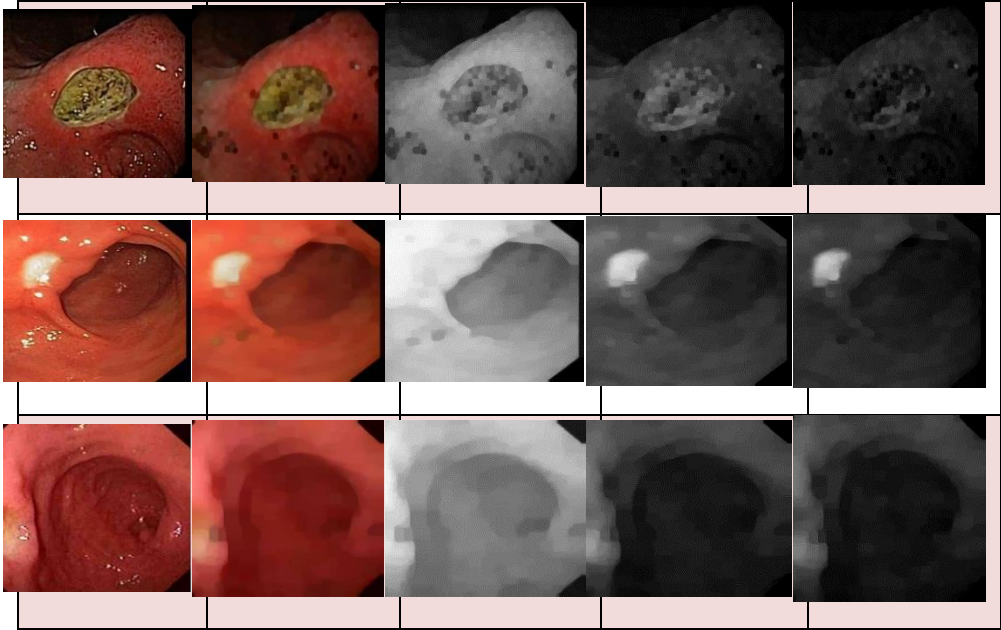


Image	Brightness removed	R Layer	G Layer	B Layer
-------	--------------------	---------	---------	---------

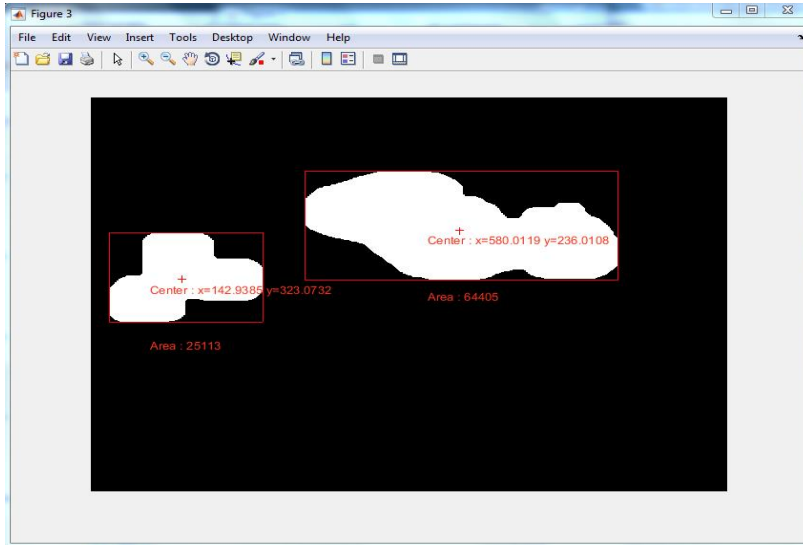


5-3-مرحلة التجزيء واستخلاص الخصائص والتصنيف

في هذه المرحلة تصبح الصورة جاهزة من أجل القيام بالعمليات اللازمة للبدء باستخراج القرحة ومن هذه العمليات هي عملية التقطيع. عملية التقطيع تهدف الى تقسيم الصورة الى مقاطع ذات خصائص موحدة ومن خلالها نستطيع عزل القرحة بشكل أولي. وتشمل هذه المرحلة عملية التعتيب *Thresholding*. يعتبر التقطيع باستخدام التعتيب من أبسط الطرق في مجال تقطيع الصورة إلى أجزاء مفيدة. هذه الطريقة تعتمد على تحويل الصورة في المستوي الرمادي الى صورة ثنائية (كل بكسل يمكن أن يمثل قيمتين فقط). من المهم تحديد قيمة العتبة أثناء التحويل وهناك خوارزميات وأبحاث كثيرة في المجال. ولكن ضمن الخوارزمية الخاصة بنا وكون القرحة يعبر عنها بمنطقة بيضاء تقريباً فتم تحديد قيمة العتبة بنسبة 80% من القيمة الأعظمية (0.8) بغض النظر عن عدد الكائنات التي يمكن أن تظهر بالصورة كون المراحل التالية تساعدنا في تحديد ما إذا كانت الكائنات الموجودة تعبر عن القرحة أو لا.

بعد ذلك استخدمنا العمليتين المرفولوجيتين النمو dilation و erosion من أجل تحسين الصورة وفق ما يلي:

1- وصل الكائنات الصغيرة القريبة من بعضها عن طريق تضخيمها باستخدام dilation عدة مرات. 2- اعادة الكائنات الى حجمها الطبيعي بعد نجاح الخطوة الأولى عن طريق عملية erosion. بعملية التعريب قد ينتج لدينا عدة كائنات ذات خواص متقاربة لذلك نقوم بوسم (labeling) هذه الكائنات وتوصيف كل منها على حده (تحديد المساحة والاحداثيات وأبعاد المستطيل المحيط بها و ... الخ). تعليمة bwalabel تقوم بوسم كل كائن منفصل وذو رابطة ثمانية عن طريق اعطاء بكسلاته لون خاص به. تعليمة regionprops تقوم بقراءة الكائنات الموسومة وتستخرج خصائصها (المركز - المساحة - الصندوق المحيط بالكائن - ... الخ) الشكل (4).



الشكل (4) استخراج الخصائص وتحديدها ضمن الصورة

بعدها يتم تحديد الكائن الأفضل والذي يعبر عن منطقة القرحة.

من أجل ذلك طبقنا الطريقة التالية:

1. قمنا باقتطاع كل كائن من الصورة الأصلية (RGB) بالاعتماد على ميزة

Bounding Box

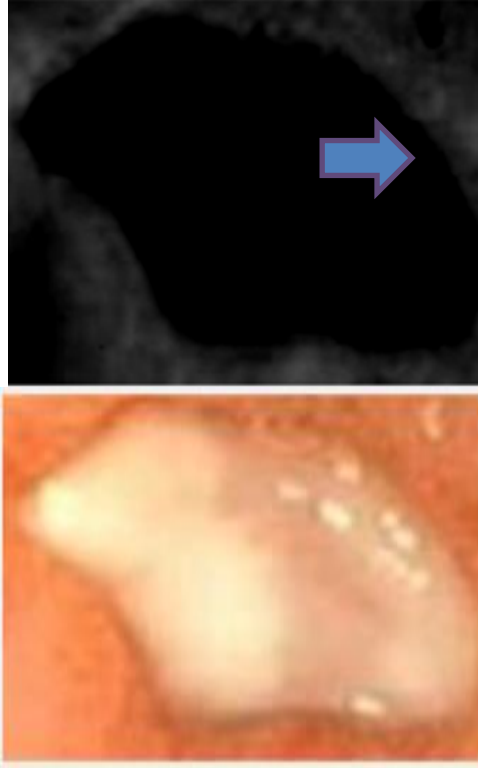
2. ايجاد القيم الصغرى لكل من القنوات الثلاثة (Red – Green –Blue) والكائن

صاحب القيمة الأقل في القناة الخضراء يعبر عن القرحة

3. في حال وجود حواف تصوير سوداء قمنا بأخذ القيم العظمى للقنوات والكائن

صاحب القيمة الأعظم في القناة الخضراء يعبر عن القرحة.

في النهاية يتم عزل منطقة القرحة المحددة باستخدام المرحلة السابقة واعتبارها صورة جديدة مستقلة ومن ثم استخدام تعليمة regionprops لقراءة الكائنات الموسومة لاستخراج خصائصها (المركز – المساحة – الصندوق المحيط بالكائن...) الشكل (5)، ونقوم بعدها بعزل القناة الحمراء (المركبات اللونية الحمراء) من أجل الكشف عن وجود نزيف ضمن القرحة أو حولها.



الشكل (5) عزل القرحة والكشف عن وجود نزيف ضمن القرحة أو حولها

6- خوارزمية تشخيص حالة القرحة باستخدام الشبكات العصبونية

تعتبر الشبكات العصبونية من أهم مجالات الذكاء الاصطناعي الذي يعكس تطوراً هاماً ملموساً في طريقة التفكير الإنساني، وتدور فكرة الشبكات العصبونية حول محاكاة الدماغ البشري باستخدام الحاسب الآلي. الشبكات العصبونية أمامية الانتشار متعددة الطبقات هي إحدى أشهر أنواع الشبكات العصبونية، ويحدث فيها انتقال المعلومات عبر الطبقات باتجاه وحيد من طبقة الدخل إلى الطبقة المخفية إلى الطبقة النهائية. ترتبط العصبونات مع بعضها بحيث يرتبط كل عصبون في طبقة ما بجميع العصبونات في الطبقة التالية (لا ترتبط عصبونات نفس الطبقة مع بعضها) [12,17].

6-1 قاعدة البيانات حول تشخيص القرحة المعدية

قمنا بإنشاء قاعدة البيانات هذه بالاعتماد على خبرة طبيب مختص بالقرحة حيث تبين وجود دم، ألم ولون القرحة ونتيجة هذه الأعراض كما يوضح الجدول (2):

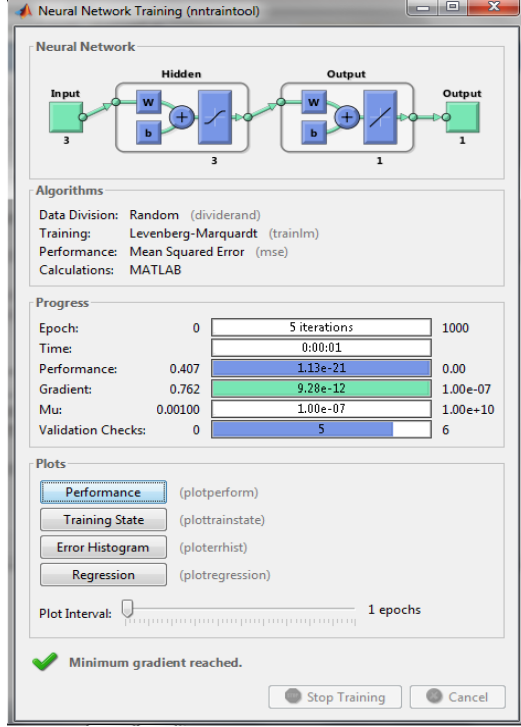
الجدول (2) آلية تصنيف القرحة المعدية اعتماداً على خبرة أطباء مختصين

Peptic Size	Blood	Pain	Peptic Color	Result
10%	No	No	Gray	Normal
10%	No	No	White	Normal
10%	No	No	Green	Need a Doctor
10%	No	Yes	Gray	Need a Doctor
10%	No	Yes	White	Normal
10%	No	Yes	Green	Need a Doctor
10%	Yes	No	Gray	Need a Doctor

10%	Yes	No	White	Need a Doctor
10%	Yes	No	Green	Need a Doctor
No=0	White=0		Normal=0	
Yes=1	Gray=1		Need a Doctor =1	
	Green=2			

6-2- بناء وتدريب الشبكة العصبونية

الشبكة العصبونية المستخدمة هي شبكة تغذية أمامية متعددة الطبقات مكونة من ثلاث طبقات (مخفية وطبقتي دخل وخرج)، حيث تم استخدام الميزات المستخرجة من الصور أثناء كشف القرحة كدخل للشبكة العصبونية، وكان الخرج عبارة عن تصنيف القرحة بين العادية أو الخطيرة (بحاجة مراجعة طبيب) بشكل مسبق بناء على معلومات الصور. باستخدام تابع Matlab المدمج feedforwardnet ليتم بعدها تدريب الشبكة باستخدام تابع train على الدخل الخرج للقيم الرقمية الموافقة للجدول حيث لم يتم احتساب حجم القرحة بسبب عدم قياسها بشكل دقيق.



الشكل (6) عملية تدريب الشبكة

7- النتائج والمناقشة

حصلنا على 300 صورة لجدار المعدة (200 صورة تمثل حالتى نزيف / قرح سواء بشكل منفصل في مجموعة الصور او وجود الحالتين ضمن نفس الصور و 100 صورة حالة سليمة). تم التقاط جميع الصور 300 في المعدة باستخدام الكبسولة PillCam SB .WCE

في القسم الأول من الدراسة تم تطبيق خوارزمية كشف القرحة المعدية على الصورة الموجودة في قاعدة البيانات كما يوضح الجدول (3)، حيث تمكنت الخوارزمية من كشف 270 قرحة من أصل 300، وأيضاً تم كشف 130 حالة نزيف من أصل 150.

وفي القسم الثاني تم تدريب الشبكة العصبونية المنفذة باستخدام 100 صورة مع خصائصها وتصنيفها المسبق كقيم دخل/خرج. ليتم بعدها اختبار الشبكة على 200 صورة المتبقية.

تم تحديد دقة وكفاءة الخرج من خلال القوانين المتعارف عليها في أنظمة التشخيص والتصنيف الطبي [18]، والتي تعرف بدقة التشخيص (AC) accuracy، الحساسية (SE) sensitivity، والتحديد (SP) specificity وتم حسابهم باستخدام القوانين:

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \times 100 = 99\%$$

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP} \times 100 = 98\%$$

$$Accuracy = \frac{TN}{TN + FP} \times 100 = 98\%$$

حيث:




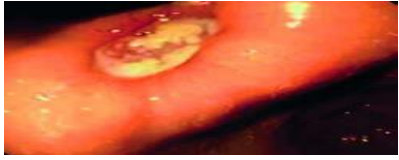

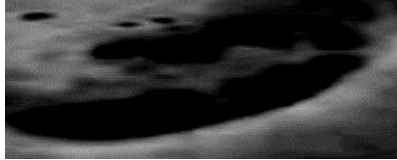

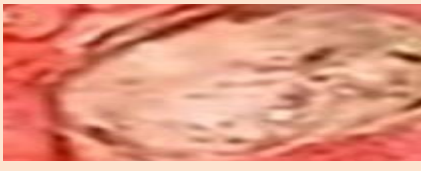

(TP) عدد الصور المصنفة بشكل صحيح التي تحتوي على قرحة = 198/200 = 0.99

(FP) عدد الصور العادية المصنفة بشكل خاطئ على أنها تحتوي قرحة = 2/100 = 0.02

(TN) عدد الصور المصنفة بشكل صحيح بدون تقرحات = 98/100 = 0.98

(FN) عدد الصور التي تحتوي على تقرحات مصنفة بشكل خاطئ على أنها صور عادية = 2/200 = 0.01

الجدول (3) نتيجة تطبيق الخوارزمية على عدد من الصور

Image	Peptic Area Extraction	Blood Detection
		
		
		

8-الاستنتاجات والتوصيات:

أثبت التنظير الكبسولي اللاسلكي بالفعل خلال السنوات الماضية أنها وسيلة تشخيصية فعالة للكشف عن أورام وآفات الأمعاء الدقيقة، في هذه الورقة، اقترحت خوارزمية جديدة من أجل الكشف الآلي عن قرحة المعدة في صور التنظير الكبسولة اللاسلكية. تعتمد المنهجية على تحليل المركبات اللونية للمعدة واجتزاء منطقة القرحة بالتعتيب، وإيجاد القيم الصغرى لكل من القنوات الثلاثة ومن ثم استخلاص الخصائص منطقة الاهتمام لتكون مدخلات للشبكة العصبونية ذات التغذية الامامية. طبقت الخوارزمية على قاعدة بيانات مؤلفة من 300 صورة وأعطت دقة 98% في كشف آفة القرحة. أثبتت النتائج التجريبية والكمية أن الخوارزمية تعتبر قارئ ثاني لتتبيه الطبيب الى مناطق قد يغفل عنها مما يساهم بالتشخيص للحصول على قرار طبي بنسبة خطأ قليلة وإعطاء العلاج المناسب ويعطي فرص أكبر للشفاء. يمكن تطوير الخوارزمية المقترحة باستخدام تقنية التعلم العميق في محاولة لتسريع الكشف عن آفات المعدة وزيادة دقة الأداء.

المراجع

1. O. Hosokawa, T. Miyanaga, Y. Kaizaki, M. Hattori, K. Dohden, K. Ohta, Y. Itou, and H. Aoyagi, 2008 – **“Decreased death from gastric cancer by endoscopic screening: Association with a population–based cancer registry,”** Scand. J. Gastroenterol., vol. 43, no. 9, pp. 1112–1115.
2. C. Stock, A. B. Knudsen, I. Landsdorp–Vogelaar, U. Haug, and H. Brenner, 2011–**“Colorectal cancer mortality prevented by use and attributable to nonuse of colonoscopy,”** Gastrointest. Endosc., vol. 73, no. 3, pp. 435–443.
3. Y. Fu, W. Zhang, M. Mandal, and M. Q.–H. Meng, 2014– **“Computer–aided bleeding detection in WCE video,”** IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, vol. 18, no. 2, pp. 636–642.
4. Karargyris and N. Bourbakis, 2011– **“Detection of small bowel polyps and ulcers in wireless capsule endoscopy videos,”** IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 58, no. 10, pp. 2777–2786.
5. Y. Yuan, B. Li, and M. Q.–H. Meng, 2015– **“Bleeding frame and region detection in the wireless capsule endoscopy video,”** IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, vol. 20, no. 2, pp. 624–630.
6. Y. Yuan and M. Q.–H. Meng, 2017– **“Deep learning for**

- polyp recognition in wireless capsule endoscopy images,**” Medical Physics, vol. 44, no. 4, pp. 1379–1389.
7. B. Li and M. Q.–H. Meng, 2009– “**Texture analysis for ulcer detection in capsule endoscopy images,**” Image and Vision Computing, vol. 27, no. 9, pp. 1336–1342.
 8. B. Li and M. Q.–H. Meng, 2012– “**Automatic polyp detection for wireless capsule endoscopy images,**” Expert Systems with Applications, vol. 39, no. 12, pp. 10952–10958.
 9. Y. Yuan and M. Q.–H. Meng, 2014– “**A novel feature for polyp detection in wireless capsule endoscopy images**”, in Proceedings of the 2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 5010–5015, IEEE, Chicago, IL, USA, September.
 10. Y. LeCun, Y. Bengio, and G. Hinton, 2015– “**Deep learning**” Nature, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444.
 11. J.–Y. He, X. Wu, Y.–G. Jiang, Q. Peng, and R. Jain, 2018– “**Hookworm detection in wireless capsule endoscopy images with deep learning,**” IEEE Transactions on Image Processing, vol. 27, no. 5, pp. 2379–2392.
 12. Y. Yuan and M. Q.–H. Meng, 2017– “**Deep learning for polyp recognition in wireless capsule endoscopy images,**” Medical Physics, vol. 44, no. 4, pp. 1379–1389.
 13. E. Ribeiro, A. Uhl, W. Georg, and M. Häfner, 2016– “**Exploring deep learning and transfer learning for colonic**

- polyp classification,”** Computational and Mathematical Methods in Medicine, vol. 2016, Article ID 6584725, 16 pages.
14. T. Aoki, A. Yamada, K. Aoyama et al., 2019– “**Automatic detection of erosions and ulcerations in wireless capsule endoscopy images based on a deep convolutional neural network,**” Gastrointestinal Endoscopy, vol. 89, no. 2, pp. 357–363.e2.
15. Liao Z, Hou X, Lin–Hu EQ, Sheng JQ, Ge ZZ, Jiang B, Huang QY, Zhao XJ. 2016– “**Accuracy of magnetically controlled capsule endoscopy, compared with conventional gastroscopy, in detection of gastric diseases**”. Clinical Gastroenterology and Hepatology. 2016 Sep 1; 14(9):1266–73.
16. Solomon C, Breckon T. 2011– “**Fundamentals of Digital Image Processing: A practical approach with examples in Matlab**”. John Wiley & Sons.
17. Sivanandam SN, Deepa SN. 2006– “Introduction to neural networks using Matlab 6.0”. Tata McGraw–Hill Education.

تقنيات تخطيط الإنتاج

*م. محمد ثائر الجوهري

**أ.د. غسان حداد

الملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة تقنيات تخطيط الإنتاج (تقنيات الترتيب، نظام تخطيط مستلزمات الإنتاج، نظام الإنتاج في الوقت المحدد، نظام كانبان) والمقارنة فيما بينها.

الكلمات المفتاحية: MRP , JIT, KANBAN

-
- *طالب دكتوراه في قسم هندسة التصميم الميكانيكي – جامعة دمشق.
 - ** أستاذ في قسم هندسة التصميم الميكانيكي – جامعة دمشق.

Production planning techniques

Eng.mohamad thaer al johari

PROF.Dr.Eng.Ghassan hadad

Abstract

This research aims to study the techniques of production planning (arrangement techniques, production requirements planning system, production on time system, kanban system) and compare between them

Keywords: MRP , JIT, KANBAN

-
- * PhD student in the Department of Mechanical Design Engineering - Damascus University.
 - ** Professor in the Department of Mechanical Design Engineering - Damascus University.

المقدمة:

توجد العديد من التقنيات لتخطيط الإنتاج في المؤسسة، نذكر من أهمها:

1. تقنيات الترتيب (GANTT)

2. نظام تخطيط مستلزمات الإنتاج (MRP)

3. نظام الإنتاج في الوقت المحدد (JIT)

4. نظام KANBAN.

1. تقنيات الترتيب:

1. خريطة GANTT:

تعد خريطة GANTT من أقدم أساليب ترتيب العمليات والمشاريع، ظهر سنة 1918 وما زالت تستخدم في وقتنا الحالي ولكن بأشكال أكثر تطورا، لاسيما ما تعلق

باستعمال الإعلام الآلية في إعدادها [1].

تستخدم خريطة GANTT في تحديد أمثل طريقة لترتيب المهام المشكلة لعملية

إنتاجية ما أو لمشروع ما على فترة زمنية محددة، أخذين بعين الاعتبار:

- المدة الزمنية لكل مهمة.
- قيود الأسبقية الموجودة التي تربط مختلف المهام.
- المدة الزمنية للعملية الإنتاجية أو المشروع والتي يجب احترامها.
- قدرات المعالجة.

تمثيل خريطة GANTT:

من أجل تمثيل خريطة GANTT يجب البدء بـ:

1. تحديد العملية أو المشروع المراد تنفيذه.
2. تحديد مختلف المهام المشكلة للعملية الإنتاجية أو المشروع.
3. تحديد المدة الزمنية لكل مهمة.

المهام	المدة الزمنية (بالأيام)	المهما السابقة	تعداد العاملين
A	3	-	4
B	6	A	3
C	4	B	5
D	7	A	2
E	5	D	4

4. تحديد العلاقات بين هذه المهام.

نقدم في ما يلي مثالا لشرح هذه التقنية:

تعرض خريطة GANTT في جدول مخطط أين كل عمود يمثل وحدة زمنية وكل

سطر يمثل مهمة

للتفويض بحيث:

1. يتم بتعيين المهام التي ليس لها مهام سابقة.
2. يتم تعيين المهام التي مثلت مهامها السابقة، وهكذا...
3. يتم بعدها تحديد المسار الحرج، وهو أطول مسار في الخريطة، يضم المهام الحرجة التي لا تقبل التأخير.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A															
B															
C															
D															
E															
Effectif	4	4	4	5	5	5	5	7	7	7	9	4	4	4	4

- تتطلب العملية الإنتاجية 15 يوماً من أجل إنجازها،
المسار الحرج هو A, D, E: والذي يبلغ طوله 15 يوماً، وهي بالتالي مهام حرجة لا يمكن بأي حال تأخيرها.
يشكل اليوم 11 يوماً حرجاً لأنه يتطلب توفر أكبر عدد من العمال وهو 9 عمال
عيوب خريطة [2]. GANTT:
لا يكون ممكناً في حالات الأوامر العديدة والأنشطة المتداخلة والتي قد يلزم تخصيص موارد جديدة لها لتقابل وقت أدائها.
لا تتمتع بمرونة كافية خاصة لمقابلة الاختلافات الكبيرة.
لا توضح بصورة مباشرة التكاليف المتعلقة ببداية التحميل المختلفة.

2. نظام تخطيط مستلزمات الإنتاج (MRP):

نشأ هذا النظام في ستينيات القرن الماضي في الولايات المتحدة الأمريكية كأسلوب محسوب لتخطيط عملية الحصول على المواد وتخطيط الإنتاج. يهدف هذا النظام إلى تخطيط المتطلبات من المواد الأولية محدداً فيه الكمية المطلوبة ووقت الاحتياج لها. يستمد النظام مفهومه من العلاقة القائمة بين الطلب على المنتج التام الصنع الذي تنتجه المنظمة والطلب على الأجزاء التي تدخل في إنتاجه (مكونات التركيبة الفنية للمنتج) والتي تشمل على المواد الأولية والأجزاء تحت التشغيل. أي أن نظام MRP هو الطلب على المواد الأولية والمكونات الرئيسية والفرعية التي تدخل في صناعة المنتج النهائي.

يعد نظام MRP أحد النظم الذي أثبت نجاحه في ميدان التخطيط والرقابة على المخزون والإنتاج، إذ أصبح ممكناً تحقيق أهداف أداء العمليات المتمثلة في تخفيض التكاليف، والتسليم الموثوق، والجودة العالية، والاستخدام الأفضل للموارد والطاقت الإنتاجية الأخرى، ومن خلال تقديم معالجات فعالة وواقعية وسريعة نسبياً لمشكلات الجدولة، وتقليل تكلفة إنتاج الطلبات نتيجة تخفيض المخزون إلى الحد الأدنى، والدقة في توقيت استلام المواد والأجزاء من قبل مراكز العمل عند الحاجة إليها وتسليم الطلبات في مواعيدها المحددة، وبالتالي تقديم مساهمة جدية في تحقيق الأهداف الإستراتيجية للمنظمة.

وتوفر مخرجات نظام MRP معلومات مفيدة لمديري الإنتاج والمخازن، وتتجلى في ثلاثة استخدامات وفوائد أساسية هي: التخطيط والرقابة على المخزون، والتخطيط التفصيلي للطاقة، وتخطيط أسبقية الإنتاج أو الشراء وفق الأوامر المخطط إطلاقها لمكونات وأجزاء المنتج، وعلى أساس فترات الانتظار المطلوبة لكل جزء وتوافر الطاقة المطلوبة (J. R. Evans, 1997). وهناك فوائد أخرى للنظام بحيث يساعد في عملية التنبؤ الإحصائي لمكونات المنتج النهائي ويخفض من تكاليف الاحتفاظ بالمخزون ويحسن خدمة الزبون كما يقلل من نسب التلف بسبب استخدام الأجزاء الصحيحة ويحسن من إنتاجية الوحدة الصناعية (Krajewski & Ritzman, 1998).

ويمكن الوقوف على مزايا أساسية منها: أنها طريقة لتخطيط الإنتاج بدون مخزون لأنها تحافظ على الأفق الزمني لإنتاج كميات معينة وتطلق أوامر الشراء أو الإنتاج حسب الوقت المحدد لا قبله ولا بعده، لا يتطلب إعادة تنظيم الإنتاج بل يسمح باستعمال التقنيات الموجودة. ومن أهم النتائج التي ثبت مصداقيتها أنها تخفض المخزون بنسبة بين 25% إلى 40% وتخفض التكاليف المباشرة في الإنتاج بنسبة ما بين 5% إلى 10% وتخفض التكاليف في التركيب بنسبة 40% (Javel, 2000).

وعلى الرغم من فوائدها فقد تعرضت طريقة MRP إلى العديد من الانتقادات توضح نقائصها أو حدود استعمالها. إذ يستغرق تنفيذ نظام MRP فترة طويلة نتيجة الكيفية التي يتم بها معالجة والحجم الكبير من البيانات مما يتطلب قاعدة بيانات ضخمة (Fox, 1985). كما أنه يفترض طاقة غير محدودة في كل مراكز العمل، بينما الواقع يؤكد أن بعض مراكز العمل قد تشكل ما يسمى بالاختناق أو عنق الزجاجة حيث تسبب اختناقاً في العملية الإنتاجية. وقد يحطم ذلك الدقة التي تمتاز بها لتخطيط متطلبات الإنتاج من المواد ويجعل التخطيط للطاقة غير فعال والرقابة أقل جدوى (عرفة وشلبي، 2020).

3. نظام الإنتاج في الوقت المحدد (JIT):

1- مزايا وحدود JIT:

وهي اختصار للعبارة Just in time. وهي نظام من أنظمة إدارة المخزون، بموجبه تسلم المواد الأولية والمهمات التي تستخدم في الإنتاج حالاً عند طلبها في العملية الإنتاجية. يوحاول هذا المفهوم أو النظام التقليل من كلف الاحتفاظ بالمخزون بالتقليل من كمياتها المحتفظ بها. اقترح هذا الأسلوب على اليابانيين

الدكتور إدوارد ديمينج. وهو أخصائي أمريكي وخبير في حقل الكفاءة الإنتاجي. ويستعمل هذا النظام على نطاق واسع في اليابان وفي العالم. إن نظام JIT فلسفة جديدة تقدم مفاهيم وأساليب جديدة للإنتاج تساعد بكفاءة على تحقيق الموقع التنافسي ما بين الشركات في الأسواق الدولية، وتظهر قوة نظام JIT في أن المفاهيم التي جاء بها قد غيرت مفاهيم ومبادئ سائدة، بعد أن كشف بوضوح كبير الجوانب السلبية فيها. ولقد تم تطوير نظام JIT في شركة Toyota Motor Company اليابانية في الستينيات من قبل Taiichi Ohno وانتشر بعد أزمة البترول العالمية عام 1973 م ليشجع شيوع هذا النظام باستمرار بعد أن حظي باعتراف واسع بكفاءته في إزالة كل أنواع التبذير وخفض المخزون وجدولة الإنتاج والجودة، إلى جانب إقامة علاقات جديدة مع الموردين.

ويحقق نظام الإنتاج في الوقت المحدد العديد من المنافع في مجالات مختلفة تتجسد في تخفيض المخزون وزيادة الإنتاجية من خلال تخفيض المهل الزمنية وتخفيض معدل المرفوض والزيادة الواضحة في استخدام الموارد البشرية، الاستجابة السريعة لرغبات الزبائن، توفير في التكاليف، زيادة في الإيرادات، توفير في الاستثمار بتخفيض المساحات المطلوبة لعمليات الإنتاج والتخزين وتخفيض المخزون وزيادة حجم استعمال الآلات، بالإضافة إلى تطوير مهارات العاملين (محبوب والأثروشي، 2020). وما يؤكد على أهمية عناصره الأساسية هي النتائج المتحققة من خلال تطبيقاته فقد ساهم ب (عرفة وشلبي، 2020):

- انخفاض في المخزون ووقت وصول المنتج بما يساوي 90%؛
- انخفاض تكاليف العمالة بنسبة 10% إلى 30%؛
- انخفاض تكاليف الإعداد بنسبة 75%؛
- تحسين الجودة بحوالي 75% إلى 90%؛
- تقليص احتياجات الموقع بنسبة 30% إلى 50%.

غير أن هناك بعض الانتقادات التي توضح حدود استعمالات النظام. وهناك من يعتبر نظام JIT صالحا لمجالات دون أخرى، فهو ملائم لبيئات الإنتاج المتكرر مع ضرورة توافر شروط معينة. ويكون عمله جيدا إذا كان موقع الموردين قريبا من المؤسسة. كما يتطلب تنفيذ هذا النظام تتميط الخط الإنتاجي واعتماد عدد محدود من المنتجات. بالإضافة إلى

متطلباته المتعلقة بإعادة تنظيم المؤسسة والتحضيرات اللازمة لمقابلة التوقعات في الخط الإنتاجي وتحديد المجالات التي تظهر فيها المشكلات (محبوب والأثروشي، 2020).

رابعاً: المقارنة بين نظامي الإنتاج JIT, MRP:

إن الفارق الرئيسي بين نظام MRP ونظام الإنتاج في الوقت المحدد يكمن في أن الأول يحاول قياس الحقيقة المدركة أو المتوقعة، كما يحاول تخفيض مستويات المخزون من خلال التنبؤ بالطلب، ويبني على أساس أنه يوجد عدم التأكد. وعليه فإنه يجب الاحتفاظ بمخزون أمان. أما نظام الإنتاج في الوقت المحدد (الذي يستخدم مدخل الجذب بدل مدخل الدفع)، فإن الاحتفاظ بالمخزون يعتبر شيئاً غير مفضل وذلك لكون متطلبات النظام تؤكد على تخفيض ظروف عدم التأكد في بيئة المصنع مما يساعد على تخفيض الحاجة للاحتفاظ بمخزون الأمان إلى أدنى حد ممكن أو قد يكون صفراً (عرفة وشلبي، 2020). وفي محاولة لاستنتاج بعض نقاط التشابه والاختلاف بين النظامين نتج الجدول الموالي:

الجدول رقم 1: مقارنة بين JIT, MRP

JIT	MRP	الخصائص

<p>طاقة الموارد محددة وتتم السيطرة عن طريق Kanban</p>	<p>طاقة الموارد غير محددة بل تتحدد لاحقاً</p>	<p>1- تحميل الإنتاج</p>
<p>تحدد دفعات الإنتاج ذات حجم كبير ومتغير ودفعات التحويل بحجم صغير وثابت</p>	<p>دفعة ذات حجم ثابت في الأمر الواحد بينما يتغير الحجم بين أوامر العمل</p>	<p>2- حجم الدفعة</p>

عدد محدود جدا من الموردين وتسلم المواد بكميات صغيرة ومتكررة	التعامل مع عدد من الموردين مع التسليم بكميات كبيرة	3- المواد الأولية والأجزاء المشتراة
يستخدم الأضواء المنبهة للرقابة على العملية الإنتاجية.	تتم معالجة التذبذب باستخدام مخزون الأمان	4- تذبذب الإنتاج
يعتبر أكثر هذه الأنظمة مرونة لاعتماده دفعات صغيرة وتخفيض المخزون	يتفاعل مع الطلب ويخطط حسب تغير الطلب	5- المرونة
يؤكد هذا النظام على تخطيط المواد الملائم للتنفيذ اليومي	يركز على تخطيط المواد للمدى الطويل	6- تخطيط المواد
نظام السحب	نظام الدفع	7- نظام الدفع والسحب
يعتمد على التدريب الشامل ذو المهارات المتعددة	يستعمل مهارات متخصصة	8- تدريب العاملين

ويلاحظ من استعراض المقارنة بين الأنظمة السابقة، أن طريقة المقارنة تحاول الفصل في تطبيق هذه الأنظمة خاصة عند المقارنة بين الأنظمة اليابانية والأمريكية. فهناك مثلا Shingo (1983) يفضل استعمال JIT، باعتباره نظاما شاملا للإنتاج، عن نظام MRP.

خامسا: التكامل بين أنظمة الإنتاج JIT, MRP:

بناء على ما سبق من استعراض لمزايا وحدود كل نظام من الأنظمة الحديثة لإدارة الإنتاج (JIT, MRP)، فإنه يمكن القول أنه نادرا ما يتوفر نظام للتخطيط والرقابة على الإنتاج يمكن اعتباره ملائما أو مثاليا لجميع أنواع العمليات الإنتاجية. فلكل عمل خصائص يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند اختيار البديل الاستراتيجي الملائم من بين نظم الإنتاج. ومن الخصائص التي يجب الإشارة إليها، هي: حجم المؤسسة ودرجة تعقيد منتجاتها ومرونة عملياتها، قدرة المؤسسة على تلبية طلبات الزبائن، الكميات المنتجة وفترات التسليم المسموح بها، قيمة المنتجات المباعة كنسبة من القيمة النهائية للمنظمة، قابلية التنبؤ عن المبيعات المستقبلية، مدى توفر البيانات الكمية ودرجة الدقة المطلوبة لكل منتج والقابلية لاعتماد العقود الثانوية (محبوب والأتروشي، 2020).

ويؤكد Browne أن النجاحات المتميزة التي أثبتتها تطبيقات النظم الحديثة وفي بيئات التصنيع المختلفة تتطلب توفر شروط معينة. إضافة إلى أن الاختيار من بينها يعتمد على متغيرات عدة من الدعم المتواصل للإدارة العليا ومدى استعدادها لإعادة التخطيط والتنظيم داخل المؤسسة وحجم الاستثمار المطلوب لتبني البديل الاستراتيجي المعين. فضلا عن مدى إمكان توفير الانسياب الكفاء للمعلومات المرافقة للأجزاء المتنقلة بين العمليات الإنتاجية (Browne, 1988). كما يجب النظر إلى كيفية تنظيم عمليات الإنتاج داخل المؤسسة، بحيث يمكن ملاحظة درجة فك الارتباط أي مدى تقسيم العمليات إلى عمليات تفصيلية، ودرجة تركيز المنتج أي أن العمليات الموجهة لإنتاج منتجات محددة (Browne, 1988).

وقد أعطى L. Bironneau (2000) نموذجا مرجعيا يوضح فيه الروابط بين مختلف الوضعيات الصناعية وما تتفق معه من أساليب للإدارة. وي طرح هذا النموذج ثلاث مقاربات هي حصيلة اتجاهات المفاضلة في تطبيق الأساليب الحديثة للإنتاج. ويتمثل الأول في المدخل المقارن Comparative Approach ويؤكد أصحاب هذا الرأي الطريقة المناسبة بحسب ميولهم لطريقة دون أخرى مثل MRP أو Kanban. وطرح الثاني رأيا مغايرا وهو المدخل الإدماجي أو التكامل Integrative Approach، فلا داعي لاستعمال " MRP و Kanban، ويرغبون في ذلك تأكيد إمكانية تطبيق نظام هجين. أما الوجهة الثالثة فتضع المدخل الظرفي Contingence Approach، ويؤكد فيه أصحاب هذا الرأي أنه لا توجد

طريقة وحيدة لأداء الأشياء، ويقترحون تصنيف البيئات الصناعية وفقاً لعدة معايير ثم تطبيق الطريقة التي تتناسب كل وضعية. ومن بين المعايير المعتمدة: مجال النشاط، المهنة، الحجم، طبيعة عمليات الإنتاج، وضع الورشات، العلاقة مع الزبائن، خصائص المنتج وغير ذلك من الخصائص.

وبالرجوع إلى بيئة الأعمال الحالية يلاحظ ازدياد متغيراتها وتعقيدها، فضلاً عن الأحداث غير المتوقعة التي قد تؤدي إلى تضارب في العملية الإنتاجية. ومنه فإن الضعف الذي يكمن في نظام MRP وعدم قابليته للوقوف أمام هذه التغيرات، لا يعني أن الجهود المبذولة في بنائه وتصميمه ذهبت سدى، بل أي نظام آخر يحتاج في بنائه إلى قاعدة البيانات الخاصة بنظام MRP. (محجوب والأتروشي، 2020).

ويوصف نظام MRP أنه وجد للإجابة على احتياجات الإنتاج المتكرر، ثم أمكن تكيفه للإنتاج حسب الطلب باستبدال الطلب المنتبأ له بالطلبات الصارمة للزبائن (Ourari & B, Boozouia, 2000) أما بالنسبة لـ JIT فهو أسلوب لا يطبق سوى في الإنتاج المتكرر ويتدفق منتظم (Ourari & B, Boozouia, 2000).

وقد توصلت الدراسات إلى نتيجة هامة وهي إمكانية عمل الأنظمة المختلفة بشكل تكاملي لا بشكل بديل، وذلك عن طريق استغلال كل نظام في مستوى محدد من نظام الإدارة. وقد اهتم البعض بالعلاقة التكاملية بين MRP-JIT. وفي هذا المجال يقول Marris (1995) أن MRP هي تقنية لفلسفة JIT. وهناك آراء أخرى تؤيد فكرة الدمج بين هذه الأنظمة مثل حالة دمج MRP مع Kanban بحيث تستخدم الأولى لإدارة التنبؤات وتخطيط الاحتياجات فيما تستعمل البطاقات في المدى القصير مثل جدول الورشة (Reimer, Plack, 1991): (1991).

وقد وضع U. Karmarker (1989) نموذجاً اتبع فيه المقاربة الظرفية للاختيار بين الأنظمة، واستخدم معايير المفاضلة بين نظم الإنتاج الحديثة من خلال تصنيف الإنتاج إلى: نظام السحب بتدفق متكرر، ونظام هجين بالدفعات أو متكرر، ونظام هجين بالدفعة وحركي، ونظام الدفع. وينطبق ذلك على ثلاث استعمالات وهي: حساب الاحتياجات والانطلاق في الإنتاج وإدارة الورشة. ونتج عن ذلك الجدول (2).

الجدول رقم 2: المقاربة الظرفية لـ U. Karmarker

أنشطة التسيير أنواع الأنظمة	حساب الاحتياجات	الانطلاق في الإنتاج	تسيير الورشة
نظام السحب: تدفق مستمر	JIT	حسب وتيرة الإنتاج	JIT_MRP
نظام هجين: بالدفعات ومتكرر	JIT- MRP	JIT- MRP	JIT
نظام هجين: بالدفعات ومتغير	MRP	MRP	MRP
نظام الدفع	MRP	MRP	جدولة الورشة

Source: U. Karmarkar, "Getting Control of Just In Time", Harvard Business Review (Sep-Oct 1989). P.122.

ثم حاول L. Bironneau (2000) تطوير هذا الجدول ولم يكتف بالمقاربة الظرفية بل أدمج معها طريقة المقارنة والتكاملية وميز بين أشكال عمليات الإنتاج المعروفة التي تأخذ شكل الحروف T-A-V، وأدمجها بنظم الإنتاج حسب الطلبية والإنتاج من أجل التخزين. ثم قسم مستويات التخطيط إلى التخطيط الشامل والتخطيط المفصل والبرمجة والجدولة والمتابعة. وقد استنتج نموذجا مفصلا حسب كل مستوى تخطيط وحسب كل نوع من عمليات الإنتاج وحسب كل نظام إنتاج.

وبصفة عامة يمكن القول أن أي نشاط صناعي يبحث عن إمكانيات تحسين نظام التخطيط والإدارة. ووضع نظام أو آخر يعود إلى درجة تعقيد وتنوع مشاكل الإنتاج. ويمكن تبني هذه الطرق بصفة تكاملية تتيح الاستغلال الجيد لكل طريقة في مستوى تطبيقها.

4. نظام معلومات الإنتاج - كانبان - (Product information system – kanban)

(كانبان) هي طريقة في تحويل المواد و حركتها داخل نظام الإنتاج الآني من خطوة للتي

تليها خلال العملية الإنتاجية. كلمة (كانبان) في لغة اليابان هي عبارة عن علامة (بطاقة ، إشارة، لوحة ، أداة أخرى) تستعمل للسيطرة و التحكم بسلسلة العمل من خلال سلسلة من العمليات، يوصف نظام (كانبان) بأنه نظام سيطرة و تحكم فيزيائي مكون من بطاقات و صناديق أو حاويات لنقل المواد بين مراكز عمل الإنتاج ،إذاً نظام (كانبان) هو نظام فرعي من نظام الإنتاج الآلي وشركة تويوتا هي السبابة باستخدامه.

الغرض من نظام (كانبان) هو الإشارة أن هناك حاجة لأجزاء مطلوبة في الإنتاج و ضمان إنتاج أو توريد هذه الأجزاء في الوقت المناسب لدعم سلسلة عمليات التجميع في الإنتاج. هذا يتم عن طريق سحب الأجزاء لخط التجميع النهائي، عندما يصبح هناك شاغر في الحاويات إذاً هناك حاجة لأجزاء جديدة لاستمرار عملية الإنتاج. إن خط الإنتاج النهائي يستلم جدول الإنتاج المطلوب من مكتب العمليات و هذا الجدول يكون نفسه تقريباً من يوم لآخر ، جميع مشغلي الآلات و تجهيزها والموردين يتلقون طلبات الإنتاج (حسب بطاقات كانبان) من مراكز العمل و التخطيط.

في حال أن الإنتاج يجب أن يتوقف عند حد معين في مراكز العمل ، فإن مراكز التزويد بالمواد ستتوقف أيضاً و تبقى متوقفة طوال عدم ورود بطاقات (كانبان) جديدة تطلب مزيداً من المواد.

إذاً يقوم نظام كانبان بإرسال بطاقة أو إشارة إلى مصدر المادة أو الجزء إنذاراً بضرورة إعادة التوريد ، يمكن أن تستخدم هنا الإشارات الضوئية ، أو صندوق فارغ توضع فيه البطاقة .

هناك نوعين من بطاقات كانبان:

بطاقات السحب (wk) وبطاقات الإنتاج (pok) ، حيث تستخدم الأولى لسحب كمية من المواد التي تحتاجها العملية الإنتاجية ، أما الثانية تعطي الإذن لمعالجة المواد التي تحتويها الحاوية القياسية لوحدة خاصة محددة في البطاقة .

يمكن تبسيط آلية عمل نظام كانبان كما يلي :

* عند احتياج مركز عمل لمواد من نوع خاص أو أجزاء ، توضع بطاقة السحب على حاوية فارغة إيداناً لإرسالها لمكان تواجد المواد أو الأجزاء طلباً لتوريدها.

* في حال وجود حاوية مليئة عليها بطاقة إنتاج ، تزال البطاقة عنها و توضع بالبريد كإشارة لدخول مواد الحاوية في العملية الإنتاجية وتمهيداً لإحلال مواد بديلة بحاوية جديدة طبعاً من خلال بطاقة السحب .

* توضع بطاقة السحب على حاوية فارغة من جديد لطلب المواد المطلوبة لاستكمال العملية الإنتاجية وهكذا تتكرر العملية باستمرار لضمان سير و مرونة العملية الإنتاجية.

هناك شروط محددة لضمان نجاح نظام كانبان تتمثل بما يلي:

- 1-لا يجوز إرسال وحدات تالفة إلى المرحلة التالية.
 - 2-تسحب المرحلة التالية الكمية المحددة بالبطاقة دون زيادة أو نقصان و يجب أن يكون هناك بطاقة كانبان لكل حاوية توضح وضعيتها(فارغة- مليئة).
 - 3-تقوم المرحلة السابقة بتجهيز وإنتاج نفس الكمية التي سحبتها المرحلة التالية بعد استلام البطاقة ذات العلاقة ولا يمكن إنتاج الجزء بدون بطاقة الإنتاج التي تجيز ذلك (نظام البطاقتين).
 - 4-عدد البطاقات يجب أن يكون قليلاً، والمستوى الأعلى للمخزون يتحقق بعدد البطاقات، لذلك يجب العمل على تقليل عدد البطاقات قدر الإمكان.
- يتم عادة تحديد عدد الحاويات و البطاقات المتعلقة بها وفق المعادلة التالية:
- عدد الحاويات (ع) = المخزون الاحتياطي + متوسط الطلب خلال فترة الانتظار / سعة الحاوية

$$ع = ط (و + ت + ن) (ح + 1) / ك$$

حيث أن:

ع= عدد الحاويات

ط=الطلب المتعلق بالجزء ذو العلاقة وهو بالساعة

و= وقت الانتظار للحاوية وهو بالساعة

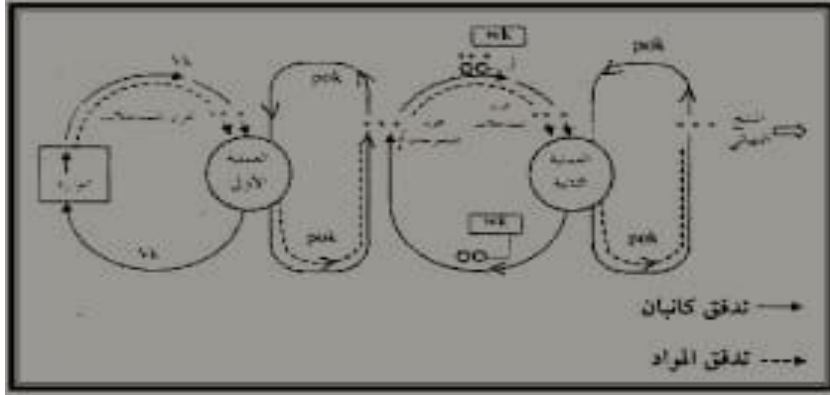
ت = وقت المعالجة لكل حاوية وهو بالساعة
 ن = وقت النقل بالساعة و تستخدم للمشتريات الخارجية
 ك = عدد الوحدات في الحاوية
 ح = متغير (عامل) السياسة و تضعه الإدارة ليشير للتأثيرات الخارجية وهذا المتغير يؤثر على المخزون الاحتياطي أو مخزون الأمان.
مثال : بفرض توفرت لدينا المعلومات الآتية و المتعلقة بأحد الأجزاء :
 الطلب في الساعة (ط) = 250 وحدة،
 سعة الحاوية (ك) = 25 وحدة،
 وقت الإنتاج و المعالجة (ت) = 0.15 ساعة
 وقت الانتظار للحاوية (و) = 0.2
 المخزون الاحتياطي = 0.1 من الوحدات المنتجة محلياً
 إذاً يكون عدد الحاويات وفق هذه المعطيات : $250 / (0.1+1) + 0.15 + 0.2$ / 25

فيكون الناتج 3.85 أي عدد الحاويات هو 4 فيكون المخزون وفق الحاويات
 $(25) * (4) = 100$ جزء.

أما فيما يتعلق بالمشتريات الخارجية فإنها تعالج بنفس الأسلوب باستثناء أننا سنأخذ هنا بعين الاعتبار وقت النقل وكذلك لا بد وان يكون المخزون الاحتياطي أكبر من السابق ، فلو افترضنا للمثال السابق أن وقت النقل كان 0.25 ساعة و المخزون الاحتياطي 0.30 فإن عدد الحاويات يساوي في هذه الحالة:

$$= (0.30+1) (0.25+ 0.15+0.2)25$$

ويكون الناتج 7.8 أي العدد هو 8 حاويات فيكون المخزون وفق الحاويات
 $(25) * (8) = 200$ جزء.



شكل يوضح سير عمل نظام معلومات الإنتاج (كانبان) بشكل تفصيلي
المصدر (إدارة الإنتاج، محمد الحسين، 2003، ص428)

سادساً المقارنة بين JIT , KANBAN :

في إدارة المخزون ، من الأفضل دائماً مراعاة أن "المخزون هو نفايات". هذه هي الفلسفة نفسها التي تضمنت استراتيجية المخزون في الوقت المناسب (JIT) والمعروفة أيضاً باسم نظام إنتاج تويوتا. تهدف هذه الإستراتيجية إلى تحسين عائد الاستثمار في النشاط التجاري من خلال خفض المخزون قيد المعالجة والتكاليف الدفترية المرتبطة به. عنصر واحد من النظام كانبان. هذا المصطلح الياباني هو كلمة مركبة ، حيث يعني KANBAN مرئي" و "حظر" يعني "بطاقات" ؛ حرفياً ، يشير Kanban إلى البطاقات المرئية. علاوة على ذلك ، يلعب هؤلاء دوراً مهماً في تنفيذ JIT من خلال العمل كمساعدات بصرية تؤدي إلى العمل. على الرغم من أن JIT و Kanban غالباً ما يرتبطان ببعضهما البعض ، إلا أنهما ليسا كيان واحد. في المقالة التالية ، سنحدد المصطلحين ونوضح الاختلافات بينهما.

أولاً ، ما هو JIT؟ إنها طريقة لإدارة المخزون أثبتت أنها تحسن عائد شركة التصنيع على الاستثمار والكفاءة وجودة العمل من خلال تقليل المخزون بشكل أساسي. تدعو JIT إلى عرض المخزون على أنه تكبد تكلفة بدلاً من القيمة المضافة ، على عكس ممارسات الأعمال التقليدية. وهو يركز على وجود "المادة المناسبة ، في الوقت المناسب ، وفي المكان المناسب ، وبالمبلغ الدقيق".

ومثاليًا كما يبدو ، فإنه يحمل عددًا من التأثيرات المفيدة للشركة. (1) يبسط تدفق المخزون من المستودعات إلى الرفوف ، مما يسهل إدارته ؛ (2) يتزامن العرض مع طلب الإنتاج ، وبالتالي تقليل تكاليف التخزين ووقت الإعداد / التغيير ؛ (3) تؤدي جدولة الإنتاج واتساق ساعات العمل الناتجة عن العرض والطلب المتزامنين إلى تقليل ساعات العمل الإضافية للعمال والمزيد من وقت الفراغ للتدريب وورش العمل للمساعدة في تحسين مستوى مهاراتهم ؛ (4) يتم تحسين الموظفين ذوي المهارات المتعددة أيضًا من خلال تخصيصهم لأجزاء من العملية التي تحتاج إلى القوى العاملة ؛ (5) وأخيرًا ، يتم التركيز على علاقة الشركة مع مورديها.

ومع ذلك ، هناك عيب في هذه الاستراتيجية - قد تجعل عملية JIT الموردين عرضة بشدة لصددمات العرض بسبب تقلبات الطلب المحتملة. مع إدارة علاقات طويلة الأمد مع الموردين ، يمكن تقليل هذا الجانب السلبي إلى الحد الأدنى.

Kanban من ناحية أخرى ، ليس نظام مراقبة المخزون في حد ذاته. بدلاً من ذلك ، هو نظام جدولة يخبر الشركة ما يجب إنتاجه ، ومتى يتم إنتاجه ، وكم يجب إنتاجه ؛ إن طبيعتها هي التي تجعلها عنصرًا مناسبًا في تنفيذ JIT يستخدم Kanban كمؤشر للطلب الذي يشير على الفور إلى سلسلة التوريد بأكملها. إليك كيفية عملها: أحد المكونات اللازمة لإنشاء الأدوات هو مسمار ساق 10 ويصل إلى المنصات. لنفترض أن هناك 100 براغي جذعية على منصة نقالة ؛ عندما تكون منصة النقل فارغة ، يأخذ الشخص الذي يقوم بتجميع الأدوات بطاقة تم إرفاقها بمنصة التحميل ويرسلها إلى منطقة تصنيع مسمار التثبيت. بعد ذلك يتم تصنيع منصة نقالة أخرى من مسامير الجذع وإرسالها إلى أداة تجميع الأدوات. في الجوهر ، كانبان هو نوع من أنظمة الإنتاج "سحب" ، وكل بطاقة كانبان أو منصة نقالة أو صندوق أو صندوق يتم إرسالها إلى المورد أو الشركة المصنعة للقطع تشير إلى الطلب العام على المنتج النهائي. في الواقع ، يتيح نظام الجدولة Kanban للشركات أن تكون تفاعلية مع احتياجات العملاء بدلاً من محاولة رسم التوقعات المقدر.

النتائج:

- 1) JIT هي استراتيجية لإدارة المخزون ؛ أحد عناصرها كانبان.
- 2) كانبان هو نوع من الجدولة أو الطلب من نظام الجدولة ، عادة في شكل بطاقات أو صناديق أو لوحات أو صناديق.
- 3) تستخدم JIT كانبان كوسيلة لمنع التكاليف المتعلقة بالمخزون. معاً ، يجعلون من الممكن الحصول على "المواد المناسبة في الوقت المناسب والمكان المناسب وبالمبلغ الدقيق".

الخاتمة:

الإنتاج هو عملية تحويل المواد الخام إلى سلع وخدمات ذات قيمة ومنفعة أعلى لتلبية رغبات العملاء والمستهلكين . تسعى المؤسسة من خلال النظام الإنتاجي إلى إنتاج السلعة أو تقديم الخدمة ، وذلك بالسعر والكمية المناسبين وفي الوقت المناسب ، وبأقل تكلفة ممكنة مع تحقيق أكبر عائد ممكن ، كل ذلك يتحقق من خلال تيسير الإنتاج بصورة فعالة.

المراجع:

محجوب، بسمان فيصل والأتروشي، عقيلة مصطفى وداود، غسان قاسم. (2020)، نظم التخطيط والرقابة على الإنتاج والعمليات. القاهرة: المؤسسة العربية للتنمية الإدارية. ص.ص.157-160؛ ص.ص.247-254.

Bironneau, L., "Le choix des méthodes et outils de pilotage de la production milieu Industriel", les troisièmes Rencontres Internationales en Logistique, Trois – Rivières, (9- 10 & 11 Mai 2000).

Browne, J., (1988), Production Management System A CIM Perspective, Wesley Publishing Company, PP. 44-46.

Chingo, S. (1983), Maîtrise de la Production et la méthode Kanban: le cas de Toyota. Paris: Les éditions d'organisation. PP.192-198.

Evans, J. R. (1997), Applied Production operations Management: Quality- Performance and Value, 5th ed. New York: West Publishing Co. PP.674-676.

Fox, R. E., "Build your own OPT", American Production & Inventory Control Society, Conference proceeding (1985). P.568.

Fox, R. E., "MRP, Kanban, or OPT –Ahat's Best?", American Production and Inventory Control Society, 25th Annual International Conference Proceedings (1982). PP.482-486.

Javel, G.. (2000), organisation et gestion de la production, 2^{ème} ed. Paris: Dunod. P.212.

Karmarkar, U., "Getting Control of Just In Time", Harvard Business Review (Sep-Oct 1989). PP.122- 131.

Krajewski, L. J. & Ritzman, L. P. (1998), Operations Management: Strategy & Analysis, 5th ed. New York: Addison Wesley. P.676.

Marris, P., "Le Management Par les Contraintes: son fonctionnement et ses resultats", Conference "Theorie des Contraintes" (18-11-2020), www.psynapses.net

Marris, P., (1995), Le Management Par les Contraintes en gestion industrielle: trouver le bon déséquilibre, Paris, les éditions d'organisation, P. 25.

Ourari, S. & Boouzouia, B. (2000), "Approches et Outils d'aide a la Décision pour le pilotage des systèmes de production", laboratoire de robotique et d'intelligence artificielle, centre de développement des technologies avancées.

Plack, C. K., "MRP, MRPII, OPT, JIT and CIM: Succession, evolution, or Necessary Combination", Second Quarter (1991).

Reimer, G., "Material Requirement Planning and Theory of Constraints: Can they Coexist? A case Study », Fourth Quarter (1991).

"La Théorie des Contraintes (TOC)", Cours HEC management de l'informatique, Université de Lausanne, Avril, 2020.

تحضير مادة مركبة رباعي فلور الإيتلين - أكسيد الألمنيوم وتوصيف خواصها الفيزيائية والميكانيكية

طالب الماجستير: م. فخر الدين علي صلوح

المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا

الدكتور المشرف: رفيع جبره

المخلص

تمّ في هذا العمل تحضير مادة مركبة من بوليمير رباعي فلور الإيتلين مع أكسيد الألمنيوم، عن طريق المزج اليدوي، والكبس، والتلبيد. تمّ تحضير مواد مركبة تفلون - أكسيد الألمنيوم تحتوي على نسب مختلفة من أكسيد الألمنيوم 0%، 5%، 10%، 15%، 20%. دُرِس تأثير نسبة أكسيد الألمنيوم على الكثافة قبل المعالجة الحرارية للتلبيد وبعدها، وعلى الخصائص الميكانيكية لهذه المواد. بيّنت الدراسة انخفاض الكثافة التجريبية مع زيادة نسبة أكسيد الألمنيوم قبل المعالجة الحرارية وبعدها، وارتفاع المسامية مع زيادة نسبة أكسيد الألمنيوم قبل المعالجة الحرارية وبعدها مع حدوث تغير طفيف في المسامية بعد المعالجة الحرارية عنها قبل المعالجة الحرارية. أدت زيادة نسبة أكسيد الألمنيوم في المادة المركبة تفلون - أكسيد الألمنيوم إلى انخفاض الخصائص الميكانيكية بشكل عام، وكانت المادة ذات نسبة التقوية 5% و 10% أفضل المواد المركبة من ناحية الخصائص الميكانيكية.

الكلمات المفتاحية: التفلون، أكسيد الألمنيوم، المواد المركبة تفلون - أكسيد الألمنيوم، الكثافة، الخصائص الميكانيكية.

Preparation of polytetrafluoroethylene-aluminum oxide composite material and characterization of their physical and mechanical properties

Paper Research of Master Thesis

Eng. Fakhr Aldeen Sallouh

Dr. Rafi JABRAH

Abstract

The Present work covers the preparation and characterization of PTFE/aluminum oxide composite material. These composites were prepared by manual mixing, pressing and sintering. PTFE/aluminum oxide composites were prepared with different proportions of aluminum oxide, namely, 0%, 5%, 10%, 15%, 20%. The effect of aluminum oxide content on the density was studied before and after sintering treatment, while the mechanical properties of these composites were investigated after sintering treatment. The results showed that the experimental density of PTFE/aluminum oxide composites decreased and the porosity increased with increasing aluminum oxide percentage before and after sintering treatment, with a slight change in total porosity value after sintering treatment compared with their values before treatment. The increase in the percentage of aluminum oxide in the PTFE/aluminum oxide composite material led to a decrease in their mechanical properties in general, and the composite materials with 5% and 10% α -aluminum oxide showed the best mechanical properties.

Key words: Teflon, aluminum oxide, polytetrafluoroethylene-aluminum oxide composite materials, density, mechanical properties.

1- مقدمة.

استخدم الإنسان المواد المركبة منذ قرون طويلة، وتطورت مع مرور الوقت لتدخل مختلف المجالات الهندسية المتقدمة. فالمواد المركبة توفر خصائص مميزة يصعب إيجادها أو الحصول عليها من مادة هندسية واحدة، كما يمكن التحكم بالخصائص حسب الهدف والغاية من المادة. ومع التقدم التكنولوجي والصناعي، ازداد استخدام المواد المركبة في مختلف التطبيقات والمجالات والبياديين كالطيران والمعدات الرياضية والتطبيقات الطبية والفضائية.

المواد المركبة هي اجتماع مادتين مختلفتين أو أكثر بهدف الحصول على مادة جديدة تتفوق في أدائها على مكوناتها منفردة. من هنا، قد تكون المواد المركبة غير متجانسة وغير متماثلة المناحي، وتمتلك خصائص عالية لا يمكن الحصول عليها باستخدام المواد التقليدية. يحدث اجتماع المواد المكونة على مستويات بنيوية مختلفة تبدأ من المقياس الماكروي إلى المقياس الميكروي وحتى المقياس النانومتري.

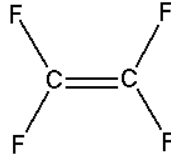
تتألف المادة المركبة في شكلها العام من مادتين، المادة الرابطة ومادة التقوية. تأخذ مادة التقوية أشكالاً متعددة: حبيبات أو صفيحات أو ألياف، وتكون مسؤولة عن الخصائص الميكانيكية للمواد المركبة، أما المادة الرابطة، فهي المسؤولة عن تماسك المادة المركبة وحمايتها من العوامل الخارجية [1,2].

تعتبر المواد المركبة البوليميرية إحدى أنواع المواد المركبة وأكثرها انتشاراً واستعمالاً، ويستخدم فيها طيف واسع من البوليميرات سواء كانت بوليميرات حرارية مثل التفلون والبولي بروبيلين وغيرها أو بوليميرات متصلبة حرارياً مثل الايبوكسي والبولي أستر وغيرها [2].

- بوليمير رباعي فلور الإيتلين (PTFE) - التفلون.

تم اكتشاف بوليمير رباعي فلور الإيتلين (PTFE) بالصدفة عام 1938 من قبل العالم Dr.RoyPlunkett الذي كان يعمل في شركة DuPont، حيث كان يعمل على تطوير غاز تبريد انطلاقاً من المركبات الفلورية، وكان يعتمد في تجاربه على مونومير رباعي فلور الإيتلين (TEF). وعند تفحصه لضغط الأسطوانة المملوءة بغاز الـ (TEF)، لاحظ انخفاضاً كبيراً في ضغط الأسطوانة مع عدم وجود أي خسارة في وزنها، وبعد نزع صمام الاسطوانة، لاحظ وجود كمية صغيرة من مسحوق شمعي ابيض متجمع في قاعدتها، فكانت تلك أولى الغرامات المنتجة من بوليمير رباعي فلور الإيتلين (PTFE). سجلت لاحقاً شركة DuPont علامة تجارية لـ PTFE باسم Teflon في عام 1945، وفي العقود اللاحقة، قامت باستخدامه تجارياً بشكل كبير جداً. وأصبح تعبير التفلون المصطلح الأكثر انتشاراً للتعبير عن بوليمير رباعي فلور الإيتلين [3].

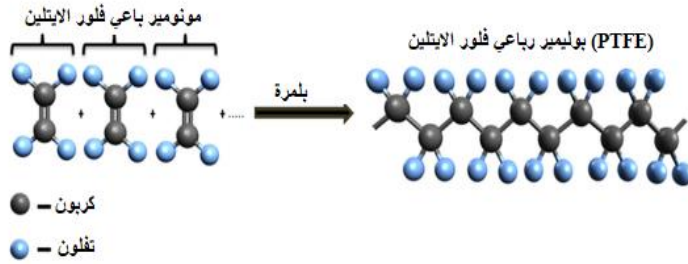
ينتمي التفلون إلى عائلة البوليميرات الفلورية المكونة من الكربون (C) والفلور (F) وهي بوليميرات خطية. يتم الحصول على التفلون من بلمرة مونومير رباعي فلور الإيتلين المشكل له، والموضح في الشكل (1).



الشكل 1: مونومير رباعي فلور الإيتلين.

يحتوي التفلون على الروابط (C-C)، و (C-F)، التي تعتبر من الروابط القوية جداً، حيث تصل طاقة الرابطة (C-C) إلى 607KJ/mol، وطاقة الرابطة (C-F) إلى 552 KJ/mol. لذلك، تأتي جميع الخصائص الرئيسية المميزة للتفلون من مقاومة بنيته الكيميائية.

يمكن تشبيهه بنية البوليمير بقضيب من ذرات الكربون مغلف بطبقة من ذرات الفلور. يكون قطر ذرات الفلور أكبر من قطر ذرات الهيدروجين الموجودة في البولي إيثيلين، لذلك، يُشكل الجزيء خطأً متعرجاً، وتتوضع ذرات الفلور بإحكام وبشكل حلزوني حول سلسلة الروابط (C-C) للبوليمير. يُشكل الفلور غلظاً مستمراً ومنتظماً حول سلسلة الروابط C-C، مما يحمي جزئ التفلون من التأثيرات الخارجية، ويمنحه مقاومة كيميائية، وثباتيه جيدة. يوضح الشكل (2) البنية الجزيئية للتفلون.



الشكل 2: البنية الجزيئية للتفلون.

يتميز التفلون بخصائص متفردة عن أغلب البوليميرات مثل درجة الإنصهار المرتفعة 342°C ، والحمول الكيميائي، ومعامل الاحتكاك المنخفض. بالإضافة إلى خصائص أخرى كمقاومة جيدة للاحتراق، ومقاومة جيدة للعوامل الجوية، وثابت عازليه ϵ_r منخفض $\epsilon_r \sim 2.1$ [4].

• أكسيد الألمنيوم Al_2O_3 - (الالومينا).

أكسيد الألمنيوم أو الالومينا هو مادة تتشكل في الطبيعة على شكل هيدروكسيد الألمنيوم الذي يشكّل المكون الرئيسي لفلزات البوكسيت والكورندوم، حيث يمكن عن طريق معالجة هذه الفلزات وتنقيتها من الشوائب الحصول على أكسيد الألمنيوم بنقاوة تصل إلى 99.5%. يتمتع أكسيد الألمنيوم برابطة أيونية قوية بين ذراته، يكون لها أثر كبير في إعطائه خصائصه المميزة [5].

• الدراسة المرجعية:

1- في عام (2004) تناول Rae وزميله، دراسة خصائص التفلون على الضغط. حيث جرى اختبار عينات من التفلون من إنتاج شركة DuPont على الضغط، عند مجال انفعال بين ($10^{-4} S^{-1}$)، وبين درجات حرارة ($198^{\circ}C$ - $200^{\circ}C$)، ومن أجل التحقق من التشوهات الصغيرة التي تحدث استخدم مقياس تشوه لتحديد التشوه العرضي والطولي، وحساب قيمة معامل بواسون. كما جرى قياس الخصائص الفيزيائية للتفلون بعد المعالجة الحرارية وقياس تبلوره [6].

2- في عام (2007)، تناول Okhlopkova وزملاؤه، الخصائص الفيزيائية والميكانيكية والتريبولوجية للمواد المركبة النانوية تفلون - أكسيد الألمنيوم. حيث وضحت هذه الدراسة أن تقوية الـ PTFE بـ Al_2O_3 النانوية يحسن من الخصائص الميكانيكية والخصائص التريبولوجية فانخفض معدل الاهتراء لـ PTFE بحوالي 200 مرة، وانخفض معامل الاحتكاك مع زيادة نسبة الـ Al_2O_3 [7].

3- في عام (2013) تناول Xie Ting وزملاؤه، خصائص فيلم الانتقال والخصائص التريبولوجية للمواد المركبة (تفلون - أكسيد). جرى تقوية التفلون بـ Al_2O_3 و Sic، بأحجام $14\mu m$ لـ Al_2O_3 ، وبأحجام $8\mu m$ لـ Sic، وبنسب وزنية (1%, 5%, 10%, 15%, 20%). توصلوا إلى إن معامل الاحتكاك للمادتين المركبتين (Al_2O_3 - PTFE) و (Sic - PTFE) متقارب جداً، ولكن مقاومة الاهتراء لـ (Al_2O_3 - PTFE) أفضل من (Sic - PTFE). والخصائص الميكانيكية وقوة الالتصاق لفيلم الانتقال لـ (Al_2O_3 - PTFE) أفضل من (Sic - PTFE) [8].

2- هدف البحث.

- تحضير مادة مركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم $PTFE/Al_2O_3$ ، وتحديد الشروط العملية وخطواتها،

- دراسة تغير الكثافة والمسامية بدلالة نسبة أكسيد الألمنيوم في المادة المركبة PTFE/Al₂O₃.
- دراسة الخصائص الميكانيكية لعينات من التفلون والمادة المركبة، واستقصاء تأثير تغير نسبة أكسيد الألمنيوم في المادة المركبة على هذه الخصائص.

3- مواد وطرائق البحث.

1.3 المواد المستخدمة.

1.1.3 بوليمير رباعي فلور الإيتلين (PTFE) التفلون.

بوليمير رباعي فلور الإيتلين (PTFE) الحبيبي التجاري من شركة Hoechst الألمانية، كثافته 2.27 g.cm^{-3} ، تتراوح أبعاد حبيباته بين بضعة عشرات من الميكرونات إلى 200 ميكرون. يُبين الشكل (3) صورة ملتقطة عند معاينة حبيبات البوليمير بالمجهر الضوئي، ويلاحظ تنوع أحجام حبيباته وأشكالها.



الشكل 3: صورة المجهر الضوئي للتفلون.

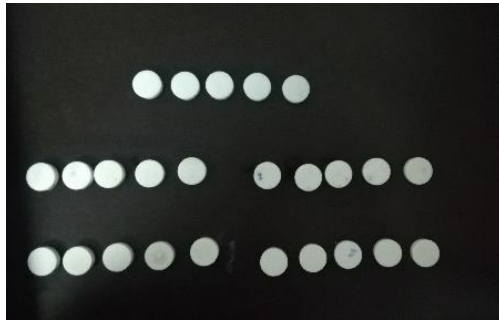
2.1.3 أكسيد الألمنيوم ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$).

مسحوق أكسيد الألمنيوم التجاري نوع $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ، كثافته 3.96 g.cm^{-3} ، جرى توصيف توزيع أبعاد دقائقه بواسطة انتشار الضوء باستعمال جهاز (الماسترسايزر)، حيث جرى بعثته في الماء المقطر، دون طحن أو تخيل، وأجريت جميع القياسات عند درجة حرارة الغرفة، وكانت أبعاد أقطار الحبيبات ($100\text{-}5 \mu\text{m}$).

2.3 تحضير العينات.

جرى تحضير العينات على ثلاث مراحل تشتمل على المزج، والكبس، والمعالجة الحرارية. حُضرت المواد المركبة باستعمال أربع نسب وزنية مختلفة لأكسيد الألمنيوم هي 5% و 10% و 15% و 20%، وطحن التفلون مع أكسيد الألمنيوم لمدة 10 دقائق تقريباً باستخدام الجرن والهاون لتأمين خلط جيد بين المادتين، ولتحاشي تجمع أكسيد الألمنيوم مع بعضه البعض، أو حدوث ترسيب لأكسيد الألمنيوم عند تحريك المادتين فقط بدون طحن، لأن كثافته أكبر من كثافة التفلون. جرى ذلك على دفعات لا تتجاوز 65g من مجموع المادتين، لتأمين حركة أسهل للمادتين. بالنسبة للعينات المحضرة من التفلون، استُخدم التفلون في عملية الكبس والقولبة كما هو من المصدر، لأن ضغط التشكيل المطبق على الحبيبات كافٍ لتأمين الالتصاق والالتحام بينها.

بعد ذلك كُبست العينات تحت ضغط 120 MPa خلال 4 دقائق تقريباً للتخلص من الفراغات والغازات داخل العينة قدر الإمكان. استُخدم قالب أسطواني الشكل قطره 25mm لتشكيل عينات الكثافة الموضحة في الشكل (4). واستُخدم قالب مستطيل الشكل أبعاده (104×13×10mm) لتشكيل عينات الشد الموضحة في الشكل (5- أ). بعد عملية المعالجة الحرارية، جرى قص عينات الشد باستخدام جهاز قص العينات كما في الشكل (5- ب) وفقاً لما هو موصى به في المواصفة العالمية 2012: ISO 527-2. جرى اختبار الخصائص الميكانيكية لعينة تفلون أجنبية جرى قصها من صفيحة تفلون أجنبية من السوق المحلية لمقارنة التفلون المُحضّر معها.



الشكل 4: عينات الكثافة.

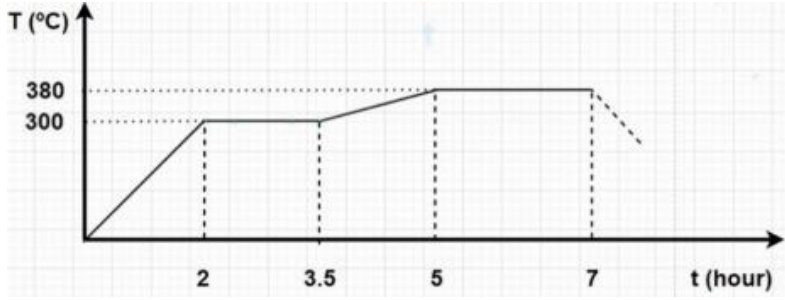


الشكل 5: أ- عينات الشد قبل القص. ب- عينات الشد بعد القص.

وتضمّن البرنامج الحراري المُعتمَد للمعالجة الحرارية لجميع العينات المراحل التالية:

- رفع درجة الحرارة من درجة حرارة الغرفة إلى الدرجة 300°C بمعدل $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$,
- تثبيت درجة الحرارة لمدة 1.5 ساعة للسماح للغازات والابخرة المحتجزة داخل العينة بالخروج،
- رفع درجة الحرارة من 300°C إلى 380°C خلال مدة 1.5 ساعة وهي أعلى من درجة انصهار التفلون،
- تثبيت درجة الحرارة على 380°C لمدة 3 ساعات لتأمين أفضل تجانس حراري داخل العينة، والتحام حبيباتها،
- تبريد العينات من الدرجة 380°C بشكل حر بعد إطفاء الفرن وبدون فتحه لعدم القدرة على التحكم بسرعة تبريد الفرن عند هذه الدرجة.

يُبيّن الشكل (6) المخطط الحراري للمعالجة الحرارية بمراحلها المختلفة التي تتضمن التخلص من الرطوبة والغازات والابخرة المحتجزة عند الدرجة 300°C ، وتجاوز درجة حرارة انصهار مادة التفلون عند الدرجة 327°C من أجل التليد في الطور السائل.



الشكل 6: المخطط الحراري للمعالجة الحرارية لعينات التفلون والمادة المركبة تفلون-أكسيد الألمنيوم.

3.3 طرائق القياس.

1.3.3 الكثافة والمسامية.

• الكثافة النظرية.

جرى حساب الكثافة النظرية للمادة المركبة تفلون-أكسيد الألمنيوم عند النسب الوزنية 5%، 10%، 15%، 20% قبل المعالجة وبعدها باستخدام العلاقة التالية [9]:

$$\rho_{th} = \frac{1}{\frac{W_{AL2O3}}{\rho_{AL2O3th}} + \frac{W_T}{\rho_{Tth}}}$$

حيث أن:

ρ_{th} : الكثافة النظرية للمادة المركبة (g.cm^{-3}).

ρ_{Tth} : الكثافة النظرية لمادة التفلون (g.cm^{-3}).

$\rho_{AL2O3th}$: الكثافة النظرية لأكسيد الألمنيوم (g.cm^{-3}).

W_T : النسبة الوزنية للتفلون في المادة المركبة (%).

W_{AL2O3} : النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم في المادة المركبة (%).

• الكثافة التجريبية والمسامية قبل المعالجة الحرارية.

جرى حساب الكثافة التجريبية للعينات المصنعة قبل المعالجة الحرارية بوزن العينة بعد كبسها، وقياس أبعادها باستخدام البياكوليس لحساب حجمها. وحُسبت الكثافة التجريبية والمسامية من خلال العلاقات التالية [10]:

$$\rho_{ex} = \frac{m}{v}$$

$$P = 1 - \frac{\rho_{ex}}{\rho_{th}}$$

حيث:

ρ_{ex} الكثافة التجريبية للتفلون وللمادة المركبة (g.cm^{-3})،

ρ_{th} الكثافة النظرية للتفلون والمادة المركبة (g.cm^{-3})،

v حجم العينة (cm^3)،

m وزن العينة (g)،

P المسامية (%).

• الكثافة التجريبية والمسامية بعد المعالجة الحرارية.

جرى حساب الكثافة التجريبية والمسامية بأنواعها المختلفة للمواد المركبة تفلون- أكسيد الألمنيوم باستخدام طريقة السائل المزاح وفق المواصفة (ASTM C20-00). حيث توزن العينة في الهواء الطلق قبل غمرها في الماء، ويُحدّد الوزن الجاف للعينة (m_d).

تُنقع عينة الاختبار في الماء المقطر مع الإبقاء على درجة حرارته بحدود 85°C لمدة ساعتين، توزن العينة بعد ذلك في الهواء، ويُحدّد الوزن المشبع (m_s). ثم توزن العينة بعد غمرها في الماء، ويُحدّد وزن العينة المشبعة المغمورة في الماء (m_{si}) (وزن العينة وهي داخل الماء).

تحسب الكثافة التجريبية من العلاقة:

$$\rho_{ex} = \frac{m_d \times \rho_{fl}}{m_s - m_{si}}$$

وتحسب المسامية المفتوحة، والمسامية الكلية، والمسامية المغلقة على التوالي من خلال العلاقات التالية:

$$P_{op} = \frac{m_s - m_d}{m_s - m_{si}} \times 100$$

$$P_{tot} = 1 - \frac{\rho_{ex}}{\rho_{th}}$$

$$P_{close} = P_{tot} - P_{op}$$

حيث أن:

ρ_{th} الكثافة النظرية للعينة (g.cm^{-3})

ρ_{ex} الكثافة التجريبية للعينة (g.cm^{-3})

P_{tot} المسامية الكلية (%)

P_{op} المسامية المفتوحة (%)

m_s الوزن المشبع (g)

P_{close} المسامية المغلقة (%)

m_d الوزن الجاف (g)

m_{si} الوزن المشبع المغمور (g)

ρ_{fl} كثافة السائل (الماء) عند درجة حرارة الاختبار (g.cm^{-3}).

2.3.3 الاختبارات الميكانيكية.

أجريت هذه الاختبارات باستخدام جهاز الشد من إنتاج شركة JINAN طراز WDW-50 على العينات المحضرة باستخدام القالب المستطيل، بعد قصها وفقاً للمواصفة ISO 527-2: 2012. جرى تثبيت طرفي العينة بين فكي الشد، وإدخال قيمة مساحة مقطع العينة، وسرعة الشد (5mm/min) إلى برنامج وحدة التحكم الحاسوبية. وجرى تفسير جميع قيم محس الإجهاد باستخدام لوحة مفاتيح التحكم المتصلة بجسم الجهاز. تخزن نتائج القياسات في ذاكرة الحاسب، ويمكن الحصول عليها على شكل ملفات قابلة للمعالجة.

تستنتج القيم التالية من مخطط الإجهاد- تشوه المستخلص من معالجة نتائج التجارب:

- معامل يونغ (Elasticity modulus) E (MPa).

$$E = \frac{\sigma_{Y2} - \sigma_{Y1}}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$$

حيث أن: σ_{Y1} و σ_{Y2} الإجهاد عند نقطتين في المنطقة الخطية من منحنى الإجهاد- تشوه للعينة المختبرة (MPa)، و ε_1 و ε_2 التشوه النسبي عند النقطتين نفسيهما.

- إجهاد الكسر (σ_f Tensile strength) (MPa):

$$\sigma_f = \frac{F_f}{S}$$

حيث أن: F_f القوة عند الكسر (N)، S مساحة مقطع العينة الابتدائي (mm^2).

- الاستطالة النسبية عند الكسر ε_f (%).

$$\varepsilon_f = \frac{\Delta L_f}{L_0}$$

حيث أن: ΔL_f الاستطالة عند الكسر (mm)، L_0 طول العينة البدائي (mm).

- طاقة الكسر (J.m^{-3}).

طاقة الكسر تساوي المساحة تحت منحنى القوة- استتالة مقسومة على حجم العينة، أو بشكل أسهل هي المساحة تحت منحنى الإجهاد - تشوه. لا يوجد علاقة رياضية دقيقة لحساب المساحة تحت المنحنى عندما لا يكون هذا المنحنى خطياً، لذلك، يتم حساب المساحة المذكورة بواسطة برنامج ال Excel.

4- النتائج والمناقشة

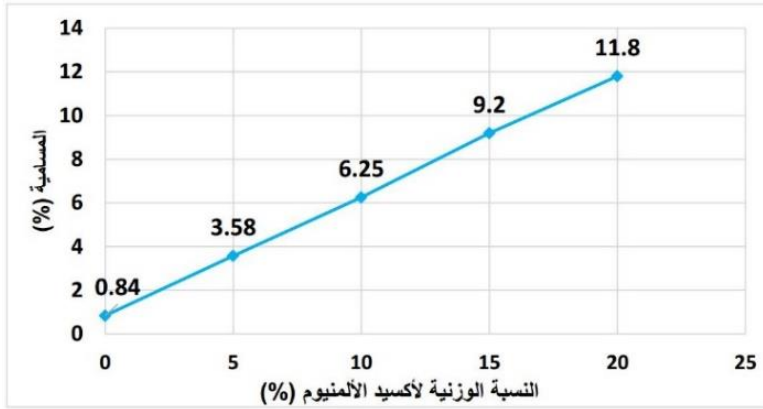
1.4 الكثافة والمسامية للتفلون وللمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم قبل المعالجة الحرارية.

يلخص الجدول (1) نتائج الكثافة النظرية والتجريبية والمسامية للتفلون والمادة المركبة تفلون- أكسيد الألمنيوم قبل المعالجة الحرارية.

جدول 1 : الكثافة النظرية والتجريبية والمسامية للتفلون والمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم قبل المعالجة الحرارية.

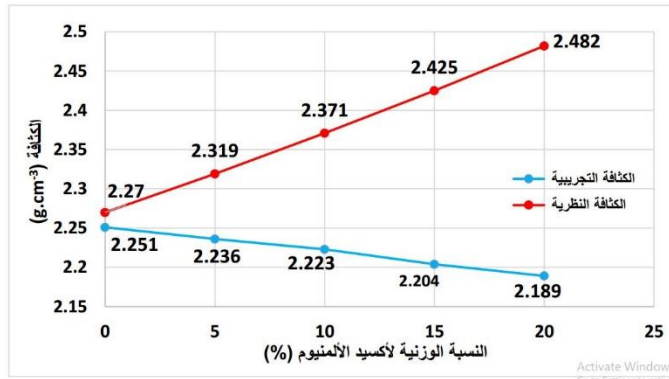
المادة	PTFE	PTFE/ 5%Al ₂ O ₃	PTFE/ 10%Al ₂ O ₃	PTFE/ 15%Al ₂ O ₃	PTFE/ 20%Al ₂ O ₃
الكثافة النظرية (g.cm ⁻³)	2.270	2.319	2.371	2.425	2.482
الكثافة التجريبية (g.cm ⁻³)	2.251	2.236	2.223	2.204	2.189
المسامية (%)	0.84	3.58	6.25	9.2	11.80

يمثل الشكل (7) تغير المسامية للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم قبل المعالجة الحرارية.



الشكل 7: تغير المسامية للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم قبل المعالجة الحرارية.

يعطي الشكل (8) تغير الكثافة التجريبية والكثافة النظرية للتفلون والمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم قبل المعالجة الحرارية.



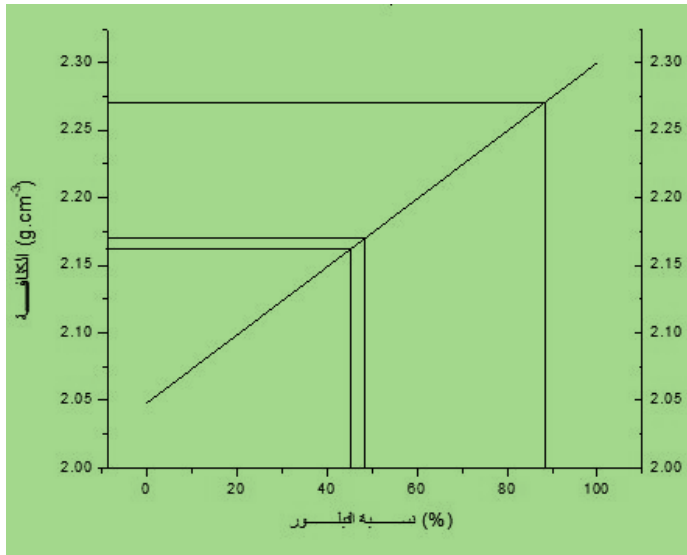
الشكل 8: تغير الكثافة التجريبية والكثافة النظرية للتفلون والمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم قبل المعالجة الحرارية.

يتضح من الشكل (7) ازدياد مسامية المواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم مع زيادة نسبة أكسيد الألمنيوم، ويمكن إرجاع ذلك إلى انحباس الغازات داخل هذه المواد، وعدم تمكنها من الانفلات، وإلى انعدام التصاق حبيبات التفلون مع حبيبات أكسيد الألمنيوم.

يتضح من الشكل (8) انخفاض كثافة المواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم مع زيادة نسبة أكسيد الألمنيوم، ويعود ذلك، إلى زيادة مساميتها.

2.4 الكثافة والمسامية للتفلون وللمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بعد المعالجة الحرارية.

بالاعتماد على المعطيات المرجعية [6] التي تعطي كثافة التفلون في الحالة الزجاجية 100% عند 2.048 g.cm^{-3} ، وفي الحالة البلورية 100% عند 2.3 g.cm^{-3} ، جرى تمثيل تغير كثافة التفلون بدلالة نسبة التبلور، كما في الشكل (9).



الشكل 9: تغير كثافة التفلون بدلالة نسبة التبلور.

بين اختبار الكثافة للتفلون أن قيمة الكثافة التجريبية هي 2.161 g.cm^{-3} ، وبمقارنة هذه القيمة مع الشكل (9)، يُستنتج أن نسبة التبلور للتفلون بعد المعالجة الحرارية حوالي 45%، بينما كانت قبل المعالجة حوالي 88%. يشير ذلك إلى انخفاض نسبة تبلور التفلون إلى النصف تقريباً، وهذا ما يفسر انخفاض الكثافة بعد التشكيل والمعالجة الحرارية. ويمكن تفسير ذلك بأن عملية تبريد عينات التفلون بعد تليدها تحدث بسرعة

كبيرة نوعاً ما، وبالتالي، لا يتوفر لبوليمير التفلون أثناء التبريد الزمن الكافي للتبلور بشكل كامل، مما يؤدي إلى انخفاض نسبة التبلور والكثافة.

لقد بينت بعض الدراسات السابقة تأثير سرعة التبريد بعد التليد على نسبة تبلور التفلون [4,6]. وتتفق قيمة الكثافة التي تم الحصول عليها في هذا العمل مع قيم كثافة التفلون التي تم الحصول عليها في المرجع [6]. كانت قيمة كثافة التفلون 2.1544 g.cm^{-3} من أجل التبريد في الهواء. أما العينات التي جرى تبريدها على مراحل فقد كانت ذات كثافة أعلى وقدرها 2.1829 g.cm^{-3} [6].

بناءً على ما تقدم جرى اعتبار الكثافة النظرية للتفلون بعد المعالجة 2.17 g.cm^{-3} عند نسبة تبلور 48%، لهامش أمان أكبر في تقدير المسامية وعلى أساس ذلك، جرى حساب مسامية التفلون، وحساب الكثافة النظرية بعد المعالجة للمواد المركبة تفلون/أكسيد الألمنيوم.

يُبين الجدول (2) نتائج الكثافة النظرية والتجريبية والمسامية للتفلون والمواد المركبة تفلون/أكسيد الألمنيوم بعد المعالجة الحرارية.

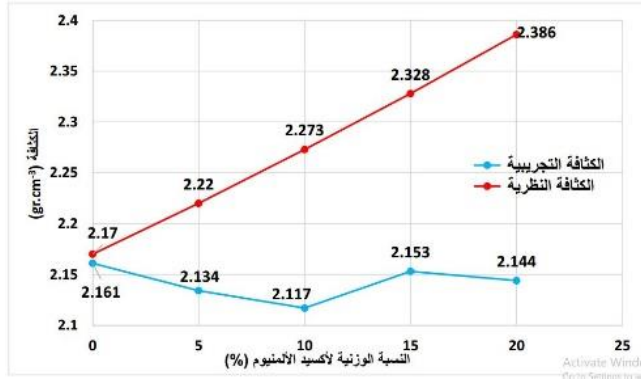
جدول 2 : نتائج الكثافة النظرية والتجريبية والمسامية للتفلون والمواد المركبة تفلون/أكسيد

الألمنيوم بعد المعالجة الحرارية.

المادة	الكثافة النظرية (g.cm^{-3})	الكثافة التجريبية (g.cm^{-3})	المسامية الكلية (%)	المسامية المفتوحة (%)	المسامية المغلقة (%)
PTFE	2.170	2.161	0.401	0	0.401
PTFE/5%Al ₂ O ₃	2.220	2.134	3.881	1.992	1.899
PTFE/10%Al ₂ O ₃	2.273	2.117	6.849	3.462	3.387
PTFE/15%Al ₂ O ₃	2.328	2.153	7.531	1.186	6.345

5.650	4.479	10.129	2.144	2.386	PTFE/20%Al ₂ O ₃
-------	-------	--------	-------	-------	--

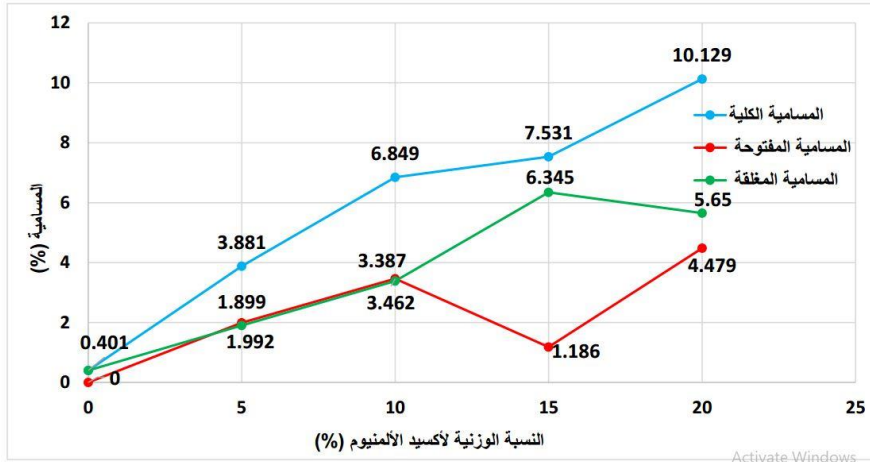
يمثل الشكل (10) تغير الكثافة التجريبية والكثافة النظرية للمواد المركبة تفلون/أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم بعد المعالجة الحرارية.



الشكل 10: تغير الكثافة التجريبية والكثافة النظرية للمواد المركبة تفلون/أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم بعد المعالجة الحرارية

يشير الشكل (10) إلى انخفاض قيم الكثافة التجريبية للمواد المركبة تفلون/أكسيد الألمنيوم عن مثيلاتها في الكثافة النظرية بنسبه تتراوح بين 4-10%. يرتبط ذلك بمسامية المادة المركبة تفلون/أكسيد الألمنيوم التي تتراوح تقريباً ضمن المجال نفسه، كما سنرى لاحقاً.

يمثل الشكل (11) تغير المسامية للمواد المركبة تفلون/أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم بعد المعالجة الحرارية.

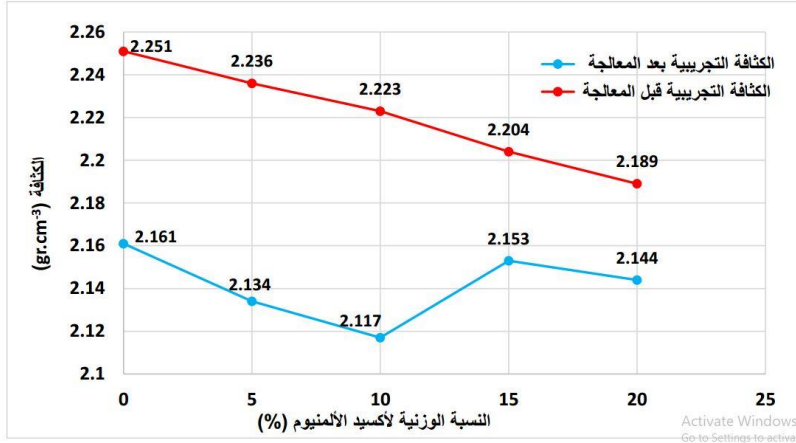


الشكل 11: تغير المسامية للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم بعد المعالجة الحرارية.

يشير الشكل (11) إلى تزايد المسامية الكلية للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم باطراد مع زيادة نسبة أكسيد الألمنيوم، وتساوي المساميتين المفتوحة والمغلقة في عينات المواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم حتى حدود 10% أكسيد الألمنيوم، وهيمنة المسامية المغلقة في عينات المواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم عند النسبتين 15% و 20%.

يُشير الشكل (11) إلى أهمية قيم المسامية المفتوحة مقارنةً بالمسامية الكلية لعينات المواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم. يرتبط ذلك بإمكانية انغلاق المسامات بفعل انصهار التفلون عند درجة حرارة التليد (380°C) واللزوجة العالية جداً لمصهور التفلون التي تعيق انتشار الغازات وخروجها، وانغلاق المسامات.

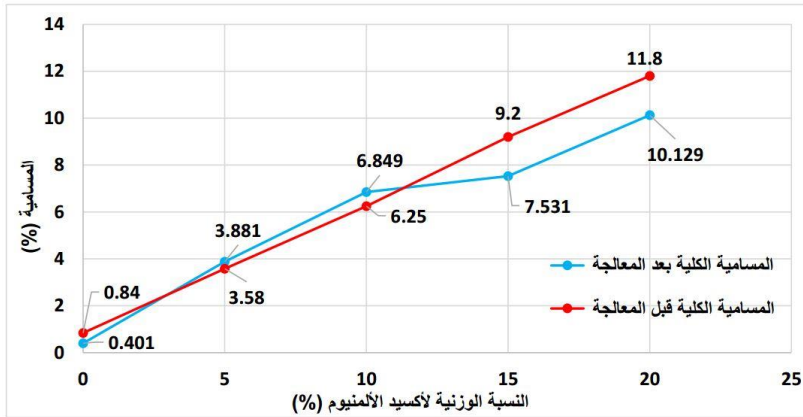
يمثل الشكل (12) تغير الكثافة التجريبية قبل المعالجة الحرارية وبعدها للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم.



الشكل 12: تغير الكثافة التجريبية قبل المعالجة الحرارية وبعدها للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم.

يشير الشكل (12) إلى اتجاه واضح لانخفاض قيم الكثافة التجريبية للمواد المركبة تفلون/أكسيد الألمنيوم قبل المعالجة الحرارية وبعدها مع زيادة نسبة أكسيد الألمنيوم. ويقدر التفاوت في هذا التناقص بعد المعالجة الحرارية بحدود 2% بين العينات PTFE10%/Al₂O₃ والعينات PTFE15%/Al₂O₃، لكن اتجاه التناقص يستمر حتى العينات PTFE20%/Al₂O₃. ويرتبط ذلك قبل المعالجة الحرارية بالمسامية الميكروية الناجمة عن قساوة حبيبات أكسيد الألمنيوم وعدم التحامها مع حبيبات التفلون. بين بالتالي، يعاكس تأثير هذه المسامية الزيادة المنتظرة بفعل زيادة نسبة أكسيد الألمنيوم. أما بعد المعالجة الحرارية فأن انخفاض نسبة تبلور التفلون عما كانت قبل المعالجة يساهم بدرجة كبيرة في تناقص قيم كثافة المواد المركبة تفلون/أكسيد الألمنيوم عن مثيلاتها قبل المعالجة الحرارية. إن مساهمة زيادة نسبة أكسيد الألمنيوم في زيادة كثافة المواد المركبة تفلون/أكسيد الألمنيوم يعاكسها مساهمة زيادة مسامية هذه المواد، وانخفاض نسبة تبلور التفلون فيها، وتفاوت هذه النسبة مع تغير نسبة أكسيد الألمنيوم في العينات المختلفة.

يمثل الشكل (13) تغير المسامية الكلية قبل المعالجة الحرارية وبعدها للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم.



الشكل 13: تغير المسامية الكلية قبل المعالجة الحرارية وبعدها للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم.

يُظهر الشكل (13) تغيراً طفيفاً في قيم المسامية الكلية بعد المعالجة عن قيمها قبلها، هذا يعني أن المعالجة الحرارية لم تتجح في إزالة مسامية مضغوطات التفلون. يرتبط ذلك بإمكانية انغلاق المسامات بفعل انصهار التفلون، واللزوجة العالية جداً لمصهور التفلون التي تعيق انتشار الغازات وخروجها، وإغلاق المسامات، واحتمال تمدد الغازات فيها، وسرعة التبريد العالية المطبقة خلال المعالجة الحرارية.

3.4 الخصائص الميكانيكية.

يلخص الجدول (3) نتائج الخصائص الميكانيكية المقاسة للتفلون والمواد المركبة تفلون/أكسيد الألمنيوم بنسبها المختلفة.

جدول 3 : الخصائص الميكانيكية للتفلون والمواد المركبة تفلون/أكسيد الألمنيوم.

المادة	إجهاد الخضوع (MPa)	معامل يونغ (MPa)	إجهاد الكسر (MPa)	التشوه عند الكسر (%)	طاقة الكسر (j.m^{-3})
PTFE	7.83	262.17	25.21	470.87	73.55
PTFE Foreign	7.91	264.32	24.55	473.57	73.26
PTFE/5%AL ₂ O ₃	5.05	254.17	7.06	259.22	17.34
PTFE/10% AL ₂ O ₃	6.74	236.99	11.71	234.81	23.09
PTFE/15% AL ₂ O ₃	4.41	190.97	6.01	164.01	9.10
PTFE/20% AL ₂ O ₃	4.78	193.78	7.01	135.89	8.48

يتضح من الجدول (3) التوافق بين الخصائص الميكانيكية للتفلون المُحضّر في هذا العمل وعينة التفلون الأجنبية المرجعية، كما يُلاحظ وجود اختلاف كبير في قيم معامل يونغ للتفلون عن القيم النظرية المرجعية، ويفسر ذلك بعدم دقة قياس الاستطالة في جهاز اختبار الشد، لعدم وجود مقياس للتشوه. ولكنها تتفق مع قيمة العينة المرجعية بسبب اختبارها على الجهاز نفسه. أما بقية القيم التي تم الحصول عليها للتفلون في هذا العمل، فهي تتوافق مع القيم المرجعية، ويعود الاختلاف البسيط بين القيم التجريبية في هذا العمل والقيم المرجعية الى المسامية المتبقية، وإلى اختلاف نسبة التبلور.

تتفق نتائج التفلون مع المرجع [7]، وهي أفضل منها قليلاً باستثناء معامل يونغ للأسباب السابقة.

يتضح من الجدول (3) انخفاض إجهاد الخضوع، وإجهاد الكسر، والتشوه عند الكسر، وطاقة الكسر عند إضافة 5% من أكسيد الألمنيوم عن مثيلاتها في التفلون، ويمكن تفسير ذلك بأن أكسيد الألمنيوم يؤدي إلى تشكيل مسامية تُضعف عينات هذه المادة، وتُشكل نقاط ضعف فيها. من جهة أخرى، يمكن اعتبار حبيبات أكسيد الألمنيوم نقاط ضعف بحد ذاتها نظراً لعدم التحام أكسيد الألمنيوم مع التفلون. كما يمكن حدوث تجمعات لأكسيد الألمنيوم، مما قد يفاقم تأثير نقاط الضعف هذه.

يلاحظ أن معامل يونغ للمادة المركبة تفلون/ 5% أكسيد الألمنيوم قد بقي قريباً من معامل يونغ في التفلون، أي أن أكسيد الألمنيوم لم يؤثر على التفلون في المنطقة المرنة بل أنه ساهم في الحد من تأثير المسامية على إضعاف معامل يونغ.

تتسجم هذه النتائج مع المرجع [7] مع بعض التباين في إجهاد الكسر، ومعامل يونغ، ويعود ذلك لاستخدام حبيبات أكسيد الألمنيوم ذات الأبعاد النانومترية في هذا المرجع.

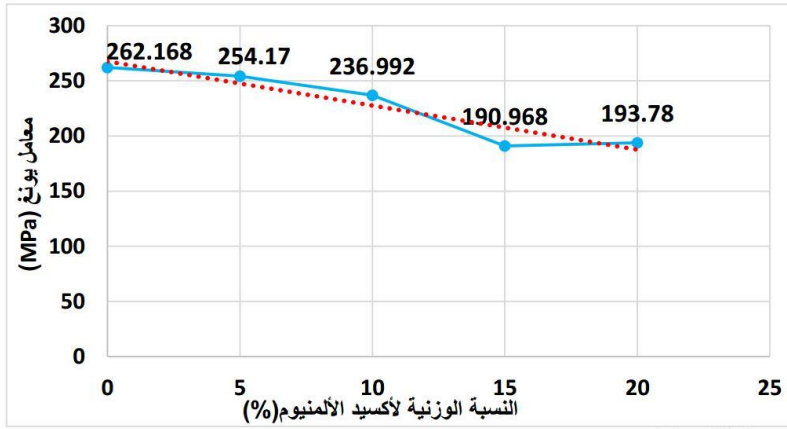
يُبين الشكل (14) تغير إجهاد الخضوع للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم.



الشكل 14: تغير إجهاد الخضوع للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم.

يشير الشكل (14) الى تناقص تدريجي في إجهاد الخضوع للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم مع زيادة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم ويصل هذا التناقص إلى حوالي 40% من إجهاد خضوع التفلون. ويرتبط هذا التناقص من جهة بعدم الالتصاق بين التفلون وحببيات أكسيد الألمنيوم، وبزيادة مسامية المواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم مع زيادة نسبة أكسيد الألمنيوم من جهة أخرى.

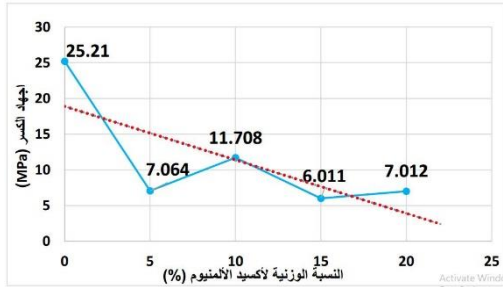
يُبين الشكل (15) تغير معامل يونغ للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم.



الشكل 15: تغير معامل يونغ للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم.

يشير الشكل (15) الى تناقص طفيف بحدود 10% في معامل يونغ للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم، حتى 10% من أكسيد الألمنيوم، يلي ذلك، استمرار هذا التناقص حتى حوالي 25% مع زيادة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم حتى 20% من أكسيد ألمنيوم. يشير هذا السلوك إلى عدم تقوية أكسيد الألمنيوم الميكرومترى الأبعاد للتفلون، والمحافظة على نسبة 75% من جساءة التفلون حتى 20% من أكسيد الألمنيوم.

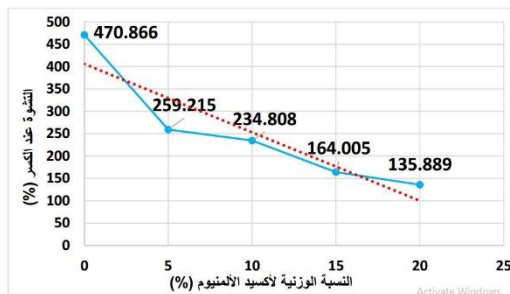
يُبيّن الشكل (16) تغير إجهاد الكسر للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم.



الشكل 16: تغير إجهاد الكسر للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم.

يشير الشكل (16) إلى تناقص حاد يبلغ حوالي 70% في إجهاد الكسر للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بزيادة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم، ويرتبط هذا التناقص الحاد بالاستطالة الهامة لهذه المواد التي تتراوح بين (135-259) لهذه المواد المركبة عند الكسر، مقارنةً بالاستطالة الموافقة عند إجهاد الخضوع (5-10%)، والتي تنشأ على الخصوص في مادة التفلون، وتساهم في فصلها عن حبيبات أكسيد الألمنيوم.

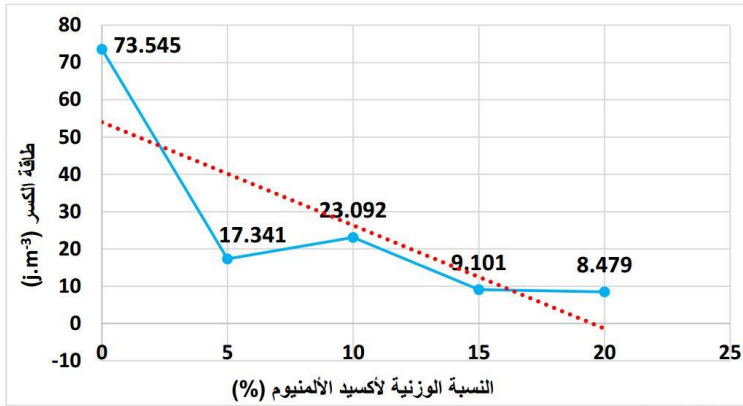
يُبيّن الشكل (17) تغير التشوه عند الكسر للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم.



الشكل 17: تغير التشوه عند الكسر للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم.

يشير الشكل (17) إلى تناقص حاد في التشوه عند الكسر للمواد المركبة تفلون- أكسيد الألمنيوم قدره 45%، بمجرد إضافة 5% من أكسيد الألمنيوم إلى التفلون. ويعود ذلك إلى أن حبيبات أكسيد الألمنيوم تشكل نقاط فصل نظراً لعدم التصاقها مع التفلون، ويستمر التناقص في التشوه عند الكسر للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم مع زيادة نسبة أكسيد الألمنيوم لكن بشكل تدريجي يتراوح بين 10-30% حتى 20% من أكسيد الألمنيوم.

يُبين الشكل (18) تغير طاقة الكسر للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم.



الشكل 18: تغير طاقة الكسر للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بدلالة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم.

يشير الشكل (18) إلى تناقص طاقة الكسر للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم مع زيادة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم، وذلك بشكل مشابه لتناقص التشوه عند الكسر، ويعود ذلك للتناسب بين طاقة الكسر ومربع التشوه عند الكسر.

ينسجم السلوك الميكانيكي العام للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم مع مثيلاتها في الدراسات السابقة [7]، ولا سيما من حيث انخفاض خصائصها الميكانيكية مع زيادة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم.

5- الاستنتاجات.

بالاعتماد على ما تقدم، وعلى النتائج التجريبية، يمكن صياغة الاستنتاجات التالية:

❖ تحضير التفلون والمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم.

- أقام هذا العمل الدليل على إمكانية تحضير مادة التفلون بطريقة تشكيل مساحيقه بالكبس والمعالجة الحرارية، وتحضير مواد مركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بالطريقة نفسها.

❖ خصائص الكثافة والمسامية للمادة المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم.

- ازدياد مسامية المواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم وانخفاض كثافتها مع زيادة نسبة أكسيد الألمنيوم قبل المعالجة الحرارية.
- ازدياد مسامية المواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بعد المعالجة الحرارية باطراد مع زيادة نسبة أكسيد الألمنيوم، وانخفاض قيم كثافتها التجريبية بعد المعالجة الحرارية أيضاً عن مثيلاتها في الكثافة النظرية بنسبه تتراوح بين 4-10%.
- انخفاض قيم الكثافة التجريبية للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم بعد المعالجة الحرارية عن القيم قبل المعالجة مع زيادة نسبة أكسيد الألمنيوم.
- حدوث تغير طفيف في قيم المسامية الكلية بعد المعالجة الحرارية عن قيمها قبلها.

تؤدي عملية المعالجة الحرارية للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم، على الرغم من الخسارة الحاصلة في الكثافة بعد المعالجة الحرارية، الى تحسين خواصها الميكانيكية.

❖ الخصائص الميكانيكية للمادة المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم.

- تؤدي زيادة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم، الى تناقص تدريجي في إجهاد الخضوع للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم ويصل هذا التناقص إلى حوالي 40% من إجهاد خضوع التفلون.
- تؤدي زيادة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم الى تناقص طفيفٍ بحدود 10% في معامل يونغ للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم، حتى 10% من أكسيد الألمنيوم، يلي ذلك، استمرار هذا التناقص حتى حوالي 25% مع زيادة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم حتى 20% منه.
- تؤدي زيادة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم الى تناقص حاد يبلغ حوالي 70% في إجهاد الكسر للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم مع زيادة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم.
- تؤدي زيادة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم الى تناقص حاد في التشوه عند الكسر للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم قدره 45%، بمجرد إضافة 5% من أكسيد الألمنيوم إلى التفلون، وكذلك مع زيادة نسبة أكسيد الألمنيوم، لكن بشكل تدريجي يتراوح بين 10-30% حتى 20% من أكسيد الألمنيوم.
- تؤدي زيادة النسبة الوزنية لأكسيد الألمنيوم إلى تناقص طاقة الكسر للمواد المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم.
- جرى الحصول على الخواص الميكانيكية الأفضل نسبياً في المادة المركبة تفلون/ أكسيد الألمنيوم عند نسبة 5% و 10% منه.

على العموم لم يحسّن أكسيد الألمنيوم الخصائص الميكانيكية للتفلون، فهو لا يعتبر من المواد المقوية والمحسنة للخواص الميكانيكية. لكن، يُضاف أكسيد الألمنيوم لِيخفّض من

معدل الاهتراء للتفلون، بحيث يُستفاد من خواص الاحتكاك المنخفضة للتفلون، ومن قساوة أكسيد الألمنيوم للحصول على خصائص وسطية. وتتحدد النسبة الوزنية من أكسيد الألمنيوم بحسب الغرض من القطعة المصنعة، حيث تحدد نسبة أكسيد الألمنيوم الخصائص التي يجب أن تمتلكها القطعة.

6- التوصيات والمقترحات.

- شكّل هذا العمل خطوة أولى تناولت تحضير المادة المركبة نفلون/ أكسيد الألمنيوم وتوصيفها، ويوصى بزيادة الاهتمام بهذه المواد والتوسع في دراستها.
- دراسة خصائص الاهتراء للنفلون وللمادة المركبة نفلون/ أكسيد الألمنيوم.
- دراسة تأثير مواد أخرى على خصائص النفلون (ألياف، وحببيات وغيرها).
- دراسة تأثير الأبعاد النانومترية على النفلون سواءً من مادة أكسيد الألمنيوم أو غيرها.
- نظراً لتعدد طرائق تحضير هذه المواد وتشكيلها يوصى بدراسة مقارنة بين هذه الطرائق.
- التعمق في دراسة تأثير عمليات المعالجة الحرارية على المادة المركبة نفلون/ أكسيد الألمنيوم، والتركيز على مرحلة التبريد لما لها من أهمية في تحديد الخصائص المختلفة لهذه المواد.

المراجع

- 1- Ngo, T, 2020 Introduction to composite materials, Intechopen,1-27.
- 2- Clyne, T, W. and Hull, D,2019- An introduction to composite materials. Cambridge university press, 3rd Edition,360p.
- 3- Radulovic, L.l and Wojcinski, Z.w, 2014 PTFE (Polytetrafluoroethylene; Teflon®), Encyclopedia of Toxicology, vol.3,1133-1136.
- 4- Dhanumalayan, E. and Joshi, Girish M, 2018 Performance properties and applications of polytetrafluoroethylene (PTFE)—a review, Advanced Composites and Hybrid Materials, vol.1, No.2,247-268.
- 5- Davis, K, 2010 Material Review: Alumina (Al_2O_3), School of Doctoral Studies European Union Journal. vol.6, No.2, 109-114
- 6- Rae, PJ. and Dattelbaum, DM, 2004 The properties of poly (tetrafluoroethylene)(PTFE) in compression, Polymer, vol.45, No.22, 7615-7625.
- 7- Okhlopkova, AA. Sleptsova, SA. Parnikova, AG. Ul'yanova, TM. and Kalmychkova, O Yu, 2008 Triboengineering and physicomechanical properties of nanocomposites based on PTFE and aluminum oxide, Journal of friction and wear, vol.29, No.6, 466-469.
- 8- Xie, T. Zhou, Z. Xu, Z. Yu, J. and Jiao, M, 2013. Characteristics of the transfer film and tribological properties of oxide/PTFE composites, In Advanced Materials Research Vol.631, No.632, 172-175.

- 9- Tam, Y. K. Ruan, S. Gao, P. and Yu. T, 2012-
Advances in Military Textiles and Personal Equipment.
In Advances in Military Textiles and Personal
Equipmentg Tam, Woodhead Publishing 1rd
Edition,325p..
- 10- Fatile, O. B, Akinruli, J. I, and Amori, A. A, 2014.
Microstructure and mechanical behaviour of stir-cast
Al-Mg-Si alloy matrix hybrid composite reinforced
with corn cob ash and silicon carbide. International
Journal of Engineering and Technology
Innovation, Vol.4, No. 4, 251-259.

تصميم نظام كشف تسلل شبكي باستخدام

الشبكات العصبونية العميقة المعقدة

طالب الماجستير: م. ملك فيتروني كلية الهك - جامعة البعث

اشراف الدكتور: بسيم عمران

ملخص البحث:

مع التطور العلمي الهائل في مختلف المجالات العلمية والصناعية، ونتيجة لاستخدام الشبكات بمختلف أنواعها (حاسوبية - الاتصالات والمعلومات)، ومن أجل حماية هذه الشبكات من الاختراقات، بدأت الدراسات العلمية لكشف التسلل بمختلف أنواعه. في هذا البحث: 1- تم تصميم نظام كشف تسلل شبكي جديد باستخدام الشبكات العصبونية العميقة المعقدة قادراً على اكتشاف الهجمات السيبرانية، 2- كما تم تدريبه واختباره على مجموعة البيانات المعيارية KDDCUP99 على برنامج **pycharm**، 3- وتم الحصول على نتائج جيدة، 4- إذ تمت مقارنته مع طرائق كشف التسلل باستخدام الشبكات العصبونية العميقة المشابهة وخوارزميات التعلم الآلي التقليدية.

الكلمات المفتاحية

الأمن السيبراني، نظام كشف التسلل، الشبكات العصبونية العميقة المعقدة، التعلم العميق، مجموعة البيانات KDDCUP99، الشبكة الحاسوبية.

Design of a Network Intrusion Detection System Using Complex Deep Neuronal Networks

D. Basim Oumran

Malak Fetaroni

Abstract:

With the tremendous scientific development in various scientific and industrial fields, and as a result of the use of networks of various kinds (computer – communications and information), and in order to protect these networks from penetrations, scientific studies began to detect intrusion of all types. In this research: 1– a new network intrusion detection system has been designed using complex deep neuronal networks capable of detecting cyber–attacks, 2– and it is also trained and tested on the standard dataset KDDCUP99 on pycharm program, 3– good results were obtained, 4– as it was compared with intrusion detection methods using similar deep neuronal networks and traditional machine learning algorithms.

Keywords: Cyber Security, Intrusion Detection System, complex Deep Neural Networks, Deep Learning, KDDCUP99 dataset, Computer Network.

1. مقدمة:

تتعامل شبكات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وأنظمتها مع مختلف بيانات المستخدمين المعرضة لهجمات مختلفة من المتطفلين الداخليين والخارجيين [2]. يمكن أن تكون هذه الهجمات يدوية أو آلية، ولكنها متنوعة، إذ تتطور باستمرار مع تقدم الأجهزة والبرامج وهياكل الشبكات. تطلق الهجمات السيبرانية الخبيثة مشكلات أمنية خطيرة تتطلب الحاجة إلى نظام كشف تسلل (IDS) Intrusion Detection System مرن وموثوق به [2]. يعد IDS تقنية مستخدمة على نطاق واسع للكشف عن التدخلات الداخلية والخارجية التي تستهدف نظامنا، وكذلك الحالات الشاذة. يتضمن نظام IDS مجموعة من الأدوات والآليات لمراقبة نظام الحاسوب وحركة مرور الشبكة. تستخدم تقنيات مختلفة للكشف عن الحالات الشاذة، وفي السنوات الثلاثة الأخيرة تم التحقيق في طرائق التعلم العميق. طرح الباحثون العديد من مناهج التعلم الآلي لكشف التسلل القائم على الشذوذ. مع زيادة استخدام الإنترنت، وظهور سيناريوهات هجوم جديدة أكثر تعقيداً، أصبحت الأساليب التي تعتمد على التعلم الآلي غير فعالة في التعامل مع التحديات الأمنية المتزايدة. أظهرت تقنيات التعلم العميق فعاليتها في استخراج الميزات ومهام التصنيف. يمكن للشبكات العميقة أن تقلل تلقائياً من تعقيد حركة مرور الشبكة بإيجاد الارتباطات بين البيانات دون تدخل بشري، وكذلك يحل مشكلة أنظمة الكشف القائمة على الشذوذ بتخفيض معدل الإيجابيات الكاذبة وزيادة معدل الكشف [1].

2. هدف البحث:

يهدف هذا البحث، إلى تصميم نظام كشف تسلل في الشبكات الحاسوبية وأنظمة تقانة المعلومات والاتصالات، وذلك بالاعتماد على الشبكات العصبونية العميقة المعقدة، للحصول على عملية كشف أفضل.

3. أهمية البحث:

تأمين الشبكات وأنظمة تقانة المعلومات والاتصالات، وحمايتها من الاختراقات والهجمات السيبرانية، وتخفيض الخسائر الناتجة عن الهجمات الإلكترونية والبرمجيات الخبيثة.

4. المواد وطرائق البحث:

يرتكز البحث على ثلاث منظومات أساسية هي: نظم كشف التسلل والشبكات العصبونية العميقة المعقدة وقواعد البيانات.

تم استخدام الآتي:

1. برنامج pycharm ومكتباته لكتابة البرامج اللازمة بلغة python لتصميم النظام المقترح.

2. مجموعة البيانات المعيارية KDD CUP99 لتدريب النموذج المقترح واختباره.

5. الأمن السيبراني ونظام كشف التسلل:

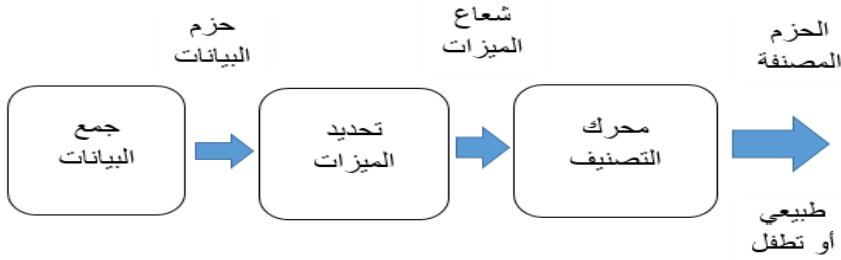
أهم المصطلحات في هذا البحث:

الأمن السيبراني (Cyber Security): هو مفهوم أوسع من أمن المعلومات، ويتضمن تأمين البيانات والمعلومات المتبادلة عبر الشبكات الداخلية أو الخارجية، والتي يتم تخزينها في خوادم داخل أو خارج الشركة من الاختراقات [12].

الشبكة الحاسوبية: عبارة عن شبكة اتصالات حاسوبية مرتبطة ببعضها باستخدام لغات اتصال خاصة تسمى بروتوكولات الشبكة (بروتوكول TCP/IP).

نظام كشف التسلل (IDS): هو برنامج أو تطبيق أمن الحاسوب أو مزيج من كلاهما، والذي يهدف إلى الكشف عن مجموعة واسعة من الانتهاكات الأمنية، إذ يراقب نظاماً أو

شبكة أو أنظمة ضد أي نشاط ضار [4]. تتمثل الوظائف الرئيسية لـ IDSS في مراقبة المضيفين والشبكات وتحليل سلوكيات أنظمة الحاسوب وتوليد التنبيهات والاستجابة للسلوكيات المشبوهة. يتم نشر IDS عادة بالقرب من عقد الشبكة المحمية [2] [3]. يوضح الشكل (1) المكونات الرئيسية لنظام كشف التسلل، إذ تحتوي أنظمة كشف التسلل IDSS على ثلاث مكونات رئيسية كما هو موضح في الشكل (1). بناءً على مصادر المعلومات، يتم تصنيف كشف التسلل إلى نظام كشف التسلل المعتمد على الشبكة (NIDS) ونظام كشف التسلل المعتمد على المضيف (HIDS)، إذ في HIDS يتم جمع ملفات السجل عبر أجهزة الاستشعار المحلية. بينما تفحص NIDS كل حزمة محتويات في تدفقات حركة مرور الشبكة. يتم تحليل تدفقات حركة مرور الشبكة باستخدام طرائق الكشف، وهي طرائق الكشف القائمة على سوء الاستخدام/ التوقيع (Signature based Detection) وطرائق الكشف القائمة على الشذوذ (Anomaly based Detection) [2].



الشكل (1): المكونات الرئيسية لنظام كشف التسلل.

يستخدم اكتشاف سوء الاستخدام التوقيعات والفلتر المحددة مسبقاً للكشف عن الهجمات، ويعتمد على تحديث قاعدة بيانات التوقيع باستمرار. هذه الطريقة دقيقة في الهجمات المعروفة، ولكنها غير فعالة في حالة الهجمات غير المعروفة. يستخدم اكتشاف الشذوذ

آليات الكشف عن الأنشطة الخبيثة غير المعروفة. في معظم الأحيان، ينتج عن الكشف عن الشذوذ معدل إيجابي كاذب مرتفع [2].

6. التعلم العميق:

تتكون نماذج التعلم العميق من شبكات عميقة متنوعة، منها خاضع للإشراف مثل الشبكات العصبونية العميقة Deep Neural Networks (DNNs) و شبكات موجزة عميقة Deep Brief Networks (DBNs) والشبكات العصبونية الالتقافية Convolutional Neural Network (CCNs) والشبكات العصبونية التكرارية Recurrent Neural Networks (RNNs)، ومنها غير خاضع للإشراف مثل المشفرات التلقائية (Auto Encoder) وآلات بولتزمان المقيدة Restricted Boltzmann Machine (RBMs) وشبكات الخصومة التوليدية Generative Adversarial Networks (GANs). تتعلم نماذج التعلم العميق مباشرة تمثيلات الميزات من البيانات الأصلية، مثل الصور والنصوص دون الحاجة إلى هندسة الميزات اليدوية، وبالتالي يمكن تنفيذ طرائق التعلم الآلي بطريقة شاملة. بالنسبة لمجموعة البيانات الكبيرة، تتمتع أساليب التعلم العميق بميزة كبيرة في التعامل معها. في دراسة التعلم العميق، إن التركيز الرئيس هو هندسة الشبكة واختيار المعلمة الفائقة واستراتيجية التحسين. يبين الجدول (1) مقارنة بين خوارزميات التعلم العميق المختلفة [4].

الجدول (1): مقارنة بين نماذج التعلم العميق المختلفة.

المهام	خاضع للإشراف أو غير خاضع للإشراف	أنواع البيانات المناسبة	الخوارزميات
استخراج الميزة خاصية التخفيض تقليل الضجيج	غير خاضع للإشراف	البيانات الخام شعاع الميزات	Auto encoder
استخراج الميزة خاصية التخفيض تقليل الضجيج	غير خاضع للإشراف	شعاع الميزات	RBM

استخراج الميزة التصنيف	خاضع للإشراف	شعاع الميزات	DBN
استخراج الميزة التصنيف	خاضع للإشراف	شعاع الميزات	DNN
استخراج الميزة التصنيف	خاضع للإشراف	البيانات الخام شعاع الميزات المصفوفات	CNN
استخراج الميزة التصنيف	خاضع للإشراف	البيانات الخام شعاع الميزات بيانات التسلسل	RNN
زيادة البيانات تدريب الخصومة	غير خاضع للإشراف	البيانات الخام شعاع الميزات	GAN

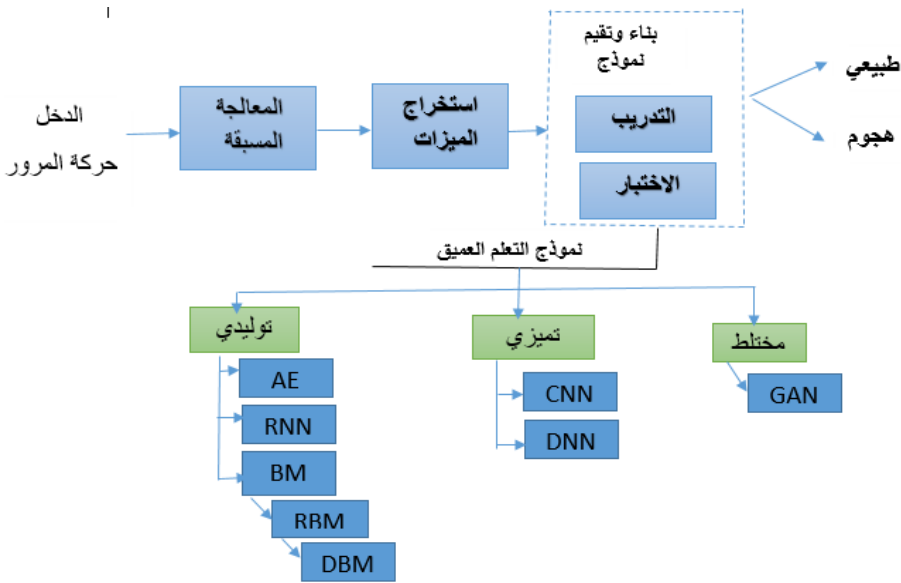
7. نظام كشف التسلسل القائم على التعلم العميق:

يوضح الشكل (2) نظام الكشف المعتمد على التعلم العميق [1]. حيث يتكون من عدة مراحل هي:

1. الدخول أو حركة المرور: البيانات هي المكون الأساسي عند تقييم أي IDS. يمكن جمع البيانات من مختلف المصادر، بما في ذلك سجلات المضيف وحركة مرور الشبكة.
2. المعالجة المسبقة أو التحضيرية للبيانات: تنفيذ المعالجة التحضيرية غالباً، في إزالة البيانات المكررة، والبيانات غير الكاملة، وتحويل البيانات إلى شكل موحد. تتضمن في أغلب الأحيان كل من الخطوات التالية: حذف السجلات المتكررة، وتحويل البيانات الرمزية إلى بيانات رقمية.

3. استخراج الميزات: أي تحليل حركة مرور الشبكة باستخدام أدوات محددة، إذ تستخدم أدوات استخراج الميزات لإنشاء مجموعات البيانات، ومن هذه الأدوات Argus.

4. نموذج كشف التسلل: يتم تصميم نموذج كشف التسلل باستخدام أحد خوارزميات التعلم العميق، ومن ثم تدريبه واختباره، ليقوم بتحديد نوع سجل الاتصال هل هو سجل طبيعي أو هجوم.



الشكل (2): نظام الكشف المعتمد على التعلم العميق.

يتم تقييم فعالية IDS من خلال قدرته على التصنيف الصحيح، أي القدرة على تحديد الصنف الذي ينتمي إليه سجل الاتصال طبيعي أم هجومي. عند مقارنة نتيجة تصنيف السجل مع الواقع الفعلي، نجد أربع حالات مختلفة بينها الجدول (2) الذي يعبر عن مصفوفة الاضطراب التي تعد من أهم الوسائل المستخدمة في عملية تقييم أداء IDS [10].

الجدول (2): مصفوفة الاضطراب.

تم التنبؤ أن الحدث سلبى Predicted Negative	تم التنبؤ أن الحدث إيجابي Predicted Positive	
FN	TP	الحدث بالفعل إيجابي Actual Positive
TN	FP	الحدث بالفعل سلبى Actual Negative

الإيجابيات الصحيحة TP: عدد السجلات المصنفة بشكل صحيح إلى الفئة العادية.
السلبيات الصحيحة TN: عدد سجلات الاتصال المصنفة بشكل صحيح في فئة الهجوم.
الإيجابيات الخاطئة FP: عدد السجلات العادية المصنفة بشكل خاطئ في سجل الهجوم.

السلبيات الخاطئة FN: عدد سجلات اتصال الهجوم المصنفة بشكل خاطئ في سجل الاتصال العادي [2].

استناداً إلى المصطلحات السابقة، يتم النظر في مقاييس التقييم الأكثر استخداماً الآتية:
Accuracy: يقدر نسبة سجلات الاتصال المعترف بها بشكل صحيح إلى مجموعة بيانات الاختبار بأكملها، العلاقة (1).

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

حيث: TP: الإيجابيات الصحيحة، TN: السلبيات الصحيحة، FP: الإيجابيات الخاطئة، FN: السلبيات الخاطئة [2].

Precision: تقدر نسبة سجلات اتصال الهجوم المحددة بشكل صحيح إلى عدد جميع سجلات اتصال الهجوم المحددة، العلاقة (2).

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

حيث: TP: الإيجابيات الصحيحة، FP: الإيجابيات الخاطئة [2].

المعدل الإيجابي الحقيقي (TPR): يطلق عليه أيضاً Recall. ويقدر نسبة سجلات اتصال الهجوم المصنفة بشكل صحيح إلى العدد الإجمالي لسجلات اتصال الهجوم، العلاقة (3).

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

حيث: TP: الإيجابيات الصحيحة، FN: السلبيات الخاطئة [2].

المعدل الإيجابي الكاذب (FPR): إنه يقدر نسبة سجلات الاتصال العادية التي تم وضع علامة عليها كمهاجمة إلى العدد الإجمالي لسجلات الاتصال العادية، العلاقة (4).

$$FPR = \frac{FP}{TN + FP} \quad (4)$$

حيث: FP: الإيجابيات الخاطئة، TN: السلبيات الصحيحة [2].

F1-Score: تسمى أيضاً باسم F1-Measure، وهي عبارة عن محدد يتعلق بكل من Precision و Recall من خلال العلاقة (4).

$$F1 - Score = 2 \times \left(\frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \right) \quad (4)$$

حيث Precision: الدقة، Recall: المعدل الإيجابي الحقيقي [2].

8. مجموعة البيانات KDD CUP99:

تم إنشاؤها بسبب الحاجة إلى مجموعة بيانات مناسبة لاختبار أنظمة كشف التسلل بواسطة مختبر MIT Lincon باستخدام 1000 من أجهزة UNIX و 100 من مستخدمي الوصول إلى هذه الأجهزة، وقد تم تصميمها لتكون مجموعة بيانات المحاكاة عام 1998. بشكل عام، تتضمن مجموعة البيانات القياسية KDDCUP99 حوالي 5 ملايين من سجلات الاتصال، تنقسم إلى سجلات تدريب وسجلات اختبار. يتضمن كل سجل اتصال 41 ميزة يمكن تصنيفها على أنها ميزات أساسية، وهي 9 ميزات (1...9)، وميزات محتوى، وهي 13 ميزة (10...22)، وميزات حركة مرور (23...41)، يمكن تصنيف السجلات في مجموعة البيانات هذه إلى 5 فئات رئيسية، 4 منهم هجوم و 1 هو عادي.

• عادي: بيانات نوع غير الهجوم.

• أنواع الهجوم: DOS (رفض الخدمة)، والتحقق (التحقق الهجمات)، و R2L (الجزر إلى المحلية) و U2R (المستخدم إلى الجذر).

الهجمات هي 22 نوعاً، وكل ينتمي إلى فئة الهجوم أعلاه. تحتوي KDD Cup99 على بيانات رقمية (بتسويق رقم ثنائي وحقيقي) ومعلومات نصية (محارف) حول فئات الطلب. بالإضافة إلى ذلك، تحتوي هذه البيانات على ميزة إضافية واحدة في النهاية لإظهار تسمية البيانات سواء أكان ذلك من التسلل أم لا [9] [3]. قاعدة البيانات هذه مدروسة بشكل كبير وتفصيلي في المرجع [11].

سجل طبيعي:

0,tcp,http,SF,239,486,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,8,8,0.00,0.00,
,0.00,0.00,1.00,0.00,0.00,19,19,1.00,0.00,0.05,0.00,0.00,0.00,0
.00,0.00,normal.

سجل هجوم:

معدل دقة الكشف %96. من سليات هذا النموذج، أنه لم يتم أخذ جميع الميزات في مجموعة البيانات (32 من أصل 41 ميزة).

3- استخدم (Vigneswaran et al;2018) [7] الشبكات العصبونية العميقة DNNs للتنبؤ بالهجمات على نظام كشف التسلل إلى الشبكة (N-IDS)، وقد تم استخدام مجموعة بيانات KDDCup-99. أظهرت النتائج أن بنية DNN من 3 طبقات مخفية أداؤها متفوق على جميع الخوارزميات الكلاسيكية الأخرى وخوارزميات التعلم بعد المقارنة. حيث كانت دقة الكشف 0.92 و 0.91 و Recall=0.95 و f1-score=.

4- استخدم (VINAYAKUMAR et al;2019) [2] شبكة عصبية عميقة DNN لتطوير IDS لاكتشاف الهجمات السيبرانية وتصنيفها باستخدام مجموعة بيانات KDDCup 99. يقترح هذا العمل بنية DNN تكون من طبقة إدخال و 5 طبقات مخفية وطبقة إخراج. أظهرت معظم طوبولوجيا شبكة DNN دقة التدريب في النطاق من %95 إلى %99. من سليات هذا النموذج، أنه يحتاج إلى وقت تدريب كبير من أجل الحصول على بنيته طوبولوجيا شبكة مثلى.

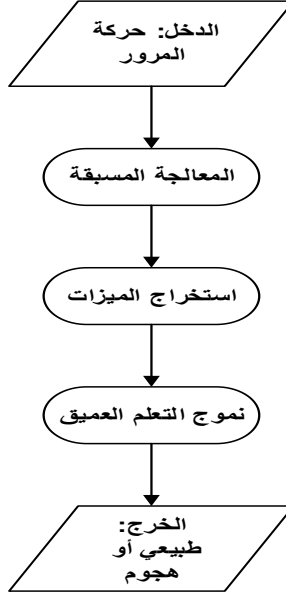
5- استخدم (Alsughayyir *et all* ;2019) [8] التعلم العميق لتطوير نظام كشف هجمات الشبكة، إذ استخدم تقنية التشفير التلقائي Auto-encoder لتصنيف السلوك الطبيعي من السلوك الشاذ على الشبكة استناداً إلى مجموعة البيانات NSL-KDD. أظهرت النتائج أن المقترح يتفوق على الأساليب الكلاسيكية بدقة %99 للتدريب و %91.28 لمرحلة الاختبار. هذا المقترح بحاجة إلى محاولة تضمين المزيد من أساليب التعلم العميق وتطبيق خوارزميات التعلم العميق على حركة مرور الشبكة في الوقت الحقيقي.

10. النظام المقترح:

في هذا البحث، تم تصميم شبكة تعلم عميقة معقدة للحصول على عملية كشف تسلل أفضل من شبكات التعلم العميقة العادية، إذ اعتمدت في هذا التصميم على إدخال البيانات حسب أهميتها وتسلسلها إلى شبكات عصبونية عميقة مكونة من مجموعة طبقات خفية بشكل غير متساوٍ لجميع البيانات.

البيانات التي يتم تداولها عبر الشبكة بغض النظر عن نوعها تحتاج إلى معالجة مسبقة، ومن ثم استخراج الميزات منها لتذهب بعدها إلى عملية التصنيف والتقرير ما إذا كانت طبيعية أو شاذة. إن إنشاء قاعدة بيانات لمصنع أو شركة محددة والقيام باستخراج الميزات منها يعتبر قاعدة بيانات لا يمكن الاستفادة منها في أنظمة كشف التسلل العالمية من أجل المقارنة. لذلك، تم القيام بإنشاء قاعدة بيانات ضخمة تحاكي شبكة حاسوبية مكونة من 1000 حاسوباً متصلة عبر بروتوكول TCP/IP تحتوي على كافة أنواع الهجمات التي يمكن أن تهدد الشبكات سواء في مجموعة التدريب منها أو الاختبار. قاعدة البيانات هذه تم استخلاص الميزات منها، وأصبح لكل سجل اتصال 41 ميزة، وكل ميزة تعبر عن نوع مختلف. منها الميزات الأساسية، وهي 9 أنواع ورقمها التسلسلي (9..1)، مثل مدة الاتصال ونوع البروتوكول عدد البايتات المنقولة والعلم الذي يشير إلى الحالة الطبيعية أو حالة الخطأ للاتصال، توفر هذه السمات معلومات لأغراض تحليل البروتوكول. ميزات المحتوى وهي 13 نوعاً ورقمها التسلسلي (22..10)، وهذه السمات تعكس سلوك التطفل مثل عدد حالات فشل تسجيل الدخول، من محتوى البيانات. وميزات حركة المرور المستندة إلى الوقت، وهي 19 نوعاً ورقمها التسلسلي (41..23)، وهذه السمات تعكس الاتصالات بين السجل الحالي والسجل في الفترات الزمنية السابقة. تعتبر هذه المعلومات مهمة بالنسبة لإرسال البيانات، لذلك عملية استخلاص الميزات مهمة جداً قبل مرحلة التصنيف / الكشف التي تتم باستخدام نموذج

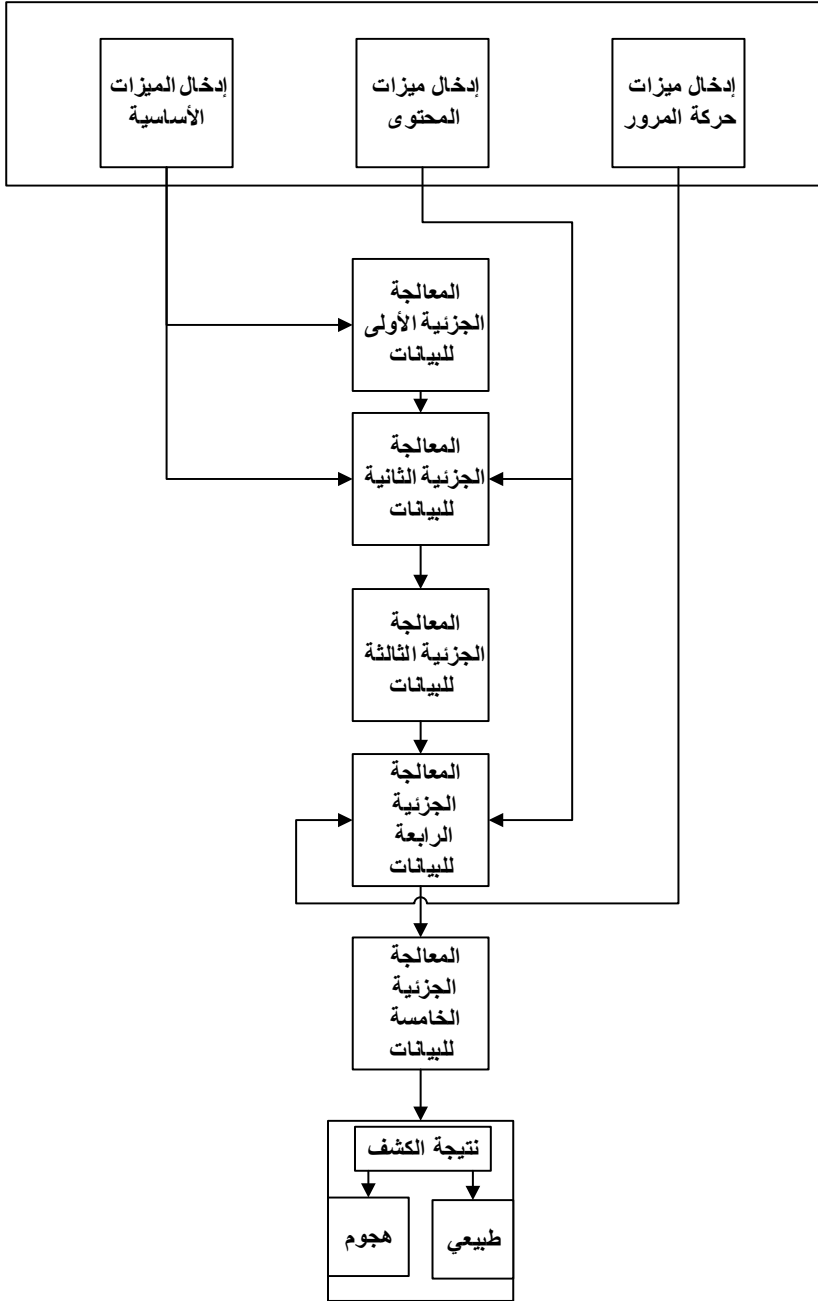
التعلم العميق كما هو موضح في الشكل (3). لذلك، لتقييم نماذج التصنيف / الكشف يجب اختبارها على مجموعة البيانات المعيارية نفسها، وهي KDD CUP99.



الشكل (3): المخطط الصندوقي لنظام كشف التسلل.

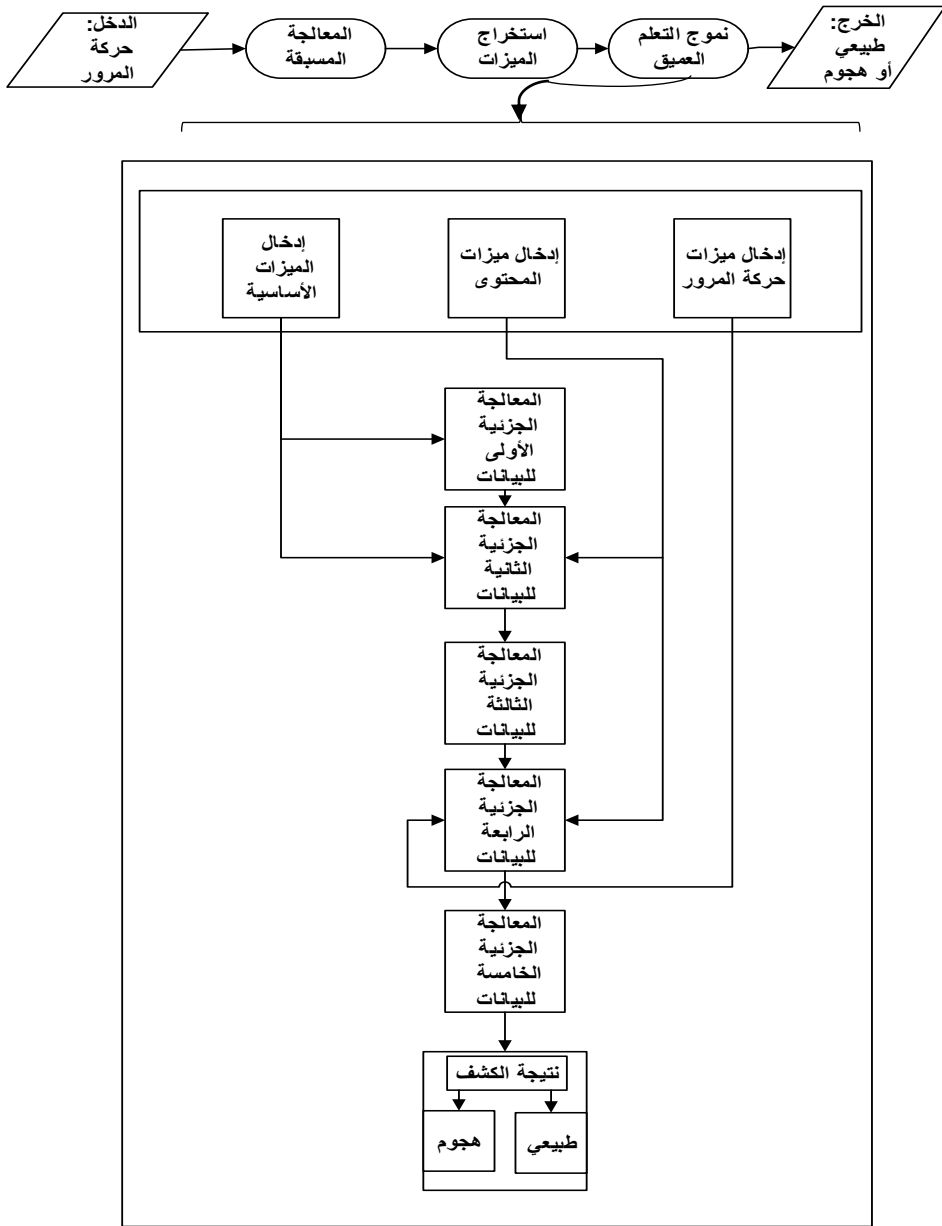
في مرحلة الكشف باستخدام التعلم العميق، تم في هذا البحث تصميم نظام كشف تسلل جديد باستخدام الشبكات العصبونية العميقة اعتماداً على قاعدة البيانات KDD CUP99 التي تحتوي على الميزات، إذ تبعاً لميزاتها التي هي عبارة عن 41 ميزة مقسمة إلى ميزات أساسية (1...9) وميزات محتوى (10...22) وميزات حركة المرور (23...41) بدلاً من إدخال كامل الميزات إلى نظام التعلم العميق دفعة واحدة. تم اقتراح طريقة جديدة للتصميم، تتم فيها عملية الإدخال على مراحل. بما أن الميزات مقسمة إلى ثلاثة أقسام تم الاقتراح على أن يتم إدخالها على ثلاث مراحل تبعاً لتسلسل الميزات وأهميتها. تعتبر الميزات الأساسية هي الأهم، لذلك يتم إدخالها أولاً إلى النظام ليتم معالجتها بشكل جزئي في مرحلة المعالجة الأولى للبيانات، والتي هي عبارة عن الطبقات الخفية (1 و 2) المكونة من (16,64) عصبوناً على التوالي. في مرحلة

المعالجة الجزئية الثانية للبيانات، والتي هي عبارة عن الطبقة الخفية الثالثة، يتم إدخال ميزات المحتوى، وكذلك الميزات الأساسية قبل المعالجة الجزئية الأولى وبعدها، لتصبح الطبقة المخفية طبقة مدخلات أيضاً مكونة من 86 عصبون، إذ خرج مرحلة المعالجة الجزئية الثانية يكون دخلاً لمرحلة المعالجة الجزئية الثالثة، والتي هي عبارة عن الطبقات الخفية (5 , 4) المكونة من (86,128) عصبوناً على التوالي وفي مرحلة المعالجة الجزئية الرابعة، والتي هي عبارة عن الطبقة الخفية السادسة يتم إدخال ميزات حركة المرور، وكذلك الميزات القادمة من مرحلة المعالجة الجزئية الثالثة وميزات المحتوى وهي مكونة من 160 عصبوناً، إذ خرج مرحلة المعالجة الجزئية الرابعة هو دخل لمرحلة المعالجة الجزئية الخامسة، والتي عبارة عن الطبقات الخفية (8,7) المكونة من (256,128) عصبوناً على التوالي، والتي تعتبر آخر عملية معالجة بهذه الحالة تكون قد اكتملت عملية معالجة البيانات لتذهب إلى مرحلة التصنيف في طبقة الخرج المكونة من عصبون يقرر النتيجة إما أن يكون تسلاً أو هجوماً كما هو موضح في الشكل (4). يكون خرج كل عصبون في أية مرحلة معالجة عبارة عن قيم الدخل لهذا العصبون مضروبة بالأوزان، فإذا كان المجموع الموزون لقيم الدخل أكبر من قيمة معينة تدعى العتبة فإنه يتفعل العصبون (حسب تابع التفعيل المستخدم) ويرسل إشارة.



الشكل (4): مخطط تفصيلي لنظام كشف التسلل المعتمد على التعلم العميق.

وبالتالي يكون المخطط الصندوقي لنظام كشف التسلل المقترح كما في الشكل (5).

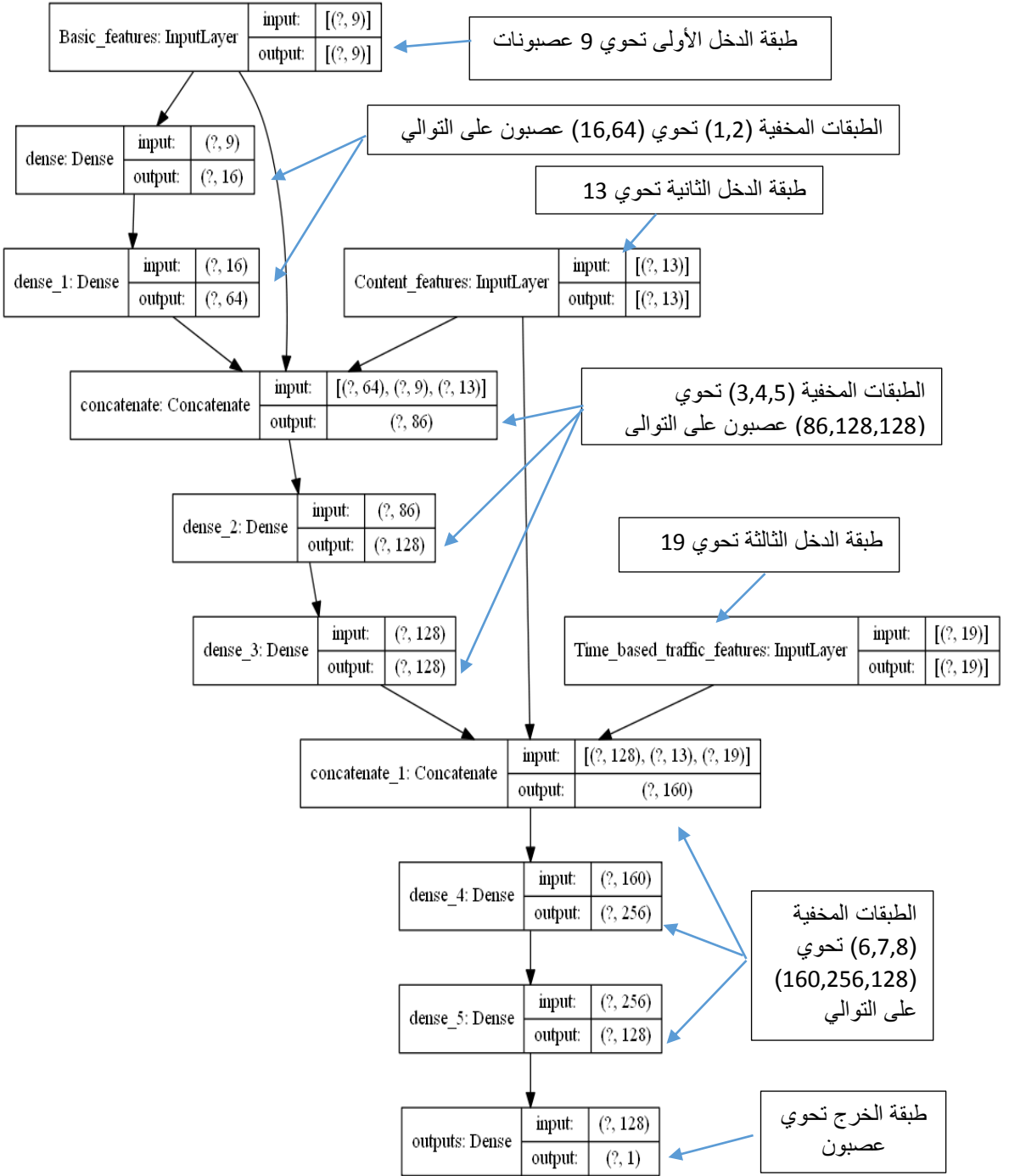


الشكل (5): المخطط الصندوقي لنظام كشف التسلل المقترح عصبونات، بما أن

فقد تم استخدام برنامج pycharm المصمم للتعامل مع التعلم العميق لتصميم البنية

المقترحة. يوضح الشكل (6) بنية الشبكة العصبونية العميقة المعقدة المقترحة وعدد العصبونات في كل طبقة ودخل وخرج كل طبقة، إذ تم استخدام تابع التنشيط relu في الطبقات الخفية لأنها أكثر كفاءة ولديها القدرة على تسريع عملية التدريب بالكامل، وتابع التنشيط sigmoid في طبقة الخرج، وذلك لطبيعته المستخدمة في الفصل الثنائي، حيث يرجع بخرجه 0 أو 1. نظراً لأن الميزات الأساسية يبلغ عددها 9 ميزات، فقد تم مضاعفة عدد العصبونات في الطبقة الخفية 16 عصبوناً، وهو أقرب عدد بالاس الثنائي 2^n ، ولتقليل تعقيد الشبكة ووقت التدريب، فقد اختصرنا طبقة خفية من الطبقات، لذلك تم مضاعفة عدد العصبونات في الطبقة الخفية التالية إلى 64 عصبوناً مباشرة، وتم اختصار طبقة 32 عصبون، إذ أنه في البداية تم اختصار طبقة 64 عصبوناً، لكن النتائج لم تكن مرضية، وبالمثل لباقي الطبقات الخفية. تم الحفاظ على التعلم ثابتاً عند 0.01، بينما يتم تحسين البارامترات الأخرى. وتم تدريب المقترح 10 مرات واستغرقت عملية التدريب ساعة واحدة تقريباً على معالج CORE i3. إشاره الاستفهام في البنية المقترحة تعني النموذج قبل إدخال البيانات إليه و Input Layer هي طبقة الدخل وDense، هي طبقة مخفية و Output هي طبقة الخرج.

تصميم نظام كشف تسلل شبكي باستخدام الشبكات العصبونية العميقة المعقدة



الشكل 6: بنية الشبكة العصبونية العميقة.

11. النتائج والمقارنة:

لتقييم النموذج المقترح، تم إعادة تطبيق الخوارزميات الكلاسيكية وتدريب الشبكة العصبونية العميقة العادية، وكذلك الشبكة العصبونية العميقة المعقدة المصممة على مجموعة البيانات KDDCup-99، وبعد اكتمال التدريب تم إعادة مقارنة جميع النماذج. يوضح الجدول (4) نتائج اختبار النموذج الجديد المقترح بعد التدريب ومقارنته مع نتائج الخوارزميات الأخرى التي تم إعادة تطبيقها.

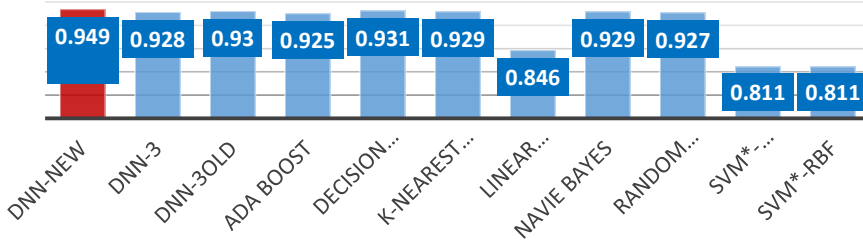
الجدول (4): نتائج اختبار النموذج الجديد ومقارنته مع الخوارزميات الأخرى.

Algorithm	Accuracy	Precision	Recall	f1score	FPR
DNN-New	0.949	0.999	0.915	0.955	0.001
DNN-3	0.928	0.999	0.915	0.956	0.001
Ada Boost	0.925	0.995	0.911	0.951	0.005
Decision Tree	0.931	0.999	0.915	0.955	0.001
K-Nearest Neighbour	0.929	0.998	0.913	0.954	0.002
Linear Regression	0.846	0.988	0.819	0.896	0.012
Navie Bayes	0.929	0.988	0.923	0.955	0.012
Random Forest	0.927	0.999	0.910	0.953	0.001
SVM-Linear	0.811	0.994	0.770	0.868	0.006
SVM-rbf	0.811	0.992	0.772	0.868	0.008

من الجدول (4)، نجد أن خوارزمية أشجار القرار أفضل من حيث الدقة من الشبكة العصبونية العميقة العادية، بالرغم أن عدد مرات التدريب ذاتها المستخدمة في الدراسة السابقة [7] ، ولكن نلاحظ تفوق الشبكة العميقة الجديدة على الشبكة العميقة العادية وجميع خوارزميات التعلم الآلي الكلاسيكية الأخرى. هذا بسبب قدرة DNNs على

استخراج البيانات والميزات ذات التجريد العالي، بالإضافة إلى توزيع الدخل الذي يخفف العبء على الشبكة. عدم الخطية للشبكات يضاف إلى الميزة عند مقارنته بالخوارزميات الأخرى. أعطت أفضل دقة على الرغم من عدد مرات التدريب قليلة (10)، أي استغرقت زمناً أقل، في حين تم تدريب الشبكة العصبونية العميقة العادية 1000 للحصول على دقة 0.93 مع زمن تدريب كبير. مع العلم أن الشبكة المصممة احتمالية انهيارها ضئيل مهما زاد عدد مرات التدريب بسبب توزيع الدخل. توضح المخططات الآتية مقارنة كل متغير من المتغيرات، الشكل (7).

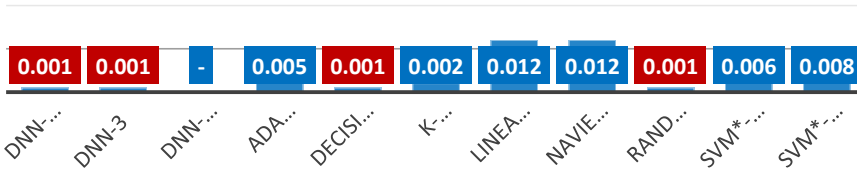
Accuracy



الشكل (7): مقارنة الدقة Accuracy.

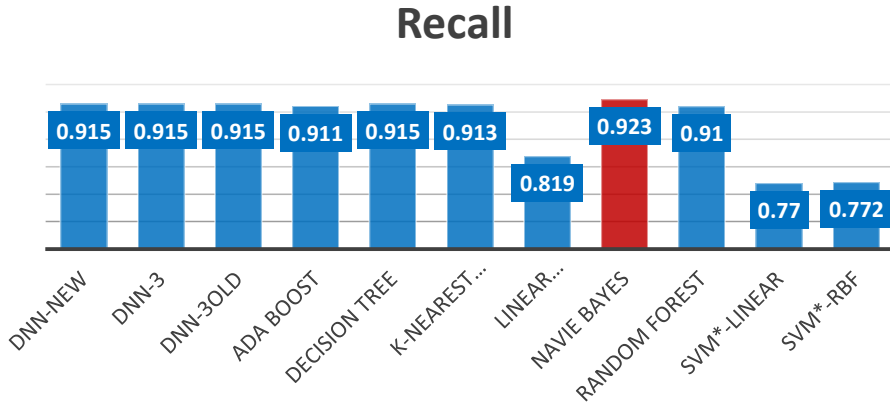
نلاحظ من الشكل (7)، أن النموذج المقترح حصل على أفضل دقة 0.949 مقارنة بالخوارزميات الأخرى.

FPR



الشكل (8): مقارنة معدل الإيجابيات الكاذبة.

نلاحظ من الشكل (8)، النموذج المقترح حصل على معدل إيجابيات كاذبة 0.001 تعتبر قيمة منخفضة جدا ولكن هناك خوارزميات قامت بتحقيقها.



الشكل (9): مقارنة معدل الإيجابيات الحقيقية.

تفوقت خوارزمية Navie Bayes في الحصول على أعلى معدل إيجابيات حقيقة، وهي 0.923 ولكن النموذج المقترح حقق قيمة 0.915.

13. الخاتمة والمقترحات:

شبكات التعلم العميق أثبتت فعاليتها في أنظمة كشف التسلسل لاكتشاف الهجمات على الشبكة، إذ حققت دقة كشف عالية مقارنة مع طرائق التعلم الآلي. يعتبر نظام الكشف القائم على الشبكة العميقة المعقدة الذي تم اقتراحه في هذا البحث أفضل إلى حد ما من حيث قدرته على تمييز حركة المرور العادية عن الشاذة. لزيادة الدقة يجب تدريب النموذج المقترح أكثر.

14. المراجع:

- [1] ALDWEESH.A, DERHAB.A, EMAM.A.Z,2019–“Deep Learning Approaches for Anomaly–Based Intrusion Detection Systems: A Survey, Taxonomy, and Open Issues”. Knowledge–Based Systems, VOL.189.19, P.37.<https://doi.org/10.1016/j.knosys.2019.105124>
- [2] VINAYAKUMAR.R, ALAZAB.M, SOMAN.K.P, 2019 –“Deep Learning Approach for Intelligent Intrusion Detection System”, IEEE ACCESS VOL.7.197, pp. 41525–41550.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2895334>
- [3] KARATAS.G, DEMIR.O, SAHINGOZ.O.K, 2018–“Deep Learning in Intrusion Detection Systems”, IEEE International Congress on Big Data, Deep Learning and Fighting Cyber Terroris VOL..32, PP.113–116. [doi: 10.1109/IBIGDELFT.2018.8625278](https://doi.org/10.1109/IBIGDELFT.2018.8625278)
- [4] LIU.H and LANG.B,2019 – “Machine Learning and Deep Learning Methods for Intrusion Detection Systems: A Survey”, Applied Sciences , VOL.9(20), PP.4396
- [5] YIN.CH, ZHU.Y, FEI.J, HE. X, 2017–“A Deep Learning Approach for Intrusion Detection Using Recurrent Neural Networks”, IEEE ACCESS , VOL.5.551, PP. 21954– 21961.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2762418>
- [6] HUI LIN.W, CHUNG LIN. H. WANG. P, HUA WU. B, YING TSAI. J,2018– Using Convolutional Neural Networks to Network

Intrusion Detection for Cyber Threat, IEEE computer science, VOL..32,PP.11071110.<https://doi.org/10.1109/ICASI.2018.8394474>

[7] VIGNESWARA. R, KP. S, POORNACHANDRAN. P, 2018– Evaluating Shallow and Deep Neural Networks for Network Intrusion Detection Systems in Cyber Security, IEEE Communications and Informatics(ICACCI),VOL..34,p.6.<https://doi.org/10.1109/ICACCI.2018.8494096>

[8] ALSUGHAYYIR.B, QAMAR.A.M, KHAN.R, 2019– Developing a Network Attack Detection System Using Deep Learning, IEEE computer science , VOL..32, P.5.
<https://doi.org/10.1109/ICCISCI.2019.8716389>

[9]DDCup1999Data.2001
<https://kdd.ics.uci.edu/databases/kddcup99/kddcup99.html>.

[10] DR.ALAHMAD.H,IBRAHIME.R,2017–“Using Neural Networks to Build an Intrusion Detection System based on Standard Dataset (KDD99)”,Engineering Sciences Series Vol. (93) No. (5),pp 287–310.

[11]https://www.arabicprogrammer.com/article/7432839791/#KDD_CUP_67 12\1\20021.

[12] DR. SUMEET DUA AND DR. XIAN DU, 2011– Data Mining and Machine Learning in Cybersecurity. New York, p.248.

أثر تطبيق أنظمة التخطيط الحديثة على الإنتاج

(دراسة حالة وحدة تعبئة المياه)

*م. محمد ثائر الجوهري

**أ.د. غسان حداد

الملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة أثر تطبيق أنظمة التخطيط الحديثة على الإنتاج (JIT+MRP)، إذ يعد نظام MRP و JIT من الأنظمة التي أثبتت نجاحها في ميدان التخطيط، أصبح ممكناً تحقيق أهداف أداء العمليات المتمثلة في تخفيض التكاليف، والتسليم الموثوق، والجودة العالية، والاستخدام الأفضل للموارد والطاقات الإنتاجية.

الكلمات المفتاحية: MRP نظام تخطيط الموارد، JIT نظام إدارة المخزون، KAPAN نظام لمراقبة المخزون.

• *طالب دكتوراه في قسم هندسة التصميم الميكانيكي – جامعة دمشق.

• **أستاذ في قسم هندسة التصميم الميكانيكي – جامعة دمشق.

The impact of applying modern planning systems on production

Abstract

This research aims to study the impact of applying modern planning systems on production (MRP + JIT), as the MRP and JIT system are among the systems that have proven successful in the field of planning, it has become possible to achieve the objectives of operational performance of reducing costs, reliable delivery, and high quality. And the best use of resources and production capacities.

Key words: MRP, JIT, KABAN

• * PhD student in the Department of Mechanical Design Engineering - Damascus University.

• ** Professor in the Department of Mechanical Design Engineering - Damascus University.

المقدمة:

لم يخرج واقع إدارة الإنتاج، ولفترة طويلة، عن القيود التي تأتي من داخل المؤسسة. وقد أصبح لزاما على مديري المنظمات في عصر الإدارة متعددة الأبعاد إدراك أن هذه القيود انتقلت إلى الزبون إلى خارج المؤسسة. ويستوجب ذلك تغيير الأساليب المستعملة في إدارة الإنتاج بأساليب أخرى تجعل النتائج أكثر قبولا. وتعد النظريات الحديثة التي بحثت في شكل القيود مثل تخطيط الاحتياجات من المواد وبالمثل نظام السحب من أكثر الأنظمة في إدارة الإنتاج التي أخذت بهذه القيود.

وفي هذا السياق تشترك أنظمة الإنتاج JIT, MRP في علاقات تكاملية وأهداف متميزة تتمثل في الاستغلال الأمثل للموارد وتخفيض المخزون والتكاليف وتسليم المنتجات في الأماكن والأوقات المحددة، ولكنها تتفاوت في نسبة تحقيق هذه الأهداف. وبطبيعة خصوصية كل منظمة من حيث مواردها ونمط إنتاجها ودرجة تعقيد منتجاتها ومشاكلها قد لا تتشابه النتائج على الرغم من تشابه أهداف الأساليب المعتمدة. وما دامت النظريات تعالج أنظمة حديثة لإدارة الإنتاج فكيف يمكن المفاضلة بينها وما هي إمكانيات التكامل فيما بينها عند تطبيقها كمثال عملي في إدارة الإنتاج لوحدة عبوات المياه .

أولا: مزايا وعيوب أنظمة الإنتاج الحديثة:

لاشك أن نظامي JIT, MRP ظهرا وطبقا في بيئات متغيرة. ولا أحد من هذه الأنظمة وصف بالمثالية في النتائج المتحققة ولا في إمكانية مواجهة مشاكل البيئة التي طبق فيها. ولأجل ذلك سيتم تناول كل نظام على حدى من حيث المزايا والعيوب.

1- مزايا وحدود MRP:

نشأ هذا النظام في ستينيات القرن الماضي في الولايات المتحدة الأمريكية كأسلوب محوسب لتخطيط عملية الحصول على المواد وتخطيط الإنتاج. يهدف هذا النظام إلى تخطيط المتطلبات من المواد الأولية محدداً فيه الكمية المطلوبة ووقت الاحتياج لها. يستمد النظام مفهومه من العلاقة القائمة بين الطلب على المنتج التام الصنع الذي تنتجه المنظمة والطلب على الأجزاء التي تدخل في إنتاجيته (مكونات التركيبية الفنية للمنتج) والتي تشتمل على المواد الأولية والأجزاء تحت التشغيل. أي

أن نظام MRP هو الطلب على المواد الأولية والمكونات الرئيسية والفرعية التي تدخل في صناعة المنتج النهائي.

يعد نظام MRP أحد النظم الذي أثبت نجاحه في ميدان التخطيط والرقابة على المخزون والإنتاج، إذ أصبح ممكناً تحقيق أهداف أداء العمليات المتمثلة في تخفيض التكاليف، والتسليم الموثوق، والجودة العالية، والاستخدام الأفضل للموارد والطاقات الإنتاجية الأخرى، ومن خلال تقديم معالجات فعالة وواقعية وسريعة نسبياً لمشكلات الجدولة، وتقليل تكلفة إنتاج الطلبات نتيجة تخفيض المخزون إلى الحد الأدنى، والدقة في توقيت استلام المواد والأجزاء من قبل مراكز العمل عند الحاجة إليها وتسليم الطلبات في مواعيدها المحددة، وبالتالي تقديم مساهمة جديّة في تحقيق الأهداف الإستراتيجية للمنظمة.

وتوفر مخرجات نظام MRP معلومات مفيدة لمديري الإنتاج والمخازن، وتتجلى في ثلاثة استخدامات وفوائد أساسية هي: التخطيط والرقابة على المخزون، والتخطيط التفصيلي للطاقة، وتخطيط أسبقية الإنتاج أو الشراء وفق الأوامر المخطط إطلاقها لمكونات وأجزاء المنتج، وعلى أساس فترات الانتظار المطلوبة لكل جزء وتوافر الطاقة المطلوبة (J. R. Evans, 1997). وهناك فوائد أخرى للنظام بحيث يساعد في عملية التنبؤ الإحصائي لمكونات المنتج النهائي ويخفض من تكاليف الاحتفاظ بالمخزون ويحسن خدمة الزبون كما يقلل من نسب التلف بسبب استخدام الأجزاء الصحيحة ويحسن من إنتاجية الوحدة الصناعية (Krajewski & Ritzman, 1998).

ويمكن الوقوف على مزايا أساسية منها: أنها طريقة لتخطيط الإنتاج بدون مخزون لأنها تحافظ على الأفق الزمني لإنتاج كميات معينة وتطلق أوامر الشراء أو الإنتاج حسب الوقت المحدد لا قبله ولا بعده، لا يتطلب إعادة تنظيم الإنتاج بل يسمح باستعمال التقنيات الموجودة. ومن أهم النتائج التي ثبتت مصداقيتها أنها تخفض المخزون بنسبة بين 25% إلى 40% وتخفض التكاليف المباشرة في الإنتاج بنسبة ما بين 5% إلى 10% وتخفض التكاليف في التركيب بنسبة 40% (Javel, 2000).

وعلى الرغم من فوائدها فقد تعرضت طريقة MRP إلى العديد من الانتقادات توضح نقائصها أو حدود استعمالها. إذ يستغرق تنفيذ نظام MRP فترة طويلة نتيجة

الكيفية التي يتم بها معالجة والحجم الكبير من البيانات مما يتطلب قاعدة بيانات ضخمة (Fox, 1985). كما أنه يفترض طاقة غير محدودة في كل مراكز العمل، بينما الواقع يؤكد أن بعض مراكز العمل قد تشكل ما يسمى بالاختناق أو عنق الزجاجة حيث تسبب اختناقاً في العملية الإنتاجية. وقد يحطم ذلك الدقة التي تمتاز بها لتخطيط متطلبات الإنتاج من المواد ويجعل التخطيط للطاقة غير فعال والرقابة أقل جدوى (عرفة وشلبي، 2020).

2- مزايا وحدود JIT:

وهي اختصار للعبارة Just in time. وهي نظام من أنظمة إدارة المخزون، بموجبه تسلم المواد الأولية والمهمات التي تستخدم في الإنتاج حالاً عند طلبها في العملية الإنتاجية. ويحاول هذا المفهوم أو النظام التقليل من كلف الاحتفاظ بالمخزون بالتقليل من كميات المحتفظ بها. اقترح هذا الأسلوب على اليابانيين الدكتور إدوارد ديمينج. وهو أخصائي أمريكي وخبير في حقل الكفاءة الإنتاجية. ويستعمل هذا النظام على نطاق واسع في اليابان وفي العالم. إن نظام JIT فلسفة جديدة تقدم مفاهيم وأساليب جديدة للإنتاج تساعد بكفاءة على تحقيق الموقع التنافسي ما بين الشركات في الأسواق الدولية، وتظهر قوة نظام JIT في أن المفاهيم التي جاء بها قد غيرت مفاهيم ومبادئ سائدة، بعد أن كشف بوضوح كبير الجوانب السلبية فيها. ولقد تم تطوير نظام JIT في شركة Toyota Motor Company اليابانية في الستينيات من قبل Taiichi Ohno وانتشر بعد أزمة البترول العالمية عام 1973 م ليتسع شيوع هذا النظام باستمرار بعد أن حظي باعتراف واسع بكفاءته في إزالة كل أنواع التبذير وخفض المخزون وجدولة الإنتاج والجودة، إلى جانب إقامة علاقات جديدة مع الموردين.

ويحقق نظام الإنتاج في الوقت المحدد العديد من المنافع في مجالات مختلفة تتجسد في تخفيض المخزون وزيادة الإنتاجية من خلال تخفيض المهل الزمنية وتخفيض معدل المرفوض والزيادة الواضحة في استخدام الموارد البشرية، الاستجابة السريعة لرغبات الزبائن، توفير في التكاليف، زيادة في الإيرادات، توفير في الاستثمار بتخفيض المساحات المطلوبة لعمليات الإنتاج والتخزين وتخفيض المخزون وزيادة حجم استعمال

الآلات، بالإضافة إلى تطوير مهارات العاملين (محجوب والأتروشي، 2020). وما يؤكد على أهمية عناصره الأساسية هي النتائج المتحققة من خلال تطبيقاته فقد ساهم ب (عرفة وشلبي، 2020):

- انخفاض في المخزون ووقت وصول المنتج بما يساوي 90%؛
- انخفاض تكاليف العمالة بنسبة 10% إلى 30%؛
- انخفاض تكاليف الإعداد بنسبة 75%؛
- تحسين الجودة بحوالي 75% إلى 90%؛
- تقليص احتياجات الموقع بنسبة 30% إلى 50%.

غير أن هناك بعض الانتقادات التي توضح حدود استعمالات النظام. وهناك من يعتبر نظام JIT صالحا لمجالات دون أخرى، فهو ملائم لبيئات الإنتاج المتكرر مع ضرورة توافر شروط معينة. ويكون عمله جيدا إذا كان موقع المورد قريبا من المؤسسة. كما يتطلب تنفيذ هذا النظام ترميط الخط الإنتاجي واعتماد عدد محدود من المنتجات. بالإضافة إلى متطلباته المتعلقة بإعادة تنظيم المؤسسة والتحصيرات اللازمة لمقابلة التوقعات في الخط الإنتاجي وتحديد المجالات التي تظهر فيها المشكلات (محجوب والأتروشي، 2020).

ثانيا: المقارنة بين نظامي الإنتاج JIT, MRP:

إن الفارق الرئيسي بين نظام MRP ونظام الإنتاج في الوقت المحدد يكمن في أن الأول يحاول قياس الحقيقة المدركة أو المتوقعة، كما يحاول تخفيض مستويات المخزون من خلال التنبؤ بالطلب، ويبني على أساس أنه يوجد عدم التأكد. وعليه فإنه يجب الاحتفاظ بمخزون أمان. أما نظام الإنتاج في الوقت المحدد (الذي يستخدم مدخل الجذب بدل مدخل الدفع)، فإن الاحتفاظ بالمخزون يعتبر شيئا غير مفضل وذلك لكون متطلبات النظام تؤكد على تخفيض ظروف عدم التأكد في بيئة المصنع مما يساعد على تخفيض الحاجة للاحتفاظ بمخزون الأمان إلى أدنى حد ممكن أو قد يكون صفرا (عرفة وشلبي، 2020).

وفي محاولة لاستنتاج بعض نقاط التشابه والاختلاف بين النظامين نتج الجدول الموالي:

الجدول رقم 1:

مقارنة بين JIT, MRP

الخصائص	MRP	JIT
1- تحميل الإنتاج	طاقة الموارد غير محددة بل تتحدد لاحقاً	طاقة الموارد محددة وتتم السيطرة عن طريق Kanban
2- حجم الدفعة	دفعة ذات حجم ثابت في الأمر الواحد بينما يتغير الحجم بين أوامر العمل	تحدد دفعات الإنتاج ذات حجم كبير ومتغير ودفعات التحويل بحجم صغير وثابت
3- المواد الأولية والأجزاء المشتراة	التعامل مع عدد من الموردين مع التسليم بكميات كبيرة	عدد محدود جداً من الموردين وتسلم المواد بكميات صغيرة ومتكررة
4- تذبذب الإنتاج	تتم معالجة التذبذب باستخدام مخزون الأمان	يستخدم الأضواء المنبهة للرقابة على العملية الإنتاجية.
5- المرونة	يتفاعل مع الطلب ويخطط حسب تغير الطلب	يعتبر أكثر هذه الأنظمة مرونة لاعتماده دفعات صغيرة وتخفيض المخزون
6- تخطيط المواد	يركز على تخطيط المواد للمدى الطويل	يؤكد هذا النظام على تخطيط المواد الملائم للتنفيذ اليومي
7- نظام الدفع والسحب	نظام الدفع	نظام السحب
8- تدريب العاملين	يستعمل مهارات متخصصة	يعتمد على التدريب الشامل ذو المهارات المتعددة

ويلاحظ من استعراض المقارنة بين الأنظمة السابقة، أن طريقة المقارنة تحاول الفصل في تطبيق هذه الأنظمة خاصة عند المقارنة بين الأنظمة اليابانية والأمريكية. فهناك مثلا Shingo (1983) يفضل استعمال JIT، باعتباره نظاما شاملا للإنتاج، عن نظام MRP.

ثالثا: التكامل بين أنظمة الإنتاج JIT, MRP:

بناء على ما سبق من استعراض لمزايا وحدود كل نظام من الأنظمة الحديثة لإدارة الإنتاج (JIT, MRP)، فإنه يمكن القول أنه نادرا ما يتوفر نظام للتخطيط والرقابة على الإنتاج يمكن اعتباره ملائما أو مثاليا لجميع أنواع العمليات الإنتاجية. فكل عمل خصائص يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند اختيار البديل الاستراتيجي الملائم من بين نظم الإنتاج. ومن الخصائص التي يجب الإشارة إليها، هي: حجم المؤسسة ودرجة تعقيد منتجاتها ومرونة عملياتها، قدرة المؤسسة على تلبية طلبات الزبائن، الكميات المنتجة وفترات التسليم المسموح بها، قيمة المنتجات المباعة كنسبة من القيمة النهائية للمنظمة، قابلية التنبؤ عن المبيعات المستقبلية، مدى توفر البيانات الكمية ودرجة الدقة المطلوبة لكل منتج والقابلية لاعتماد العقود الثانوية (محجوب والأتروشي، 2020).

ويؤكد Browne أن النجاحات المتميزة التي أثبتتها تطبيقات النظم الحديثة وفي بيئات التصنيع المختلفة تتطلب توفر شروط معينة. إضافة إلى أن الاختيار من بينها يعتمد على متغيرات عدة من الدعم المتواصل للإدارة العليا ومدى استعدادها لإعادة التخطيط والتنظيم داخل المؤسسة وحجم الاستثمار المطلوب لتبني البديل الاستراتيجي المعين. فضلا عن مدى إمكان توفير الانسياب الكفاء للمعلومات المرافقة للأجزاء المتنقلة بين العمليات الإنتاجية (Browne, 1988). كما يجب النظر إلى كيفية تنظيم عمليات الإنتاج داخل المؤسسة، بحيث يمكن ملاحظة درجة فك الارتباط أي مدى تقسيم

العمليات إلى عمليات تفصيلية، ودرجة تركيز المنتج أي أن العمليات الموجهة لإنتاج منتجات محددة (Browne, 1988).

وقد أعطى L. Bironneau (2000) نموذجاً مرجعياً يوضح فيه الروابط بين مختلف الوضعيات الصناعية وما تتفق معه من أساليب للإدارة. وي طرح هذا النموذج ثلاث مقاربات هي حصيلة اتجاهات المفاضلة في تطبيق الأساليب الحديثة للإنتاج. ويتمثل الأول في المدخل المقارن Comparative Approach ويؤكد أصحاب هذا الرأي الطريقة المناسبة بحسب ميولهم لطريقة دون أخرى مثل MRP أو Kanban. وطرح الثاني رأياً مغايراً وهو المدخل الإدماجي أو التكاملي Integrative Approach، فلا داعي لاستعمال " MRP و Kanban، ويرغبون في ذلك تأكيد إمكانية تطبيق نظام هجين. أما الوجهة الثالثة فتضع المدخل الظرفي Contingence Approach، ويؤكد فيه أصحاب هذا الرأي أنه لا توجد طريقة وحيدة لأداء الأشياء، ويقترحون تصنيف البيئات الصناعية وفقاً لعدة معايير ثم تطبق الطريقة التي تناسب كل وضعية. ومن بين المعايير المعتمدة: مجال النشاط، المهنة، الحجم، طبيعة عمليات الإنتاج، وضع الورشات، العلاقة مع الزبائن، خصائص المنتج وغير ذلك من الخصائص.

وبالرجوع إلى بيئة الأعمال الحالية يلاحظ ازدياد متغيراتها وتعقيدها، فضلاً عن الأحداث غير المتوقعة التي قد تؤدي إلى تضارب في العملية الإنتاجية. ومنه فإن الضعف الذي يكمن في نظام MRP وعدم قابليته للوقوف أمام هذه التغيرات، لا يعني أن الجهود المبذولة في بنائه وتصميمه ذهبت سدى، بل أي نظام آخر يحتاج في بنائه إلى قاعدة البيانات الخاصة بنظام MRP. (محجوب والأثروشي، 2020).

ويوصف نظام MRP أنه وجد للإجابة على احتياجات الإنتاج المتكرر، ثم أمكن تكييفه للإنتاج حسب الطلب باستبدال الطلب المنتبأ له بالطلبات الصارمة للزبائن. (Ourari & B, Boozouia, 2000) أما بالنسبة لـ JIT فهو أسلوب لا يطبق سوى في الإنتاج المتكرر ويتدفق منتظم (Ourari & B, Boozouia, 2000).

وقد توصلت الدراسات إلى نتيجة هامة وهي إمكانية عمل الأنظمة المختلفة بشكل تكاملي لا بشكل بديل، وذلك عن طريق استغلال كل نظام في مستوى محدد من نظام الإدارة. وقد اهتم البعض بالعلاقة التكاملية بين MRP-JIT. وفي هذا المجال يقول

Marris (1995) أن MRP هي تقنية لفلسفة JIT. وهناك آراء أخرى تؤيد فكرة الدمج بين هذه الأنظمة مثل حالة دمج MRP مع Kanban بحيث تستخدم الأولى لإدارة التنبؤات وتخطيط الاحتياجات فيما تستعمل البطاقات في المدى القصير مثل جدولة الورشة (Reimer, 1991): (Plack, 1991).

وقد وضع U. Karmarker (1989) نموذجاً اتبع فيه المقاربة الظرفية للاختيار بين الأنظمة، واستخدم معايير المفاضلة بين نظم الإنتاج الحديثة من خلال تصنيف الإنتاج إلى: نظام السحب بتدفق متكرر، ونظام هجين بالدفعات أو متكرر، ونظام هجين بالدفعات وحركي، ونظام الدفع. وينطبق ذلك على ثلاث استعمالات وهي: حساب الاحتياجات والانطلاق في الإنتاج وإدارة الورشة. ونتج عن ذلك الجدول (2).

الجدول رقم 2: المقاربة الظرفية لـ U. Karmarker

أنشطة التسيير أنواع الأنظمة	حساب الاحتياجات	الانطلاق في الإنتاج	تسيير الورشة
نظام السحب: تدفق مستمر	JIT	حسب وتيرة الإنتاج	JIT_MRP
نظام هجين: بالدفعات ومتكرر	JIT- MRP	JIT- MRP	JIT
نظام هجين: بالدفعات ومتغير	MRP	MRP	MRP
نظام الدفع	MRP	MRP	جدولة الورشة

Source: U. Karmarkar, "Getting Control of Just In Time",
Harvard Business Review (Sep-Oct 1989). P.122.

ثم حاول L. Bironneau (2000) تطوير هذا الجدول ولم يكتف بالمقاربة الظرفية بل أدمج معها طريقة المقارنة والتكاملية وميز بين أشكال عمليات الإنتاج المعروفة التي تأخذ شكل الحروف T-A-V، وأدمجها بنظم الإنتاج حسب الطلبية

والإنتاج من أجل التخزين. ثم قسم مستويات التخطيط إلى التخطيط الشامل والتخطيط المفصل والبرمجة والجدولة والمتابعة. وقد استنتج نموذجا مفصلا حسب كل مستوى تخطيط وحسب كل نوع من عمليات الإنتاج وحسب كل نظام إنتاج.

وبصفة عامة يمكن القول أن أي نشاط صناعي يبحث عن إمكانيات تحسين نظام التخطيط والإدارة. ووضع نظام أو آخر يعود إلى درجة تعقيد وتنوع مشاكل الإنتاج. ويمكن تبني هذه الطرق بصفة تكاملية تتيح الاستغلال الجيد لكل طريقة في مستوى تطبيقها.

القسم العملي:

تطبيق MRP و JIT كنظام هجين في تخطيط الإنتاج في مؤسسة تعبئة مياه عین

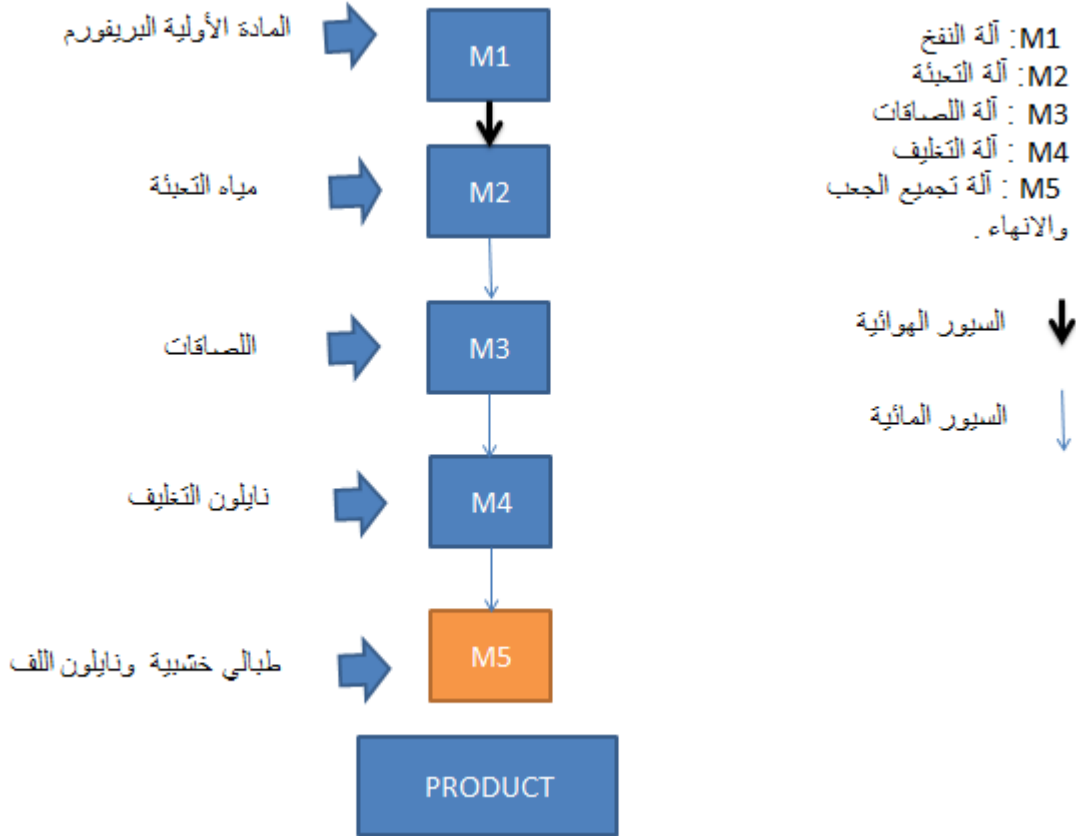
الفيجة

بعد المعاينة الميدانية لورش الإنتاج بوحدة تعبئة مياه عين الفيجة تبين أن نمط الإنتاج فيها هو نظام الإنتاج المستمر. أما عن درجة تعقيد المنتجات وتنوعها فهي متشابهة ونمطية. وإذا أخذنا بمعيار نمط الاستجابة للسوق فإن المؤسسة تنتج حسب الطلب أي بعد توقيع عقد الطلبية مع وكلاء محددین بذلك شروط الكمية و السعر وبعد التعرف على هذه الخصائص يمكن الاستنتاج أن النظام الأمثل لنمط الإنتاج في وحدة تعبئة مياه عين الفيجة هو نظام نظام السحب: تدفق مستمر kanban JIT_MRP (بعد الاستعانة بالجدول 2). وطالما أن العمليات في هذا المصنع متكررة فهو ملائم لتطبيق نظام الكانبان من أجل قيادته وتحسين عمليات معالجة الطلبيات وإدارة الورشات.

وعلى إثر تقسيم النظام إلى حلقات كما يوضحه الشكل (1)، يمكن لكل حلقة أن تتكون من آلة واحدة أو عدة آلات متشابهة تعمل بالتوازي. فكل حلقة تتكون من عملية تصنيع ومخزون للمخرجات. وكل عملية تصنيع تستقبل مواد وتسلم مواد لمركز آخر. كما أن كل مخزون يعتبر مخرجات لمركز سابق ومدخلات لمركز لاحق. وبذلك فإن الحلقة المتواجدة في مركز سابق هي مورد والحلقة المتواجدة في مركز لاحق هي زبون. وبذلك يتم الحساب والتخطيط للاحتياجات من المواد باستخدام نظام MRP.

الشكل رقم 1:

نظام الإنتاج في وحدة تعبئة مياه عين الفيحة



المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على الورقة التقنية لوحدة تعبئة مياه الفيحة

إن تطبيق أنظمة الإنتاج السابقة يحتاج إلى حجم كبير من البيانات سيما توفر ظروف تطبيقها.. وكإجراء لمعرفة مدى التوفيق في الطرح الوارد في هذه الدراسة سيعتمد

منهج المقارنة بين نتائج تطبيق النظامين وواقع المؤسسة موضع الدراسة من خلال مقاييس الأداء الإنتاجي المتداولة وهي الكمية، التكلفة، الجودة والزمن.

1- تطبيق MRP كنظام للتخطيط:

تبدأ عملية تطبيق نظام MRP بإعداد المخطط التجاري والصناعي عبر تحديد حجم الطلب للمنتجات المباعة من طرف المؤسسة. ويجب الإشارة إلى أن نشاط وحدة عبوات المياه يعمل بالإنتاج حسب الطلب، أي لا يمكن الإنتاج قبل تلقي الطلبية مع بقية البنود المتفق عليها مع الوكيل.

والملاحظ أن منتج عبوات المياه 10 ليتر للاستهلاك المنزلي هو المنتج الذي يمكن التنبؤ له، باعتبار الطلب عليه يخضع لطلبات سنوية تمثل دمشق نصيب الأغلبية فيها.

ومن أجل إعداد المخطط الصناعي والتجاري، كان لا بد من إجراء التنبؤات لمنتج . وفي هذه المؤسسة، فإن التنبؤات تكون للإنتاج وليس للمبيعات لأن الإنتاج يتم حسب الطلب. وقد كانت النتائج ايجابية بالنسبة للتنبؤ لعبوات المياه 10 ليتر ، وباستخدام برنامج ماتلاب حيث يتم التنبؤ بمنتج العبوات 10 ليتر وتم التحصل على النتائج التالية:

الجدول رقم 3:

التنبؤ بالطلبات من منتج عبوات المياه 10 ليتر لسنة 2020

الوحدة: عبوة

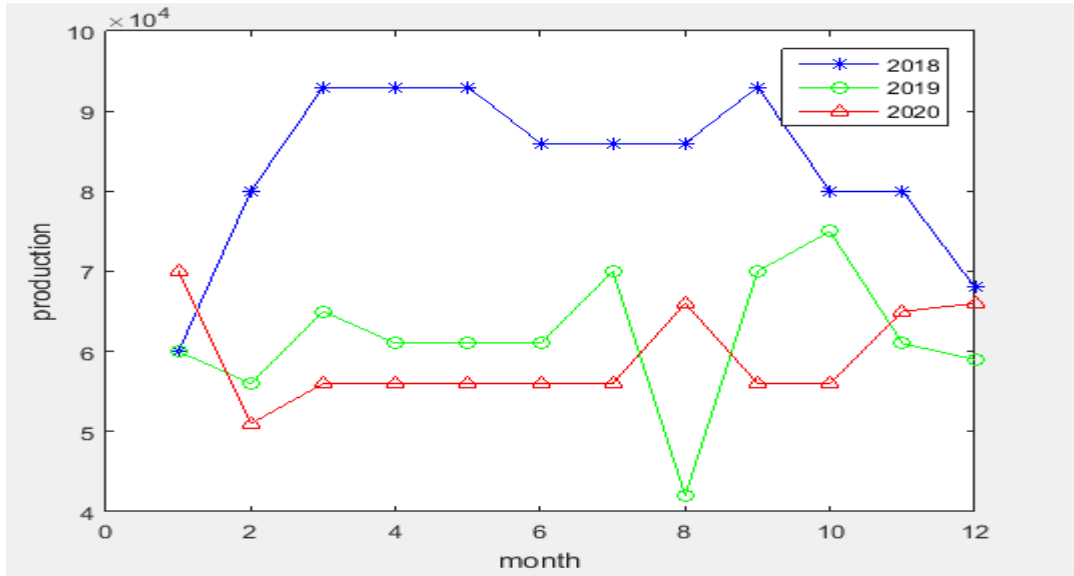
البيان	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسا	آيار	حزيرا	تموز	آب	أيلول	تشرين 1	تشرين 2	كانون 1
10 ليتر	700 00	800 00	9300 0	930 00	930 00	860 00	860 00	860 00	930 00	800 00	800 00	680 00

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على برنامج ماتلاب وذلك بناء على بيانات شهرية

سنوات 2018-2019-2020 سابقة.

البيان	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	آيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين 1	تشرين 2	كانون 1
2018	6000	8000	9300	9300	9300	8600	8600	8600	9300	8000	8000	6800
2019	6000	5600	6500	6100	6100	6100	7000	4200	7000	7500	6100	5900
2020	7000	5100	5600	5600	5600	5600	5600	6600	5600	5600	6500	6600

بيانات الطلب على المنتج شهرية سنوات 2020-2019-2018



الشكل (2) بيانات الطلب على المنتج شهرية سنوات 2020-2019-2018

إن مجموع الإنتاج المسجل كتنبؤ لسنة 2020 من عبوات 10 لترات يمثل 1080000 عبوة مقابل 710000 كطلب فعلي سجل في 2020. بإمكان الشركة تعديل الإنتاج حسب الطلب بعد تلقيها للطلبات. وسوف يتم التعديل مسبقاً في هذه الحالة فقط من أجل تماثل ظروف المقارنة مع المنجز في الوحدة سنة 2020. إن الشركة تعلم بأنها مرتبطة

بمواعيد وحسب الجدول السابق الذي يمثل الطلب يمكن تعديله مع الطاقات المتاحة. وسوف يتم الاعتماد على نقطة الاختناق لتحديد الطاقات المتاحة. وتكمن نقطة الاختناق بالنسبة لشركة عبوات المياه في عملية تحميل العبوات على الطبالي الخشبية بسبب عدم وجود العمالة وأعطال آلة التحميل وعليه فإن الطاقة السنوية لسلسلة الإنتاج هي:

$$600 \text{ عبوة} \times 8 \text{ عدد الساعات يوميا} \times 264 \text{ يوم متاح في } 2020 = 1267200 \text{ عبوة.}$$

أما الطاقة الشهرية فيتم الحصول عليها بقسمة الطاقة السنوية على اثنا عشر وتكون النتيجة هي 105600 عبوة شهريا. إن تعديل الطاقة مع الإنتاج لكسب الوقت يتوقف على أجل الطلبات، أما في هذه الحالة سيتم تعديلها بفرض العلم بموعدها. وعليه فإن منتجات 10 لترات يجب انتاجها من اليوم الاول في السنة وتخزينها في المستودعات. وسيتم تعديل زمن عبوات 10 لترات حسب الطاقات المتاحة في السلسلة الإنتاجية، وما دام أن متوسط إنتاج الشهر سيكون 105600 عبوة بشكل نظري أي أكبر من الطاقة المتاحة في يجب تعديل الطاقة ومنه تصبح الطاقة الشهرية المتاحة هي 74600 عبوة وهو أكبر رقم تم انتاجه خلال 2020. وعليه سيكون **المخطط الصناعي والتجاري PIC** كما يلي:

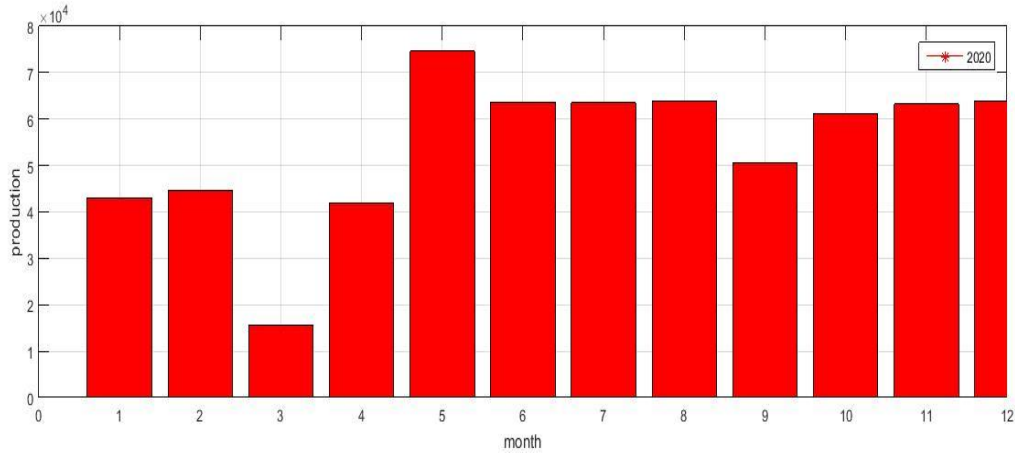
الجدول رقم 4:

المخطط الصناعي والتجاري (PIC) لمصنع عبوات المياه لسنة 2020

البيان	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	آيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين	تشرين	كانون
	الثاني					ن				1	2	1
10 لتر	430 00	446 00	1550 0	419 60	746 80	636 40	635 20	638 80	505 20	611 60	632 40	639 60

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على الجدول 3 وتقارير النشاط لوحدة عبوات المياه.

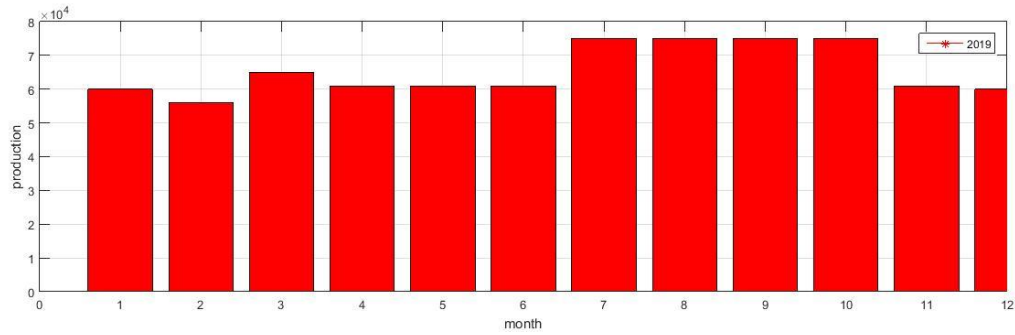
أثر تطبيق أنظمة التخطيط الحديثة على الانتاج



الشكل (3) انتاج عبوات 10 ليتر خلال 2020

طلبات الوكلاء خلال 2019

البيان	كانو	شباط	آذار	نيسا	آيار	حزيرا	تموز	آب	أيلول	تشرين 1	تشرين 2	ك
10 ليتر	600 00	560 00	650 00	610 00	610 00	610 00	750 00	750 00	750 00	750 00	610 00	ن



المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد تقارير النشاط لوحدة عبوات المياه وطلب السوق.

وبالتالي فإن مجموع المنتجات التي تتفق مع الطاقات المتاحة ومع الآجال المحددة هي 648880 وحدة من عبوات 10 لترات تعبر عن المخطط الصناعي والتجاري لسنة 2020، وهو ما سيتم اعتماده كجدول للإنتاج الرئيسي، باعتبار عائلات المنتجات هي نفسها منتجات المؤسسة، لتحديد الاحتياجات من المواد.

ومن أجل ذلك سيتم تطبيق برمجية ستورم مع إدخال معطيات جدول الإنتاج الرئيسي وتسمية المنتجات المعتمدة سابقاً، مع إدخال نسب الهدر وتشير نتائج التخطيط بـ MRP إلى نتائج أخرى غير موجودة في الجدول أدناه وتتمثل في كميات الهدر من الأجزاء المصنوعة داخل الوحدة حسب الحدود المسموح بها وهي كما يلي:

- 20070 عبوة بريفورم من 10 لترات.
- 20070 سداة من 10 لترات.
- 13300 لصاقة 10 لترات.
- 20050 حمالة بلاستيكية

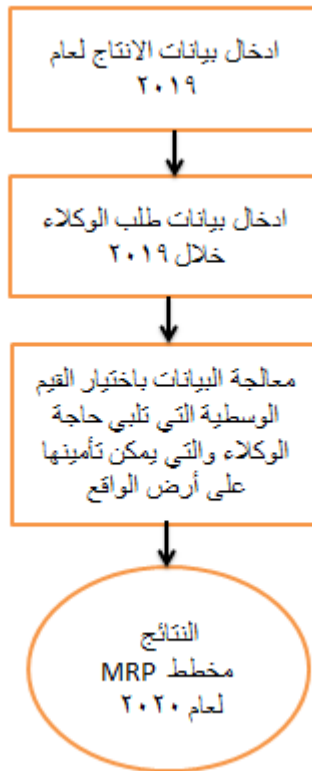
الجدول رقم 5:

التخطيط باستعمال MRP في وحدة تعبئة المياه

البيان	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	آيار	حزيران	تموز	أب	أيلول	تشرين 1	تشرين 2	كانون 1
10 إنتاج لترات	74000	7000	7400	7400	7400	7400	7400	7400	7400	7400	7400	7400
البريفورم	76220	762	7622	762	762	762	762	762	762	762	762	762
السدادات	76220	762	7622	762	762	762	762	762	762	762	762	762
اللصاقات	75480	754	7548	754	754	754	754	754	754	754	754	754

762 20	762 20	762 20	762 20	762 20	762 20	762 20	762 20	762 20	7622 0	762 20	76220	حمالة بلاستيكية ة
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-------	-------------------------

خوارزمية العمل باستخدام نظام MRP



الشكل (4) خوارزمية العمل باستخدام نظام MRP

```

1 - PRED2018=[ 60000 80000 93000 93000 93000 86000 86000 86000 93000 80000 80000 68000]
2 - PRED2019=[600000 56000 65000 61000 61000 70000 42000 70000 75000 61000 590
3 - PRED2020=[70000 51000 56000 56000 56000 56000 56000 66000 56000 56000 65000 66000]
4
5 - PRODUCT2019=[70000 51000 56000 56000 56000 56000 56000 66000 56000 56000 65000 66000 ]
6 - PRODUCT2020=[43000 44600 15500 41960 74680 63640 63520 63880 50520 61160 63240 63960 ]
7 - for i=1:12
8 -     if PRODUCT2019(i)>PRODUCT2020
9 -         pred2021(i)=PRODUCT2019(i)
10 -     else
11 -         pred2021(i)=PRODUCT2020(i)
12 -     end
13 - end
14 - production2021=[74000 70000 74000 74000 74000 74000 74000 74000 74000 74000 74000 74000]
15 - preform2021=(1.03 ) * production2021
16 - cap2021=(1.03 ) * production2021
17 - hand2021=(1.03 ) * production2021

```

الشكل (5) استخدام برنامج الماتلاب في الدراسة لنظام MRP

إن نظام الإنتاج القائم في وحدة عبوات المياه يبدأ باستقبال الطلبات وينتهي بتسليم المنتجات النهائية للوكيل. وطبيعة العمليات في هذا المصنع متكررة فهو إذن ملائم لتطبيق تقنية الكانبان من أجل قيادته وتحسين عمليات معالجة الطلبات وإدارة الإنتاج والتسليم. وبعد تقسيم النظام إلى حلقات كما يوضحه الشكل (5)، يحتاج التسلسل في العمليات إلى نظام اتصال فعال من الزبون إلى المورد حسب منطق JIT، والذي يقصد منه أن كل حلقة تصنع بالضبط ما يحتاجه الوكيل، وهذه المعلومات يمكن إدماجها بما يسمى بنظام الكانبان، فهي بطاقات تعبر عن أوامر الإنتاج التي تضمن إدارة التدفقات بدلالة الطلب.

ومن أجل الحالة المدروسة لدينا منتج ، تعتبر منتجات عبوات المياه ذات السعة 10 ليتر من أهم المنتجات. وبذلك فسوف يتم تطبيق تقنية الكانبان على هذا المنتج الذي يتسم ببعض الاستمرارية في الطلب، ويجب التعامل مع الطلبات المتزامنة بنفس الطريقة. وعليه فإنه سيتم الاعتماد على جدول الإنتاج الرئيسي المحدد وفقاً لنظام MRP وهو يبين أن الإنتاج كان مستمراً خلال الأشهر السنة 2021 وهذا لا يعني أن وتيرة العمل ستختلف خلال السنة ، وبذلك سوف يقدر الطلب اليومي بـ $26/(74000) = 2846$ عبوة وهي معتمدة . علماً أن العمل خلال ورديّة واحدة .

يحتاج تطبيق نظام الكانبان إلى تحديد عدد الطباي (الطبلية 40 عبوة بصفين كل صف 20 عبوة) .

الجدول رقم 6:

وقت إنجاز محتوى الحاوية في كل مركز عمل

البيان	الطاقة المتاحة	وقت التصنيع (دقيقة)
1.	آلة النفخ	3
2.	التعبئة	3
3.	الحملات	2
4.	اللصاقات	2
5.	التحميل	2

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على تقارير الصيانة بالوحدة

أما بالنسبة للحجم الأدنى لدفعة التصنيع فهو العدد الأدنى من البطاقات الموجودة في الجدول بالنسبة لكل مركز عمل وهو الذي يصدر أوامر العمل. فإذا تم أخذ ثلاثون دقيقة لتهيئة آلات كل مركز عمل فيمكن القول أن دفعة الإنتاج في آلة النفخ على سبيل المثال 800 عبوة بالساعة وهي ما يعادل 14 عبوة بالدقيقة .

غير أن الوحدة تواجه عدة مشاكل مثل انقطاع الكهرباء وأعطال الآلات وعليه يجب تحديد الحجم الأدنى لقيود التنفيذ بأخذ الضياع في النظام القائم. ويتكون هذا الوقت من الوقت اللازم لتصنيع العبوات وتعبئتها مضافا إليه وقت تسليم الحاوية وانتظار نتائج تحليل المخبر للتأكد من سلامة العبوات وخلوها من الجراثيم . وبأخذ المركز الأول على سبيل المثال، فإن:

دورة كاملة للطبلية = 12 دقيقة

كما يجب تحديد احتياطي التعديل مما يسمح بمرونة النظام ويقدر الاحتياطي نسبة إلى نقطة أقصى طاقة وهي 600 عبوة في الساعة ومن خلال المعطيات السابقة يمكن تشكيل مخطط الجدولة خاص بكل مركز عمل.

ومن أجل تحديد قواعد عمل الكانبان فإنه يوجد نوعان من القواعد:

- قواعد تدفق البطاقات: وتعني أن هذه البطاقات تلتصق على الطبلية أو الصندوق أو وسيلة نقل القطع بين المركز المورد إلى الوكيل. وأحد القواعد المستخدمة أن طبلية مملوءة يجب أن تكون دائما مرفقة ببطاقة. وتتمثل القاعدة الثانية في أن أي الطبلية يتم نقلها إلى المركز اللاحق يجب أن تؤخذ منها البطاقة وتلتصق في مخطط الجدولة للمركز السابق. وقاعدة أخرى تنص على أن تبقى كل بطاقة على المخطط إلى حين ملء الطبلية التي ستلتصق عليها.
- قواعد عمل المخطط: كلما كان عدد بطاقات على المخطط أقل كلما دل ذلك على وجود مواد قيد التنفيذ بين المركز اللاحق والسابق. وبذلك فإن التحكم في التدفقات تكون عبر مراقبة عدد البطاقات الموجودة في المخطط. وتراقب البطاقات من أعلى إلى أسفل، ومنه يكون إطلاق الأوامر إجباريا عندما يصل عدد البطاقات في الجدول إلى الخط الأحمر لأنه يمكن أن يشكل عجزا في المركز اللاحق وهي تعد منطقة الطوارئ. أما المنطقة الثانية فالأوامر مسموحة طالما أن عدد البطاقات على الأقل يساوي حجم الدفعة دون النزول إلى مستوى الخط الأخضر. وتعد المنطقة الثالثة منطقة منع إطلاق الأوامر طالما أن عدد البطاقات لا يتخطى الخط الأخضر.

إن تطبيق تقنية الكانبان تسمح بتحقيق عدة وفورات من بينها: توفير المساحات نظرا لتخفيض المخزون، كما تسمح بزيادة كفاءة دورة التصنيع مما يؤدي إلى إلغاء وقت الحركة ووقت انتظار الزبون وقت الصيانة العلاجية. وتعتبر تقنية الكانبان كنظام سحب أنسب طريقة مكملة لنقائص نظام الدفع **MRP** من حيث تحقيق الوفورات في التالف من المواد والمعيب من الإنتاج عبر التنظيم الدقيق والترتيب الملائم للمصنع بالإضافة إلى تعدد المهارات لدى العمال مما يسمح بعدم توقف الإنتاج نتيجة غياب بعضهم.

3: المقارنة بمؤشرات الأداء الإنتاجي بين نظام MRP والمنجز في الوحدة:

تم تطبيق نظام MRP في ظروف افتراض الاستجابة لطلبات الزبائن من كميات المنتجات بعد الحصول على جدول الإنتاج الصناعي والتجاري بواسطة التنبؤ، ثم تم تعديله حسب الطاقات المتاحة. ويمكن متابعة التعديل أثناء انجاز البرنامج حسب الطلبات التي تتلقاها الشركة. ومن أجل التعرف على نتائج المقارنة تم إعداد الجدول الموالي:

الجدول رقم 10:

ملخص المقارنة بمؤشرات الأداء الإنتاجي (الكميات، الجودة، التكاليف، الأجال)

بين واقع وحدة عبوات المياه والتخطيط بطريقة MRP

مؤشرات الأداء الإنتاجي حسب MRP	مؤشرات الأداء الإنتاجي في bag	البيان
72	52	حجم الإنتاج (طلبية)
		مؤشرات الكمييات
80	**	حجم المعيب (عبوة)
مطابقة	غير مطابقة في استهلاك المواد	مؤشرات الجودة

ة		
8	8	وقت الإنتاج (ساعة)
		0
0.5	0.5	وقت التهيئة (ساعة)
0.05	0.05	وقت الفحص (ساعة)
1	1	وقت الصيانة العلاجية (ساعة)
0.5	0.5	وقت الصيانة الوقائية (ساعة)
0	1.5	وقت غياب العمال (ساعة)
1	1	وقت عطل الآلات (ساعة)
0	24	وقت انتظار الزبون (ساعة)
0.60	0.40	كفاءة دورة الإنتاج

مؤشرا
ت
الآجا
ل

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على الجداول 3 و4 و5 وتقرير النشاط السنوي لوحة عبوات المياه(2020).

وبإلقاء نظرة على الجدول أعلاه حسب كل مؤشر على حدی يلاحظ على مستوى مؤشر الكميات أن الكميات بطريقة **MRP** سجلت أكبر قدر وهي مطابقة للطلب في الأجل أي خلال سنة 2020. كما يلاحظ أن الإنتاجية الإجمالية متفوقة في **MRP**، غير أن إنتاجية المواد كانت أعلى في واقع الوحدة لسبب واحد وهو عدم الالتزام بمعايير الاستهلاك.

وبالنسبة لمؤشرات الجودة، فإن جودة المطابقة تم الاعتماد فيها بصفة كبيرة على امتلاك المؤسسة لشهادة الايزو وبالرغم من ذلك يمكنها أن تحسن في الجودة بالالتزام بمعايير الاستهلاك ومواصلة الاستجابة لشكاوي الزبائن ومحاولة إلغاء هذه الشكاوي عبر إنتاج منتجات ذات جودة وبإمكانها أن تحقق وفورات بعد تخفيض تكاليف الصيانة

وتخفيض تكاليف التخزين وتخفيض في عدد العمال المؤقتين أثناء العمل بدورتين فقط خلال السنة، يؤدي انخفاض الوقت المتاح إلى تحقيق العديد من الوفورات من بينها التركيز على عمال الإنتاج المؤقتين لإمكانية التخلص من المصاريف المتغيرة في أوقات توقف الإنتاج، بالإضافة إلى تحقيق وفورات على مستوى التالف من المواد والاهتمام بالصيانة. وتضمن الظروف السابقة التسليم بالآجال المتفق عليها وبالجودة المطلوبة وبأسعار تحقق هوامش للمؤسسة، مع الاحتفاظ بالكميات المتفق عليها دون تحمل لجزاءات التأخير بما يحقق الحفاظ على زبائن راضين وأوفياء.

الخاتمة:

إذا كانت مؤسسة عبوات المياه تعيش في بيئة لتنافسية تؤكد مواجهتها إلى مشكلة كبيرة تتعلق ببقائها في السوق سيما أن زبونها الرئيسي سيتحول إلى منتجات المنافسين ومرد ذلك غياب الفكر الاستراتيجي والتسويقي في المؤسسة منذ عقود سابقة، فإنها أيضا تواجه صعوبة في تخطيط الإنتاج. وتبقى الحلول الجذرية لها هي البحث عن أسواق خارجية أو الاندماج مع مؤسسة المياه. وتعاني المؤسسة من عدة مشاكل من حيث عجز المخزون من المواد الأولية ومخزون في الإنتاج نصف المصنع وعدم الالتزام بآجال التسليم ومن ثم الكميات. كما سجلت الوحدة صعوبة في متابعة جودة منتجاتها لتعقد هذه العملية وتعدد أبعادها.

وقد كان طرح النماذج الحديثة بالتكامل بين نظام **MRP** ونظام **JIT** طرحا موقفا بما يتناسب مع نمط الإنتاج وطبيعة السوق. ويمكن التعرف على ذلك من خلال الإطلاع على نتائج المقارنة بمؤشرات تقييم الأداء الإنتاجي المحققة لأهداف التنافسية التي تبرز تفوق الأساليب الحديثة على النتائج المنجزة في المؤسسة. وتضيف لها هذه الأساليب العديد من المزايا التي تمكنها من مراقبة الجودة والكميات من المنتجات النهائية والمواد المستخدمة مع توفير مهم في التكاليف وتخفيض في المخزون واحترام للآجال، مما يتيح لها فرصة استرجاع مؤسسة المياه كزبون أساسي بطرق تنافسية وليس عن طريق تدخل الدولة.

المراجع:

محجوب، بسمان فيصل والأتروشي، عقيلة مصطفى وداود، غسان قاسم. (2020)، نظم التخطيط والرقابة على الإنتاج والعمليات. القاهرة: المؤسسة العربية للتنمية الإدارية. ص.ص.157-160؛ ص.ص.247-254.

وثائق من وحدة قارارات المياه ببياتنة.

Bironneau, L., "Le choix des méthodes et outils de pilotage de la production milieu

Industriel", les troisièmes Rencontres Internationales en Logistique, Trois – Rivières, (9-10 & 11 Mai 2000).

Browne, J., (1988), Production Management System A CIM Perspective, Wesley Publishing Company, PP. 44-46.

Chingo, S. (1983), Maîtrise de la Production et la méthode Kanban: le cas de Toyota. Paris: Les éditions d'organisation. PP.192-198.

Evans, J. R. (1997), Applied Production operations Management: Quality- Performance and Value, 5th ed. New York: West Publishing Co. PP.674-676.

Fox, R. E., "Build your own OPT", American Production & Inventory Control Society, Conference proceeding (1985). P.568.

Fox, R. E., "MRP, Kanban, or OPT –Ahat's Best?", American Production and Inventory Control Society, 25th Annual International Conference Proceedings (1982). PP.482-486.

Javel, G.. (2000), organisation et gestion de la production, 2^{ème} ed. Paris: Dunod. P.212.

Karmarkar, U., "Getting Control of Just In Time", Harvard Business Review (Sep-Oct 1989). PP.122- 131.

- Krajewski, L. J. & Ritzman, L. P. (1998), Operations Management: Strategy & Analysis, 5th ed. New York: Addison Wesley. P.676.
- Marris, P., "Le Management Par les Contraintes: son fonctionnement et ses resultats",
Conference "Theorie des Contraintes" (18-11-2020),
www.psynapses.net
- Marris, P., (1995), Le Management Par les Contraintes en gestion industrielle: trouver le bon déséquilibre, Paris, les éditions d'organisation, P. 25.
- Ourari, S. & Boouzouia, B. (2000), "Approches et Outils d'aide a la Décision pour le pilotage des systèmes de production", laboratoire de robotique et d'intelligence artificielle, centre de développement des technologies avancées.
- Plack, C. K., "MRP, MRPII, OPT, JIT and CIM: Succession, evolution, or Necessary Combination", Second Quarter (1991).
- Reimer, G., "Material Requirement Planning and Theory of Constraints: Can they Coexist? A case Study », Fourth Quarter (1991).
- "La Théorie des Contraintes (TOC)", Cours HEC management de l'informatique, Université de Lausanne, Avril, 2020.