

# مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية  
والكهربائية والمعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 21

1445 هـ - 2023 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب  
رئيس جامعة البعث  
المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير	أ. د. محمود حديد
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 : 2138071 31 963 ++

. موقع الإنترنت : [www.albaath-univ.edu.sy](http://www.albaath-univ.edu.sy)

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

**ISSN: 1022-467X**

## شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
  - طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
  - إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:  
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
  - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:  
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
  - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :  
يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
  - إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :  
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
  - يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):  
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي ( كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1- مقدمة
  - 2- هدف البحث
  - 3- مواد وطرق البحث
  - 4- النتائج ومناقشتها .
  - 5- الاستنتاجات والتوصيات .
  - 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات ( الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي ( كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1. مقدمة.
- 2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
- 3. أهداف البحث و أسئلته.
- 4. فرضيات البحث و حدوده.
- 5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
- 6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
- 7. منهج البحث و إجراءاته.
- 8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
- 9. نتائج البحث.
- 10. مقترحات البحث إن وجدت.
- 11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:
  - أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
  - ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
  - ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
  - ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- . كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.
- 10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:  
آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة . الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة . سنة النشر . وتتبعها معترضة ( - ) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة . دار النشر وتتبعها فاصلة . الطبعة ( ثانية . ثالثة ) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة . وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد ( 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 (40000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (100000) ل.س مئة الف 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 (6000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

## المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
32-11	م. صبا أتوه مشلي د. ابراهيم الشامي	تحسين استهلاك الطاقة في تقنيات ترميز المعطيات الرقمية
52-33	م. علاء الحمدان د. محسن عبود	خوارزمية جدولة الرزم في الشبكات المخصصة اللاسلكية المتنقلة
88-53	م. فائق خليل د. مهند رجب	تطبيق شبكات EfficientNets في تصنيف الصور المقطعية
124-89	م. فدا جهجاه د. مهند رجب	تقييم نجاح تنفيذ نظام تخطيط موارد المؤسسات في سياق التعليم العالي بجامعة البعث
146-125	م. ولاء نويره د. عهد سليمان	تحسين ملاحقة نقطة الاستطاعة الاعظمية للألواح الكهروضوئية باستخدام الذكاء الصناعي (المنطق الضبابي)





## تحسين استهلاك الطاقة في تقنيات ترميز المعطيات الرقمية

طالبة دراسات عليا (ماجستير): م. صبا خالد أتوه مشلي  
قسم هندسة التحكم الآلي والحواسيب - كلية الهندسة - جامعة البعث  
الدكتور المشرف: أ.د.م. ابراهيم الشامي

### الملخص

إنّ تقليل الطاقة المبددة ديناميكياً داخل شريحة CMOS يتم عن طريق تقليل عدد انتقالات ناقل البيانات، إذ يمكن تحقيق انخفاض كبير في الطاقة عن طريق استخدام ترميز البيانات المناسب. أحد أهم العوامل التي تؤثر على الطاقة الديناميكية في شريحة CMOS هو نشاط التبديل، إذ تم اقتراح العديد من التقنيات لتقليله. في هذا البحث، نقتراح طريقتين للترميز: Shift-Invert-Even (SINVEven) و Shift-Invert-Odd (SINVOdd) حيث سيتم عكس بيانات الإرسال أولاً عند موضع محدد للبيانات، ثم سيتم إزالة الكلمة المعكوسة جزئياً بشكل دائري لكل بت ومقارنتها بالبيانات التي تم إرسالها مسبقاً لأقل مسافة هامينغ. وبالتالي، سيتم تحديد وإرسال مجموعة البيانات التي لها أقل مسافة هامينغ مع آخر بيانات مرسله. حيث تبين معنا من نتائج المحاكاة أنّ الطريقتين المقترحتين أظهرتا تقليل نشاط التبديل وتقليل تبديد الطاقة الديناميكي بشكل أفضل من تقنية SINV السابقة. أي بالمقارنة مع SINV تم تحقيق انخفاض في تبديد الطاقة في SINVE بمقدار 0.17، وفي SINVO بمقدار 0.13. كما أنّ هاتين التقنيتين تتطلبان ثلاثاً بتات تحكم إضافية لعرض ناقل بيانات 8 بت.

**الكلمات المفتاحية:** نشاط التبديل، مسافة هامينغ، تبديد الطاقة، ترميز البيانات، SINV.

# Enhancement of Energy Consumption in Digital Data Encoding Techniques

## Abstract

The reducing of the dissipated power dynamically within the CMOS chip is achieved by reducing the number of transitions data bus, as a significant power reduction can be achieved by using an appropriate data encoding. One of the most important factors affecting the dynamic power in a CMOS chip is the switching activity, as several techniques have been proposed to reduce it. In this paper, we propose two techniques for data encoding, namely: Shift-Invert-Even (SINVEven) and Shift-Invert-Odd (SINVOdd) where the transmission data will first be inverted at a specific data position, then the inverted word partially will be shifted circularly for each bit and compared with the previously transmitted data for the least hamming distance. Thus, the combination having the least hamming distance with the last sent data will be selected and sent. As it was found with us from simulation results, the two proposed methods reduced the switching activity and the dynamically power dissipated more than the previous SINV technique. That is, compared to SINV a reduction in power dissipation was achieved in SINVE about 0.17 and in SINVO about 0.13. These techniques require three additional control bits for 8-bit data bus width.

**Key Words:** Switching activity, Hamming distance, Power dissipated, Data encoding, SINV.

## 1- المقدمة

الاتصال الرقمي هو نقل البيانات عبر وسائط نقل مادية، في شكل إشارات رقمية [1]. إن إعادة بناء البيانات مطلوب من وقت لآخر للحفاظ على سلامة البيانات. يعد تبديد الطاقة في دارات CMOS مصدر قلق كبير لتصميم VLSI. يمكن تصنيف تبديد الطاقة في CMOS إلى نوعين، وهما تبديد الطاقة الديناميكي و الساتاتيكي. تتبدد طاقة التبديل عندما يكون هناك انتقال من 1 إلى 0 أو من 0 إلى 1. ويسمى احتمال مثل هذا الانتقال نشاط التبديل [2]. لتقليل تبديد الطاقة على الناقل، يتم ترميز بيانات الإدخال بحيث يتم تقليل عدد الانتقالات بين بيانات الإدخال والبيانات الموجودة على الناقل [2] إنَّ عدد الانتقالات يُحدّد بمسافة هامينغ (Hamming Distance) بين قيمتين متتاليتين على خط ناقل البيانات.

العلاقة الأساسية لحساب تبديد الطاقة الديناميكية:

$$P=C*V_{dd}^2 * F * N$$

حيث: C: سعة مكثف الحمل (load capacitance)، V<sub>dd</sub>: جهد التغذية ( supply voltage)، F: تردد الساعة (clock frequency)، N: نشاط التبديل ( switching activity).

لتقليل تبديد الطاقة الديناميكية، فإن V<sub>dd</sub> خياراً مهماً بسبب تأثيره التربيعي؛ لكن لا يمكن تخفيضه بشكل تعسفي بسبب جهود threshold المطلوبة من ترانزستورات NMOS و PMOS [3]. يُفترض أنّ V<sub>dd</sub> قد تم تخفيضه بالفعل إلى قيمته المُثلى [4]. مكثفة الحمل هي عموماً سعة بوابة الترانزستورات ومحدودة بواسطة تقنية التصنيع المستخدمة [3]. أي يمكن تحسين مكثفات الحمل من خلال التصميم، على الرغم من عدم وجود

تأثير ملحوظ في توفير الطاقة [5]. وبالتالي، فإن تقليل عامل النشاط، والذي يعني تقليل عدد الانتقالات، يعد طريقة جيدة جداً لتقليل تبديد الطاقة الكلي. أي أنّ نشاط التبديل من أهم العوامل التي تؤثر على الطاقة الديناميكية، إذ تم اقتراح العديد من التقنيات لتقليله.

## 2- الهدف من البحث

الحصول على توفير أفضل لاستهلاك الطاقة من خلال التعديل على تقنيات ترميز المعطيات الرقمية.

## 3- الدراسات المرجعية

- تم اقتراح تقنية الترميز المتعدد (Multi-Coding) لتقليل طاقة ناقل البيانات. حيث يكون تقليل تبديد الطاقة عن طريق الحد الأدنى من نشاط الانتقال. تم في هذه الطريقة ترميز البيانات بأربعة أساليب مميزة: Invert Data ، Swap Data ، Invert even ، Invert odd حيث يعد تقليل عدد الانتقالات ميزة جيدة جداً لانخفاض الطاقة [6].

- تم اقتراح تقنية ترميز Successive Shift-Invert (SSINV) ومقارنتها مع مخططات الترميز الأخرى BI، BS، SINV. حيث أظهرت الطريقة المقترحة توفيراً أفضل للطاقة مقارنة بالطرق الأخرى المذكورة. ولكنها تحتاج إلى بت تحكم إضافي واحد عن BS مما يضيف إلى زمن الحساب. وقد أظهرت نتائج المحاكاة هامش توفير بنسبة 5-15 % وسطياً مقارنة ب BI، BS، SINV [5].

- تم اقتراح تقنية ترميز Bus Shift الذي يزيح البيانات بشكل دائري لتقليل الانتقالات. كما تم إجراء المقارنة مع Bus Invert و Shift-Invert. حيث أظهرت نتائج المحاكاة أنّ التقنية المقترحة يمكن أن تعمل بحوالي 10-14 % وسطياً أفضل من تقنية BI [3].

- تم اقتراح تقنية لترميز الناقل، والتي تقلل عدد الانتقالات على الناقل وتؤدي بشكل أفضل من الطرق السابقة مثل BI، SINV للبيانات العشوائية من حيث نشاط التبديل. تمت المقارنة مع طرق الترميز BI، SINV، ولُوحظ أنّ الطريقة المقترحة توضح انخفاضاً كبيراً في نشاط التبديل فهي أكثر كفاءة في استخدام الطاقة من الطرق السابقة [2].

- تم اقتراح طريقة جديدة للترميز تسمى Shift Invert Coding والتي تتفوق على تقنية Bus Invert Coding وقد أظهرت نتائج المحاكاة انخفاضاً كبيراً في عدد الانتقالات مقارنة بالتي تم الحصول عليها باستخدام Bus Invert Coding [7].

#### 4- تقنيتي ترميز البيانات المقترحتين

##### 4-1-1-4 تقنية Shift-Invert-Even (SINVE)

قمنا في هذا البحث باقتراح فكرة عكس كلمة البيانات عند الموضع الزوجي مع إزاحتها بشكل تناوبي إلى اليسار.

##### 4-1-1-4 آلية عمل التقنية

أولاً يتم عكس بيانات الارسال (الكلمة التالية Next Word) عند الموضع الزوجي للبيانات ومقارنتها مع البيانات السابقة على ناقل البيانات (الكلمة الحالية Current Word) وحساب مسافة هامينغ (Hamming Distance) (HD).

ثم يتم إزاحة الكلمة المعكوسة عند الموضع الزوجي إلى اليسار بمقدار 1 بت .. وحتى 7 بت. ويتم في كل مرة حساب HD. وأخيراً يتم إيجاد نشاط التبديل (Switching

Activity) وهو اختيار أقل مقدار من مسافة هامينغ في كل الحالات السابقة.

$$\text{Swiching Activity}=\min(\text{HD})$$

$$P=C*V_{dd}^2 *F*N \quad \text{وحساب تبديد الطاقة الديناميكي من العلاقة:}$$

#### 4-1-2- خطوط التحكم

في ترميز البيانات يلزم وجود خطوط تحكم إضافية بين المرز و مفكك الترميز وذلك لكي يتمكن جهاز مفكك الترميز من الحصول على البيانات الأصلية قبل أن تم التعديل عليها، حيث تصل البيانات المرزمة عبر ناقل البيانات إلى جهاز مفكك الترميز ليقوم بالتعديل عليها حسب القيمة المرسله على خطوط التحكم لكي يحصل على البيانات الأصلية التي تم إرسالها. في طريقتنا المقترحة يلزمنا ثلاثة بتات تحكم إضافية لعرض ناقل 8 بت.

الجدول 1 : تمثيل بت التحكم للتقنية المقترحة SINVE

الطريقة	تمثيل البت
العكس عند الموضع الزوجي	000
الإزاحة إلى اليسار بمقدار 1 بت	001
الإزاحة إلى اليسار بمقدار 2 بت	010
الإزاحة إلى اليسار بمقدار 3 بت	011
الإزاحة إلى اليسار بمقدار 4 بت	100
الإزاحة إلى اليسار بمقدار 5 بت	101
الإزاحة إلى اليسار بمقدار 6 بت	110
الإزاحة إلى اليسار بمقدار 7 بت	111

الجدول 2: آلية عمل مفكك الترميز

وظيفة مفكك الترميز	تمثيل البت
يعكس عند الموضع الزوجي	000
يزيح إلى اليمين بمقدار 1 بت ويعكس عند الموضع الزوجي	001
يزيح إلى اليمين بمقدار 2 بت ويعكس عند الموضع الزوجي	010
يزيح إلى اليمين بمقدار 3 بت ويعكس عند الموضع الزوجي	011
يزيح إلى اليمين بمقدار 4 بت ويعكس عند الموضع الزوجي	100
يزيح إلى اليمين بمقدار 5 بت ويعكس عند الموضع الزوجي	101
يزيح إلى اليمين بمقدار 6 بت ويعكس عند الموضع الزوجي	110
يزيح إلى اليمين بمقدار 7 بت ويعكس عند الموضع الزوجي	111

4-2- تقنية Shift-Invert-Odd (SINVO)

عكس كلمة البيانات عند الموضع الفردي مع إزاحتها بشكل تتابعي إلى اليسار.

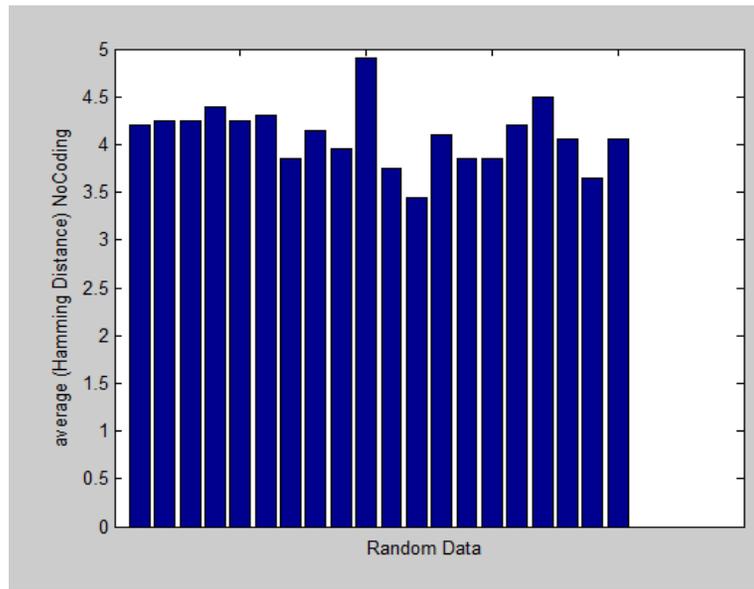
إنّ مبدأ عمل هذه التقنية نفس آلية عمل تقنية SINVEven مع اختلاف أنه يتم عكس بيانات الإرسال عند الموضع الفردي للبيانات بدلاً من الموضع الزوجي.

## 5-النتائج والمناقشة

قمنا بتطبيق تقنيتي الترميز المقترحتين (SINVEven و SINVOdd) على الحزمة البرمجية Matlab، لم يتم إجراء أي افتراضات حول طبيعة البيانات الموجودة على الناقل. تم توليد بيانات عشوائية لناقل بيانات 8 بت، حيث يتم في كل دورة محاكاة توليد كلمتي البيانات (Current Word و Next Word) وحساب مسافة هامينغ (HD) وتبديد الطاقة الديناميكي وذلك في حالة عدم الترميز، ثم في حالة الترميز يتم حساب نشاط التبديل (Switching Activity) وتبديد الطاقة الديناميكي. كما تم مقارنة أداء التقنيتين مع تقنية الترميز SINV السابقة، حيث تم إجراء 400 دورة محاكاة لنمط عرض ناقل بيانات 8 بت.

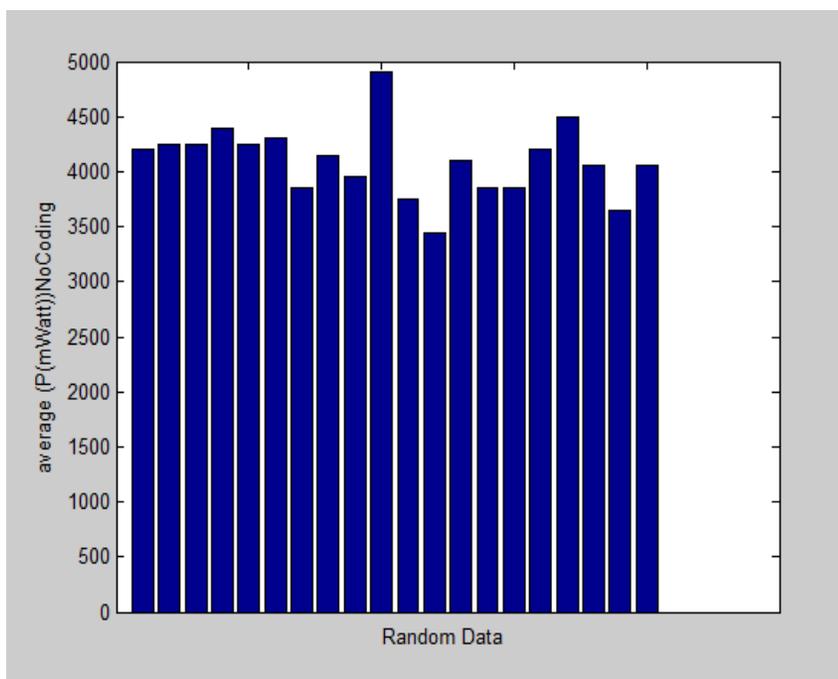
## 5-1-النتائج

## 5-1-1- حالة عدم الترميز



الشكل 1: متوسطات مسافة هامينغ في حالة عدم الترميز

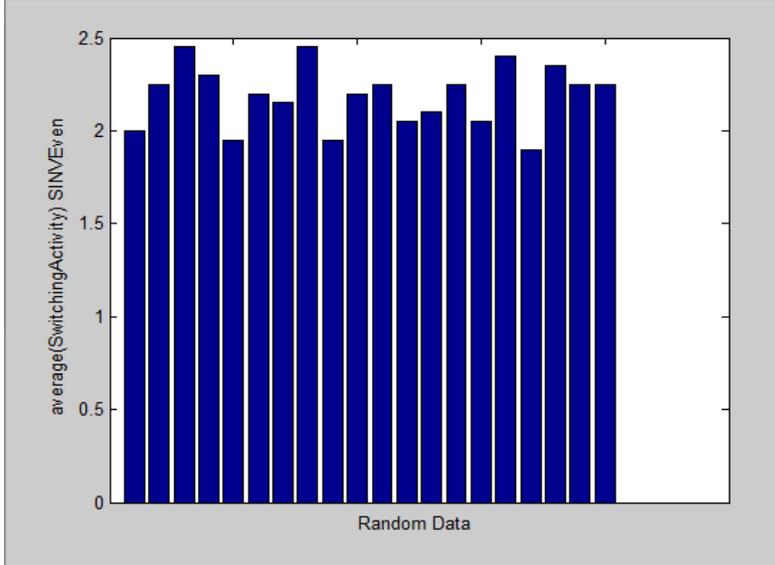
إن متوسط مسافة هامينغ (HD) في حالة عدم الترميز هو 4.0975.



الشكل 2: متوسطات تبديد الطاقة الديناميكي في حالة عدم الترميز

متوسط تبديد الطاقة الديناميكي في حالة عدم الترميز هو 4097.5 ميلي واط.

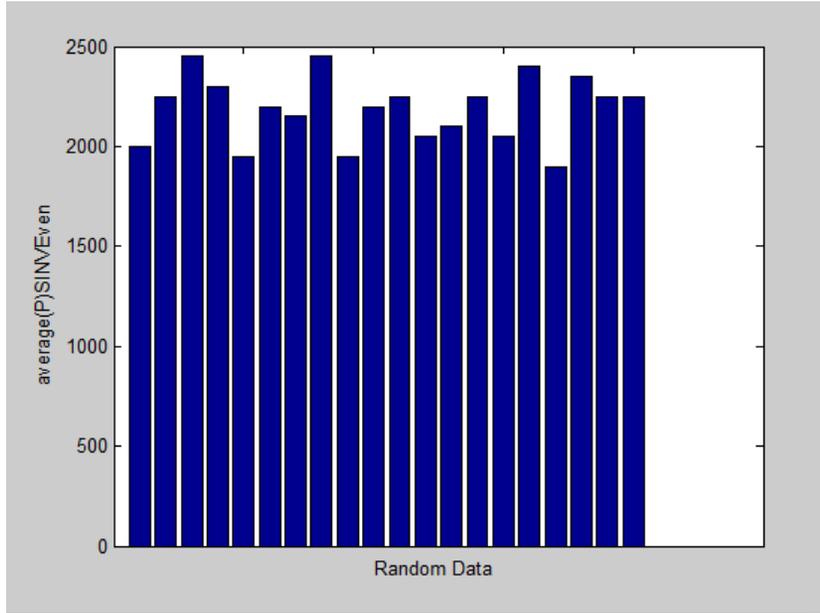
### 5-1-2- الترميز بتقنية SINVEven



الشكل 3 : متوسطات نشاط التبديل في تقنية SINVE

متوسط نشاط التبديل (Switching Activity) عند الترميز بتقنية SINVEven هو

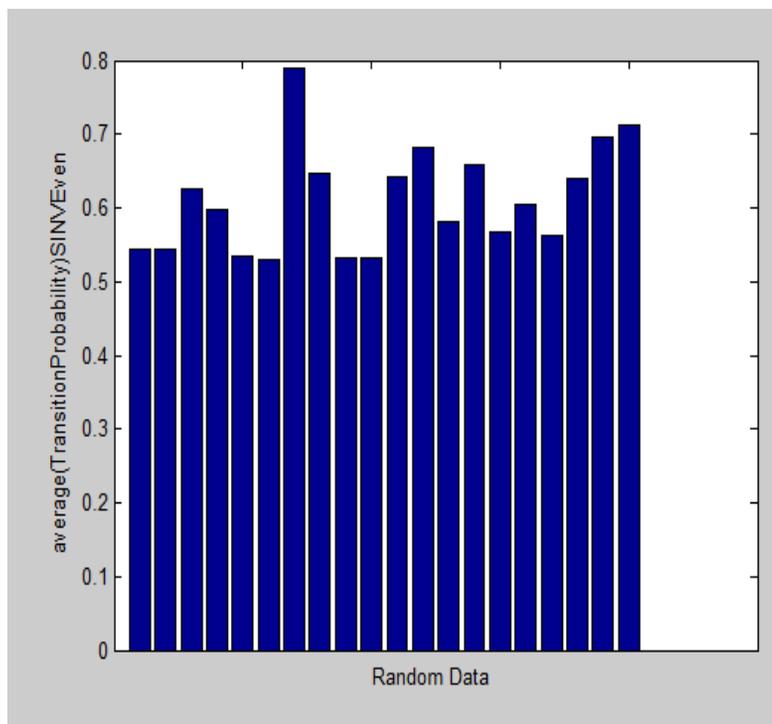
2.1875.



الشكل 4 : متوسطات تبديد الطاقة الديناميكي في تقنية SINVEven

متوسط تبديد الطاقة الديناميكي عند الترميز بتقنية SINVEven هو 2187.5 ميلي واط.

احتمالية الانتقال: هي نسبة نشاط التبديل عند الترميز إلى نشاط التبديل في البيانات غير المرمزة.

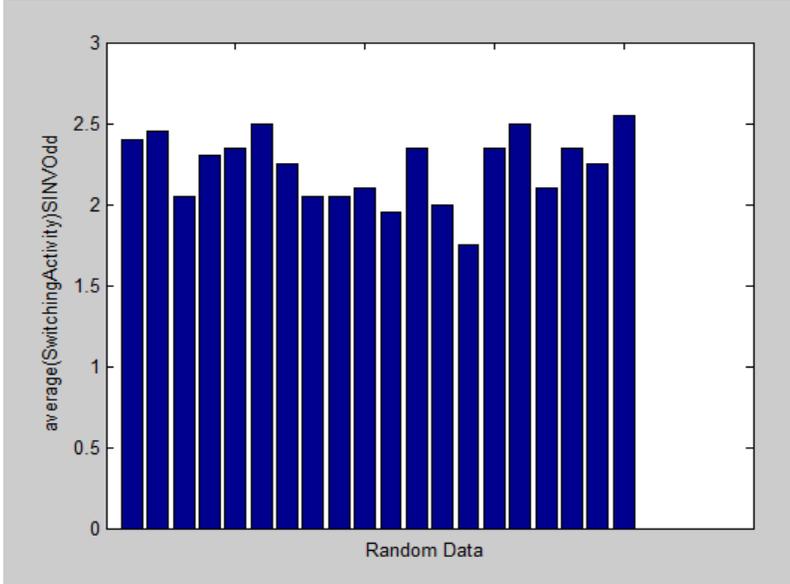


الشكل 5: متوسطات احتمالية الانتقال في تقنية SINVE

متوسط احتمالية الانتقال عند الترميز بتقنية SINVEven هو 0.61095.

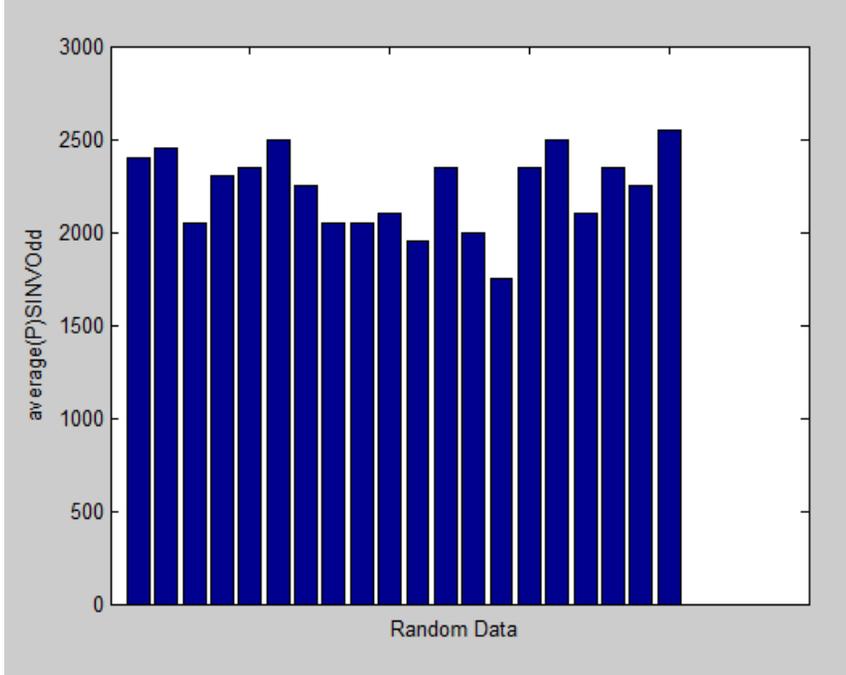
أما متوسط زمن التنفيذ في SINVE هو 0.035989 ثانية.

### 5-1-3 الترميز بتقنية SINVOdd



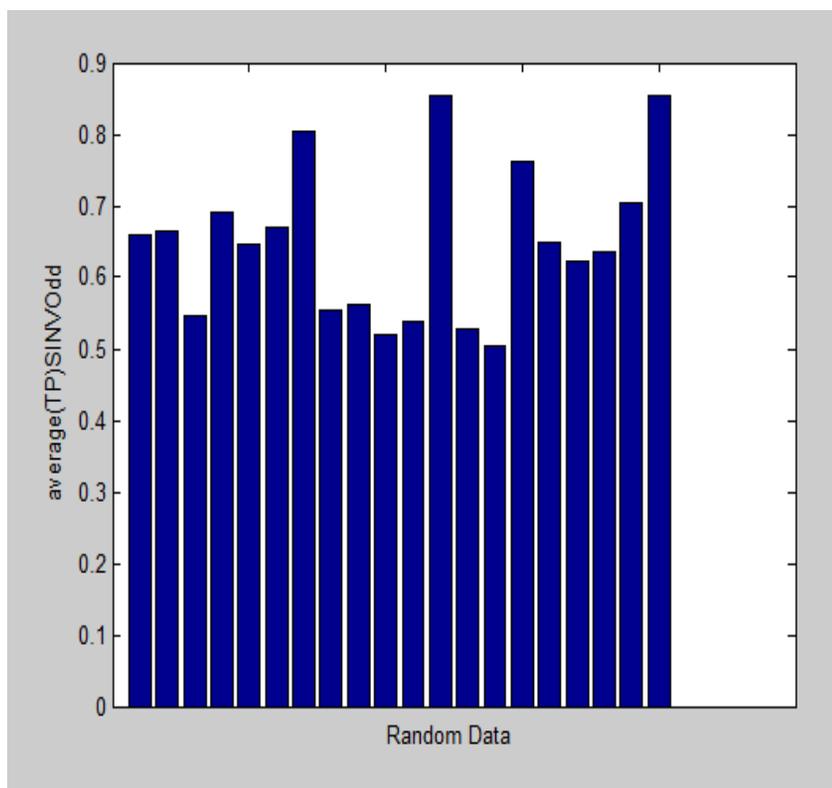
الشكل 6: متوسطات نشاط التبديل في تقنية SINVO

إن متوسط نشاط التبديل عند الترميز بتقنية SINVOdd هو 2.2325.



الشكل 7 : متوسطات تبديد الطاقة الديناميكي في تقنية SINVO

متوسط تبديد الطاقة الديناميكي عند الترميز بتقنية SINVOdd هو 2232.5 ميلي واط.

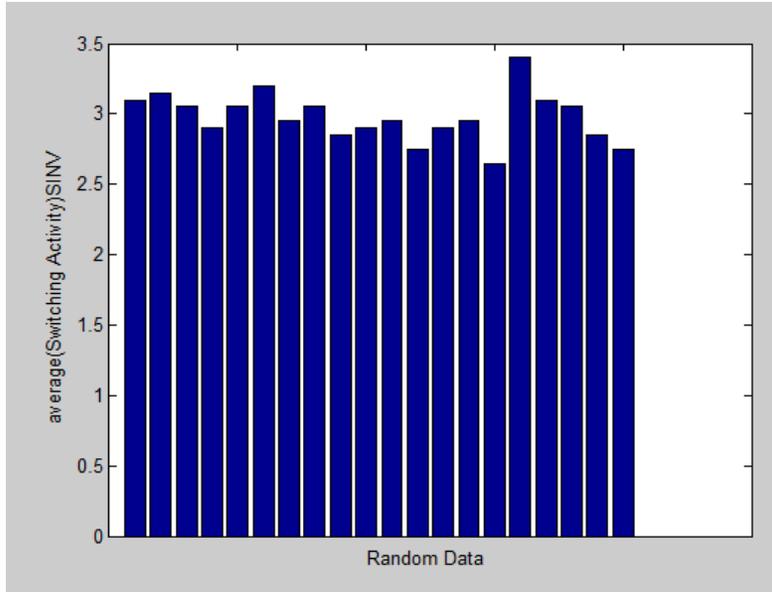


الشكل 8: متوسطات احتمالية الانتقال في تقنية SINVO

متوسط احتمالية الانتقال لتقنية SINVOdd هو 0.6485.

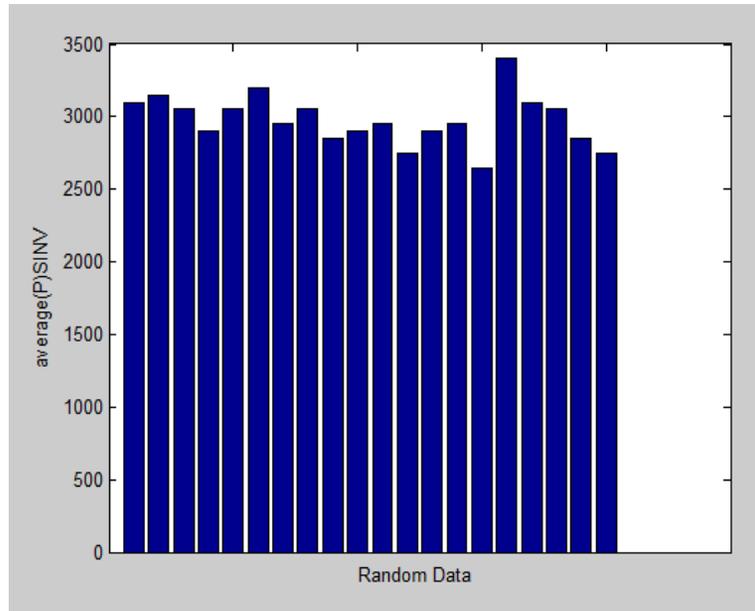
أما متوسط زمن التنفيذ في SINVO هو 0.034392 ثانية.

5-1-4- الترميز بتقنية SINV



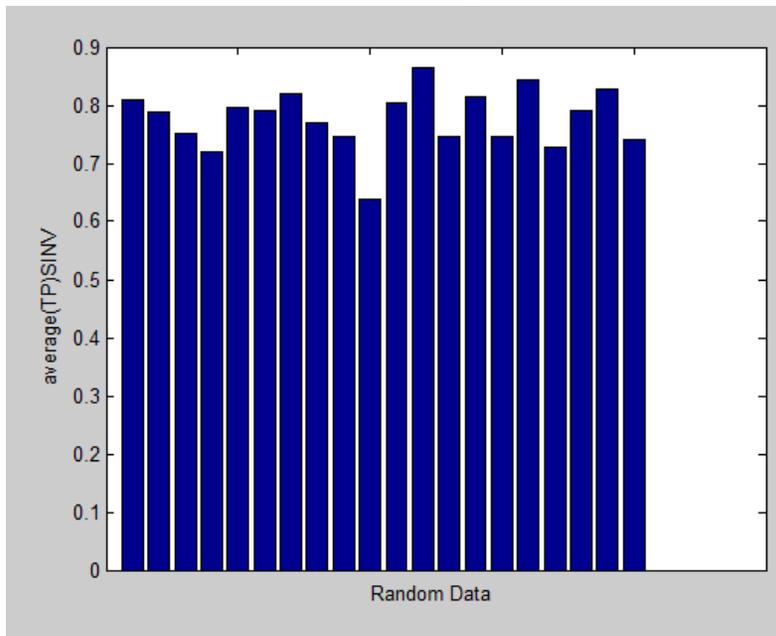
الشكل 9: متوسطات نشاط التبديل في تقنية SINV

إن متوسط نشاط التبديل عند الترميز بتقنية SINV هو 2.9775.



الشكل 10: متوسطات تبديد الطاقة الديناميكي في تقنية SINV

متوسط تبديد الطاقة الديناميكي عند الترميز بتقنية SINV هو 2977.5 ميلي واط.

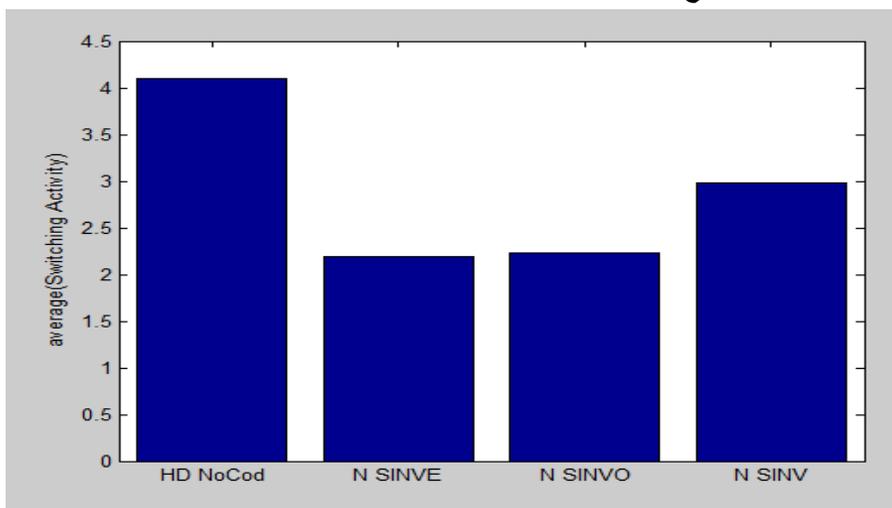


الشكل 11: متوسطات احتمالية الانتقال لتقنية SINV

متوسط احتمالية الانتقال لتقنية SINV هو 0.77695.

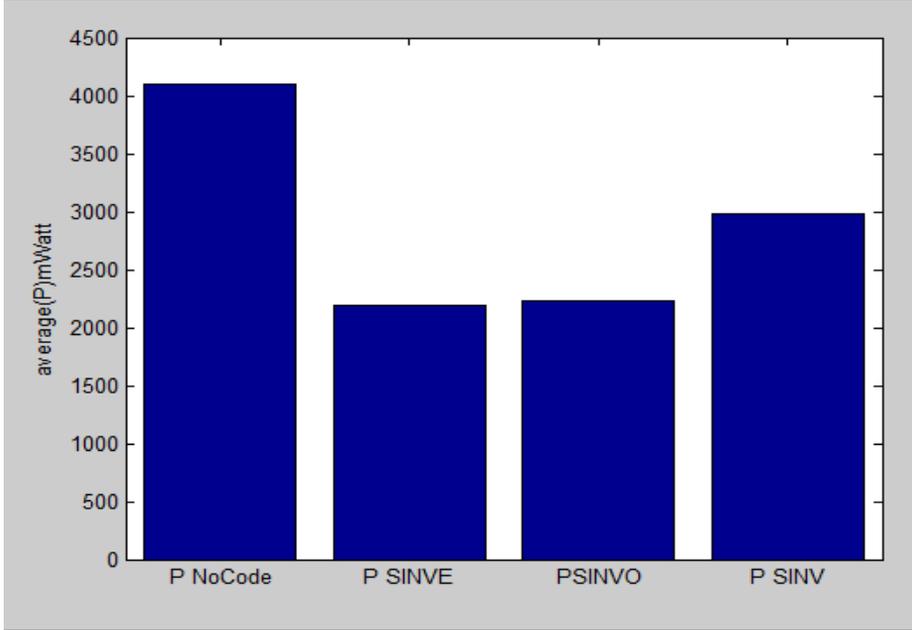
أما متوسط زمن تنفيذ SINV هو 0.012049 ثانية.

5-2- تحليل النتائج :



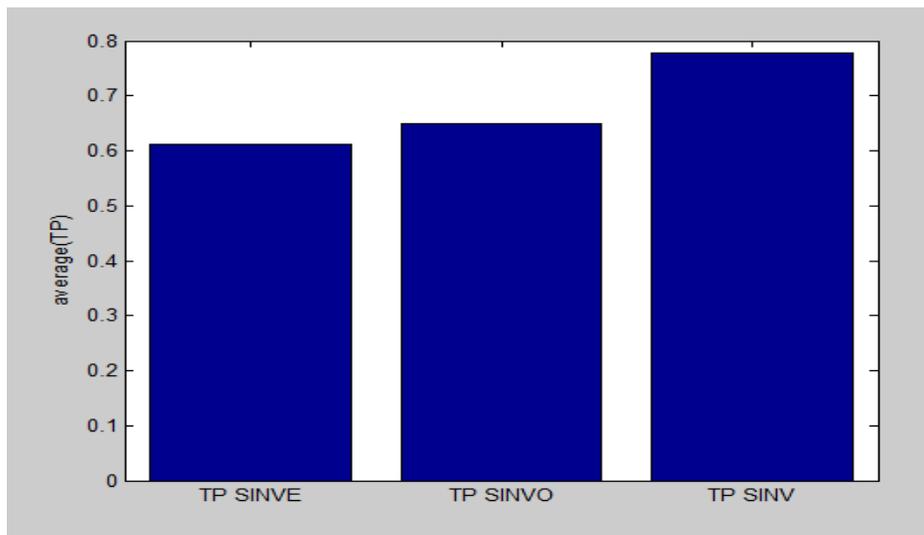
الشكل 12: متوسط نشاط التبديل للتقنيات

يمكن ملاحظة أنه يقلل ترميز SINVE و SINVO من متوسط عدد انتقالات ناقل البيانات (متوسط نشاط التبديل) بشكل كبير من حالة عدم الترميز. وعند مقارنة الأداء بتقنية الترميز SINV السابقة من الواضح أن التقنيتين المقترحتين أفضل. حيث نتج عن الترميز انخفاض كبير في متوسط نشاط التبديل.



الشكل 13 : متوسط تبديد الطاقة الديناميكي للتقنيات

من أهم العوامل التي تؤثر على الطاقة الديناميكية هو نشاط التبديل، فكلما كان أقل كان تبديد الطاقة أفضل. وكما لاحظنا نتيجة الترميز بالطريقتين SINVO و SINVE أعطت انخفاض في متوسط نشاط التبديل وهذا أدى إلى انخفاض في متوسط تبديد الطاقة الديناميكي. ولكنها تحتاج إلى زمن تنفيذ أطول بالمقارنة مع SINV.



الشكل 14 : متوسط احتمالية الانتقال للتقنيات

إنّ احتمالية الانتقال لها دور رئيسي في استهلاك الطاقة أثناء إرسال البيانات [5]، فكلما كانت أقل كان تبديد الطاقة أفضل. وكما نلاحظ أنّ احتمالية الانتقال لتقنية SINVE هي 0.61095، ولتقنية SINVO هي 0.6485، أما SINV هي 0.77695. أي بالمقارنة مع تقنية SINV تم تحقيق انخفاض في تبديد الطاقة في SINVE بمقدار 0.17، وفي SINVO بمقدار 0.13.

## 6- الاستنتاجات والتوصيات :

في هذا البحث قدمنا طريقتين جديدتين لترميز البيانات باستخدام عمليات العكس عند موضع محدد للبيانات (زوجي/ فردي) وإزاحة الكلمة المعكوسة جزئياً إلى اليسار بشكل دائري لكل بت. ولا يُفترض أي ارتباط بين قيم البيانات الموجودة على ناقل البيانات حيث أنّ البيانات عشوائية تماماً.

تُشير نتائج المحاكاة إلى أنّ ترميز التقنيتين SINVEven و SINVOdd المقترحتين يقلل من متوسط تبديد الطاقة الديناميكي بشكل أفضل من تقنية الترميز SINV السابقة. أي بالمقارنة مع SINV تم تحقيق انخفاض في تبديد الطاقة في SINVE بمقدار 0.17، وفي SINVO بمقدار 0.13.

كما تتطلب الطريقتين ثلاثة بتات تحكم إضافية لناقل بيانات 8 بت. لم يتم تضمين بتات التحكم في حساب مسافات هامينغ، فهي تشكل حمل إضافي لناقل البيانات 8 بت.

يُمكن مُستقبلاً استخدام الطريقتين المقترحتين لناقلات بيانات ذات عرض كبير، فكلما كان عرض الناقل أكبر يصبح الحمل أقل.

## 7- المراجع

- [1] Taya,A & Singh,B & Pahuja,H. (2016)–Design and Analysis of Low Power Universal Line Encoder & Decoder. Microelectronics and Solid State Electronics, 5(1), p7–13.
- [2] Bhat M,S and Yogitha Jahnvi,D. (2012)–UNIVERSAL ROTATE INVERT BUS ENCODING FOR LOW POWER VLSI. International Journal of VLSI design & Communication Systems(VLSICS)Vol.3, No.4, India ,P 97–109.
- [3] Alamgir,M & Basith,I & Supon,T & Rashidzadeh,R. (2015)–Improved Bus–Shift Coding for Low–Power I/O. IEEE, International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)Lisbon,Portugal,2015,pp.2940–2943.
- [4] Mircea R.Stan & Wayne P.Burleson. (1994)– Limited–Weight Codes For Low–Power I/O. International Workshop on Low Power design.vol.6.no.3.
- [5] Supon,T.M & Basith,I & Abdel–Raheem,E & Rashidzadeh,R. (2017)– Efficient Integrated Bus Coding Scheme For Low–Power I/O. AEU,vol.82.USA,p30–36.
- [6] Mani,P & Vijayan,K & Singh,P & Singhal,A & Agarwal,A. (2021)–Implementation of Low Power AMBA–AHB Bus Utilizing

the Multi-Coding Technique. Annals of the Romanian Society for Cell Biology,vol.25.India, p2111–2116.

[7] Natesan,J & Radhakrishnan,D .(2004)–Shift Invert Coding (SINV) for Low Power VLSI.IEEE,Euromicro Symposium on Digital System Design. DSD,Rennes,France,pp190–194.

[8] Das,R.(2020)–Encoding Technique for Low Power Design.vol.9. ISSN,International Journal of Engineering Research and Technology(IJERT),India,p373–376.

[9] Narayanan,U & Chung,Ki & Kim,T.(2002)–Enhanced Bus Invert Encodings for Low-Power. IEEE,International Symposium on circuits and systems(ISCAS),phoenix-scottsdale,AZ,USA,PP.V25–28.

[10] Mircea R.Stan & Wayne P.Burleson.(1995)–Bus-Invert Coding For Low-Power I/O.IEEE,Transactions On Very Large Scale Integration(VLSI)Systems,vol.3,no. 1,pp.49–58.

[11] Patil,K & Madabal,S & Motagi,A .(2016)–Signal transforms with bus invert encoding for low power applications.IEEE,Intelligent Systems and Control(ISCO), Coimbatore, India, p1–3.

[12] Chai,JW and Nie,YH.(2017)–Research and Analysis of Digital Baseband Transmission System Based on MATLAB. Journal of Secure Communication and System(2017) ,China,1(1), p 37–46.

[13] Baran,D & Aktan,M & Karimiyan,H & Oklobdzija,V. (2009)–Switching Activity Calculation of VLSI Adders. IEEE,International Conference on ASIC,China, p46–49.

[14] Chennakesavulu,M & Jayachandra Prasad,T & Sumalatha,V.(2019)–Data Encoding Techniques to Reduce the Switching Activity,Crosstalk Delay Classes and Crosstalk Delay.International Journal of Electronics Engineering,v11, India, p245–254.

[15] Maragkoudaki,E & Pavlidis,V(2020)–Energy–Efficient Time–Based Adaptive Encoding for Off–Chip Communication. IEEE Transactions on Very Large Scale Integration(VLSI) Systems,vol.28,No.12, p2551–2562.



## خوارزمية جدولة الرزم في الشبكات المخصصة اللاسلكية المتنقلة

طالب الماجستير: علاء سليمان الحمدان

كلية الهندسة المعلوماتية - جامعة البعث

إشراف الدكتور: محسن عبود

### الملخص:

في العقود الأخيرة، تطورت الاتصالات اللاسلكية والأجهزة المحمولة بشكل كبير، هذا أدى لزيادة انتشار شبكات MANET، ولكن هذه الشبكات على الرغم من المزايا العديدة التي تقدمها مثل التنظيم الذاتي وقابلية التوسع وعدم وجود متحكم مركزي أو بنية تحتية ثابتة، إلا أنها ما زالت تواجه العديد من التحديات في تصميمها، حيث في حالة وجود عدد كبير من العقد وحركة مرور كثيفة يتراجع أداء MANET بشكل كبير بسبب الازدحام وبالتالي تراجع جودة الخدمة المقدمة للمستخدمين.

في هذا المقال تم محاولة تحسين QoS من خلال تقديم خوارزمية جدولة جديدة تمت تسميتها PS-MQHM تعتمد على أرتال متعددة وإعطاء أولوية لرزم البيانات بالاعتماد على المسافة المقطوعة، تم تحقيق الخوارزمية المقترحة ضمن المحاكى NS2، وتم مقارنة أداء AODV باستخدام خوارزمية الجدولة PS-MQHM وخوارزمية الجدولة الافتراضية Priority queue، من أجل عدد عقد 10 و 50 وعدد اتصالات 10 و 50 و 100، بينت النتائج أن الخوارزميات المقترحة تعمل بشكل جيد وأفضل من Priority queue في حالة حركة المرور العالية.

الكلمات المفتاحية: الشبكات المخصصة المتنقلة، جدولة الرزم، جودة الخدمة، الازدحام، PS-MQHM.

# Packet Scheduling Algorithm in MANET

## Abstract:

In recent decades, wireless communications and mobile devices have developed significantly, leading to an increase in the spread of MANET networks, but these networks, despite the many advantages they offer such as self-organization, scalability, and the lack of a central controller or fixed infrastructure, are still face many challenges in its design, where in the case of a large number of nodes and heavy traffic, the performance of MANET decrease significantly due to congestion and thus the quality of service provided to users declines.

in this paper an attempt was made to improve QoS by introducing a new scheduling algorithm called PS-MQHM based on multiple queues and giving priority to data packets depending on the distance traveled. The proposed algorithm was implemented within the NS2 simulator, and the performance of AODV was compared using the PS-MQHM scheduling algorithm and the default priority queue scheduling algorithm, for the number of nodes 10 and 50 and the number of connections 10, 50 and 100. The results showed that the proposed algorithm works well and is better than Priority queue in high traffic condition.

Keywords: MANET, packet scheduling, Quality of Service, congestion, PS-MQHM.

## 1. المقدمة:

تطور الاتصالات اللاسلكية، أدى لظهور الكثير من التطبيقات وانتشار الأجهزة المحمولة بشكل كبير، معظم هذه الأجهزة تتصل مع بعضها من خلال بنية تحتية ثابتة ولكن إعداد شبكة البنية التحتية يستغرق وقتاً طويلاً، ويمكن أن تكون تكاليف تثبيت البنية التحتية عالية جداً. بالإضافة إلى ذلك، هناك حالات لا تتوفر فيها البنية التحتية المطلوبة أو لا يمكن تثبيتها في الوقت المناسب في منطقة جغرافية معينة (مثل في المواقف العسكرية وحالات الطوارئ في الأماكن ذات بنية تحتية تالفة أو غير موجودة مسبقاً)، لذلك لتوفير الاتصال نحتاج إلى شبكة مخصصة للأجهزة المتنقلة MANET التي تركز على وجود أجهزة محمولة في نطاق الإرسال متصلة ببعضها البعض من خلال التكوين التلقائي للشبكة، وإعداد شبكة تتميز بالمرونة والقوة. وبهذه الطريقة، يمكن للعقد المتنقلة الاتصال ببعضها البعض ويمكنها أيضاً تلقي خدمات الإنترنت من خلال عقدة بوابة الإنترنت، مما يوسع بشكل فعال خدمات الشبكة والإنترنت إلى المناطق التي لا تملك بنية تحتية [1] [2].

ولكن شبكات MANET يتراجع أداؤها في حال وجود عدد كبير من العقد وحركة مرور عالية حيث تحدث مشكلة الازدحام حيث تمتلئ أرتال بعض العقد وبالتالي يتم حذف الرزم من أجل التخلص من حالة الازدحام وبالتالي يتراجع الأداء، معظم الدراسات تقترح تحسيناً على بروتوكولات التوجيه لتقليل الازدحام وتحسين الأداء، في هذا المقال سيتم تحسين أداء MANET من خلال تحسين في خوارزمية جدولة الرزم، حيث تم تقديم خوارزمية PS-MQHM التي تعتمد على الأرتال المتعددة مع إعطاء أولوية لرزم البيانات حسب المسافة المقطوعة وبالتالي كلما كانت الرزمة أقرب للهدف يتم تخديمها وإرسالها بشكل أسرع.

## 2. أهداف البحث:

الهدف الأساسي هو تحقيق خوارزمية PS-MQHM وإضافتها للمحاكي NS2 ومقارنة أداءها مع الخوارزمية الافتراضية وهي priority queue .

## 3. شبكات MANET:

هي مجموعة من الأجهزة اللاسلكية التي لها القدرة على الاتصال مع بعضها البعض دون وجود متحكم مركزي، وهي شبكات ذاتية التكوين ولا تعتمد على بنية تحتية تهدف إلى دعم تنقل الأجهزة، حيث كل عقدة بالشبكة لها حرية التنقل بشكل مستقل في أي اتجاه. كل عقدة أو جهاز في الشبكة يمكن أن يكون مضيفاً وموجهاً بنفس الوقت حيث العقدة هي المسؤولة عن اكتشاف ومعالجة المسارات للعقد الأخرى من خلال تشغيل بروتوكول التوجيه المناسب. بشكل عام هيكل الشبكة ديناميكي لأن الاتصال بين العقد قد يختلف بمرور الوقت بسبب تنقل العقدة، ومغادرة العقد، ووصول عقد جديدة. يجب أن تكون العقد أو الأجهزة المخصصة قادرة على اكتشاف وجود أجهزة أخرى للسماح بالاتصال ومشاركة المعلومات، لذلك نحتاج إلى بروتوكولات توجيه فعالة تسمح باتصال العقد مع بعضها [3] [4].

بعض تطبيقات الشبكات المخصصة هي عمليات البحث والإنقاذ في حالات الطوارئ والاجتماعات [3].

تتميز شبكات MANET بالعديد من الخصائص منها [3]:

- سهولة وسرعة النشر وتقليل الاعتماد على البنية التحتية الثابتة.
- تتميز MANET بميزة التشغيل الموزع لأنه في MANET تعمل كل عقدة بشكل مستقل ولا يوجد متحكم مركزي لإدارة هذه الشبكة. لذلك يتم توزيع وظيفة إدارة

الشبكة بين جميع عقد التشغيل. تتعاون كل عقدة مع العقد الأخرى لتنفيذ وظائف الشبكة مثل الأمان والتوجيه.

- يتغير هيكل شبكة MANET دائماً لأن العقد في الشبكة تغير مواقعها بشكل عشوائي لأنها حرة في التحرك في أي مكان.
- العقد في MANET تملك طاقة بطارية محدودة لذلك يجب استخدام الطاقة بفعالية للمحافظة عليها.

#### 4. خوارزميات الجدولة في MANET:

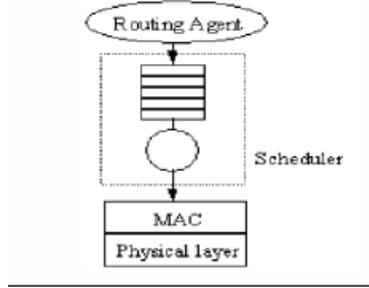
خوارزميات الجدولة في MANET تؤثر بشكل كبير على أداء الشبكة، وخاصةً عندما تكون حركة المرور عالية.

بشكل عام، تقسم الجدولة في MANET إلى [5] [6]:

- جدولة الرزم: أي تحديد الترتيب الذي يجب إرسال الرزم التي تنتظر الإرسال.
- جدولة الوصول للقناة: يتم تحديد كيفية مشاركة العقد المختلفة للقناة في منطقة التنافس.

في هذا المقال ستم دراسة النوع الأول أي كيفية ترتيب الرزم بالرتل وتحديد طريقة الإرسال والحذف. جدولة الرزم هي عملية اتخاذ القرار التي يتم استخدامها لاختيار الرزم التي يجب إسقاطها (حذفها) أو معالجتها (إرسالها). تقسم الرزم في الشبكة إلى رزم تحكم هي رزم التوجيه التي يتم إنشاؤها بواسطة بروتوكولات الشبكة لخدمة تسليم البيانات، ورزم البيانات التي تحمل بيانات من التطبيق [6]. الخوارزمية الافتراضية في MANET هي Priority Queue حيث يتم إعطاء أولوية لرزم التحكم أما رزم البيانات يتم تخديمهم حسب ترتيب وصولهم للرتل، ويتم استخدام drop-tail كسياسة إدارة الرتل حيث يتم حذف الرزم عند امتلاء الرتل [6] [7].

حسب نموذج OSI فإن الجدول يقع بين وكيل التوجيه وفوق طبقة MAC [6]، كما موضح بالشكل 1 :



الشكل 1 موقع الجدول حسب نموذج OSI [6]

#### 1-4 بعض أنواع خوارزميات الجدولة:

- من دون أولوية: يتم تطبيق FCFS، في هذا النوع لا يتم أخذ QoS للرزم. ويتم نقل الرزم حسب ترتيب وصولهم. إذا كان معدل وصول الرزم أكبر من معدل معالجة الرتل، فسيتم ملء الرتل وسيتم تجاهل الرزم التي وصلت حديثاً إلى الرتل لتجنب الازدحام. تتمثل ميزة هذه الخوارزمية في بساطة تنفيذها، ويتم التعامل مع جميع الرزم بشكل عادل [7].
- مع أولوية: إعطاء أولوية لرزم التحكم أما رزم البيانات يتم تخديمهم حسب ترتيب وصولهم FCFS [7].
- Round Robin (RR): يتم اسناد لكل تدفق رتل خاص به ثم تتم معالجة رزمة واحدة من كل رتل في كل مرة. يتم إعطاء أولوية للتدفقات [7].

- Greedy: كل عقدة تنقل رزم البيانات الخاصة بها أولاً ثم تنقل رزم البيانات لبقية العقد من خلال FCFS [7].

## 5. الدراسات المرجعية:

في المقال [8] تم تصميم خوارزمية جدولة الرزم تتكيف مع الدخل الديناميكي تمت تسميتها Dynamic Multilevel Priority (DMP). حيث كل عقدة ضمن شبكة WSN تملك 3 أرتال: الرتل الأول هو رتل الأولوية الأعلى يتم وضع فيه رزم البيانات real time، الرتل الثاني يتم وضع فيه رزم البيانات non-real time القادمة من العقد الجيران، الرتل الثالث يتم وضع فيه رزم البيانات non-real time التي يتم تحسبها من العقدة نفسها.

تم مقارنة الخوارزمية المقترحة مع FCFS باستخدام NS2. النتائج بينت أن الخوارزمية المقترحة أفضل من حيث متوسط زمن الانتظار والتأخير.

المقال [9] يقترح خوارزمية PAQMAN وهي خوارزمية استباقية لإدارة الرتل، عند وصول رزمة جديدة يتم حساب طول الرتل بعد الإضافة ويقارن مع عتبة محددة إذا كان أكبر منه يتم حذف الرزمة (دون إضافتها للرتل) مع احتمال حذف PDP (Packet Drop Probability)، وإلا يتم قبول الرزمة وإضافتها للرتل. وبالتالي حذف الرزم يكون بشكل مسبق. يقوم PAQMAN بإسقاط الرزم بشكل استباقي من أجل تقديم إشعار مبكر بالازدحام.

تم مقارنة PAQMAN مع Drop tail من خلال NS2 وتمت دراسة المعايير التالية: نسبة خسارة الرزم، نسبة إعادة الإرسال، الفعالية. بينت النتائج أن PAQMAN ادائه أفضل من Drop tail.

المقال [10] يقترح خوارزمية توجيه (في طبقة الشبكة) وخوارزمية جدولة (في طبقة MAC) لنقل البيانات الحساسة للتأخير ضمن MANET، حيث عرف packet end to end delay ثم بالاعتماد على مقاييس urgency, node urgency, route urgency, node urgency, route urgency، حيث عرف packet end delay ثم بالاعتماد على مقاييس urgency وتأخير النقل المتوقع لكل رزمة يتم تحديد ترتيب جدولة الرزم وسياسة الحذف.

سياسة الحذف: عندما تصل رزمة بيانات جديدة يتم حذفها إذا تجاوزت متطلبات التأخير المحددة لها أو إذا كانت ستصل للهدف متأخرة عن موعدها. إذا حدث buffer overflow يتم حذف الرزم الموجودة فيه والتي تملك packet urgency أعلى. المحاكاة تمت على NS2 وتم المقارنة مع AODV مع جدولة FCFS وسياسة Drop tail، النتائج بينت أن الخوارزمية المقترحة أعطت نتائج أفضل.

## 6. خوارزمية PS-MQHM:

في هذه الخوارزمية تم تعريف ثلاثة أرتال لكل عقدة، كما يلي:

- highQueue طوله 60% من طول الرتل الكلي، يتم فيه تخزين رزم التحكم ورزم البيانات التي قطعت 75% أو أكثر من المسار. رزمة التحكم RERR توضع في بداية هذا الرتل أما باقي رزم التحكم (RREQ, RREP) توضع في نهاية الرتل أي لا يوجد لها أولوية عن رزم البيانات. ترتيب رزم البيانات والتحكم RREQ, RREP يكون حسب ترتيب وصولهم FCFS.
- medQueue طوله 25% من طول الرتل الكلي، يتم فيه تخزين رزم البيانات التي قطعت 25% أو أكثر من المسار.
- lowQueue طوله 15% من طول الرتل الكلي، يتم فيه تخزين رزم البيانات التي قطعت أقل من 25% من المسار.

تمت الاستفادة من المرجع [8] حيث هذا المرجع ناقش شبكة WSN، كل عقدة فيها تملك ثلاثة أرتال، رتل لرزم الزمن الحقيقي ورتل للرزم التي لا تكون زمن حقيقي ورتل لرزم العقدة نفسها. أي في هذا المرجع لا يتم إسناد أولويات للرزم حيث يتم تصنيف الرزم إذا رزم زمن حقيقي أو ليست زمن حقيقي أو رزم العقدة نفسها، وحسب هذا التصنيف يتم تحديد الرتل الذي ستتم الإضافة عليه.

### 6-1 طريقة عمل الخوارزمية:

عندما تزيد العقدة المصدر إرسال بيانات إلى العقدة الهدف، تبحث في جدول توجيهها عن المسار إذا غير موجود تبدأ عملية اكتشاف المسار، عندما تملك أو تحصل على المسار فإن هذا المسار يملك عدد القفزات اللازمة للوصول للهدف، لذلك تقوم العقدة بإضافة حقل عدد القفزات الكلية اللازمة للوصول للهدف `total_hops` وعدد القفزات المتبقية للوصول للهدف `remain_hops`. كل عقدة تستلم رزمة البيانات تحسب أولوية الرزمة من خلال قسمة `remain_hops` على `total_hops` وبناءً على القيمة الناتجة تتم إضافة الرزمة للرتل المطابق لأولويتها ثم يتم إنقاص `remain_hops` بمقدار 1.

ملاحظة: الرزمة التي قطعت %75 أو أكثر من المسار تكون أولويتها أقل من %25 أي هنا قيمة الأولوية الأدنى تكون هي الأعلى.

الخوارزمية تعطي أعلى أولوية دوماً لرزم RERR (Route Error) وذلك لأن هذه الرزمة يتم إرسالها عندما يوجد خطأ بالمسار (مثل في حالة انقطاع المسار) لذلك دوماً هذه الرزمة توضع في بداية `highQueue`. عندما تكون الأرتال الثلاث ممثلة عندها يتم حذف كل الرزم الجديدة القادمة حتى لو كانت رزم تحكم، حيث تكون العقدة بحالة ازدحام لذلك يتم التخلص أولاً من الازدحام، عند استقبال رزمة وأحد الأرتال ممثلي يتم وضعها في رتل آخر غير ممثلي، كما يلي:

- highQueue ممتلئ: إذا الرزمة هي تحكم RERR توضع في بداية highQueue وتحذف آخر رزمة من highQueue وتوضع في بداية medQueue إذا كان غير ممتلئ، أما إذا كان medQueue ممتلئ و lowQueue غير ممتلئ عندها تحذف آخر رزمة من medQueue وتوضع ببداية lowQueue وتحذف آخر رزمة من highQueue وتوضع ببداية medQueue. إذا الرزمة هي تحكم (RREQ, RREP) أو رزمة بيانات مع أولوية عالية و highQueue ممتلئ و medQueue غير ممتلئ عندها توضع الرزمة الجديدة في بداية medQueue. إذا كان highQueue ممتلئ و medQueue ممتلئ و lowQueue غير ممتلئ عندها توضع الرزمة الجديدة في بداية medQueue وتحذف آخر رزمة من medQueue وتوضع في بداية lowQueue.
- medQueue ممتلئ: إذا highQueue غير ممتلئ عندها يتم نقل الرزمة إلى نهاية highQueue أما إذا كان highQueue ممتلئ و lowQueue غير ممتلئ عندها يتم نقل الرزمة إلى بداية lowQueue.
- lowQueue ممتلئ: إذا medQueue غير ممتلئ يتم نقل الرزمة إلى نهاية medQueue أما إذا كان medQueue ممتلئ و highQueue غير ممتلئ يتم نقل أول رزمة من medQueue إلى نهاية highQueue وتوضع الرزمة الجديدة في نهاية medQueue.
- عندما تكون الأرتال الثلاث ممثلة يتم حذف الرزمة الجديدة.

## 6-2 الإرسال من PS-MQHM:

في PS-MQHM يتم الإرسال من highQueue دوماً طالما أنه يحوي رزم، عندما يكون فارغاً يتم الإرسال من medQueue حتى يفرغ أو وجود رزم في highQueue، عندما highQueue و medQueue كلاهما فارغ يتم الإرسال من lowQueue حتى يفرغ أو وصول رزم جديدة إلى highQueue أو medQueue ، أي يوجد أولوية أعلى لرزم highQueue حيث يتم الإرسال منه دوماً ثم رزم medQueue وأخيراً lowQueue وهذا قد يزيد من التأخير لأن الرزم قد تنتظر طويلاً حتى يتم إرسالها من lowQueue.

## 7. المحاكى NS2:

محاكي مفتوح المصدر خاص بالأحداث المتقطعة موجه للأبحاث الشبكية ( السلكية واللاسلكية) حيث يقوم بنمذجة النظام كأحداث نقوم بمحاكاتها حيث كل حدث يحدث في لحظة زمنية افتراضية.

تم بناؤه ليعمل على منصة Linux ولكن يمكن استخدامه ضمن نظام تشغيل Windows من خلال بيئة Cygwin [11]. يتكون NS2 من لغتين رئيسيتين: C++ ولغة أوامر الأداة الموجهة للكائنات (OTcl). تحدد C++ الآلية الداخلية (أي الخلفية) للمحاكاة ، و OTcl يُنشئ المحاكاة عن طريق تجميع الكائنات وتكوينها وكذلك جدول الأحداث المنفصلة (أي الواجهة الأمامية). يتم ربط C++ و OTcl معاً باستخدام TcICL [11].

## 8. التجارب والنتائج:

تم انشاء الملف manet.tcl الذي يمثل سيناريو المحاكاة، الجدول 1 يوضح بارامترات المحاكاة:

الجدول 1 بارامترات المحاكاة

Parameter	Value
Network area	1500 ×1500
Channel	Channel/Wireless Channel
Propagation model	Propagation/TwoRayGround
MAC layer protocol	Mac/802_11
Number of nodes	10– 50
Deployment type	Random
Transmission range	250m
Interface Queue	Queue/DropTail/PriQueue Queue/ PS–MQHM
Interface Queue Length	50
Routing Protocol	AODV
Traffic type	CBR
Data packet size	512 bytes
Data packet generation rate	5.0
Number of connections	10– 50 – 100
Simulation Time	100 s

سيتم إجراء المحاكاة من أجل عدد عقد 10 و 50 وعدد اتصالات 10 و 50 و 100. ملف الحركة للعقد تم توليده من خلال setdest، أما الاتصالات بين العقد تم توليدها من خلال cbrgen.

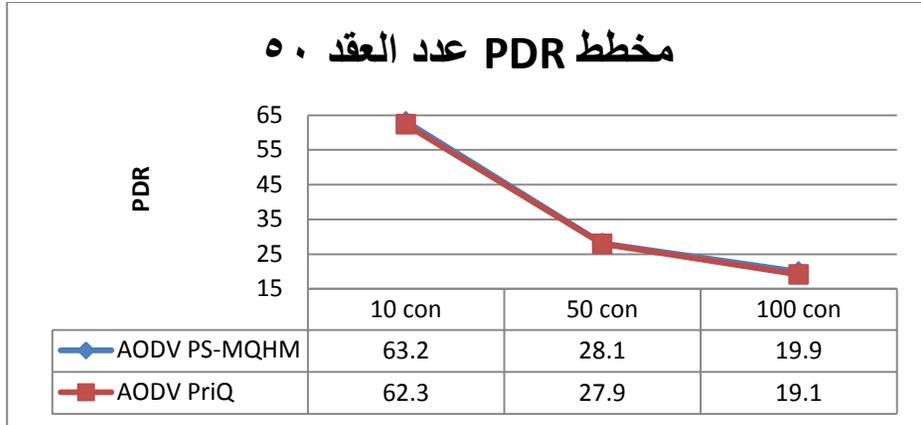
تم تنفيذ المحاكاة ست مرات، في كل مرة يتم تغيير الاتصالات بين العقد، ثم تم حساب المتوسط، وتم رسم المخططات بناءً على قيمة المتوسط من أجل كل مقياس.

تم دراسة المقاييس التالية وهي:

- معدل تسليم الرزم PDR: هو نسبة العدد الكلي من رزم البيانات المستلمة إلى عدد كل رزم البيانات المرسل.
- التأخير end to end delay: متوسط الزمن الذي تحتاجه رزم البيانات للوصول من العقدة المصدر إلى العقدة الهدف، ويقاس بالميلي ثانية.
- عبء التوجيه routing overhead هو نسبة كل رزم التحكم المولدة إلى كل رزم البيانات المستلمة.

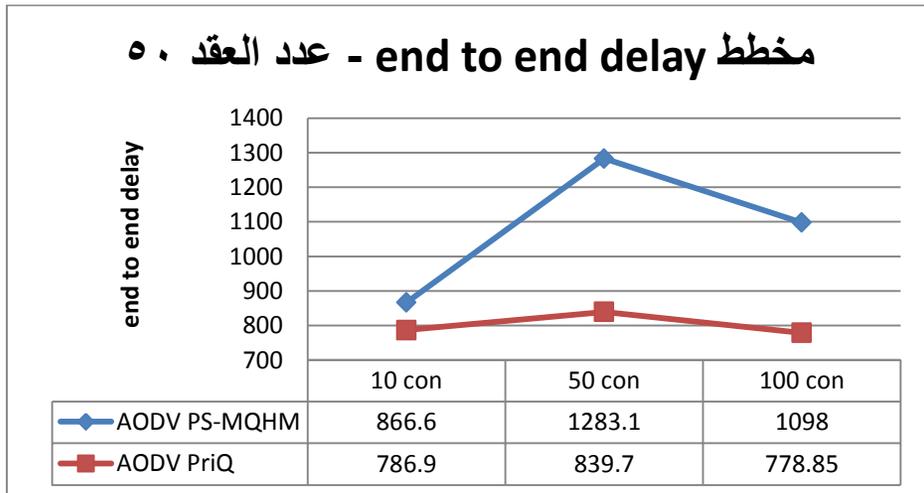
المخططات التالية هي مقارنة AODV باستخدام جدولة Priority queue و PS- MQHM من أجل 50 عقدة:

مخطط 1 PDR:



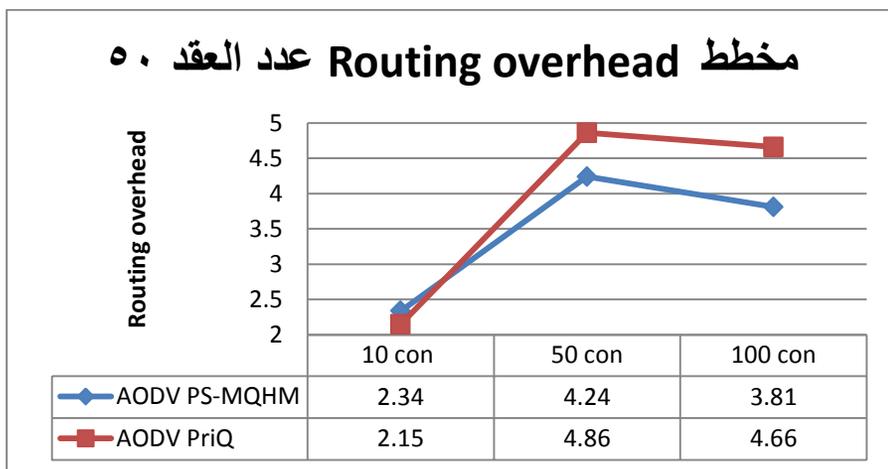
المخطط 1 قيم PDR ل 50 عقدة

مخطط 2 e2e delay



المخطط 2 end to end delay ل 50 عقدة

مخطط 3 Routing overhead:



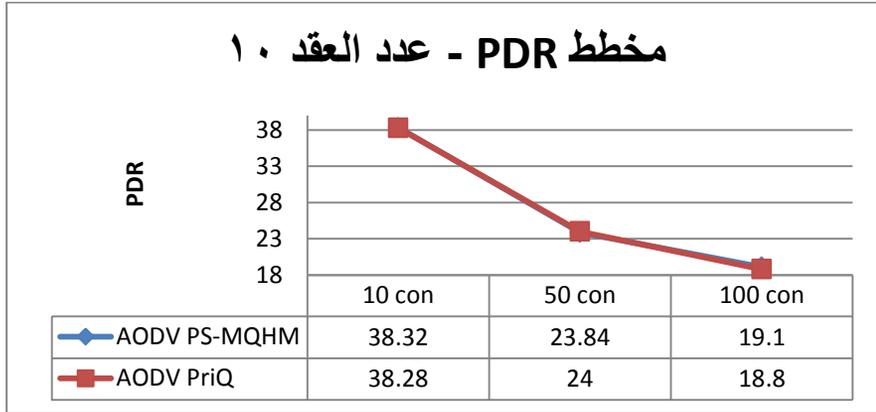
المخطط 3 مخطط routing overhead لـ 50 عقدة

من أجل 50 عقدة نلاحظ أن أداء PS-MQHM أفضل من ناحية معدل تسليم الرزم لأنه دوماً يسلم الرزم الأقرب للهدف أولاً، ونلاحظ أن PS-MQHM يعطي تأخير عالي ذلك لأن PS-MQHM يُرسل دوماً من الرتل الأعلى أولوية ثم من الرتل متوسط الأولوية ثم رتل منخفض الأولوية لذلك هذا يسبب تأخير للرزم في الرتل منخفض الأولوية، ويزداد التأخير مع AODV لأن AODV لا يتجنب المسارات المزدحمة أو منخفضة الطاقة.

بالنسبة لعبء التوجيه فإن PS-MQHM عندما تكون الأرتال ممتلئة يحذف رزم التحكم ورزم البيانات الجديدة، أما PriQueue عندما يكون الرتل ممتلئ يحذف الرزمة الجديدة إذا كانت رزمة بيانات، أما إذا كانت الرزمة هي رزمة تحكم يقوم بحذف آخر رزمة بيانات في الرتل ويضيف رزمة التحكم في بداية الرتل.

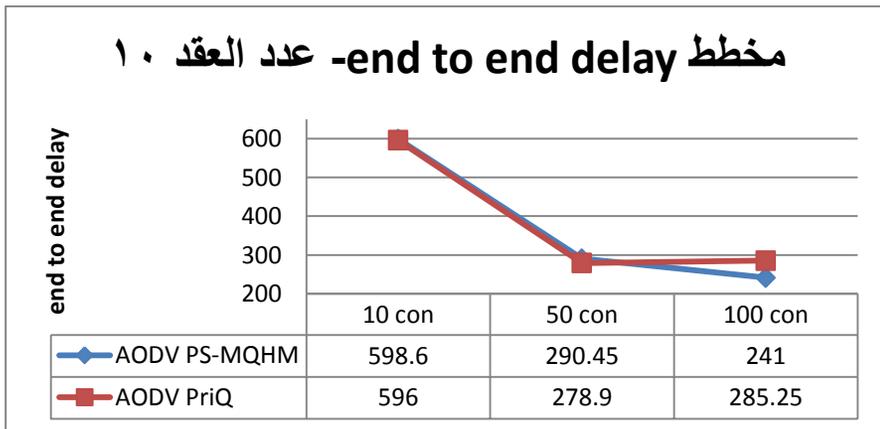
المخططات التالية هي من أجل 10 عقد:

مخطط 4 PDR:



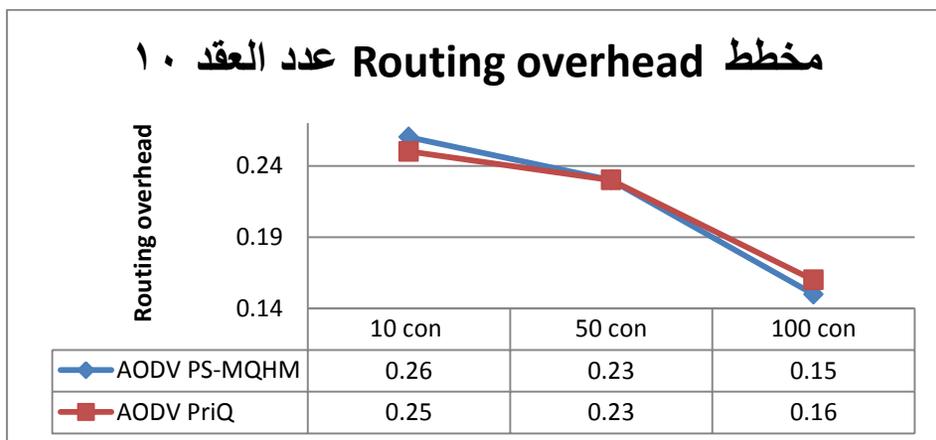
المخطط 4 PDR لـ 10 عقد

مخطط 5 e2e delay:



المخطط 5 end to end delay لـ 10 عقد

مخطط 6 Routing overhead



المخطط 6 Routing overhead لـ 10 عقد

من المخططات نلاحظ أن أداء خوارزميتي الجدولة متقارب، حيث من أجل PDR نلاحظ أن أداء PS-MQHM أفضل قليلاً من PriQueue. ومن أجل e2e delay نلاحظ أن أداء AODV مع PriQueue أفضل من أجل 10 و 50 اتصال ولكن في حالة 100 اتصال فإن أداء PS-MQHM أفضل ويعطي تأخير أقل. كذلك بالنسبة لعبء التوجيه فإن PS-MQHM أفضل.

من النتائج السابقة يُنصح باستخدام PS-MQHM في حال وجود عدد عقد كبير مع حركة مرور بيانات كبيرة أو متوسطة، أما إذا كان عدد العقد قليل وحركة البيانات قليلة عندها يمكن استخدام priority queue أو PS-MQHM.

## 9. الخاتمة:

في هذه الورقة البحثية تمت دراسة شبكات MANET وتقديم خوارزمية PS-MQHM التي تقترح ثلاثة أرتال لكل عقدة، لكل رتل أولوية مختلفة وتوضع الرزم بأحد الأرتال الثلاثة حسب أولوية المسافة المقطوعة، تم مقارنة الخوارزمية المقترحة مع priority queue، وبينت النتائج تفوق PS-MQHM وخاصة عند وجود حركة مرور بيانات كبيرة.

حالياً نتطلع لدراسة سيناريوهات محاكاة أعقد، وكذلك دراسة أداء الخوارزمية مع بروتوكولات توجيه مختلفة.

المراجع:

- [1] S. BASAGNI, M. CONTI, S. GIORDANO, and I. STOJMENOVIC 2004- MOBILE AD HOC NETWORKING. A JOHN WILEY & SONS, Canada, p.480.
- [2] M. Ayyash, Y. Alsbou, and M. Anan 2015- Introduction to Mobile Ad-Hoc and Vehicular Networks in Wireless Sensor and Mobile Ad-Hoc Networks, New York, NY: Springer New York. doi: 10.1007/978-1-4939-2468-4\_2.
- [3] J. Loo, S. Khan, and A. N. Al-Khwildi 2012 - Mobile Ad Hoc Networks: Current Status and Future Trends. Boca Raton: CRC Press, First edition, p. 538.
- [4] P. Gupta 2016 A Literature Survey of MANET, vol. 03, no. 02.
- [5] D. N. Kanellopoulos 2019 "Recent Progress on QoS Scheduling for Mobile Ad Hoc Networks:," J. Organ. End User Comput., vol. 31, no. 3, pp. 37–66.
- [6] N. I. M. Enzai, S. S. Rais, and R. Darus 2010 An overview of scheduling algorithms in mobile ad-hoc networks, in International Conference on Computer Applications and Industrial Electronics, pp. 120–124.
- [7] R. Nandakumar 2019 "A REVIEW ON PACKET SCHEDULING ALGORITHM IN," vol. 8, no. 1021.
- [8] M. S. Ali 2016 Priority Based Packet Scheduling Scheme in Wireless Sensor Networks, vol. 3, no. 8.
- [9] K. D. Kumar, I. Ramya, and M. R. Masillamani 2010 Queue Management in Mobile Adhoc Networks (Manets), in IEEE/ACM Int'l Conference on Green Computing and

*Communications & Int'l Conference on Cyber, Physical and Social Computing*, Hangzhou, China, pp. 943–946.

- [10] W. Kim, H. Joo, K. J. An, I. Lee, and H. Song 2013 Urgency-based packet scheduling and routing algorithms for delay-sensitive data over MANETs, *Wirel. Netw.*, vol. 19, no. 7, pp. 1595–1609.
- [11] T. Issariyakul and E. Hossain 2009 *Introduction to Network Simulator NS2*. Boston, MA: Springer US.

## تطبيق شبكات EfficientNets في تصنيف

### الصور المقطعية

طالب الدراسات العليا: فاتن خليل

كلية: الهندسة المعلوماتية - جامعة: البعث

الدكتور المشرف: مهند رجب

#### ملخص

يعتبر ظهور خوارزميات EfficientNets حدثاً هاماً في مجال التعلّم العميق، حيث تعمل هذه الخوارزميات على إعادة النظر في ضبط وتحجيم الشبكات العصبونية التلافيفية ConvNets لتتناسب مع تغير حجم الموارد وتعطي دقة أفضل.

تعمل خوارزميات EfficientNets بشكل أدق على الموازنة بين عمق الشبكة وعرضها ودقتها بشكل متوازن لتعطي أداء أفضل.

بالنسبة لبحثنا اخترنا تطبيق عائلة خوارزميات EfficientNets وهي من EfficientNet-B0 إلى EfficientNet-B7 كما تمت مقارنة أداء هذه العائلة مع ResNet50 و denseNet121 على قاعدة بيانات لمرضى Covid-19 مصنفة إلى ثلاث فئات (مصاب بكورونا ، سليم ، مصاب بالتهاب رئوي).

كانت نتيجة البحث أن عائلة خوارزميات EfficientNet كانت ذات دقة ممتازة وقد تفوق أداء عدة نماذج منها على أداء خوارزميات التعلّم العميق الشائعة الاستخدام، تحديداً حقق EfficientNet-B5 أفضل نتائج من بين النماذج المستخدمة.

**الكلمات المفتاحية:** خوارزميات التعلّم العميق، التعلّم الآلي، الصور المقطعية، فيروس كورونا، الشبكات المتبقية، الشبكات الكثيفة، الشبكات الفعالة .

# Applying EfficientNets in CT scans classification

## Abstract

The emergence of EfficientNets algorithms is an important event in the field of deep learning, as these algorithms revisit the tuning and scaling of ConvNets to match the changing size of resources and give better accuracy.

EfficientNets algorithms more accurately balance network depth, width, and resolution in a balanced way to give better performance.

For our research, we chose to apply the EfficientNets family of algorithms, from EfficientNet-B0 to EfficientNet-B7. The performance of this family was compared with ResNet50 and densityNet121 on a database of Covid-19 patients classified into three categories ( Covid-19, healthy, suffering from other pulmonary infections).

The result of the research was that the family of EfficientNet algorithms had excellent accuracy and the performance of several models outperformed the performance of commonly used deep learning algorithms, specifically EfficientNet-B5 achieved the best results among the used models.

## keywords:

Deep learning algorithms, machine learning, CT scans, COVID-19, Resnets, Densenets, EfficientNet

## مقدمة :

تعتبر خوارزميات التعلم العميق ذات استخدام مهم وموثوق في المجال الطبي ولا تزال الأبحاث جارية حتى الآن لتحسين أداء هذه الخوارزميات من حيث السرعة والدقة. كما أن الصور المقطعية CT scans أثبتت أنها طريقة فعالة ودقيقة لتشخيص والتنبؤ بالأمراض مثل اكتشاف الأورام وتشخيص إصابات العظام وأمراض الصدر....؟

تمت الاستفادة من الصور المقطعية وتواجدها المسبق في المشافي من أجل استخدامها في اكتشاف مرض COVID-19 الذي كان محط اهتمام العلم منذ اكتشافه في عام 2020 ، كما أن الباحثين توجهوا لاستخدام وتجربة أداء خوارزميات التعلم العميق في اكتشاف هذا المرض، وقد أثبتت هذه الخوارزميات فعاليتها ودقتها حتى أنها تفوقت على مقياس PCR الذي يعطي حساسية منخفضة 0.7 وسرعة أقل مقارنة بخوارزميات التعلم العميق .

بالنسبة لخوارزميات EfficientNet تعتبر طريقة حديثة ظهرت عام 2019 وكان هدفها الأساسي تحسين الشبكات العصبونية التلافيفية من خلال تحجيمها عن طريق ضبط العمق depth والعرض width والدقة resolution بطريقة مدروسة وغير عشوائية لتصل إلى دقة أفضل.

في مجال بحثنا هذا أردنا تجربة أداء خوارزميات EfficientNet ومقارنتها مع بعض خوارزميات التعلم العميق في تصنيف مرضى COVID-19 باستخدام قاعدة بيانات صور مقطعية مقسمة لثلاث فئات ( مصاب COVID-19 ، سليم ، مصاب بالتهاب رئوي آخر ) .

## هدف البحث :

التحقق من فعالية ودقة خوارزميات عائلة EfficientNet في تشخيص والتنبؤ بالأمراض على الصور المقطعية CT، وتمت مقارنة الخوارزميات بدءاً من EfficientNetB0 إلى EfficientNetB7 بالإضافة إلى مقارنة هذه الخوارزميات مع خوارزميات تعلم عميق وهي ResNet و DenseNet.

## 1- أدوات البحث :

تم إجراء البحث باستخدام حاسب بمعالج انتل core i3 وذاكرة 8 غيغا بايت ، ونظام تشغيل Windows 10 / 64bit.  
تم العمل على بيئة Anaconda3 بالتحديد Jupyter Notebook.

## 2- الدراسات السابقة :

سنركز في هذا الجزء من مقالنا على الأبحاث التي ركزت على الصور المقطعية وتحديدًا التي تتناول فيروس COVID-19 والأبحاث التي تركز على خوارزميات EfficientNets.

البحث [1] هو الأحدث نشر عام 2023 تم فيه إنشاء مجموعة بيانات صور مفتوحة المصدر تعتمد على التصوير المقطعي المحوسب لـ 180 مريضاً مصاباً بفيروس COVID-19 و 86 مريضاً سلبياً تم أخذهم في مستشفى Bursa Yuksek Ihtisas للتدريب والبحوث.

وتظهر الدراسات التجريبية للبحث أن طريقة EfficientNet-ap nish المعدلة تستخدم مجموعة البيانات هذه بفعالية لأغراض التشخيص.

يتم الحصول على المعدلات الإحصائية من خلال نماذج EfficientNet المختلفة ويتم الحصول على أعلى درجة اكتشاف باستخدام إصدار EfficientNet-B4-ap-nish ، والذي يوفر معدل دقة 97.93% و F1score %97.33. الآثار المترتبة على الطريقة المقترحة هائلة لكل من التطبيقات الحالية والتطورات المستقبلية.

الدراسة [2] تقترح تطبيق نموذج تعلم عميق متعدد القنوات لاكتشاف أمراض الرئة باستخدام الصور الشعاعية للصدر chest X-rays، النماذج متعددة القنوات المستخدمة في هذه الدراسة هي نماذج EfficientNetB0 ، EfficientNetB1 و EfficientNetB2 المدربة مسبقاً.

تمت دراسة أداء الطريقة المقترحة بالتفصيل لأكثر من مرض رئوي مثل الالتهاب الرئوي والسل و COVID-19. بشكل عام ، كانت دقة الكشف للطريقة المقترحة 98% عن مرض الالتهاب الرئوي عند الأطفال ، 99% دقة الكشف عن مرض السل الرئوي و98% في الكشف عن مرض COVID-19.

في البحث [3] تم استخدام ResNet18 والتي أعطت نتائج تصل دقتها إلى 0.867 وحساسية 0.815 ودقة 0.808 و F1-score تبلغ 0.811.

قام الباحثون بتدريب وتقييم ResNet152 و DPN-92 و Inception-v3 و ResNet50 و Attention ResNet-50 باستخدام U-Net ++ ، ووصلوا إلى دقة وحساسية تصل إلى 0.9498 و 0.9406 على التوالي [4].

وبالمثل عمل باحثون آخرون على توسيع هذه الجهود أكثر من خلال التدريب الجماعي على VGG-16 ، AlexNet ، EfficientNetB0 ، Xception ، DenseNets ، VGG-19 ، Squeeze Net ، Google Net و MobileNet-V2 لتشخيص COVID-19 وتم الوصول إلى حساسيات تصل إلى 1.00 ودقة عالية وصلت 0.9951 في التشخيص [5].

في الآونة الأخيرة ركزت الأعمال بدلاً من ذلك على تطوير pipelines جديدة للتعلم الآلي لتصنيف COVID-19. على سبيل المثال ، طور البحث [6] مجموعة من شبكات CNN الضحلة للتمييز بين الصور الإيجابية والسلبية لـ COVID-19 ، وتم تحقيق دقة وحساسية 0.96 و 0.97 على التوالي.

طور البحث [7] نسخة معدلة من VGG16 سميت VGG16 - Norm والتي أنجزت دقة وحساسية 0.978 و 0.967 على التوالي.

اقترح البحث [8] إطاراً جديداً للتعلم العميق CovFrameNet الذي حقق النتيجة recall=0.85 ، و F1-score= 0.9 ، وخصوصية 1.0 في اكتشاف COVID-19.

اقترح البحث [9] طريقة تدمج نموذج ResNet-50 مع gradient-boosting لتصنيف الإصابة بفيروس كورونا ووصل إلى دقة 0.9784.

استخدام بحث آخر [10] stacked generalization ensemble learning باستخدام VGG16 وتم الحصول على دقة وحساسية وخصوصية و scoreF1 تبلغ 0.9357 و 0.9421 و 0.9393 و 0.9174 على التوالي.

### 3 - عائلة EfficientNet [11]

EfficientNet تعني إعادة النظر في نموذج القياس للشبكات العصبية التلافيفية.

#### 3.1 - هدف EfficientNet [11]

يتم تطوير الشبكات العصبونية التلافيفية ( ConvNets ) عادة بموارد ثابتة ثم يتم توسيع نطاقها للحصول على دقة أفضل في حالة توفر المزيد من الموارد، لذلك نشأت فكرة دراسة تقييس النموذج بشكل منهجي وذلك لأن الموازنة الدقيقة بين عمق الشبكة وعرضها ودقتها يمكن أن يؤدي إلى أداء أفضل.

بناءً على هذه الملاحظة ، قدمت الدراسة [11] طريقة قياس جديدة تقيس بشكل موحد جميع الأبعاد: العمق، العرض والدقة وذلك باستخدام معامل بسيط ولكنه فعال للغاية ، وقد ظهرت فعالية هذه الطريقة في توسيع نطاق شبكات ResNet و MobileNets حيث تم استخدام البنية العصبية لتصميم شبكة أساسية جديدة وتوسيع نطاقها للحصول على مجموعة أو عائلة من النماذج تسمى Efficient-Nets والتي تحقق دقة وكفاءة أفضل بكثير من ConvNets السابقة. حيث حقق efficientNetB5 دقة تصل إلى 97.1% على قاعدة بيانات ImageNet وهو أصغر بمقدار 8.4 مرة وأسرع بمقدار 6.1 مرة في الاستدلال من أفضل شبكة ConvNet موجودة.

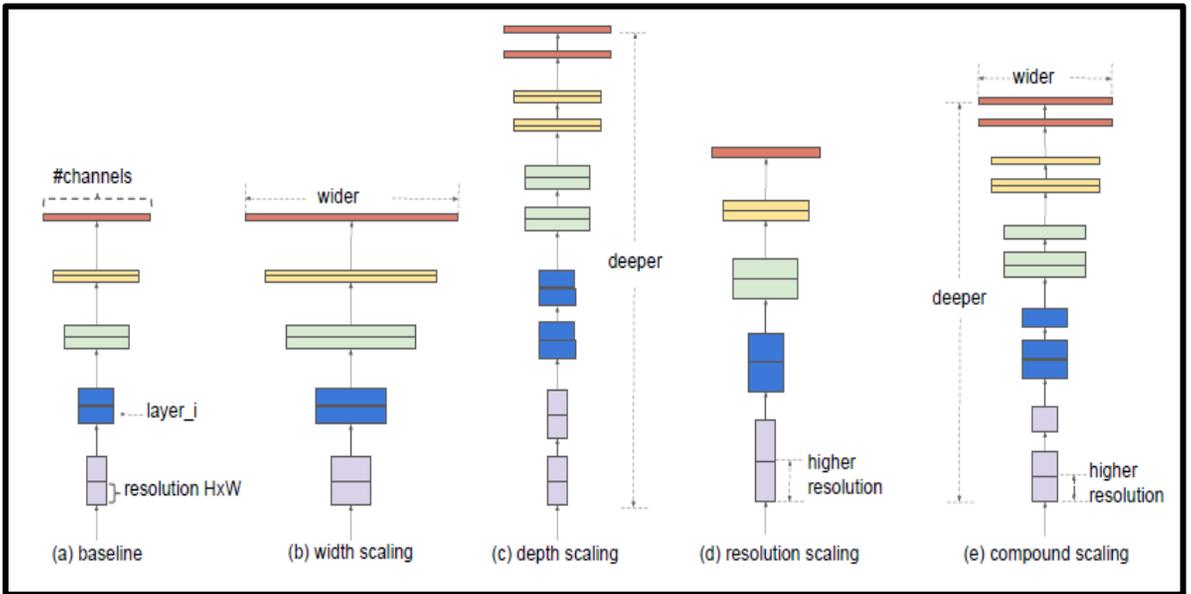
يتم استخدام توسيع نطاق شبكات ConvNets على نطاق واسع لتحقيق دقة أفضل. على سبيل المثال يمكن توسيع نطاق شبكة ResNet من ResNet-18 إلى ResNet-200 باستخدام المزيد من الطبقات ومؤخراً حقق GPipe دقة 84.3% على ImageNet من خلال توسيع نطاق نموذج أساسي ليصبح أكبر بأربع مرات. ومع ذلك فإن عملية توسيع نطاق ConvNets لم تكن مفهومة جيداً على الإطلاق وهناك حالياً العديد من الطرق للقيام بذلك. الطرق الأكثر شيوعاً هي توسيع نطاق ConvNets من خلال عمقها [13] أو عرضها [12]، وهناك طريقة أخرى أقل شيوعاً ولكنها تنتشر بشكل متزايد هي توسيع نطاق النماذج من خلال دقة الصورة [14].

في الأعمال السابقة للدراسة [11] من الشائع قياس أحد الأبعاد الثلاثة فقط ( العمق، العرض وحجم الصورة ). على الرغم من أنه من الممكن قياس بعدين أو ثلاثة أبعاد إلا أن هذا القياس يتطلب ضبطاً يدوياً مملاً وينتج عنه دقة وكفاءة دون المستوى الأمثل.

قام الباحثون بدراسة وإعادة التفكير في عملية توسيع نطاق شبكات ConvNets وتحديداً البحث عن إجابة السؤال المركزي: هل هناك طريقة مبدئية لتوسيع نطاق شبكات ConvNets يمكنها تحقيق دقة وكفاءة أفضل؟ تُظهر الدراسة التجريبية للباحثين أنه من

المهم تحقيق التوازن بين جميع أبعاد النموذج العرض / العمق / دقة الشبكة وهذا يمكن تحقيقه ببساطة عن طريق قياس كل منها بنسبة ثابتة ، بناء على ذلك اقترح الباحثون طريقة قياس بسيطة وفعالة. على عكس الطريقة التقليدية التي تقيس هذه العوامل بشكل عشوائي فإن الطريقة المقترحة للباحثين تقيس عرض الشبكة وعمقها ودقتها بشكل موحد باستخدام مجموعة من معاملات القياس الثابتة. على سبيل المثال إذا كان هناك حاجة لاستخدام موارد حسابية أكثر بمقدار  $2N$  مرة فيمكننا ببساطة زيادة عمق الشبكة بمقدار  $\alpha N$  ، العرض بمقدار  $\beta N$  وحجم الصورة بمقدار  $\gamma N$  حيث  $\alpha$  ،  $\beta$  ،  $\gamma$  معاملات ثابتة يحددها بحث صغير في الشبكة على النموذج الصغير الأصلي.

الشكل ( 1 ) يوضح الفرق بين طريقة القياس في EfficientNet و الطريقة التقليدية

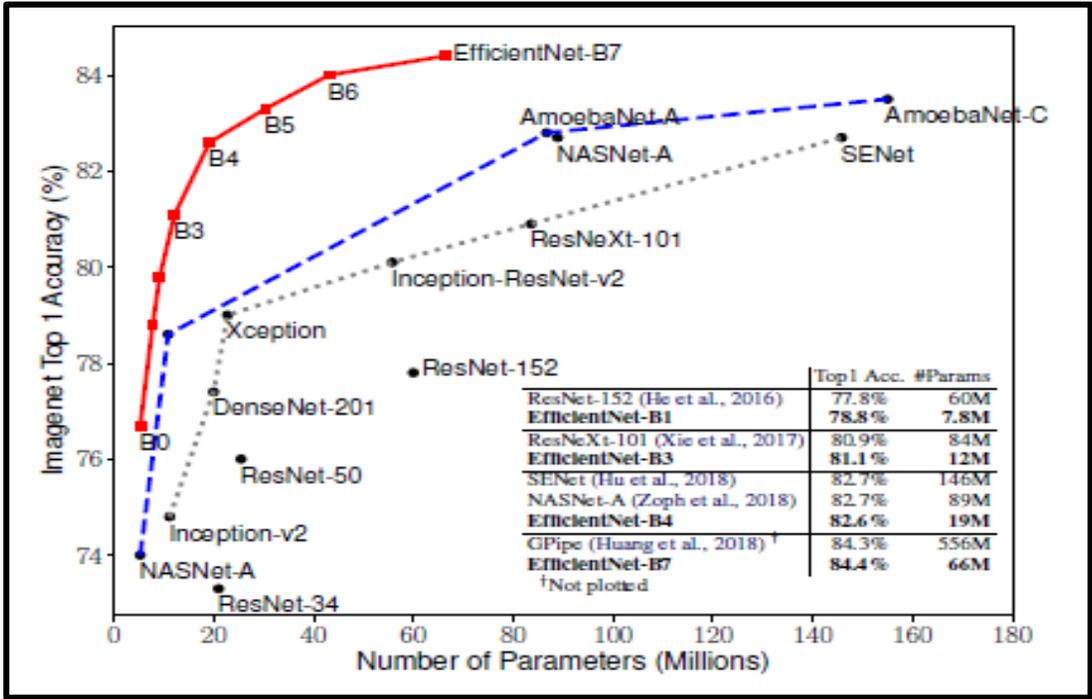


الشكل ( 1 ) تقيس النموذج ، (a) مثال للشبكة الأساسية (b) - (d) مقياس تقليدي يزيد بُعد واحد فقط للشبكة العرض أو العمق أو الدقة. (e) هو أسلوب القياس المركب والذي يقيس بشكل موحد جميع الأبعاد الثلاثة بنسبة ثابتة.

بشكل بديهي وجد الباحثون أن طريقة القياس المركب منطقية لأنه إذا كانت صورة الإدخال أكبر فستحتاج الشبكة إلى طبقات أكثر لزيادة المجال الاستقبالي والمزيد من القنوات لالتقاط أنماط أكثر دقة على الصورة الأكبر. في الواقع تُظهر الدراسات النظرية السابقة [15][16] والنتائج التجريبية [17] وجود علاقة معينة بين عرض الشبكة وعمقها ، ولكن وفقاً للباحثين الذين اقترحوا EfficientNet أنهم أول من حدد بشكل تجريبي العلاقة بين الأبعاد الثلاثة لعرض الشبكة وعمقها ودقتها.

لقد تم الاثبات أن طريقة القياس الجديدة تعمل جيداً على شبكات MobileNet [18] [19] و شبكات ResNet [13]. والجدير بالذكر أن فعالية تقييس النموذج تعتمد بشكل كبير على الشبكة الأساسية ومن أجل ذلك يتم استخدام الأبحاث عن بنية الشبكة العصبونية [20][21] لتطوير شبكة أساسية جديدة وتوسيع نطاقها للحصول على عائلة من النماذج تسمى EfficientNets.

يبين الشكل ( 2 ) أداء الشبكات على ImageNet حيث تتفوق شبكات EfficientNets بشكل كبير في الأداء على شبكات ConvNets الأخرى وتحديداً يتجاوز EfficientNet-B7 أفضل دقة محققة لـ GPipe [14] ولكن باستخدام بارامترات أقل بنسبة 8.4 وتشغيل أسرع بنسبة 6.1 أسرع في الاستنتاج.



الشكل ( 2 ) حجم النموذج مقابل دقة ImageNet. تتفوق شبكات EfficientNets في الأداء بشكل ملحوظ على شبكات ConvNets الأخرى. يحقق نموذج EfficientNet-B7 دقة عالية بنسبة 84.4% ولكنه أصغر بمقدار 8.4 مرة وأسرع 6.1 مرة من GPipe.

مقارنةً بشبكة ResNet المستخدمة على نطاق واسع [13] تعمل EfficientNet-B4 على تحسين الدقة من 76.3% التي حققتها ResNet-50 إلى 82.6% مع FLOPS مماثلة. إلى جانب ImageNet تنقل EfficientNets بشكل جيد وتحقق دقة جيدة في 5 من 8 مجموعات بيانات مستخدمة على نطاق واسع مع تقليل عدد البارامترات بما يصل إلى 21 ضعفاً من شبكات ConvNet الحالية.

### 3.2-تجيم النموذج : [11]

في هذا القسم قام الباحثون بصياغة مشكلة التقييس أو التحجيم ، ودراسة الأساليب المختلفة ، والطريقة الجديدة التي اقترحتها EfficientNet.

#### 3.2.1- صياغة المشكلة [11] :

يمكن تعريف طبقة الشبكة التلافيفية  $i$  على أنها تابع :  $Y_i = F_i(X_i)$  ، حيث يكون  $F_i$  هو المشغل و  $Y_i$  هو tensor الخرج،  $X_i$  هو tensor الدخل وشكل tensor يكون  $\langle H_i, W_i, C_i \rangle$  حيث  $H_i$  و  $W_i$  هي الأبعاد المكانية أي العمق والعرض أما  $C_i$  هي بعد القناة. يمكن تمثيل الشبكة ConvNet ونرمز لها بالرمز  $\mathcal{N}$  على شكل قائمة من الطبقات المركبة .

$$\mathcal{N} = \mathcal{F}_k \circ \dots \circ \mathcal{F}_1 \circ \mathcal{F}_1(X_1) = \bigcirc_{j=1 \dots k} \mathcal{F}_j(X_j)$$

من الناحية العملية غالباً ما يتم تقسيم طبقات ConvNet إلى مراحل متعددة وتنتشر كل جميع الطبقات في كل مرحلة نفس البنية: على سبيل المثال ، تحتوي شبكة ResNet على خمس مراحل وجميع الطبقات في كل مرحلة لها نفس النوع التلافيفي باستثناء الطبقة الأولى التي تنجز down-sampling. لذلك ، يمكننا تعريف ConvNet على النحو التالي:

$$(1) \quad \mathcal{N} = \bigcirc_{i=1 \dots s} F_i^{L_i}(X_{(H_i, W_i, C_i)})$$

حيث  $F_i^{L_i}$  تمثل أن الطبقة  $F_i$  تتكرر  $L_i$  مرة في المرحلة  $i$ ،  $(H_i, W_i, C_i)$  تعبر عن شكل tensor الدخل للطبقة  $i$ . الشكل 2a يوضح بنية ConvNet . حيث يتم تقليص البعد المكاني تدريجياً ولكن يتم توسيع بُعد القناة عبر الطبقات ، مثلاً تكون أبعاد الدخل  $(224, 224, 3)$  لتصبح أبعاد الخرج  $(7, 7, 512)$  .

على عكس تصميمات ConvNet العادية التي تركز في الغالب على العثور على أفضل بنية طبقات  $F_i$  ، تحاول طريقة تحجيم النموذج توسيع طول الشبكة ( $L_i$ ) والعرض ( $W_i$ ) والدقة ( $W_i$  ،  $H_i$ ) دون تغيير  $F_i$  المحددة مسبقاً في الشبكة الأساسية. يبسط تحجيم النموذج مشكلة التصميم لقيود الموارد الجديدة لكنه لا يزال يمثل مساحة تصميم كبيرة لاستكشاف  $L_i$  و  $C_i$  و  $H_i$  و  $W_i$  لكل طبقة.

### 3.2.2- تحجيم النموذج : [11]

الصعوبة الرئيسية كما حددها الباحثون للمشكلة الثانية هي أن الحل الأمثل  $d$  ،  $w$  ،  $r$  تعتمد على بعضها البعض وتتغير القيم في ظل قيود الموارد المختلفة لذلك تقوم الطرق التقليدية بتحجيم شبكات ConvNets في أحد هذه الأبعاد:

العمق  $d$ :

تحجيم عمق الشبكة هو الطريقة الأكثر شيوعاً التي تستخدمها العديد من شبكات ConvNets، الشبكات الأعمق يمكنها التقاط ميزات أغنى وأكثر تعقيداً وقابلة للتعميم على المهام الجديدة. ولكن الشبكات الأعمق هي أيضاً أكثر صعوبة في التدريب بسبب مشكلة vanishing gradient. على الرغم من أن العديد من التقنيات مثل skip connections و batch normalization تخفف من مشكلة التدريب، ولكن تحسين الدقة لشبكة عميقة جداً يتضاءل، فمثلاً تتمتع ResNet-1000 بدقة مماثلة لـ ResNet-101 على الرغم من أنها تحتوي على طبقات أكثر بكثير.

يوضح الشكل ( 3 / الأوسط ) تحجيم نموذج أساسي بمعامل عمق مختلف  $d$  مما يشير أيضاً إلى تناقص الدقة لشبكات ConvNets العميقة جداً.

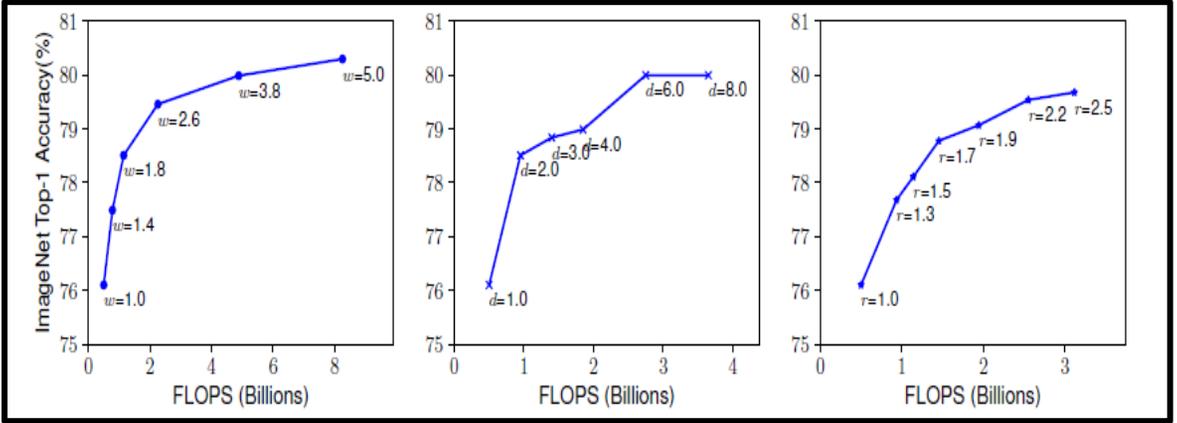
العرض  $w$ :

يتم تحجيم عرض الشبكة عادة للنماذج الصغيرة الحجم حيث تميل الشبكات الأوسع إلى أن تكون قادرة على التقاط المزيد من الميزات الدقيقة ويسهل تدريبها. ولكن الشبكات الواسعة ولكن الضحلة تميل إلى مواجهة صعوبات في التقاط ميزات ذات مستوى أعلى. تظهر النتائج التجريبية في الشكل ( 3 / اليسار ) أن الدقة تتشبع بسرعة عندما تصبح الشبكات أوسع مع  $w$  أكبر.

الدقة  $r$ : مع وجود صور مدخلات أعلى دقة يمكن أن تلتقط ConvNets أنماطاً بالغة الدقة. حيث كانت تستخدم الصور بأبعاد  $224 \times 224$  في أوائل شبكات ConvNets ، بينما تميل شبكات ConvNets الحديثة إلى استخدام  $299 \times 299$  أو  $331 \times 331$  للحصول على دقة أفضل ، على سبيل المثال حققت GPIPE أفضل دقة على ImageNet بدقة صورة  $480 \times 480$ .

تستخدم أيضاً درجات الدقة العالية مثل  $600 \times 600$  على نطاق واسع في شبكات ConvNets للكشف عن الأغراض ضمن الصور. يوضح الشكل ( 3 / يمين ) نتائج تحجيم دقة الشبكة حيث تعمل الدقة العالية للصور بالفعل على تحسين دقة الشبكة لكن كسب الدقة يتضاءل عندما تكون الدقة عالية جداً ( تشير  $r = 1: 0$  إلى الدقة  $224 \times 224$  و  $x$  و  $r = 2: 5$  تشير إلى الدقة  $560 \times 560$  ).

من التحليلات أعلاه توصل الباحثون إلى الملاحظة الأولى: يؤدي توسيع نطاق أي بُعد من أبعاد الشبكة عرضها أو عمقها أو دقة وضوحها إلى تحسين الدقة لكن الدقة تقل بالنسبة للنماذج الأكبر حجماً.



الشكل ( 3 ) : توسيع نطاق نموذج أساسي بمعامل عرض شبكة مختلف (w) ، وعمق (d) ، ودقة (r). تميل الشبكات الأكبر حجماً ذات العرض أو العمق أو الدقة الأكبر إلى تحقيق دقة أعلى لكن اكتساب الدقة يتشعب بسرعة بعد الوصول إلى 80% مما يدل على محدودية التحجيم أحادي البعد.

### 3.3 – بنية EfficientNet : [11]

بما أن تحجيم النموذج لا يغير مشغلي الطبقة  $\hat{F}_i$  في الشبكة الأساسية ، فإن وجود شبكة أساسية جيدة أمر بالغ الأهمية أيضاً. سيتم تقييم طريقة التحجيم باستخدام ConvNets الحالية ولكن من أجل إظهار فعالية طريقة التحجيم الجديدة بشكل أفضل ، طور الباحثون خط أساس جديد بحجم صغير يسمى EfficientNet.

بالاستفادة من البحث [20] ، تم تطوير شبكة أساسية من خلال الاستفادة من بحث بنية الشبكة العصبونية متعددة الأغراض والتي تعمل على تحسين الدقة.

تحديداً تم استخدام نفس مساحة البحث  $T^w [FLOPS (m) / ACC (m)]$  كهدف التحسين ، حيث  $ACC (m)$  و  $FLOPS (m)$  تمثل دقة النموذج m وعدد FLOPS.

T هو FLOPS الهدف و  $w = -0.07$  عبارة عن بارامتر فائق للتحكم في المفاضلة بين الدقة و FLOPS. ولكن على عكس [35] [40] هنا يتم تحسين FLOPS بدلاً من زمن الاستجابة latency.

نتج عن هذا البحث شبكة فعالة تمت تسميتها EfficientNet-B0. لأنه تم استخدام نفس مساحة البحث [20] فإن البنية تشبه Mnas-Net ، ولكن EfficientNet-B0 أكبر قليلاً بسبب هدف FLOPS (هدف FLOPS هو 400 مليون).

يوضح الجدول ( 1 ) بنية EfficientNet-B0 لبنة البناء الرئيسية هي MBConv المتنتقلة المقلوبة [19] [20] يضاف إليها تحسين squeeze-and- excitation [22].

Stage i	Operator $\hat{F}_i$	Resolution $(\hat{H}_i \times \hat{w}_i)$	#channels $\hat{C}_i$	#layers $\hat{L}_i$
1	Conv3x3	224 × 224	32	1
2	MBConv1, k3x3	112× 112	16	1
3	MBConv6, k3x3	112× 112	24	2
4	MBConv6, k5x5	56× 56	40	2
5	MBConv6, k3x3	28× 28	80	3
6	MBConv6, k5x5	28 × 28	112	3
7	MBConv6, k5x5	14× 14	192	4
8	MBConv6, k3x3	7× 7	320	1
9	Conv1x1 & Pooling & FC	7× 7	1280	1

الجدول ( 1 ) : EfficientNet-B0 baseline network ، كل سطر يصف مرحلة i مع  $\hat{L}_i$  طبقة ودقة الدخل  $(\hat{H}_i, \hat{w}_i)$  وقنوات الخرج  $\hat{C}_i$  تم اعتماد الرموز من المعادلة 2.

بدءاً من EfficientNet-B0 تطبق طريقة التحجيم المركب بخطوتين [11]:

الخطوة 1 : تثبيت  $\emptyset = 1$  بافتراض وجود موارد أكثر بضعفين وبإجراء بحث بسيط عن  $a, \beta, \gamma$  اعتماداً على المعادلة 2 تم إيجاد القيم الأفضل من أجل EfficientNet-B0 وهي  $a = 1.2, \beta = 1.1, \gamma = 1.15$  تحت القيد  $\alpha \cdot \beta^2 \cdot \gamma^2 \approx 2$

الخطوة 2 : تم تثبيت  $a, \beta, \gamma$  كثوابت وتغيير حجم الشبكة الأساسية مع  $\emptyset$  مختلفة بالاعتماد على المعادلة 2 للحصول على EfficientNet-B1 إلى EfficientNet-B7 كما هو موضح في الجدول ( 2 ) .

من الممكن تحقيق أداء أفضل من خلال البحث عن  $a, \beta, \gamma$  مباشرة في نموذج كبير لكن تكلفة البحث تصبح كبيرة جداً في النموذج الأكبر. لذلك تعمل طريقة EfficientNet على حل هذه المشكلة عن طريق إجراء بحث مرة واحدة فقط على الشبكة الأساسية الصغيرة (الخطوة 1) ثم استخدام نفس معاملات التحجيم لجميع النماذج الأخرى (الخطوة 2).

الجدول ( 2 ) : EfficientNet Performance Results on ImageNet ، يتم تحجيم جميع نماذج EfficientNet من الخط الأساسي EfficientNet-B0 باستخدام معامل مركب مختلف  $\emptyset$  في المعادلة 2. يتم تجميع شبكات ConvNet ذات الدقة المماثلة لـ top-1 / top-5 معاً لمقارنة الكفاءة. تعمل نماذج EfficientNet المحسنة باستمرار على تقليل البارامترات و FLOPS ( يصل إلى 8.4 ضعفاً في تقليل البارامترات وما يصل إلى 16 ضعفاً في تقليل FLOPS ) من ConvNets الحالية

Model	Top-1 Acc.	Top-5 Acc.	#Params	Ratio-to-EfficientNet	#FLOPS	Ratio-to-EfficientNet
<b>Efficient-B0</b>	<b>76.3%</b>	<b>93.2%</b>	<b>5.3M</b>	<b>1x</b>	<b>0.39B</b>	<b>1x</b>
ResNet-50	76.0%	93.0%	26M	4.9x	4.1B	11 x
DenseNet-169	76.2%	93.2%	14M	2.6x	3.5B	8.9 x
<b>EfficientNet-B1</b>	<b>78.8%</b>	<b>94.4%</b>	<b>7.8M</b>	<b>1x</b>	<b>0.70B</b>	<b>1 x</b>
ResNet-152	77.8%	93.8%	60M	7.6x	11B	16 x
DenseNet-264	77.9%	93.9%	34M	4.3x	6.0B	8.6 x
Inception-v3	78.8%	94.4%	24M	3.0x	5.7B	8.1 x
Xception	79.0%	94.5%	23M	3.0x	8.4B	12 x
<b>Efficient-B2</b>	<b>79.8%</b>	<b>94.9%</b>	<b>9.2M</b>	<b>1x</b>	<b>1.0B</b>	<b>1 x</b>
Inception-v4	80.0%	95.0%	48M	5.2x	13B	13 x
Inception-resnet-v2	80.1%	95.1%	56M	6.1x	13B	13 x
<b>Efficient-B3</b>	<b>81.1%</b>	<b>95.5%</b>	<b>12M</b>	<b>1x</b>	<b>1.8B</b>	<b>1 x</b>
ResNeXt-101	80.9%	95.6%	84M	7.0x	32B	18 x
PolyNet	81.3%	95.8%	92M	7.7x	35B	19 x
<b>Efficient-B4</b>	<b>82.6%</b>	<b>96.3%</b>	<b>19M</b>	<b>1x</b>	<b>4.2B</b>	<b>1 x</b>
SENet	82.7%	96.2%	146M	7.7x	42B	10 x
NASNet-A	82.7%	96.2%	89M	4.7x	24B	5.7 x
AmoebaNet-A	82.8%	96.1%	87M	4.6x	23B	5.5 x
PNASNet	82.9%	96.2%	86M	4.5x	23B	6.0 x
<b>Efficient-B5</b>	<b>83.3%</b>	<b>96.7%</b>	<b>30M</b>	<b>1x</b>	<b>9.9B</b>	<b>1 x</b>
AmoebaNet-C	83.5%	96.5%	155M	5.2x	41B	4.1 x
<b>Efficient-B6</b>	<b>84.0%</b>	<b>96.9%</b>	<b>43M</b>	<b>1x</b>	<b>19B</b>	<b>1 x</b>
<b>Efficient-B7</b>	<b>84.4%</b>	<b>97.1%</b>	<b>66M</b>	<b>1x</b>	<b>37B</b>	<b>1 x</b>
GPipe	84.3%	97.0%	557M	8.4x	-	-

الجدول ( 2 )

### 3.4- تقييم أسلوب التحجيم الجديد على شبكات ConvNets الحالية وشبكات EfficientNets الجديدة المقترحة. [11]

قام الباحثون أولاً بتقييم أسلوب التحجيم الجديد على شبكات ConvNets الحالية وشبكات EfficientNets الجديدة المقترحة.

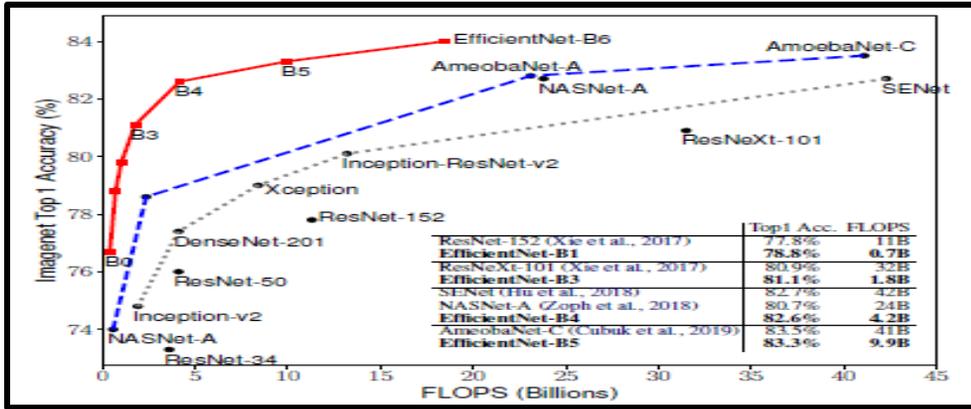
### 3.5- توسيع شبكات MobileNets و ResNets

أولاً تطبيق طريقة التحجيم الجديدة على شبكات MobileNets المستخدمة على نطاق واسع و ResNet .

Model	FLOPS	Top-1 Acc.
<b>BaseLine MobileNetV1</b>	<b>0.6B</b>	<b>70.6%</b>
Scale MobileNetV1 by width(w=2)	2.2B	74.2%
Scale MobileNetV1 by resolution(r=2)	2.2B	72.7%
Compound scale(d=1.4,w=1.2,r=1.3)	2.3B	75.6%
<b>BaseLine MobileNetV2</b>	<b>0.3B</b>	<b>72.0%</b>
Scale MobileNetV2 by depth(d=4)	1.2B	76.8%
Scale MobileNetV2 by width(w=2)	1.1B	76.4%
Scale MobileNetV2 by resolution(r=2)	1.2B	74.8%
MobileNet V2 compound scale	1.3B	77.4%
<b>Base Line ResNet50</b>	<b>4.1B</b>	<b>76.0%</b>
Scale ResNet-50 By depth(d=4)	16.2B	78.1%
Scale ResNet-50 By width(w=2)	14.7B	77.7%
Scale ResNet-50 By resolution(r=2)	16.4B	77.5%
ResNet-50 compound scale	16.7B	78.8%

الجدول ( 3 ) : Scaling Up MobileNets and ResNet.

يوضح الجدول ( 3 ) نتائج تحجيم ImageNet بطرق مختلفة. بالمقارنة مع طرق التحجيم أحادية البعد الأخرى تعمل طريقة التحجيم المركب على تحسين الدقة في جميع هذه النماذج مما يشير إلى فعالية طريقة التحجيم المقترحة لشبكات ConvNets العامة الحالية.



الشكل ( 4 ) : FLOPS vs. ImageNet Accuracy

### 3.5- نتائج ImageNet لـ EfficientNet

قام الباحثون [11] بتدريب نماذج EfficientNet على ImageNet باستخدام إعدادات مماثلة للبحث [20] : مُحسَّن RMSProp مع  $\text{decay} = 0.9$  و  $\text{momentum} = 0.9$ ،  $\text{batch norm momentum} = 0.99$ ،  $\text{weight decay} = 1e-5$ ، معدل التعلم الأولي 0.256 يتلاشى بمقدار 0.97 كل 2.4 دورة. تُستخدم أيضاً سياسة التنشيط التلقائي الثابت للتفعيل السريع [25]، والعمق العشوائي [14] مع انخفاض معدل الاتصال connect ratio بمقدار 0.3.

كما هو معروف أن النماذج الأكبر تحتاج إلى مزيد من التنظيم لذلك تتم الزيادة الخطية لمعدل dropout من 0.2 من أجل EfficientNet-B0 إلى 0.5 من أجل EfficientNet-B7.

يوضح الجدول ( 4 ) أداء جميع نماذج EfficientNet التي تم تحجيمها من نفس الأساس EfficientNet-B0. تستخدم نماذج EfficientNet عموماً عدداً أقل من البارامترات و FLOPS من شبكات ConvNets الأخرى ذات الدقة المماثلة. تحقق EfficientNet-B7 دقة top1 84.4% و top-5 97.1% مع 66M بارامتر و 37B FLOPS ، كونها أكثر دقة ولكنها أصغر بـ 8.4 ضعفاً من أفضل GPipe موجود [14].

### 3.6- التعلم بالنقل في EfficientNet [11]

لقد تم تقييم شبكة EfficientNet في قائمة مجموعات بيانات التعلم بالنقل الشائعة الاستخدام ، كما هو موضح في الجدول ( 5 ) بأخذ نفس إعدادات التدريب من [14]، والتي تأخذ checkpoints الخاصة بـ ImageNet المدربة مسبقاً وتضبط البارامترات بما يناسب البيانات الجديدة.

يوضح الجدول ( 4 ) أداء التعلم بالنقل:

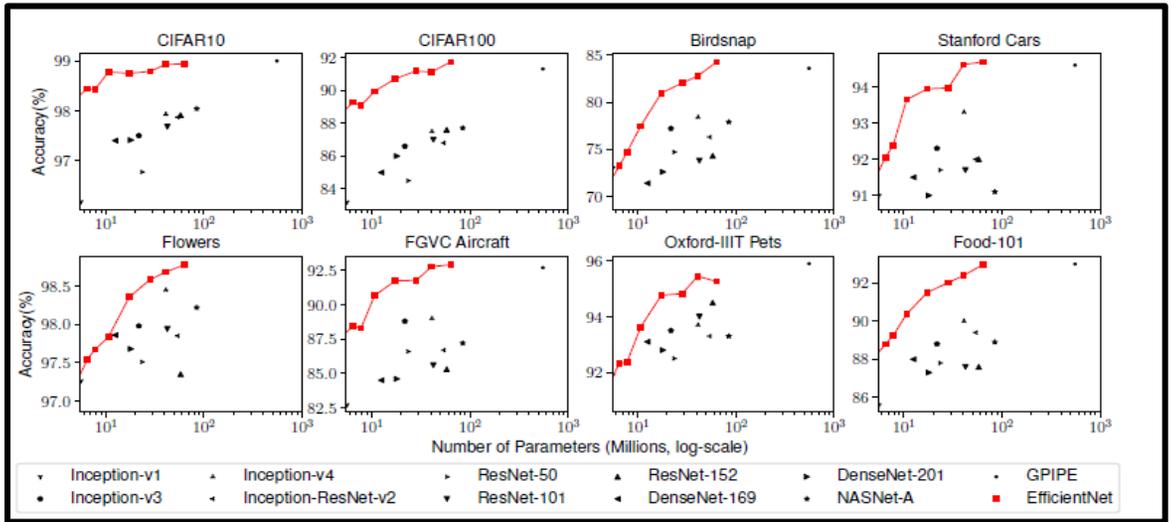
(1) مقارنة بالنماذج العامة المتاحة مثل NASNet-A و Inception-v4، تحقق نماذج EfficientNet دقة أفضل مع تقليل البارامترات بمقدار 4.7 ضعفاً (حتى 21 ضعفاً) .

(2) بالمقارنة مع أحدث النماذج ، بما في ذلك DAT التي تجمع ديناميكياً بيانات التدريب و GPipe التي يتم تدريبها بخطوط أنابيب متوازية متخصصة ، لا تزال نماذج EfficientNet تتفوق دقتها في 5 من أصل 8 مجموعات بيانات وباستخدام بارامترات أقل بمقدار 9.6 مرة.

الشكل ( 4 ) يقارن منحى بارامترات الدقة لمجموعة متنوعة من النماذج حيث تحقق EfficientNets باستمرار دقة أفضل بترتيب من البارامترات أقل من النماذج الحالية ، بما في ذلك ResNet ، Inception ، DenseNet و NASNet .

Comparison to best public-available results						Comparison to best reported results						
Model	Acc.	#Param	Our Model	Acc.	#Param(ratio)	Model	Acc.	#Param	Our Model	Acc.	#Param(ratio)	
CIFAR-10	NASNet-A	98.0%	85M	EfficientNet-B0	98.1%	4M (21x)	Gpipe	99.0%	556M	EfficientNet-B7	98.9%	64M (8.7x)
CIFAR-100	NASNet-A	87.5%	85M	EfficientNet-B0	88.1%	4M (21x)	Gpipe	91.3%	556M	EfficientNet-B7	91.7%	64M (8.7x)
Birdsnap	Inception-v4	81.8%	41M	EfficientNet-B5	82.0%	28M (1.5x)	Gpipe	83.6%	556M	EfficientNet-B7	84.3%	64M (8.7x)
Stanford Cars	Inception-v4	93.4%	41M	EfficientNet-B3	93.6%	10M (4.1x)	DAT	94.8%	556M	EfficientNet-B7	94.7%	64M (8.7x)
Flowers	Inception-v4	98.5%	41M	EfficientNet-B5	98.5%	28M (1.5x)	DAT	97.7%	556M	EfficientNet-B7	98.8%	64M (8.7x)
FGVC Aircraft	Inception-v4	90.9%	41M	EfficientNet-B3	90.7%	10M (4.1x)	DAT	92.9%	556M	EfficientNet-B7	92.9%	64M (8.7x)
Oxford-IIIT Pets	ResNet-152	94.5%	58M	EfficientNet-B4	94.8%	17M (5.6x)	Gpipe	95.9%	556M	EfficientNet-B6	95.4%	41M (14x)
Food-101	Inception-v4	90.8%	41M	EfficientNet-B4	91.5%	17M (5.6x)	Gpipe	93.0%	556M	EfficientNet-B7	93.0%	64M (8.7x)
GeoMean					4.7x						9.6x	

الجدول ( 4 ) : نتائج أداء EfficientNet على مجموعات بيانات التعلم بالنقل Transfer Learning Datasets . تحقق نماذج EfficientNet دقة ممتازة في 5 من أصل 8 مجموعات بيانات مع بارامترات أقل بمقدار 9.6 مرة في المتوسط.



الشكل ( 5 ) : بارامترات النموذج مقابل دقة التعلم بالنقل - تم التدريب جميع النماذج مسبقاً على ImageNet ثم إنجاز finetuning على مجموعات بيانات جديدة.

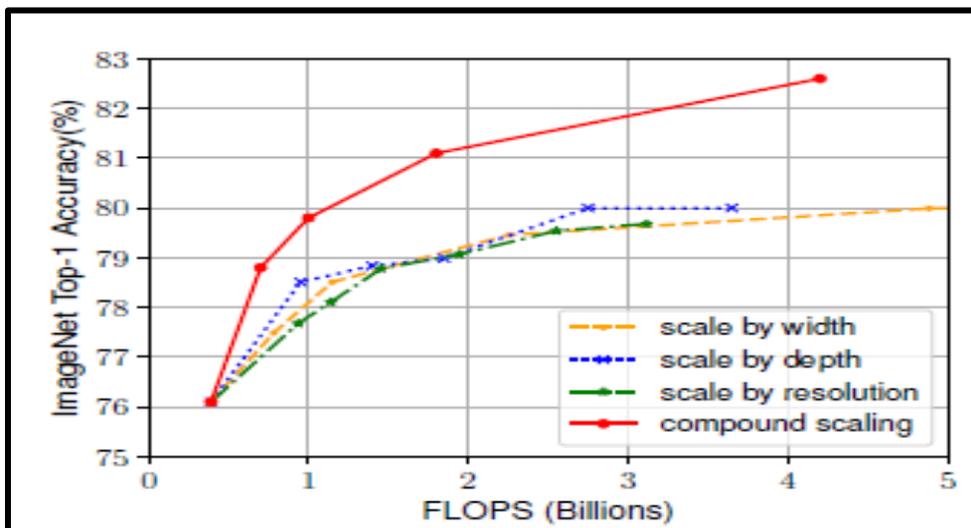
Dataset	Train Size	Test Size	#Classes
CIFAR-10	50000	10000	10
CIFAR-100	50000	10000	100
Birdsnap	47386	2443	500
Stanford Cars	8144	8041	196
Flowers	2040	6149	102
FGVC Aircraft	6667	3333	100
Oxford-IIIT Pets	3680	3369	37
Food-101	75750	25250	101

الجدول ( 5 ) : مجموعات بيانات التعلم بالنقل

(Transfer Learning Datasets)

### 3.7- توضيح مساهمة الباحثين: [11]

لتوضيح مساهمة الباحثين في اكتشاف طريقة التحجيم المقترحة من بنية EfficientNet ، يقارن الشكل ( 5 ) أداء ImageNet لطرق التحجيم المختلفة لنفس الشبكة الأساسية EfficientNet-B0. بشكل عام تعمل جميع طرق التحجيم على تحسين الدقة بتكلفة المزيد من FLOPS ، ولكن طريقة التحجيم المركب يمكن أن تحسن الدقة بنسبة تصل إلى 2.5% أكثر من طرق القياس أحادية البعد الأخرى مما يشير إلى أهمية التحجيم المركب المقترح.



الشكل ( 6 ) : توسيع EfficientNet-B0 بعدة طرق

أي في النتيجة هذا البحث يدرس بشكل منهجي تحجيم ConvNet ويحدد أن الموازنة الدقيقة بين عرض الشبكة وعمقها ودقتها مهمة ولكنها مفقودة مما يمنع من تحقيق دقة وكفاءة أفضل. لمعالجة هذه المشكلة تم اقتراح طريقة تحجيم مركب بسيطة وفعالة للغاية والتي تمكننا من توسيع نطاق ConvNet الأساسي بسهولة إلى أي قيود على الموارد المستهدفة بطريقة أكثر بساطة مع الحفاظ على كفاءة النموذج. بدعم من طريقة التحجيم المركب هذه توضح أن نموذج EfficientNet يمكن توسيع نطاقه بشكل فعال للغاية متجاوزاً أحدث دقة مع عدد أقل من البارامترات و FLOPS ، على كل من ImageNet وخمس مجموعات بيانات تعلم بالنقل شائعة الاستخدام .

#### 4- البيانات المستخدمة :

قدم تحدي Covid-19 SPGC 2021 مجموعة بيانات SPGC-Covid لتقييم أساليب المشاركين. تحتوي مجموعة البيانات على صور مقطعية للصدر لمرضى إيجابيين يحملون COVID-19 ، والالتهاب الرئوي والمرضى الطبيعيين أي لا يحملون COVID-19 . يتكون كل فحص بالأشعة المقطعية من جميع شرائح التصوير المقطعي بحجم 512x512 وبصيغة DICOM .

رابط البيانات المستخدمة:

<http://i-sip.encs.concordia.ca/2021SPGC-COVID19/data.html>

تم جمع حالات Covid-19 من شباط 2020 إلى نيسان 2020 ، في حين تم جمع حالات الالتهاب الرئوي والحالات العادية من نيسان 2018 إلى كانون الأول 2019 وكانون الثاني 2019 إلى أيار 2020 .

هذه البيانات مقسمة إلى ثلاثة أجزاء تدريب بنسبة 70% ، اختبار بنسبة 20% و تحقق بنسبة 10% ، ال labels للصور المقطعية معروفة من أجل بيانات التدريب والتحقق ولكن بيانات الاختبار غير معروفة تم الحصول على مجموعات التدريب والتحقق من 307 مسحاً بالأشعة المقطعية للصدر وهي ( 171 مريضاً إيجابياً لـ COVID-19 ، و 60 مصاباً بالتهاب رئوي و 76 حالة طبيعية ) .

#### 4.1- المعالجة المسبقة للبيانات :

قمنا أيضاً بزيادة جميع الصور في مجموعة بيانات التدريب من خلال إضافة دورانات عشوائية ، تحولات أفقية ، وتحولات رأسية ، وانحرافات . أخيراً ، تم خلط جميع الصور الموجودة في مجموعة بيانات التدريب لزيادة التباين مع تقدم النموذج .

## 5- تدريب وتقييم النموذج :

### 5.1- مرحلة التدريب :

تم تدريب وتقييم 10 نماذج لأغراض هذه الدراسة مشتقة من النماذج الأساسية التالية:  
EfficientNetB0 ، EfficientNetB1 ، EfficientNetB2 ، EfficientNetB3 ،  
EfficientNetB4 ، EfficientNetB5 ، EfficientNetB6 ، EfficientNetB7 ،  
ResNet50 ، DenseNet121.

تم الاحتفاظ بالبنية العامة للنموذج نظراً لأدائها النموذجي وتهيئة الأوزان باستخدام إصداراتها من ImageNet. مع تغيير طبقة SoftMax الأخيرة لجعل النماذج متوافقة مع التصنيف بين الصور الإيجابية والصور الصحية وصور التهابات الرئة الأخرى. على الرغم من أن بنية الشبكة ظلت كما هي فقد تم تدريب أوزان النموذج بالكامل من نقطة الصفر. سمح لنا ذلك بالتأكد من أن كل وحدة ذاكرة في بنية النموذج المقترح تم ضبطها جيداً fine-tuned ومفيدة في التصنيف ، بدلاً من الإرسال الذي لا فائدة منه للمعلومات الذي قد تحدث غالباً في التعلم بالنقل .

تم إجراء دراسة تجريبية على مجموعة فرعية من صور مجموعة البيانات الأصلية لتحديد البارامترات الفائقة المثلى لاستخدامها في تدريب النموذج، اعتمدنا على محسن آدم Adam Optimizer بمعدل تعلم 0.0001 بعدها قمنا بتخفيض معدل تعلم المحسن بعامل 0.5 بعد 3 فترات متتالية حيث كانت الزيادات في الأداء 0.0001 أو أقل. أخيراً ، قمنا بمراقبة أداء النموذج خلال كل فترة باستخدام تقسيم التحقق من الصحة (85.15) في بيانات التدريب.

## 5.2- تقييم النموذج :

تم تدريب كل نموذج والتحقق من صحته من خلال تشغيل 25 دور وتحديد الدقة ،  
الخصوصية ، الحساسية و F1 score لكل فئة. فيما يلي وصف بسيط للمقاييس  
المستخدمة في التقييم:

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{TN + FP}$$

$$\text{Sensitivity or Recall} = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$\text{F1Score} = 2 * \frac{\text{Precision} * \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$$

حيث:

في حالة تشخيص COVID-19 فإن الفشل في تصنيف المرضى الذين يحملون المرض  
يسمح للمرض بالانتشار بشكل أوسع ويعرض المزيد من الأشخاص لخطر الإصابة. أما  
في الحالة المعاكسة إذا تم تصنيف أشخاص لا يحملون المرض على أنهم مرضى فيمكن  
تصحيح هذا الخطأ بإجراء فحص PCR ولكن العملية هنا تعتبر مكلفة ومستهلكة للوقت.  
لذلك كل النتائج تؤكد على موضوع الحساسية أي قدرة النموذج على تشخيص مريض  
موجب مصاب بالمرض على أنه مصاب.

## 6- النتائج :

### 6.1- تصنيف الصور التي تحوي COVID-19 :

الجدول ( 6 ) يلخص أداء جميع النماذج المدربة في تصنيف الصور الإيجابية ( أي تحمل المرض ) ، EfficientB5 حصلت على أعظم القيم في مقاييس F1 score ، Accuracy و Sensitivity بينما حصل DenseNet على أعظم قيمة في Specificity و Precision.

Model	F1 score	Accuracy	Sensitivity	Specificity	precision
EfficientNet B0	0.965	0.963	0.965	0.960	0.964
EfficientNet B1	0.932	0.927	0.932	0.923	0.935
EfficientNet B2	0.956	0.953	0.947	0.959	0.962
EfficientNet B3	0.959	0.958	0.955	0.961	0.964
EfficientNet B4	0.965	0.963	0.963	0.963	0.966
EfficientNet B5	0.976	0.975	0.978	0.973	0.975
EfficientNet B6	0.961	0.959	0.966	0.953	0.957
EfficientNet B7	0.944	0.943	0.939	0.947	0.951
ResNet50	0.962	0.962	0.961	0.964	0.967
DenseNet 121	0.970	0.969	0.965	0.975	0.976

الجدول ( 6 ) ملخص أداء تصنيف COVID-19 ، النموذج الأفضل أداءً كان EfficientB5 وحصل على أعظم القيم في مقاييس F1 score ، Accuracy و Sensitivity بينما حصل DenseNet169 على أعظم قيمة في Specificity و Precision.

## 6.2- تصنيف الصور الصحية :

الجدول ( 7 ) يلخص أداء جميع النماذج المدربة على الصور الصحية النموذج الأفضل أداءً كان EfficientB5 وحصل على أعظم القيم في مقاييس Accuracy ، F1 score ، Sensitivity، Specificity و Precision.

Model	F1 score	Accuracy	Sensitivity	Specificity	Precision
<b>EfficientNet B0</b>	0.791	0.920	0.825	0.941	0.765
<b>EfficientNet B1</b>	0.730	0.8965	0.787	0.920	0.704
<b>EfficientNet B2</b>	0.794	0.918	0.848	0.935	0.755
<b>EfficientNet B3</b>	0.791	0.919	0.833	0.938	0.760
<b>EfficientNet B4</b>	0.792	0.922	0.819	0.944	0.774
<b>EfficientNet B5</b>	0.821	0.932	0.840	0.950	0.801
<b>EfficientNet B6</b>	0.789	0.917	0.846	0.933	0.744
<b>EfficientNet B7</b>	0.781	0.916	0.816	0.935	0.753
<b>ResNet50</b>	0.778	0.917	0.790	0.944	0.767
<b>DenseNet 121</b>	0.783	0.919	0.804	0.944	0.770

الجدول ( 7 )

## 6.3- تصنيف الصور التي تحوي التهاب رئوي :

الجدول ( 8 ) يلخص أداء جميع النماذج المدربة على الصور التي تحوي التهاب رئوي ، النموذج الأفضل أداءً كان EfficientB5 وحصل على أعظم القيم في مقاييس Accuracy ، F1score ، Sensitivity بينما حقق DenseNet أعلى قيم من حيث Sensitivity أما EfficientB6 حصل على أعلى قيمة من حيث Specificity و Precision.

Model	F1 score	Accuracy	Sensitivity	Specificity	precision
<b>EfficientNet B0</b>	0.820	0.898	0.797	0.940	0.848
<b>EfficientNet B1</b>	0.748	0.862	0.721	0.922	0.788
<b>EfficientNet B2</b>	0.812	0.893	0.790	0.937	0.839
<b>EfficientNet B3</b>	0.817	0.895	0.797	0.936	0.841
<b>EfficientNet B4</b>	0.828	0.900	0.814	0.937	0.849
<b>EfficientNet B5</b>	0.838	0.907	0.817	0.945	0.864
<b>EfficientNet B6</b>	0.815	0.896	0.774	0.948	0.865
<b>EfficientNet B7</b>	0.803	0.885	0.790	0.926	0.823
<b>ResNet50</b>	0.817	0.893	0.811	0.927	0.827
<b>DenseNet 121</b>	0.823	0.896	0.818	0.929	0.831

الجدول ( 8 )

## 7- مناقشة النتائج :

أظهرت CNNs زيادة كبيرة في حساسية تشخيص COVID-19 باستخدام التصوير المقطعي مقارنة بـ RT-PCR [20] . كما حققت عائلة EfficientNet أداءً جيداً للغاية في التشخيص. حصل EfficientNetB5 على أعلى F1 score ودقة وحساسية للصور الإيجابية لـ COVID-19 ، أعلى F1 score ودقة وحساسية وخصوصية للصور الصحية ، وأعلى F1 score ودقة لصور الالتهابات الرئوية الأخرى. وقد كان دائماً المصنف الأكثر توازناً كما هو موضح من خلال أعلى F1 score باستمرار وأظهر مستويات عالية من الأداء لجميع فئات التصنيف.

في بيئة يسودها فيروس كورونا COVID-19 ، يعد تخفيف العدوى الثانوية أمراً بالغ الأهمية ويجب على المرء أن يضمن عدم تصنيف المريض المصاب على أنه يتمتع

بصحة جيدة ، ومن ثم اعتبرت الحساسية مقياساً مهماً للغاية. مع حساسية 0.9788 ، كان أداء EfficientNetB5 أعلى بكثير من جميع النماذج الأخرى.

لتفسير النتيجة التي حصل عليها EfficientNetB5 هو بسبب طبيعة البيانات المستخدمة والتي تعتبر متوسطة الحجم أما لو أن البيانات أكبر حجماً فمن المتوقع وحسب دراسة بنية EfficientNets يجب أن تكون نماذج B6 و B7 أفضل. أما في البيانات الأصغر حجماً فستكون النماذج B0، B1، B2، B3 و B4 أفضل حسب حجم البيانات.

النماذج الأخرى البارزة من فئة EfficientNet هي EfficientNetB0 و EfficientNetB5 على الرغم من أن EfficientNetB0 هو أصغر نموذج في الحجم (43.24 ميغابايت) حصل على ثاني أعلى F1score لتصنيف COVID-19 بين عائلة EfficientNet والخامس الأعلى بشكل عام ، خامس أعلى F1 score لتصنيف الصور الصحية ، وسادس أعلى F1 score لتصنيف الالتهابات الرئوية الأخرى. نظراً لأنه سيتم نشر نماذج التعلم الآلي هذه في المستشفيات ذات الموارد الحسابية المحدودة المحتملة ، فإن EfficientNetB0 يوفر شبكة بسيطة للنشر على الأجهزة المتطورة ذات موارد الحوسبة المحدودة.

على الرغم من أن EfficientNet-B5 كان دائماً هو المصنف الأكثر توازناً، إلا أننا سنكون مقصرين في عدم الاعتراف بإمكانيات DenseNets ، التي قدمت ميزتين هامتين : أداء نموذج عالي مع حجم شبكة منخفض. كما أن نماذج DenseNet أصبحت بأحجام أقل بشكل كبير من النموذج ResNet50. كما أنهم تفوقوا على ResNet50 في كل مقياس تصنيف فردي (F1score ، الدقة ، الحساسية ، الخصوصية ) والفئة ( COVID-19 إيجابية ، صحية ، وعدوى رئوية أخرى ) .

إجمالاً تعد DenseNets شبكات واعدة أخرى ولكنها غير مستغلة بالكامل لتشخيص COVID 19.

على الرغم من أن النماذج التي عملنا عليها يمكن أن تقدم دقة عالية لتشخيص COVID-19 ، يجب مراعاة العديد من العوامل التكنولوجية والاقتصادية والطبية والنفسية قبل نشرها في بيئات الزمن الحقيقي.

أولاً : لا يزال التعلم العميق يحتفظ بالعناصر بطابع الصندوق الأسود. وبالتالي من الصعب تحديد التغييرات في أداء النموذج من التغييرات في بنية الشبكة والأوزان. هذا يمكن أن يجعل التعميم وقابلية التوسع للنماذج تحدياً عالمياً.

ثانياً : تكلفة التصوير المقطعي المحوسب أعلى بكثير من تكلفة اختبار RT-PCR العادي وهذا يجعل من الصعب إدراجه في الممارسات اليومية لفحص المرضى.

ثالثاً : للتصوير المقطعي ذو ضرر إشعاعي غير معلن عنها حيث أن التعرض للأشعة المقطعية على الصدر بشكل كبير يزيد من فرص الإصابة بالأورام الخبيثة في السنوات اللاحقة ، وبالتالي لا يكون دائماً الاختيار الأمثل للاختبار.

رابعاً : يتم توجيه النقد لنشر الأنظمة القائمة على الذكاء الاصطناعي في المستشفيات بسبب آثارها النفسية المحتملة على الأفراد. حيث أن الأطباء يساعدون في تشخيص المرضى ويقدمون لهم أيضاً الدعم العاطفي والمشورة العملية بشأن التعامل مع المرض.

أخيراً : قد تتشكك بعض العائلات في النتائج التي تم الحصول عليها من نظام قائم على الحاسوب مقابل طبيب لديه سنوات من الخبرة. نتيجة لذلك ، بالرغم من النماذج الحالية هي أداة مفيدة في مساعدة الأطباء في التشخيص ، فإنها تعمل حالياً فقط كدليل على دقة التشخيص.

## المراجع :

- [1] Zuhail Kurt, Sahin Isik, Zeynep Kaya<sup>3</sup>, Yıldırday Anagun, “Evaluation of EfficientNet models for COVID-19 detection using lung parenchyma”, Springer Nature, 2023
- [2] Vinayakumar Ravi ,Vasundhara Acharya ,Mamoun Alazab, “ A multichannel EfficientNet deep learning-based stacking ensemble approach for lung disease detection using chest X-ray images”, Cluster Computing,2022
- [3] Butt, C., Gill, J., Chun, D., & Babu, B. A.” Deep learning system to screen coronavirus disease 2019 pneumonia”, Applied Intelligence, (2020).
- [4] Wang, Bo, Jin, Shuo, Yan, Qingsen, Xu, Haibo, Luo, Chuan, “AI-assisted CT imaging analysis for COVID-19 screening: Building and deploying a medical AI system”, Applied Soft Computing, 2020.
- [5] Ardakani, Ali Abbasian, Kanafi, Alireza Rajabzadeh, Rajendra Acharya, U., Khadem, Nazanin, & Mohammadi, Afshin , “Application of deep learning technique to manage COVID-19 in routine clinical practice using CT images”, Computers in Biology and Medicine, 121, 103795, (2020).

[6] Foysal, M., & Aowlad Hossain, A. B. M., "COVID-19 Detection from Chest CT Images using Ensemble Deep Convolutional Neural Network", (2021).

[7] Ibrahim, M. R., Youssef, S. M., & Fathalla, K. M, "Abnormality detection and intelligent severity assessment of human chest computed tomography scans using deep learning: A case study on SARS-COV-2 assessment", Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 2021.

[8] Oyelade, Olaide Nathaniel, Ezugwu, Absalom El-Shamir, & Chiroma, Haruna , "CovFrameNet: an enhanced deep learning framework for COVID-19 detection". IEEE Access, 9, 77905-77919, (2021)..

[9] Garg, P., Ranjan, R., Upadhyay, K., Agrawal, M., & Deepak, D. "Multi-Scale Residual Network for Covid-19 Diagnosis Using Ct-Scans", (2021).

[10] Li, Xiaoshuo, Tan, Wenjun, Liu, Pan, Zhou, Qinghua, Yang, Jinzhu, & Pavone, Luigi , "Classification of COVID-19 chest CT images based on ensemble deep learning". Journal of Healthcare Engineering, 2021, 1-7.

[11] Mingxing Tan, Quoc V. Le, "EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks", International

Conference on Machine Learning, Long Beach, California, PMLR 97, 2019.

[12] Zagoruyko, S. and Komodakis, N. "Wide residual networks". BMVC, 2016.

[13] He, K., Gkioxari, G., Dollár, P., and Girshick, R. Mask r-cnn. ICCV, pp. 2980–2988, 2017.

[14] Huang, Y., Cheng, Y., Chen, D., Lee, H., Ngiam, J., Le, Q. V., and Chen, Z. "Gpipe: Efficient training of giant neural networks using pipeline parallelism". arXiv preprint arXiv:1808.07233, 2018.

[15] Lu, Z., Pu, H., Wang, F., Hu, Z., and Wang, L. "The expressive power of neural networks: A view from the width",NeurIPS, 2018.

[16] Raghu, M., Poole, B., Kleinberg, J., Ganguli, S., and Sohl-Dickstein, J. "On the expressive power of deep neural networks", ICML, 2017.

[17] Zagoruyko, S. and Komodakis, N. "Wide residual networks", BMVC, 2016.

[18] Howard, A. G., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T., Andreetto, M., and Adam, H. "Mobilenets:Efficient

convolutional neural networks for mobile vision applications”, arXiv preprint arXiv:1704.04861, 2017.

[19] Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., and Chen, L.-C. “Mobilenetv2: Inverted residuals and linear bottlenecks”, CVPR, 2018.

[20] Tan, M., Chen, B., Pang, R., Vasudevan, V., Sandler, M., Howard, A., and Le, Q. V. “MnasNet: Platform-aware neural architecture search for mobile”, CVPR, 2019.

[21] Zoph, B. and Le, Q. V. “Neural architecture search with reinforcement learning”, ICLR, 2017

[22] Hu, J., Shen, L., and Sun, G. “Squeeze-and-excitation networks”, CVPR, 2018.

[23] Zoph, B., Vasudevan, V., Shlens, J., and Le, Q. V. “Learning transferable architectures for scalable image recognition”, CVPR, 2018.

[24] Real, E., Aggarwal, A., Huang, Y., and Le, Q. V. “Regularized evolution for image classifier architecture search”. AAAI, 2019.

[25] Cai, H., Zhu, L., and Han, S. “Proxylessnas: Direct neural architecture search on target task and hardware”. ICLR,2019.

[26] Cubuk, E. D., Zoph, B., Mane, D., Vasudevan, V., and Le, Q. V. “Autoaugment: Learning augmentation policies from data”. CVPR, 2019.

[27] Xie, S., Girshick, R., Dollár, P., Tu, Z., and He, K. “Aggregated residual transformations for deep neural networks”.CVPR, pp. 5987–5995, 2017.

## تقييم نجاح تنفيذ نظام تخطيط موارد المؤسسات في سياق التعليم العالي بجامعة البعث

م. فدا جهجاه\*  
د. مهند رجب\*\*

### الملخص

تزداد أهمية نظام تخطيط موارد المؤسسات (ERP) في تحسين الأداء التشغيلي وتعزيز اتخاذ القرارات للمؤسسات، بما في ذلك مؤسسات التعليم العالي (HEIs) التي بدأت في اعتماده حديثاً لإدارة عملياتها وإنتاج مخرجات عالية الجودة. ومع ذلك، يواجه تنفيذ تخطيط موارد المؤسسات نسبة عالية من الفشل، ويعد قبول المستخدمين لنظام تخطيط موارد المؤسسات مفتاحاً لتنفيذه بنجاح. لذلك، تهدف هذه الدراسة إلى تحديد العوامل التي تؤثر على نية المستخدمين النهائيين لاستخدام نظام تخطيط موارد المؤسسات، بما في ذلك الوجدتين المالية والموارد البشرية، في سياق التعليم العالي في جامعة البعث، بالإضافة إلى تحديد العوامل التي تؤثر على قبول استخدام نظام المعلومات.

ومن الملحوظ أن الدراسات التي تقيم أنظمة ERP المستخدمة في مؤسسات التعليم العالي في سوريا قليلة جداً. ولذلك، اقترحت الدراسة آلية تقييم شاملة تستند إلى ثلاثة نماذج وهي ديلون وماكلين، نموذج ملاءمة التكنولوجيا للمهام، ونموذج قبول التكنولوجيا في تقييم كفاءة نظم تخطيط موارد المؤسسات.

\* معيدة وطالبة دكتوراه - قسم هندسة البرمجيات ونظم المعلومات- الهندسة المعلوماتية- جامعة البعث  
\*\* عضو هيئة تدريسية- أستاذ- قسم هندسة البرمجيات ونظم المعلومات- الهندسة المعلوماتية- جامعة البعث

تم إجراء تحليل البيانات باستخدام تحليل المسار مع نمذجة المعادلات الهيكلية (SEM) باستخدام برنامج SmartPLS 4 لتحليل المتغيرات قيد الدراسة. وأظهرت النتائج أن نظام تخطيط موارد المؤسسات في جامعة البعث يفتقر إلى جودة وتوفر كل بعد من أبعاده، وبالتالي تقدم الدراسة مجموعة من التوصيات لتعزيز توفر الأبعاد المدروسة من خلال آليات مقترحة، والتي سوف تؤدي بالنهاية إلى تعزيز تحسين كفاءة نظام المعلومات

**الكلمات المفتاحية:** تقييم كفاءة نظام تخطيط موارد المؤسسات، مؤسسات التعليم العالي، نموذج Dolene & Mclean، نموذج قبول التكنولوجيا TAM، نموذج ملاءمة التكنولوجيا للمهام.

# **Evaluating the Implementation Success of an Enterprise Resource Planning System in the Context of Higher Education in Syria: A Case Study of Al-Baath University**

**Eng. Feda Jahjah**

**Dr. Mohanad Rajab**

## **Abstract**

The importance of Enterprise Resource Planning (ERP) systems is increasing in improving operational performance and enhancing decision-making for organizations, including Higher Education Institutions (HEIs), which have recently begun to adopt it to manage their operations and produce high-quality outputs. However, ERP implementation faces a high failure rate, and user acceptance of the system is key to successful implementation. Therefore, this study aims to identify the factors that affect the intention of end-users to use an ERP system, including the financial and human resource units, in the context of higher education at Al-Baath University, as well as to identify the factors that affect the acceptance of using information systems.

It is noteworthy that studies evaluating ERP systems used in higher education institutions in Syria are very few. Therefore, the study proposed a comprehensive evaluation mechanism based on three models, Delone and McLean, Task Technology Fit Model,

and Technology Acceptance Model in evaluating the efficiency of ERP systems.

Data analysis was conducted using Structural Equation Modeling (SEM) with SmartPLS 4 software to analyze the variables under study. The results showed that the ERP system at Al-Baath University lacks quality and availability in all dimensions, and thus the study provides a set of recommendations to enhance the availability of the studied dimensions through proposed mechanisms, which will ultimately lead to improving the efficiency of the information system.

**KEYWORDS:** Efficiency of an Enterprise Resource Planning (ERP) system, Higher Educational Institutions, Dolene & Mclean Model, Technology Acceptance Model (TAM), Task Technology Fit.

## 1. المقدمة:

تخطيط موارد المؤسسات (ERP) Enterprise Resource Planning من التكنولوجيات الحيوية والحديثة التي تساعد على إدارة جميع عمليات المؤسسة بشكل متكامل. تأثرت مؤسسات التعليم العالي (HEIs) على مر السنين بشكل كبير بالتقدم التكنولوجي. هناك المزيد من مؤسسات التعليم العالي في جميع أنحاء العالم تنفذ الآن أنظمة تخطيط موارد المؤسسات بشكل سريع لتقليل تكلفة العمليات، وتحسين الاستجابة، واستبدال الأنظمة القديمة. تأتي تطبيقات أنظمة تخطيط موارد المؤسسات في مؤسسات التعليم العالي بتكلفة ومخاطر عالية ويتمثل التحدي الرئيسي في تحقيق فعالية هذه التقنية في مؤسسات التعليم العالي في سوريا.

يعتبر نظام تخطيط موارد المؤسسات (ERP) أداة مهمة في تحسين إدارة الجامعات السورية، حيث يمكن للنظام أن يوفر العديد من المزايا، بما في ذلك تقليل الأخطاء الإدارية وتحسين استخدام الموارد، تقليل التكاليف، زيادة سرعة العمليات، تحسين توافر المعلومات والبيانات لاتخاذ القرارات الإدارية بشكل أفضل وأكثر دقة، توحيد العمليات الإدارية وتحسين تنسيق العمل بين مختلف الأقسام والوحدات، وتحسين جودة الخدمات التي تقدمها الجامعات للطلاب والموظفين والمجتمع المحلي بشكل عام. وهذا يمكن أن يؤدي في النهاية إلى تعزيز الكفاءة والإنتاجية في الجامعات السورية وتحقيق التميز في الأداء والجودة.

تهدف جميع الجامعات في كل مكان ومنها جامعة البعث في سورية إلى استغلال المورد البشري بالكفاءة والفعالية القصوى، وذلك من خلال الاستفادة من كافة الوسائل والآليات التي تساعد في تحقيق هذه الغاية، بما في ذلك نظم الموارد البشرية والإدارة المالية، والتي تعتبر جزء أساسي من البنية التحتية للجامعة وتساعد في تحقيق الأهداف الإدارية والمالية والإستراتيجية للجامعة. فنظام معلومات الموارد البشرية يساعد في إدارة

الموارد البشرية بشكل أفضل وتنظيمها وتحسين كفاءتها، بينما يهدف نظام الإدارة المالية إلى تحسين إدارة الأموال وتحسين التخطيط المالي وتحليل النفقات والإيرادات. ومن خلال تنظيم وتحسين هذه النظم، يمكن تعزيز الكفاءة والإنتاجية وتحسين الأداء العام للمؤسسة. ولكن، يجب أن تتميز تلك النظم بالكفاءة والجودة والفعالية، حيث يركز الأكاديميون على البحث عن المعايير والأسس التي تضمن تحقيق هذه الصفات لنظم المعلومات. ونتيجة لدراسة استطلاعية شملت عدداً من مكاتب الإدارة المركزية ذات الصلة تبين أن جامعة البعث تعاني من بعض التحديات في تطبيق هذه النظم، وبالتالي فإن الدراسة في كفاءة نظم تخطيط موارد المؤسسات وخاصة وحدتي الموارد البشرية والمالية المستخدمة في الجامعة تكتسب أهمية كبيرة. وعلى هذا الأساس، يهدف هذا البحث إلى تقييم نجاح تنفيذ نظام تخطيط موارد المؤسسات في سياق التعليم العالي في سوريا، وتحديد العوامل التي تؤثر على نية المستخدمين النهائيين لاستخدام نظام تخطيط موارد المؤسسات من خلال دراسة حالة جامعة البعث، ولذلك تم استخدام نموذج تقييم شامل يعتمد على ثلاثة نماذج: ديلون وماكلين وملاءمة التكنولوجيا للمهام ونموذج قبول التكنولوجيا لتحسين فعالية نظام تخطيط موارد المؤسسات في مؤسسات التعليم العالي في سوريا.

ستساهم نتائج هذه الدراسة في إثراء الأدبيات العلمية في مجال تقييم نظم المعلومات، وتوفير إطار عمل مفيد لتحسين نظم المعلومات في المؤسسات التعليمية حيث يعد موضوعاً مهماً ومثيراً للاهتمام ويهم العديد من المهتمين بالتعليم العالي وتخطيط موارد المؤسسات في البلدان النامية. ومن المرجح أن يكون له تأثير كبير على المجتمع الأكاديمي في سوريا، وقد يساعد في تحديد أفضل الممارسات في تنفيذ نظم تخطيط المؤسسات.

## 2. الهدف:

يهدف هذا البحث إلى تقييم نجاح تنفيذ نظام تخطيط موارد المؤسسات في جامعة البعث بسوريا، وتحديد مدى تأثيره على الأداء الإداري، وذلك باستخدام دراسة الوجدتين (الموارد البشرية والمالية). باستخدام نموذج تقييم متكامل. ويسعى البحث إلى تحديد مستوى قبول النظام من قبل المستخدمين وتحديد العوامل التي تؤثر على مستوى القبول والنجاح للنظام. وبناءً على النتائج المستمدة من هذا البحث، يمكن للمؤسسات التعليمية اتخاذ الإجراءات اللازمة لتحسين فعالية نظام المعلومات والتأكد من قبوله من قبل المستخدمين.

إن السؤال البحثي لهذه الدراسة هو: ما مدى فعالية نظام تخطيط موارد المؤسسات في جامعة البعث؟

يعد هذا البحث من أوائل الأبحاث التي تناولت اقتراح آلية تقييم شاملة لتقييم فعالية وأداء نظم تخطيط موارد المؤسسات في البيئة السورية وفي سياق التعليم العالي، والتحقق من مدى تماثيه مع احتياجات المستخدمين وتوقعاتهم.

## 3. مواد وطرق البحث:

إن منهج البحث المتبع وصفي نوعي من خلال دراسة الحالة في جامعة البعث. تم إجراء العديد من المقابلات شبه المنظمة والاستبيانات مع الموظفين من جامعة البعث المسؤولين عن استخدام وحدتي إدارة الموارد البشرية والمالية. قامت الدراسة الحالية بجمع البيانات النوعية عن طريق الاستبيان وتحويلها إلى بيانات كمية باستخدام طريقة مقياس 5 ليكرت. تم استخدام مجموعة من الأساليب الإحصائية، بما في ذلك نمذجة المعادلات الهيكلية باستخدام برنامج SmartPls 4 [21]، لتحليل البيانات والوصول إلى النتائج.

#### 4. نماذج تقييم نظم تخطيط موارد المؤسسات ERP

تستخدم الجامعات أنظمة تخطيط موارد المؤسسات لتحسين الكفاءة والأداء وتحسين قدرتها على التدريس والبحث بتكلفة منخفضة. ومع ذلك، فإن حزم تخطيط موارد المؤسسات القياسية ليست مناسبة لبيئة الجامعة كما هي وتتطلب الكثير من التخصيص لتلائم احتياجاتها الخاصة. إن ما يجذب الجامعات لاعتماد هذه الأنظمة هو الاتجاهات العالمية والنمو في أعداد الطلاب والبيئة التنافسية ومتطلبات الجودة والأداء. تتطلب هذه الأسباب من الجامعات تطوير واستبدال أنظمة الإدارة والتنظيم الحالية بأنظمة تخطيط موارد المؤسسات [14].

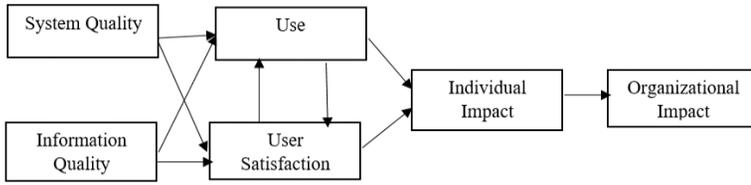
ظهرت العديد من النظريات والنماذج الخاصة بالمعلومات والنظريات السلوكية المتعلقة بقياس نظم المعلومات و التي تحاول أن تفسر سلوك المستخدمين لنظم المعلومات و تفسير كيف تتجح البرامج والتقنيات الحديثة في تحقيق فوائد نهائية في شكل ميزة إضافية أو استخدام فعلي من داخل المنظمات عن طريق الأفراد مستخدمي هذه النظم.

يمكن استخدام كل من نموذج ديلون وماكلين ونموذج قبول التكنولوجيا ونموذج ملاءمة التكنولوجيا والمهام لتقييم نظام تخطيط موارد المؤسسات في سياق التعليم العالي في سوريا، وذلك بتحديد مكونات الجودة الرئيسية وعوامل قبول المستخدمين للنظام، وتقييم مدى تحقيق النظام لتلك المكونات والعوامل. ويمكن استخدام النتائج المستنتجة من التقييم لتحسين وتطوير النظام وزيادة قبوله من قبل المستخدمين.

#### أ. نموذج النجاح (DeLone and McLean (D&M

أجرى ديلون وماكلين [2] في عام 1992 مراجعة شاملة لأدبيات نجاح نظم المعلومات واقترحوا نموذجاً لنجاح نظم المعلومات. قدم هذا النموذج مؤشراً قوياً لنجاح

أنظمة المعلومات من خلال تحديد ستة أبعاد مترابطة: جودة النظام و جودة المعلومات و الاستخدام و رضا المستخدم و التأثير الفردي و التأثير التنظيمي. تقيس جودة النظام جودة النظام نفسه بينما تقيس جودة المعلومات جودة المعلومات التي ينتجها النظام. يؤثر البناءان بشكل مباشر على استخدام النظام ورضا المستخدم، والذي بدوره له تأثير على المستخدم الفردي والمؤسسة بشكل عام. الشكل (1).

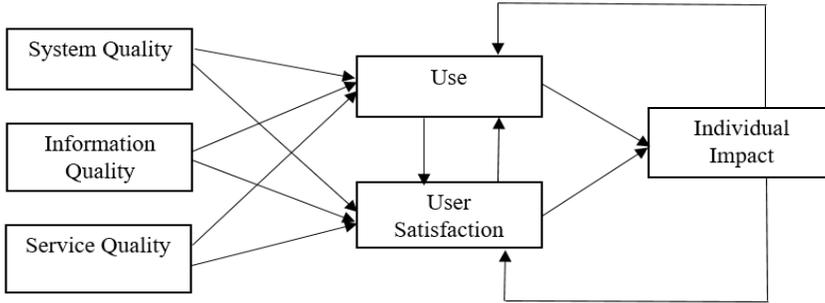


الشكل 1 نموذج نجاح (D&M) DeLone and McLean [2]

تماماً مثل العديد من النماذج والنظريات، تعرّض النموذج الذي قدمه (D&M) عام 1992 للكثير من التقييمات والتي تضمنت عدداً من الانتقادات في كثير من الأبحاث والدراسات، مما دفعهما بعد 10 سنوات في عام 2003 إلى تقديم نموذج محدث لفاعلية نظم المعلومات. حيث تم إدخال تحسينات جديدة على النموذج بما في ذلك تقسيم الاستخدام إلى النية للاستخدام والاستخدام الفعلي، وإضافة جودة الخدمة كبنية جديدة في النموذج. كما تم دمج البنيتين: التأثير الفردي والتأثير التنظيمي لتشكيل الفوائد الصافية للنظم بدلاً من التركيز على الفوائد الفردية والمؤسسية فقط، لأن تأثير نظم المعلومات أصبح الآن يتجاوز المستخدم المباشر ليشمل مجموعة واسعة من المستفيدين من نظم المعلومات [3]. يوضح الشكل (2) النموذج المحدث. ويفسر النموذج وفق العلاقات الآتية:

- جودة المعلومات وجودة النظام وجودة الخدمة تؤثر في نية الاستخدام ورضا المستخدمين.

- الفوائد الصافية تتأثر سلباً أو إيجاباً بنية الاستخدام ورضا المستخدمين.



الشكل 2 نموذج نجاح (D&M) DeLone and McLean المحدث [3]

عناصر نموذج D&M IS Success [3]:

### (1) جودة النظام

تتمثل جودة النظام في أداء النظام الذي يشير إلى جودة الأجهزة والبرامج والسياسات والإجراءات المتعلقة بنظم المعلومات والتي يمكن أن تلبي احتياجات المستخدم [2]. ويتم قياس جودة النظام على مستوى الفرد، ويتم استخدام عدة مقاييس لقياسها منها: مرونة النظام، وتكامل النظام، ووقت الاستجابة، وإمكانية استعادة الأخطاء، وسهولة الوصول.

### (2) جودة المعلومات

يمكن تعريف جودة المعلومات على أنها قياس جودة محتوى أنظمة المعلومات، والتي يقيسها المستخدم بشكل شخصي [22]، ويشار إليها فيما بعد باسم جودة المعلومات المتوقعة. تتألف المؤشرات المستخدمة في القياس من الإتاحة، والحدثة، والدقة، والكفاية والقابلية للفهم، وأن تكون بالشكل المناسب ذات علاقة بالموضوع الممثلة له بالدرجة التي يستطيع النظام الوفاء باحتياجات المستخدمين.

### (3) جودة الخدمة

تعرف جودة الخدمة كتقييم لتوقعات العملاء مقارنة بالخدمة الفعلية التي يتلقونها. هي مدى تجاوب النظام في تقديم الخدمات المطلوبة، والثقة بالخدمات التي يقدمها النظام، و الاعتماد على النظام ومدى قبول النظام من المستخدمين ورضائهم عنه، وحدائته، وإمكانيته في توفير أمن المعلومات.

### (4) الاستخدام

يشير الاستخدام إلى عدد المرات التي يستخدم فيها المستخدم معلومات النظام. من المهم التمييز ما إذا كان استخدامه يتضمن ضرورة لا يمكن تجنبها أو بشكل تطوعي. يتم قياس هذا المتغير من خلال المؤشرات المستخدمة فقط والتي تتكون من عنصر واحد وهو عدد المرات التي يستخدم فيها مستخدم النظام تلك المعلومات (تكرار الاستخدام).

### (5) رضا المستخدم

رضا المستخدم هو استجابة وردود فعل يثيرها المستخدم بعد استخدام نظام المعلومات. يعتبر سلوك مستخدمي أنظمة المعلومات معياراً شخصياً فيما يتعلق بمدى إعجاب المستخدم بالنظام المستخدم. هو مدي تلبية نظام المعلومات للاحتياجات المطلوبة من قبل المستخدمين والتكيف معه و إمكانية النظام من متابعة العمل وإنجازه وزيادة قدرات العاملين و درجة الاعتماد على نظام المعلومات، ودرجة تجاوب نظام المعلومات مع المستخدمين.

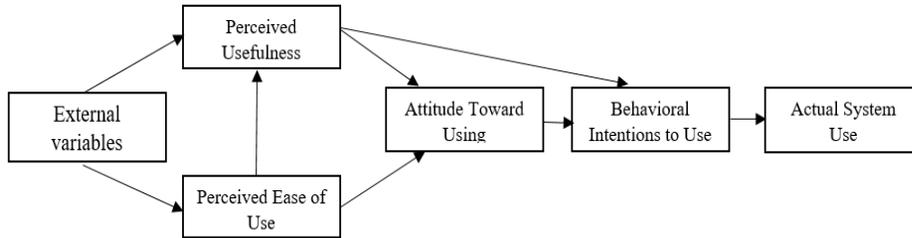
## 6) صافي الفوائد

صافي الفوائد هي النتائج أو الفوائد الصافية التي يشعر بها الأفراد وكذلك المنظمة بعد تطبيق نظام المعلومات. ويتم قياسها من خلال سرعة تجميع المهام، الأداء الوظيفي، الفعالية، سهولة العمل، الفائدة في العمل.

استخدم نموذج D&M على نطاق واسع لدراسة عدد كبير جداً من التقنيات في مجالات متنوعة، بما في ذلك أنظمة التعلم عبر الإنترنت، وبيئة الحكومة الإلكترونية، وبوابة الحرم الجامعي، ورقمنة المكتبات.

## ب. نموذج قبول التكنولوجيا Technology Acceptance Model TAM

قدم دافيس [15] عام 1989 نموذجاً لدراسة نية سلوك المستخدم المحتملة لاستخدام الابتكارات التكنولوجية لأنظمة المعلومات، حيث أن عدم قبول المستخدمين للعمل على نظم تكنولوجيا المعلومات يعتبر عائقاً مهماً أمام نجاح هذه النظم. يعد TAM من أشهر النظريات التي استخدمت ولا زالت تستخدم إلى الآن في فحص مدى تقبل التكنولوجيا بسبب سهولة فهمه وبساطته. كما هو موضح في الشكل (3).



الشكل 3 نموذج قبول التكنولوجيا Technology acceptance Model [15]

يتنبأ TAM باستخدام وقبول أنظمة وتقنيات المعلومات من قبل المستخدمين الفرديين. يقترح النموذج أن قبول نظام المعلومات يتم تحديده من خلال عاملين رئيسيين : الفائدة المتوقعة وسهولة الاستخدام المتوقعة.

تشير سهولة الاستخدام المتوقعة إلى مستوى اعتقاد المستخدم بأن استخدام التكنولوجيا سيحسن أدائه الوظيفي. عندما تكون الفائدة المتوقعة عالية، يعتقد المستخدمون أن تكنولوجيا المعلومات ستساعدهم في إنجاز المهمة بشكل أفضل، وبالتالي زيادة نية المستخدم في استخدام تكنولوجيا المعلومات.

تشير سهولة الاستخدام المتوقعة إلى مستوى صعوبة تكنولوجيا المعلومات، عندما يكون مستوى صعوبة تكنولوجيا المعلومات أقل، يكون النظام أسهل في التشغيل، ويزيد من نية المستخدم لاستخدام تكنولوجيا المعلومات.

أحد القيود الرئيسية لـ TAM التي حددها الباحثون هو أن نموذج TAM يفترض أن المستخدمين لديهم خيار حول مدى استخدامهم للتكنولوجيا. على عكس نظام تخطيط موارد المؤسسات، يتم استخدام النظام بشكل إلزامي من قبل المستخدمين النهائيين لنجاح النظام. وخلص الباحثون إلى أن نموذج TAM التقليدي لا يمكن أن يفسر بشكل كامل التنبؤ من قبل المستخدمين في سياق تخطيط موارد المؤسسات.

### ج. نموذج ملاءمة تكنولوجيا المهام Task-Technology Fit

هو نموذج قبول تم تطويره بواسطة Goodhue و Thompson في عام 1995، وهي إحدى النظريات السلوكية المستخدمة لفحص عملية اعتماد تكنولوجيا المعلومات من قبل المستخدمين النهائيين الشكل (4). تم وصفها على أنها قدرة تكنولوجيا المعلومات على الملاءمة مع متطلبات المهام وقدرات المستخدمين الفردية. يشير نموذج TTF إلى أنه يمكن تحسين الأداء عندما توفر التكنولوجيا الميزات المناسبة وتدعم متطلبات المهام

أو احتياجات المستخدم. وبالتالي، فإن العلاقة بين التكنولوجيا والعمليات التنظيمية والأداء ذات أهمية كبيرة لباحثي نظم المعلومات. يوفر نموذج TTF تقنية شاملة لتحليل الأداء الذي يتضمن تكنولوجيا المعلومات والمهمة والمستخدم الفردي كمتغيرات توضيحية لتفسير استخدام التكنولوجيا وتحسين الأداء الفردي [16].

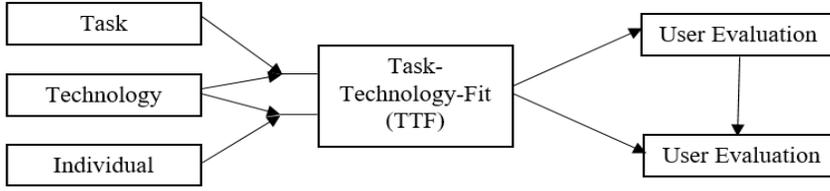
عندما تكون المهام مناسبة للتكنولوجيا، يشعر المستخدم أن النظام أسهل وأكثر فائدة لأداء مهام العمل وبالتالي تؤدي إلى تحسين الأداء. يرجع الأداء المحسن عادةً إلى التنفيذ السلس للمهمة، أو تقليل تكلفة أداء المهمة، أو تسهيل إنجاز المهمة.

يحدد نموذج TTF ثلاث مكونات أساسية تؤثر على التوافق بين التكنولوجيا والمهمة:

1. خصائص المهمة: يقترح نموذج TTF أن المهام المختلفة لها خصائص فريدة يمكن أن تؤثر على التوافق مع التقنيات المختلفة. على سبيل المثال، تتطلب بعض المهام درجة عالية من التعاون، بينما تتطلب مهام أخرى مستوى عالياً من الدقة أو السرعة.

2. خصائص التكنولوجيا: يأخذ نموذج TTF في الاعتبار أيضاً خصائص التكنولوجيا المستخدمة. يتضمن ذلك عوامل مثل وظيفة التقنية، وسهولة استخدامها، ومستوى تعقيدها.

3. الملاءمة: يشير نموذج TTF إلى أن درجة الملاءمة بين التكنولوجيا والمهمة هي عامل حاسم في تحديد نجاح التكنولوجيا في دعم المهمة. ترتبط الدرجة العالية من الملاءمة بتحسين رضا المستخدم والإنتاجية والأداء.



الشكل 4 نموذج ملاءمة تكنولوجيا المهام [16] Task Technology Fit

يشير نموذج TTF إلى وجود عوامل هامة تؤكد تأثير التكنولوجيا على الأداء الفردي، وخاصة عندما تتوافق قدرات المستخدم مع متطلبات المهمة التي يؤديها المستخدم. ومن الملاحظ أن هذا النوع من القدرات غير مقاس في نماذج TAM و D&M IS. أظهرت الدراسات التجريبية أن استخدام نموذج TTF بالتزامن مع التكنولوجيا يمكن أن يفسر التأثير الإيجابي العالي لأداء تخطيط موارد المؤسسات على الأداء الفردي للمهام، بدلاً من الاستخدام المنفرد.

تستخدم هذه النماذج عادة في سياق الأعمال والمؤسسات، ولكن يمكن تطبيقها بنجاح في المؤسسات التعليمية لقياس جودة نظم تخطيط الموارد المؤسسية. ومن المثالي تطبيق هذه النماذج في السياق التعليمي في سوريا، خاصة في جامعة البعث، لتحسين جودة تنفيذ نظام تخطيط الموارد المؤسسية وتطوير الأداء الإداري والتعليمي في المؤسسة.

## 5. الأعمال السابقة:

في السنوات الأخيرة، شهدت مؤسسات التعليم العالي اعتماداً متزايداً لنظم تخطيط موارد المؤسسات (ERP) لتحسين إدارة المؤسسة وتطوير خدماتها. وتهدف الدراسات السابقة في هذا السياق إلى تقييم استخدام نظم ERP في مؤسسات التعليم العالي، وكيفية تحسين الاستفادة منها. وتستند هذه الدراسات إلى تجارب وأبحاث سابقة في هذا

المجال. حيث ركز باحثو نظم المعلومات جهودهم في تطوير واختبار النماذج التي تساعد في التحقيق في نظم المعلومات وأداء المستخدم في بيئات مختلفة.

تقترح الدراسة [23] نموذجاً لتقييم تأثير أنظمة المعلومات على أداء المستخدم النهائي، والذي يتضمن العوامل: التوافق بين متطلبات النظام والمهمة واحتياجات المستخدمين، جودة النظام، جودة المعلومات، خصائص المستخدم من خبرة وعمر ومستوى تعليم، رضا المستخدم بما في ذلك تصوراتهم عن سهولة استخدام النظام وفائدته، وأداء المستخدم النهائي. يشير النموذج المقترح إلى وجود علاقات بين هذه التركيبات، وأن تقييمها يمكن أن يوفر نظرة ثاقبة لتأثير أنظمة المعلومات على أداء المستخدم النهائي. أظهرت النتائج أن النموذج المقترح كان يؤدي أداءً جيداً لأن معظم العوامل لها تأثيرات كبيرة مباشرة أو غير مباشرة على الأداء الذي يدركه المستخدم مما يشير إلى أن النموذج يمتلك القدرة على شرح التأثيرات الرئيسية لهذه العوامل على مستخدمي تخطيط موارد المؤسسات.

يقدم البحث [12] نموذجاً متكاملًا لتقييم نجاح نظام المعلومات في القطاعات العامة، ويعتمد النموذج المقترح على العديد من النماذج السابقة مثل نموذج ديلون وماكلين ونموذج تقييم التوافق. وتم تجربة النموذج على عينة مؤلفة من 120 موظف في وزارة الداخلية المصرية. توصل البحث إلى أن النموذج المقترح يمكن أن يكون أداة فعالة لتقييم نجاح نظم المعلومات في القطاعات العامة، ويمكن توسيع نطاق هذا النموذج ليشمل القطاعات الأخرى في المنطقة.

تتناول الدراسة [13] عوامل التأثير على استخدام أنظمة المعلومات الإدارية في قطاع الخدمات، من خلال تحليل العوامل، وذلك بدراسة عينة من المؤسسات الخاصة والعامة في سوريا. وتوصلت الدراسة إلى عدة نتائج، منها أن الاستخدام المناسب لأنظمة

المعلومات الإدارية يعتمد على عدة عوامل، منها الدعم المؤسسي والتدريب والتحفيز، وغيرها. ويتم توصية المؤسسات بتوفير الدعم اللازم والتدريب المستمر للمستخدمين لزيادة استخدام أنظمة المعلومات الإدارية بشكل فعال.

قام الباحثون في [4] بتقييم كفاءة نظام معلومات الموارد البشرية في الجامعات، وذلك باستخدام نموذج ديبلون وماكلين للتقييم الهيكلي لأنظمة المعلومات. تم جمع البيانات من مجموعة عينات من موظفين في إدارة التطوير الإداري في جامعة تشرين في سوريا. أظهرت النتائج أن نظام معلومات الموارد البشرية لديه تأثير مباشر على الرضا الوظيفي والأداء الوظيفي، وكذلك يؤثر على رضا العملاء الداخليين. كما أظهرت النتائج أن هناك عدة عوامل تؤثر على كفاءة نظام الموارد البشرية، بما في ذلك الجودة الفنية للنظام وجودة الخدمة وجودة المعلومات. يوصي الباحثون بأهمية التركيز على هذه العوامل في تحسين كفاءة نظام الموارد البشرية في الجامعات.

أما الدراسة [5] هدفت إلى تقييم فعالية نظم معلومات الموارد البشرية المستخدمة في جامعة تشرين، وذلك بالاعتماد على ثلاث معايير رئيسية (جودة المعلومات، رضا المستخدم، حماية المعلومات)، توصلت هذه الدراسة إلى انخفاض كل من مستوى جودة المعلومات، و رضا المستخدمين، وحماية النظم، وأوصت هذه الدراسة بضرورة تحديث التجهيزات والبرمجيات المستخدمة، وقواعد البيانات المستخدمة بشكل دوري وباستمرار.

يقترح البحث [8] نموذجاً موسعاً لنظام تخطيط موارد المؤسسات (ERP) للجامعات اليمنية باستخدام نموذج قبول التكنولوجيا (TAM) بهدف تحسين تنفيذ واعتماد نظم ERP في الجامعات اليمنية. تشير النتائج إلى أن النموذج المقترح الموسع له تأثير إيجابي على استخدام نظام ERP ورضا المستخدمين. يوصي البحث باعتماد النموذج المقترح في الجامعات اليمنية لتعزيز إدارة العمليات الجامعية وكفاءتها.

تستكشف الدراسة [9] نجاح نظام تخطيط موارد المؤسسات في مؤسسات التعليم العالي في باكستان باستخدام نموذج ديلون وماكلين لنجاح نظم المعلومات. أظهرت النتائج أن جودة النظام وجودة المعلومات وجودة الخدمة تؤثر إيجاباً على استخدام النظام ورضا المستخدمين. يوصي الباحثون بضرورة تحسين جودة نظم تخطيط موارد المؤسسات في مؤسسات التعليم العالي في باكستان لتحسين كفاءة العمليات الإدارية فيها.

يتناول البحث [10] دراسة تنفيذ نظام تخطيط موارد المؤسسات (ERP) بنجاح في الجامعات الكامبرونية باستخدام نموذج موسع لنموذج نجاح نظم المعلومات لديلون وماكلين، وذلك باستخدام جامعة CUCA كدراسة حالة. وتضمن النموذج الموسع سبعة بناءات: جودة النظام، جودة المعلومات، جودة الخدمة، الإدراك، الاستخدام، الرضا عن المستخدم والأثر الاجتماعي. وجمعت البيانات من 68 مشاركاً من أعضاء هيئة التدريس والموظفين الإداريين في الجامعة. أظهرت النتائج أن جميع بناءات النموذج الموسع للنظام المعلوماتي لدى ديلون وماكلين لها تأثير إيجابي ومعنوي على تنفيذ ERP.

يقدم البحث [11] تعديلاً على نموذج ديلون وماكلين لتقييم نجاح نظم المعلومات في الجامعات بالتركيز على الحوكمة الجيدة. يتضمن النموذج المعدل ستة مفاهيم: جودة النظام، جودة المعلومات، جودة الخدمة، استخدام النظام، رضا المستخدم، والحوكمة. أظهرت النتائج أن جودة النظام وجودة المعلومات وجودة الخدمة تؤثر بشكل كبير على استخدام النظام ورضا المستخدم والحوكمة.

يقدم الباحثون في [7] نموذجاً لتقييم نظام إدارة التعلم (LMS) المستخدم في مؤسسات التعليم العالي في بلدان جنوب الصحراء. ويستند هذا النموذج على تعديل نموذج D&M المحدث [3]. وقد ساعدت استنتاجات هذه الدراسة المهمين بتطبيق

LMS في جامعات دول جنوب الصحراء الكبرى على تقييم نظمهم الحالية ووضع إجراءات وسياسات إصلاحية لمنع حدوث أي انخفاض في جودة نظام إدارة التعلم في المستقبل.

درس الباحثون في [6] نموذج D&M والذي يركز على متغيرات النجاح المسؤولة عن اعتماد جامعة نيجيريا لنظام التعلم الإلكتروني المسمى Canvas. كما يذكر البحث أن هناك نقص في الدراسات السابقة التي تركز على استخدام أنظمة التعليم الإلكتروني في البلدان النامية.

تم دمج إطار عمل TAM-TTF مع نموذج ديون وماكلين في دراسة اعتماد نظام المشتريات في إندونيسيا [18]. أظهرت النتائج أن التوافق الجيد بين المهمة والتكنولوجيا، وتجربة الاستخدام، ورضا المستخدم يؤثر على الأداء الفردي [18].

نظراً لأن الدراسات السابقة تمثل دراسة حالة، بالتالي لا يمكن تعميم النتائج على جميع الجامعات وذلك لأن كل جامعة تختلف من حيث خصائصها ودرجة تطبيقها لنظم تخطيط موارد المؤسسات، كما تبين الدراسات أن النتائج تختلف باختلاف حجم وعدد الوحدات التي يتم دراستها.

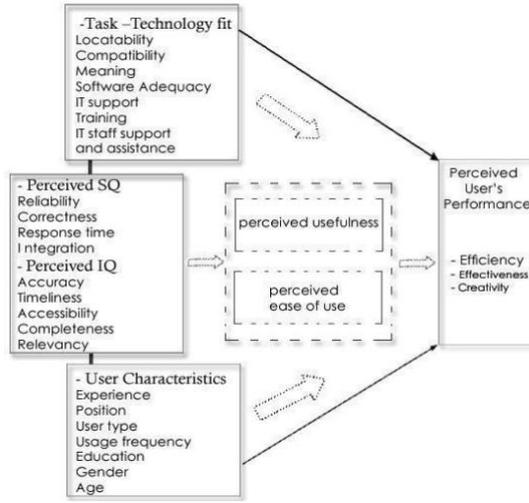
على الرغم من وجود تشابه في ظروف العمل بين الجامعات السورية بشكل عام، إلا أن كل جامعة لها خصوصياتها الفريدة. حيث تختلف هياكل الإدارة والسياسات والأهداف المؤسسية والتحديات الموجودة في كل جامعة. وبالتالي، لا يمكن تعميم النتائج التي تم الوصول إليها في الدراسة السابقة في جامعة تشرين [4] مباشرة على جامعة البعث أو أي جامعة أخرى. الدراسة الحالية في جامعة البعث تتجاوز نطاق الدراسة السابقة في جامعة تشرين. حيث تمتد لتشمل نظام إدارة الموارد البشرية والإدارة المالية، بينما تركز الدراسة السابقة على نظام إدارة الموارد البشرية فقط. كما أن الدراسة [4] ركزت على

عوامل الجودة (الجودة الفنية للنظام وجودة الخدمة وجودة المعلومات ) في نموذج ديون وماكلين، وبالتالي قد يتيح نموذج التقييم الموسع المستخدم في الدراسة الحالية تحليلاً أكثر تفصيلاً وشمولية لنظام تخطيط الموارد في المستخدم في الجامعة.

كشفت النتائج أن العديد من العلماء قد أدخلوا متغيرات نظرية أو عوامل رئيسية إضافية في نموذج D&M IS. وأن معظم الدراسات ذكرت أن العوامل المتعلقة بنظام المعلومات والعوامل المتعلقة بالمستخدم هي الأكثر أهمية، في حين أن العوامل المتعلقة بالمنظمة تلقت اهتماماً أقل. وكان الاتجاه الأكبر نحو تطوير نموذجاً هجيناً.

#### 6. نموذج التقييم المستخدم

بناءً على نتائج تحليل الدراسات الأدبية والدراسات السابقة، تم التحليل باستخدام نموذج بحث مكون من 3 نماذج لتقييم تبني التكنولوجيا في سياق التعليم العالي بسبب أهمية تقييم تأثير التكنولوجيا في تحسين الأداء وتحسين الإنتاجية في هذا المجال. يعتبر النموذج المستخدم توسعة للنموذج المقترح في الدراسة [23] الشكل (5) ، حيث تم تحديد النموذج الأول DeLone & McLean لتقييم جودة الخدمة الإلكترونية ونجاحها باعتماد عوامل الجودة الثلاثة ( جودة الخدمة، جودة المعلومات وجودة النظام)، والنموذج الثاني TAM لتحديد مدى استخدام التكنولوجيا من قبل المستخدمين، وأخيراً النموذج الثالث TTF لتقييم ملاءمة التكنولوجيا للمهام المطلوبة وذلك بدراسة خصائص المهمة وخصائص التكنولوجيا بالتفصيل. كما تم تضمين عوامل النجاح الحاسمة لتنفيذ نظم تخطيط موارد المؤسسات في جامعة البعث [19].



الشكل 5 النموذج المقترح في الدراسة [23]

لم تتطرق هذه الدراسة لخصائص المستخدم من خبرة وعمر ومستوى تعليم المتضمنة في [23] وذلك بسبب التركيز على الخصائص التقنية لنظام تخطيط موارد المؤسسات المستخدم فقط وتأثير هذه المتغيرات بدورها على الفائدة المتوقعة وسهولة الاستخدام المتوقعة والتي تؤثر على نية المستخدم لاستخدام النظام كما هو موضح في الشكل (6).

يستخدم نموذج TTF على نطاق واسع لتقييم تأثير تكنولوجيا المعلومات على أداء المستخدم. لذلك، فإن العوامل المستخدمة في هذه الدراسة هي خصائص المهمة وخصائص التكنولوجيا وملائمة التكنولوجيا للمهام.

تتأثر سهولة الاستخدام المتوقعة والفائدة المتوقعة بتوافق المهام مع التكنولوجيا، عندما تكون المهام مناسبة للتكنولوجيا، يشعر المستخدم أن النظام أسهل وأكثر فائدة لأداء مهام العمل. لذلك فإن الفرضيات المقترحة هي كما يلي:

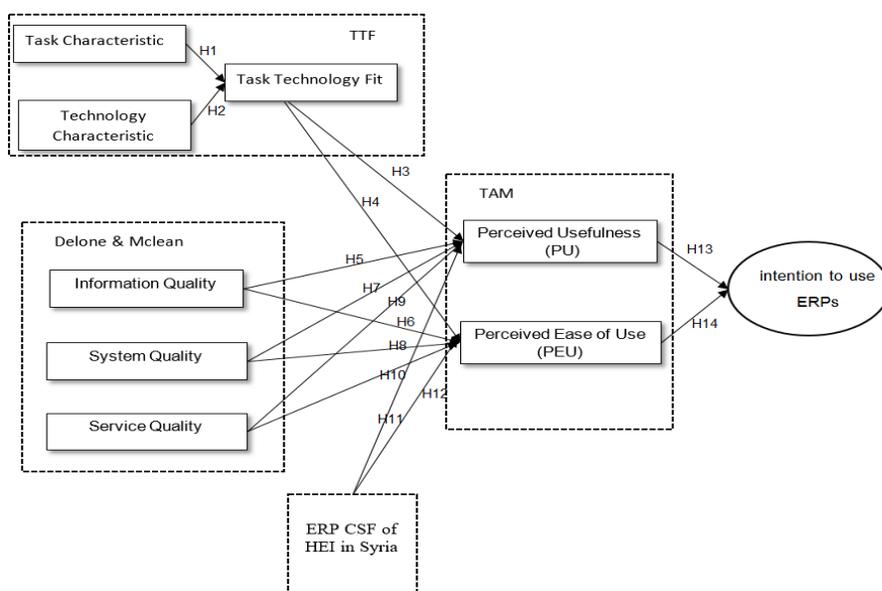
H1: خصائص المهمة لها تأثير كبير على ملائمة التكنولوجيا للمهام

H2: خصائص التكنولوجيا لها تأثير كبير على ملائمة التكنولوجيا للمهام

H3: ملائمة التكنولوجيا للمهام لها تأثير كبير على سهولة الاستخدام المتوقعة

للنظام.

H4: ملائمة التكنولوجيا للمهام لها تأثير كبير على الفائدة المتوقعة للنظام



الشكل 6 نموذج البحث المستخدم

استخدمت هذه الدراسة ثلاث مكونات لنموذج نجاح ديلون وماكلين، وهي جودة

المعلومات وجودة النظام وجودة الخدمة. لذلك فإن الفرضيات المقترحة هي كما يلي:

- H5: جودة المعلومات لها تأثير كبير على الفائدة المتوقعة للنظام.
- H6: جودة المعلومات لها تأثير كبير على السهولة المتوقعة لاستخدام النظام.

- H7: جودة النظام لها تأثير كبير على الفائدة المتوقعة للنظام.
- H8: جودة النظام لها تأثير كبير على السهولة المتوقعة لاستخدام النظام.
- H9: جودة الخدمة لها تأثير كبير على الفائدة المتوقعة للنظام.
- H10: جودة الخدمة لها تأثير كبير على السهولة المتوقعة لاستخدام النظام.

تمت إضافة العوامل الحاسمة لتنفيذ نظم تخطيط موارد المؤسسات في جامعة البعث [19]، وهي عملية إعادة هندسة الأعمال والتعليم والتدريب. عملية إعادة هندسة الأعمال تتضمن إعادة تصميم العمليات لتتوافق مع وظائف وحدات تخطيط موارد المؤسسات (ERP)، ويمكن استخدام حزمة برامج تخطيط موارد المؤسسات (ERP) المخصصة لتلائم العمليات. أما التعليم والتدريب، فهو يشمل تدريب المستخدمين على النظام وعلى العمليات، ومشاركتهم في النظام، ويجب أن يتضمن توفير أدلة المستخدم في البرامج التعليمية المطبوعة وعبر الإنترنت وورش العمل والمساعدة لضمان فهمهم الصحيح للنظام ودعمهم. يعد تدريب المستخدمين السليم عاملاً أساسياً لنجاح تنفيذ أنظمة تخطيط موارد المؤسسات. وبالتالي فإن الفرضيات المقترحة هي كمايلي:

- H11: إعادة هندسة الأعمال والتعليم والتدريب لها تأثير كبير على الفائدة المتوقعة للنظام.
- H12: إعادة هندسة الأعمال والتعليم والتدريب لها تأثير كبير على السهولة المتوقعة لاستخدام النظام.

يعتبر TAM أكثر ملاءمة للاستخدام في هذه الدراسة. ولكن في النموذج المقترح، لم نقم بتضمين العلاقة بين سهولة الاستخدام المتوقعة والفائدة المتوقعة، لأن التركيز كان على رؤية العلاقة بين نموذج نجاح D&M و TTF كمتغير خارجي يمكن أن يؤثر على

سهولة الاستخدام المتوقعة والفائدة المتوقعة والتي ستؤثر بعد ذلك على النية السلوكية للمستخدم لاستخدام النظام. لذلك فإن الفرضيات المقترحة هي كما يلي:

- H13: الفائدة المتوقعة للنظام المستخدم في الجامعة لها تأثير كبير على النية السلوكية لاستخدام النظام.
- H14: سهولة الاستخدام المتوقعة للنظام المستخدم في الجامعة لها تأثير كبير على النية السلوكية لاستخدام النظام.

يمكن تلخيص هذه الفرضيات في أن الجودة والملاءمة للمهام والتكنولوجيا والخدمة وجودة البيانات والفوائد المتوقعة وسهولة الاستخدام وإعادة هندسة الأعمال والتعليم والتدريب تؤثر جميعها على النية السلوكية للاستخدام الفعال للنظام. وبالتالي، يمكن استخدام هذه الفرضيات لتقييم جوانب مختلفة من نظام تخطيط موارد المؤسسات وتحسينها في حال تم اكتشاف أي نقاط ضعف أو مشاكل في النظام. سيتم تقييم هذه الفرضيات من خلال تصميم دراسة تطبيقية وجمع البيانات اللازمة لتحليل النتائج. واستخدام أدوات الإحصاء لتحليل البيانات واستنتاج النتائج، ومن ثم تجميع هذه النتائج لإعطاء صورة شاملة لتأثير العوامل المختلفة على الفائدة المتوقعة وسهولة الاستخدام المتوقعة للنظام.

## 7. النتائج

تتكون هذه الدراسة من 14 فرضية بها 10 متغيرات مع 29 عبارة لقياسها. تم الاعتماد على الاستبانة كأداة لجمع البيانات. تمت صياغة الاستبيان في هذه الدراسة بناءً على المتغيرات والمؤشرات المقتبسة من الدراسات السابقة والتي تم تعديلها بعد ذلك وفقاً لاحتياجات هذه الدراسة. يعتمد قسم أسئلة البحث على المتغيرات والمؤشرات المستخدمة في هذه الدراسة. يستخدم قسم أسئلة البحث (ملحق 1) مقياس ليكرت، حيث

يتم تقييمه على أساس 5 مقاييس: لا أوافق بشدة، لا أوافق، محايد، موافق وموافق بشدة [15]. كان هناك 32 من المجيبين المشاركين في هذه الدراسة من موظفي الإدارة المركزية الذين أجابوا على الاستبيان بشكل كامل وصحيح حيث تم توزيع 50 استبانة تم استرجاع 43 استبانة كان منها 32 استبانة صالحة للتحليل، من بينهم 20 من الإناث بنسبة 62.5% والبقية من الذكور بنسبة 37.5%.

### تحليل نموذج المعادلة الهيكلية (Structural Equation Modeling SEM)

تم إجراء تحليل البيانات باستخدام تحليل المسار مع نمذجة المعادلات الهيكلية (SEM) باستخدام برنامج SmartPLS 4 لتحليل المتغيرات قيد الدراسة. يستخدم تحليل نموذج المعادلة الهيكلية لاختبار آثار المتغيرات على بعضها البعض في نطاق نموذج البحث.

يسمح SEM للباحثين بفحص العلاقات المعقدة بين المتغيرات، بما في ذلك التأثيرات المباشرة وغير المباشرة، والتأثيرات الوسيطة والمعدلة، وخطأ القياس المتغير الكامن. يوفر نهجاً شاملاً لاختبار النماذج النظرية وفهم العمليات الأساسية في ظاهرة معينة. من خلال استخدام تحليل SEM وتوحيد النماذج في نموذج واحد متكامل، يمكن للباحث تقييم العلاقات المعقدة بين المتغيرات وتحليل تأثير كل نموذج على النتائج النهائية لدراسة نية استخدام المستخدم للنظام.

في PLS-SEM، يتم تمثيل المتغيرات الكامنة على شكل دوائر، بينما يتم تمثيل المتغيرات الواضحة كمربعات. يتم تقدير العلاقات بين المتغيرات الكامنة والمتغيرات الواضحة باستخدام معاملات المسار، والتي تمثل قوة العلاقات واتجاهها.

كما تم استخدام التمهيد Bootstrapping، وهي تقنية إحصائية مستخدمة لتقدير الأخطاء المعيارية وفترات الثقة لمعاملات النموذج في تحليل نمذجة مسار المربعات

الصغرى الجزئية (PLS). يسمح باختبار الأهمية الإحصائية لنتائج PLS-SEM المختلفة مثل معاملات المسار وقيم Cronbach's alpha و  $R^2$ . باستخدام bootstrapping في SmartPLS، يمكن للباحثين تقييم استقرار وموثوقية نتائج نموذج PLS الخاص بهم. يساعد على التغلب على المشكلات المحتملة المتعلقة بأحجام العينات الصغيرة وغير الطبيعية للبيانات. تسمح تقنية bootstrapping بإجراء استنتاجات أكثر دقة حول علاقات النموذج، مما يوفر أدلة إحصائية أكثر قوة. [25]

تم إجراء التحليل باستخدام PLS على مرحلتين:

1. تقييم النموذج الخارجي أو نموذج القياس لتقييم موثوقية وصحة المتغيرات، ويمكن تعريفها على أنها العلاقة بين مؤشرات المتغير الكامن.

2. تقييم النموذج الداخلي أو النموذج الهيكلي.

(1) اختبار نموذج القياس (النموذج الخارجي)

وفقاً لـ [18]، يتم إجراء اختبار الصلاحية المتقاربة لمعرفة مدى ارتفاع قيمة الارتباط بين المتغيرات مع مؤشراتهما، قياس الصلاحية المتقاربة يتم بناءً على نتائج قيمة متوسط التباين المستخرج (AVE) من كل متغير كامن. تشير قيم AVE الأكبر من 0.5 إلى أن المؤشر يُقال أنه صالح لقياس البنية ذات الصلة. في الدراسة لم تكن هناك قيمة AVE أقل من 0.5، وكانت قيمة جميع قيم AVE في كل متغير أكثر من 0.5 (نطاق القيم بين 0.635 و 0.710) لكل متغير كامن.

تم حساب موثوقية المتغيرات باستخدام اختبار ألفا كرونباخ، حيث يعتمد على الصلة المتبادلة بين عينة من عناصر الاختبار وتجانس العناصر الداخلية. القيمة المقبولة للألفا تتراوح بين 0.70 إلى 0.95 [24]. أوضحت النتائج في الجدول 1 أن كل متغير بحثي

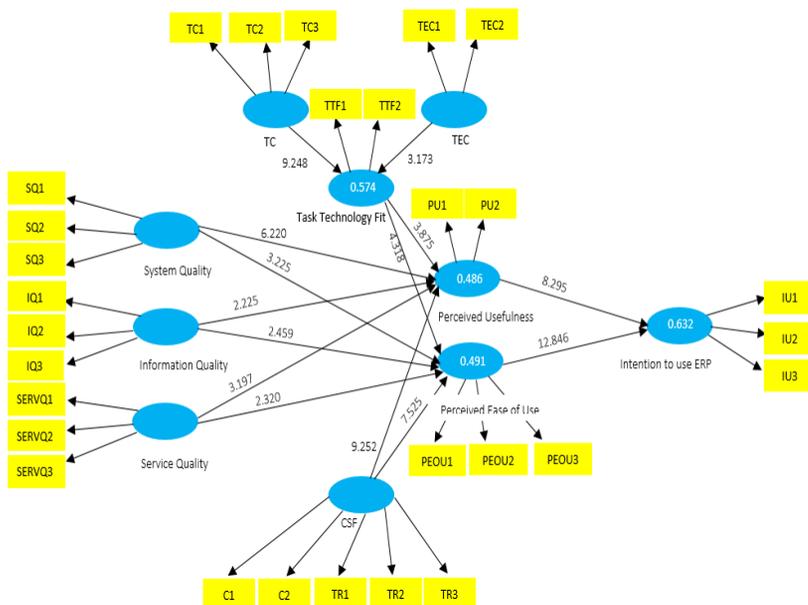
كان له قيمة تزيد عن 0.7 ولذلك يمكن استنتاج أن المتغيرات المستخدمة في استبيان البحث لها قيم موثوقية جيدة.

الرمز	المتغير	AVE	الفا كرونباخ
SQ	جودة النظام	0.667	0.969
IQ	جودة المعلومات	0.702	0.742
SERVQ	جودة الخدمات	0.710	0.873
TC	خصائص المهمة	0.709	0.927
TEC	خصائص التكنولوجيا	0.629	0.933
TTF	ملاءمة التكنولوجيا للمهام	0.642	0.955
PU	الفائدة المدركة	0.699	0.931
PEOU	سهولة الاستخدام المتوقعة	0.673	0.857
IU	النية للاستخدام	0.635	0.943

جدول 1 نتائج اختبار متوسط التباين المستخرج (AVE) واختبار الموثوقية بالاعتماد على مخرجات برنامج SmartPLS

## (2) اختبار النموذج الهيكلي (النموذج الداخلي).

تم الحصول على مخطط المسار للنموذج الهيكلي للبحث باستخدام تطبيق SmartPLS 4 مع قائمة التمهيد bootstrapping، ونلاحظ أن قيم معاملات المسار وقيم معامل التحديد R-Square موضحة في الشكل (7).



الشكل 7 مخطط النموذج الهيكلي للبحث من مخرجات برنامج SmartPLS 4

اختبار قيمة R-Square لتحديد ارتباط المتغيرات الخارجية بالمتغيرات الداخلية. إذا كانت قيمة R-square بين 0.25 إلى 0.5، يعتبر نموذج البحث ضعيفاً، إذا كانت R-square بين 0.5 ولكن أقل من 0.75 يعتبر نموذج البحث متوسطاً وإذا كانت قيمة R-square أعلى من 0.75، يُعتبر نموذج البحث قوياً [18]. في هذه الدراسة، هناك متغيران متضمنان في الفئة الوسطى هما IU و TTF، بينما متغيران آخران في الفئة الضعيفة هما متغيرات PEOU و PU. وتعني قيمة R-Square البالغة 0.574 أن 57% من المتغيرات الداخلية في هذه الدراسة تتأثر بالمتغيرات الخارجية، بينما تتأثر 43% بمتغيرات أخرى خارج نموذج البحث.

وقد عرفت قيمة R-square في هذه الدراسة على نية الاستخدام تساوي 0.632. معنى هذه القيمة هو أن نية استخدام النظام في جامعة البعث تتأثر بنسبة 63% بالفائدة المتوقعة

وسهولة الاستخدام المتوقعة، بينما تتأثر بنسبة 37% بمتغيرات أخرى غير مدرجة في هذه الدراسة.

**معاملات المسار:** تم إجراء الاختبارات لتحديد أهمية العلاقة بين المتغيرات. حيث تستخدم هذه الدراسة اختبارات ثنائية الطرف لمستوى أهمية 5%. يؤثر المتغير المستقل بشكل كبير على المتغير التابع إذا كانت له قيمة إحصائية  $t$  (t-statistics) أعلى من 1.96 وقيم (p-value) أقل من 0.05.

### اختبار الفرضيات

في هذه المرحلة يتم تحديد ما إذا كانت الفرضية الواردة في الدراسة مقبولة أم مرفوضة. يتم قبول الفرضية إذا كانت قيمة إحصائية  $t$  تزيد عن 1.96. يوضح الجدول (2) ملخص لاختبار الفرضيات:

P values	T statistics ( O/STDEV )	المسار	الفرضية
0	9.248	TC -> TTF	H1
0.04	3.173	TEC -> TTF	H2
0.024	3.875	TTF -> PU	H3
0.006	4.318	TTF -> PEOU	H4
0	6.220	SQ -> PU	H5
0.001	3.225	SQ -> PEOU	H6
0.045	2.225	IQ -> PU	H7
0.012	2.459	IQ -> PEOU	H8
0.042	3.197	ServQ -> PU	H9
0.049	2.320	ServQ -> PEOU	H10
0.03	9.252	CSF -> PU	H11
0	7.525	CSF -> PEOU	H12
0.033	8.295	PU -> IU	H13
0	12.846	PEOU -> IU	H14

جدول 2 ملخص اختبار الفرضيات

من الجدول (2) كانت قيمة P-value لكل علاقة من العلاقات التي تربط بين أبعاد النموذج أصغر من 0.05 وبالتالي يتم قبول الفرضية بوجود علاقة معنوية بين أبعاد النموذج المقترح أي لها تأثير إيجابي وهام، ومما سبق تم التحقق من شروط فعالية نظام تخطيط موارد المؤسسات المستخدم في الإدارة المركزية في جامعة البعث، وفق النموذج المقترح.

كانت إجابات العينة تشير إلى ميل العينة إلى عدم الموافقة على توفر أبعاد النموذج كمتغيرات مستقلة، وعدم توفر كل من الفائدة المدركة لاستخدام النظام، وسهولة الاستخدام المدركة، كمتغيرات وسيطة، وعدم تحقيق النظام المستخدم للمنفعة النهائية من وجهة نظر العينة، حيث كانت متوسطات إجابات العينة الخاصة بهذه الأبعاد جميعها أقل من متوسط المقياس / 3 / مع وجود فروق معنوية يعتمد بها كأساس للمقارنة.

إن النتائج التي توصل إليها البحث والتي تعود إلى انخفاض توفر الأبعاد المحددة في النموذج، تؤكد النتائج التي توصل إليها البحث (الخاصة بشروط كفاءة النظام ) حيث ان عدم توفر كل من جودة المعلومة وجودة النظام وجودة الخدمة، كان لها دور معنوي كمتغيرات مستقلة في عدم تحقق كل من رضا المستخدمين والنية للاستخدام، وبالتالي كان انخفاض مستوى توفرها نتيجة طبيعية لعدم توفر المتغيرات المستقلة السابقة.

## 8. الخلاصة

هذه الدراسة عبارة عن نهج دراسة حالة واحدة، ولا يمكن الاعتماد على هذه النتائج بشكل مطلق في جميع الجامعات، لكنه يعطي فرصة للباحثين الآخرين لإجراء دراسات حالة متعددة في جامعات أخرى في المنطقة.

نجح هذا البحث في الإجابة على سؤال البحث وهو ما هي العوامل التي تؤثر على نية المستخدم لاستخدام نظام تخطيط موارد المؤسسات في جامعة البعث.

تؤثر خصائص المهام وخصائص التكنولوجيا بشكل كبير على ملاءمة المهام والتكنولوجيا، ثم تؤثر Task-Technology Fit بشكل كبير على الفائدة المتوقعة وسهولة الاستخدام المتوقعة، كما تؤثر عوامل النجاح الحاسمة المستخرجة من جامعة البعث وهي إعادة هندسة العمليات والتدريب بشكل أكبر على الفائدة المتوقعة وسهولة الاستخدام المتوقعة، وفي نهاية المطاف تؤثر الفائدة المتوقعة وسهولة الاستخدام المتوقعة بشكل كبير على نية المستخدمين لاستخدام النظام في الجامعة، فكلما كان النظام أسهل، كلما زادت نية المستخدم في استخدامه، وكلما زادت فائدة النظام في مساعدة المستخدمين على القيام بعملهم، زادت نية المستخدم في استخدامه.

نتائج اختبار فرضيات هذه الدراسة تثبت وتقوي النماذج في الدراسات السابقة التي تدمج المتغيرات الموجودة في نموذج TTF إلى TAM، كما توسع هذه الدراسة الدراسات السابقة من خلال دمج متغيرات نموذج نجاح Delone and Mclean مع عوامل النجاح الحاسمة المتعلقة بجامعة البعث.

يمكن استنتاج أن النظام المستخدم في جامعة البعث يحتاج إلى تحسين وتطوير في عدة جوانب، بما في ذلك الأداء الوظيفي والاستجابة والجودة والرضا والاستخدام والإنتاجية. وتوصي هذه الدراسة بضرورة تعزيز الاستجابة الفعالة للموظفين، وتعزيز جودة البيانات المتداولة في النظام وتحسين تصميمه وتطويره باستخدام أحدث التقنيات والأدوات. كما يوصى بتحسين تدريب الموظفين على استخدام النظام وتعزيز فهمهم للمنافع المحتملة لاستخدامه بشكل صحيح وفعال.

## 9. المراجع

- [1] Leo Zornada and Tamara Bertok Velkavrh. Implementing erp systems in higher education institutions. In Information Technology Interfaces, 2005. 27th International Conference on, pages 307–313. IEEE, 2005
- [2] DeLone, W. H. & McLean, E. R. (1992). Information Systems Success – The Quest for a Dependent Variable. Information Systems Research, 3, 1, 60–95.
- [3] Delone, W. H. & McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update. Journal of Management Information Systems, 19, 4, 9–30.
- [4] Al-Abedeen, D.Z., & Issa, J.S. (2021). Evaluating The Efficiency Of Human Resources Information Systems Based On The Delone & Mclean (D&M) Model: A Field Study In The Directorate Of Administrative Development At Tishreen University. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies – Economic and Legal Sciences Series, 43(6). ISSN: 2079–3073
- [5] Ghadeer, B.G., & Issa, J.S. (2012). Evaluate the effectiveness of human resources information systems used in Tishreen University – A field study. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies – Economic and Legal Sciences Series, 33(6).
- [6] Yakubu, M. N., & Dasuki, S. I. (2018). Assessing eLearning systems success in Nigeria: An application of the DeLone and McLean

information systems success model. Journal of Information Technology Education.17, 182–202.

[7] Mtebe, J. S., & Raisamo, R. (2014) A Model For Assessing Learning Management System Success In Higher Education In Sub-Saharan Countries, EJISDC 61, 7, 1–17

[8] Al-hadi, M. A., & Al-Shaibany, N. A. (2017). An Extended ERP model for Yemeni universities using TAM model. International Journal of Engineering and Computer Science, 6(7), 22084–22096.

[9] Khand, Z. H. (2020). Testing and validating DeLone and McLean IS model: ERP system success in higher education institutions of Pakistan. Engineering, Technology & Applied Science Research, 10(5), 6242–6248.

[10] Tchatchouang Wanko, C. E., Kamdjoug, J. R. K., & Wamba, S. F. (2019). Study of a successful ERP implementation using an extended information systems success model in Cameroon universities: Case of CUCA. In New Knowledge in Information Systems and Technologies (Vol. 930). Springer

[11] Olajide, M., & Tella, A. (2015). Modification of DeLone and McLean Model in the Success of Information System for Good University Governance. The Turkish Online Journal of Educational Technology, 14(4), 73–81.

- [12] Zaied, A. N. H. (2012). An Integrated Success Model for Evaluating Information System in Public Sectors. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, 3(6), 814–822.
- [13] Arbach, C., & Abbas, F. A. (2012). Study of Factors affecting the use of Management Information Systems in the Services Sector by Depending on Factor Analysis: Case Study on some of Private and Public Institution. *Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies –Economic and Legal Sciences Series*, 34.(3)
- [14] Neil Pollock and James Cornford. Erp systems and the university as a “unique” organisation. *Information technology & people*, 17(1):31–52, 2004
- [15] Davis, F. D. (1989, September). Perceived Usefulness, Perceived Ease Of Use, And User : Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 332
- [16] Goodhue, D. L., & Thompson, R. L. (1995). Task–technology fit and individual performance. *MIS quarterly*, 19(2), 213–236.
- [17] Chuenyindee, et al. The perceived usability of the learning management system during the COVID–19 pandemic: Integrating System Usability Scale, technology acceptance model, and task–technology fit. *Work* 2022, 1–18.
- [18] Diar, A.L., Abdullah, D., & Wahyudi, R. (2018). The determinant factors of individual performance from task technology fit and IS success model perspectives: A case of public procurement plan information system (SIRUP). (*ICACISIS*), pp. 69–74.

- [19] Jahjah Feda, Rajab Mohanad (2023). The Critical Success Factors of ERP implementation in Higher Education Institutions in Syria, Al-Baath University Journal of Research in Applied Sciences, ISSN – 1022 – 467X. Vol 45 (9), pp. 87–112.
- [20] Abugabah, A et al. (2010). Evaluating the impact of information systems on end user performance: A proposed model. International Journal of Advanced Computer Sciences and Applications. 1. 10.14569/IJACSA.
- [21] SmartPLS GmbH. (2023). SmartPLS 4 (Version 4.0.9.2) [Computer software]. Retrieved from <https://www.smartpls.com/>
- [22] Tahu, G. P., & Yuesti, A. (2021). Academic Information System in Higher Education: Applying Delone and Mclean Model. Journal of Contemporary Issues in Business and Government Vol. 27, No. 1
- [23] Abugabah, A., Sanzogni, L., & Alfarraj, O. (2010). Evaluating the impact of information systems on end user performance: A proposed model. International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 1(1).
- [24] Kaplan, R.M. and Saccuzzo, D.P. (1993) Psychological Testing. 3rd Edition, Brooks/Cole Publishing Company, Pacific Grove.
- [25] Streukens, S., & Leroi-Werelds, S., (2016) Bootstrapping and PLS-SEM: A step-by-step guide to get more out of your bootstrap results, European Management Journal, <http://dx.doi.org/10.1016/j.emj.2016.06.003>

## ملحق 1

المتغير	الرمز	عناصر القياس
جودة النظام	SQ1	يتميز النظام بالموثوقية والمرونة
	SQ2	يتميز النظام بسرعة الاستجابة
	SQ3	يتميز النظام المستخدم بسهولة تصحيح الأخطاء
جودة المعلومات	IQ1	تتميز المعلومات التي يوفرها النظام للمستخدم بأنها ملائمة
	IQ2	تتميز المعلومات التي يوفرها النظام للمستخدم بسهولة الفهم
	IQ3	تتميز المعلومات التي يوفرها النظام للمستخدم بأنها متكاملة
جودة الخدمة	SERV1	يقدم النظام خدماته للمستخدمين بصورة دقيقة
	SERV2	يقدم النظام خدماته للمستخدمين بصورة فورية
	SERV3	تتصف الخدمات التي يقدمها النظام بالمصداقية
خصائص المهمة	TC1	انجاز المهمة بسهولة وسرعة
	TC2	سهولة الحصول على بيانات محدثة وكاملة بانتظام
	TC3	يوفر النظام نتائج دقيقة
خصائص التكنولوجيا	TEC1	لا تتطلب التقنية التي تستخدمها مستوى عالٍ من التعقيد
	TEC2	يوفر النظام خدمات سريعة الاستجابة
ملاءمة التكنولوجيا للمهام	TTF1	تتوافق وظائف النظام مع المهمة
	TTF2	وظائف النظام تلبي احتياجات عملي بالكامل
سهولة الاستخدام المتوقعة	PEOU1	أجد أنه من السهل القيام بكل أعماله من خلال نظام ERP
	PEOU2	أجد نظام تخطيط موارد المؤسسات (ERP) مرناً للتفاعل معه
	PEOU3	أجد نظام تخطيط موارد المؤسسات سهل الاستخدام
الفائدة المتوقعة	PU1	استخدام النظام يحسن أداء وظيفتي.
	PU2	يؤدي استخدام النظام في وظيفتي إلى زيادة إنتاجيتي
عوامل النجاح الحاسمة CSF	TR1	تقدم المنظمة برامج تدريبية بخصوص تطبيق نظام المعلومات
	TR2	المواد التدريبية متاحة أثناء التدريب
	TR3	أشارك في تصميم المدخلات والمخرجات
	C1	تم إجراء عدد كبير من التخصيصات على النظام
	C2	تم الاعتماد على الوظائف القياسية بشكل كبير
النية للاستخدام	IU1	أعتزم استخدام نظام تخطيط موارد المؤسسات في الأشهر القليلة القادمة.
	IU2	سأحاول دائماً استخدام نظام ERP في أداء مهامي
	IU3	أخطط لمواصلة استخدام النظام بشكل متكرر.

## تحسين ملاحقة نقطة الاستطاعة الاعظمية للألواح الكهروضوئية باستخدام الذكاء الصناعي (المنطق الضبابي)

الدكتور: عهد سليمان \* المهندسة ولاء نويرة \*\*

### الملخص:

تعتبر الطاقة التي تحتاجها المشغلات أهم القيود التي تدخل في تصميم وتنفيذ النظم البديلة الكهروضوئية فتغير الأحمال يسبب إضافة المزيد من التجهيزات وبالتالي زيادة في التكاليف الاقتصادية ، كما وفي هذا السياق تظهر مشاكل احتياط الطاقة التي تعبر عن مقدرة النظام الكهروضوئي على تأمين الطاقة مع تغيرات الأحمال عليه حيث في أغلب الحالات يتم إضافة ألواح وتجهيزات إضافية لتحقيق مبدأ احتياطي الطاقة ولكن في هذه الحالات سيتطلب الأمر ارتفاع في التكاليف وزيادة حجم المنظومة الكهروضوئية ، يقدم البحث توجيه للألواح الكهروضوئية يستخدم شريحة التطوير Arduino قادر على ملاحقة نقطة الاستطاعة الأعظمية للوح شمسي متحرك بدرجة حرية بحيث يتم الحصول على أكبر قدر ممكن من الطاقة الشمسية وذلك بالاعتماد على المنطق الضبابي الهجين كوحدة قرار في عملية توجيه بحيث يحسن المنطق الضبابي الهجين من دقة التوجيه ويقلل أخطاء التوجيه في أنظمة التوجيه التي تستخدم تقنيات الفرق في قراءة الحساسات . وتوضح نتائج البحث على قدرة المنطق الضبابي الهجين على تحقيق زوايا توجيه حسنت الاستطاعة الناتجة عن اللوح المختبر بنسبة وصلت إلى أكثر من 28 %.

**الكلمات المفتاحية:** المنطق الضبابي - المتحكم الميكروي .

\* أستاذ - قسم هندسة القوى الميكانيكية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

\*\* طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم هندسة القوى الميكانيكية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

## Improving the peak power point tracking of photovoltaic panels using fuzzy logic

### Abstract:

The energy needed by the operators is considered the most important constraint that enters into the design and implementation of alternative photovoltaic systems. Changing loads causes the addition of more equipment and thus an increase in economic costs. In this context, energy reserve problems appear that express the ability of the photovoltaic system to secure energy with changes in loads on it. In most cases, additional panels and equipment are added to achieve the principle of energy reserve, but in these cases it will require an increase in costs and an increase in the size of the photovoltaic system, The research presents routing for photovoltaic panels using the Arduino development chip that is able to pursue the maximum power point of a moving solar panel with two degrees of freedom so that the largest possible amount of solar energy is obtained, depending on the hybrid fuzzy logic as a decision unit in the routing process so that the hybrid fuzzy logic improves the accuracy of routing and reduces Steering errors in steering systems that use differential techniques to read sensors. The results of the research show the ability of the hybrid fuzzy logic to achieve steering angles that improved the power resulting from the tested board by more than 28%.

**Keywords:** fuzzy logic – microcontroller

## 1 مقدمة :

أصبح استخدام أنظمة الطاقة البديلة من المواضيع الأكثر طرْحاً عالمياً نظراً لما تقدمه هذه الأنظمة من ميزات تتعلق بالكفاءة العالية والمردود الجيد ومراعاة التكاليف الاقتصادية فضلاً عن كونها أنظمة صديقة للبيئة [1]. تستخدم الأنظمة البديلة مصادر طاقة دائمة كالطاقة الشمسية، طاقة الرياح، حركة أمواج البحر، وحتى الجاذبية الأرضية . ويكون الهدف من النظام البديل هو الاستفادة من الظاهرة الطبيعية في توليد الطاقة الكهربائية [1]

تعتبر الطاقة الشمسية هي الأكثر استثماراً في مجال الأنظمة البديلة نظراً لبساطة تصميم هذه الأنظمة ، العمر الطويل لهذه الأنظمة الذي يصل إلى 5.7 عام [2]، التكاليف الاقتصادية المنخفضة الأمر الذي سهل انتشار هذه الأنظمة حتى أصبح يوجد مدن بأكملها تعمل على الألواح الضوئية [2].

تهدف جميع أنظمة الألواح الكهروضوئية إلى تحقيق أعلى نسبة استفادة من الطاقة الناتجة من لألواح عن وتعتبر طريق ملاحقة نقطة الاستطاعة الأعظمية أهم هذه الطرق وتتنوع أساليب التحكم لتحقيق هذه الغاية فمنها من يعتمد على الأساليب التقليدية المعتمدة على المتحكمات وملاحقة نسب الفرق بين سويات الإضاءة [2]، ومنها ما يستخدم الذكاء الصناعي والذي يقدم تحسين عن الأنظمة التقليدية المستخدمة في ملاحقة النقطة الأعظمية للاستطاعة [3] .

## 2. أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية البحث من خلال تقديمه لنظام توجيه متطور يستخدم المنطق الضبابي في التوجيه ويحسن من أداء الأنظمة التقليدية المستخدمة في التوجيه ، يسعى البحث لتحقيق

اعلى استفادة من الطاقة التي يمكن انتاجها من الألواح الكهروضوئية ويقارن البحث بين نظام التوجيه المعتمد على فرق الإضاءة والنظام المقترح القائم على المنطق الضبابي.

### 3. طرق البحث ومواده:

تم هذا البحث في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية ، يسعى البحث لإظهار أهمية استخدام المنطق الضبابي في توجيه الألواح الكهروضوئية ، يتيح النظام المقترح مرونة وموثوقية عالية في توجيه الألواح الكهروضوئية . تم استخدام MATLAB في إنشاء المنطق الضبابي واختباره واستخدام بيئة Arduino IDE في كتابة برنامج المتحكم وإنجاز التصميم على أرض الواقع.

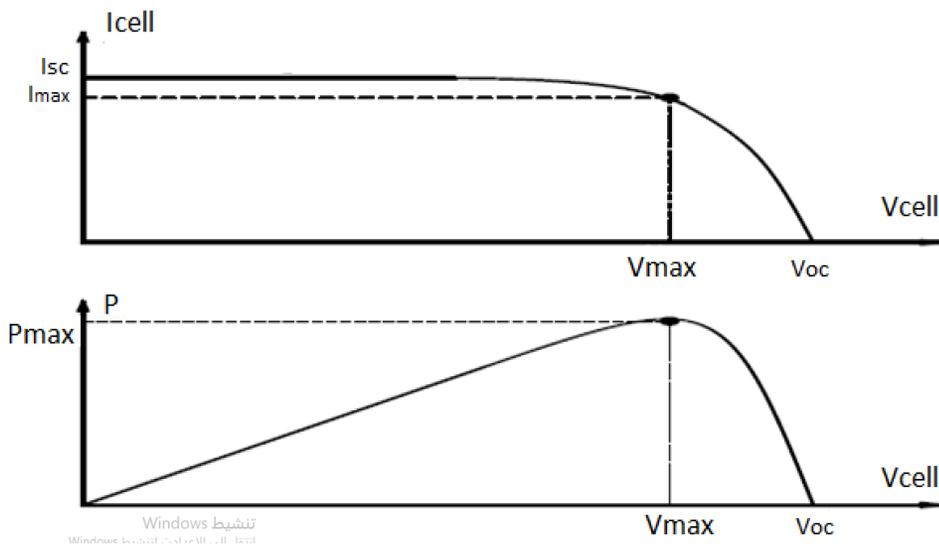
### 4. الألواح الضوئية:

اللوح الكهروضويسي يتكون من مجموعة من الخلايا الشمسية المتصلة مع بعضها البعض. تصنع الخلايا شمسية من مادة شبه موصلة، عادة السيليكون، بطريقة تجعلها تحتوي على طبقتين مختلفتين في خصائصها الكهربائية: طبقة N وطبقة P. تحتوي N على شوائب من عناصر ذات خمسة إلكترونات في المستوى الخارجي، مثل الفسفور، بينما طبقة P تحتوي على شوائب من عناصر ذات ثلاثة إلكترونات في المستوى الخارجي، مثل البورون. هذا يؤدي إلى وجود فرق في التركيز الإلكتروني بين الطبقتين، وبالتالي إلى وجود مجال كهربائي داخل المادة. يتم وصل الطبقتين p,n وأثناء سقوط الاشعاع الشمسي تحدث حركة للإلكترونات من الوصلة n إلى p بينما تتحرك حوامل الشحنة بالاتجاه المعاكس فيتولد التيار الكهربائي[4] .

### 5. الخواص الكهربائية للألواح الكهروضوئية:

إن منحنى الخواص الذي يوصف الخلية الشمسية هو منحنى تيارها بدلالة جهدها  $(I_{cell} (V_{cell}))$  وبما أن الخلية الشمسية تقوم بتحويل طاقة الضوء إلى طاقة كهربائية فإنه سيختلف المنحنى  $(I_{cell} (V_{cell}))$  باختلاف الطاقة الضوئية التي تصل للخلية الشمسية أي باختلاف شدة الإضاءة Irradiance.

يوضح الشكل (1) منحنى خواص خلية شمسية عند سقوط الضوء عليها [5].



الشكل (1) منحنى خواص  $I-V$  ,  $P-V$

حيث  $I_{sc}$  تيار القصر للخلية Short circuit current،  $V_{oc}$  جهد الدارة المفتوحة

Open circuit voltage

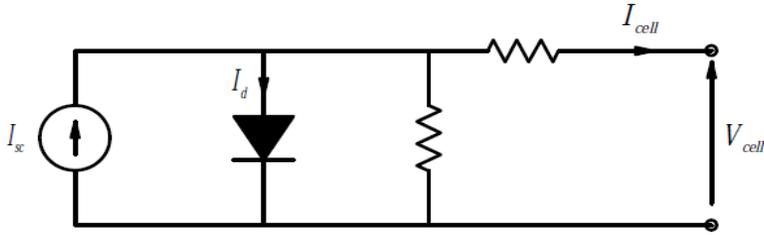
$P_{max}$  الاستطاعة العظمى الموافقة لمنحنى العمل هذا Maximum power

$V_{max}$  جهد الخرج الموافق للاستطاعة العظمى .

$I_{max}$  تيار الخرج الموافق للاستطاعة العظمى.

## 1.5 النموذج الكهربائي للخلية الكهروضوئية:

نلاحظ من منحنى الخواص للخلية الشمسية  $I_{cell}$ ,  $V_{cell}$ ، أنه لا يمكن نمذجة الخلية الكهروضوئية في ساعة من ساعات النهار كمنبع جهد (منبع جهد مثالي مع مقاومة داخلية) لأن الجهد والتيار غير مستقرين ومرتبطين بشدة الإشعاع الشمسي الساقط على اللوح [6]. يوجد نموذج رياضي للخلية الشمسية يوضحه الشكل (2).



الشكل (2) : نموذج رياضي للخلية الشمسية

نلاحظ أن التيار المار في الديود هو تيار غير مستفاد منه (ضائع). كما يعبر التيار  $I_{sc}$  عن الإلكترونات المنتزعة من نصف الناقل نوع n أي تزداد شدته بزيادة الطاقة الضوئية المقدمة للوح الشمسي.

$R_s$ : مقاومة تسلسلية وهي مقاومة صغيرة.

$R_{sh}$ : مقاومة تفرعية كبيرة القيمة ومهملة الأثر غالباً.

نستنتج من الشكل السابق :

معادلة تيار الخلية :

$$I_{cell} = I_{sc} - I_d$$

$$I_d = I_o \left( e^{q \cdot v_d / kT} - 1 \right)$$

$$\Rightarrow I_{cell} = I_{sc} - I_0 \left( e^{q \cdot v_d / kT} - 1 \right)$$

$$\Rightarrow I_{cell} = I_{sc} - I_0 \left( e^{\frac{q((V_{cell} + R_s I_{cell}))}{nkT}} - 1 \right)$$

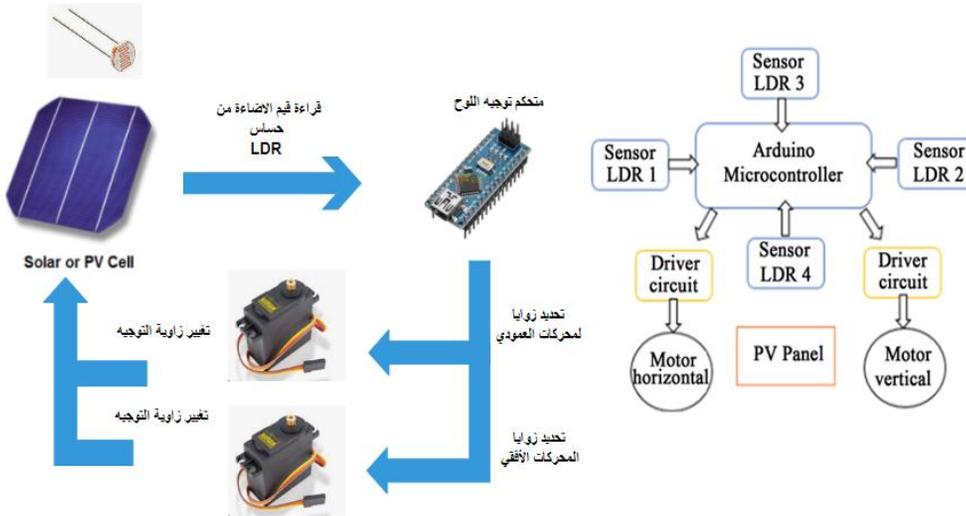
$I_0$ : هو تيار الإشباع العكسي للديود،  $K$ : ثابت بولتزمان  $(1.38 * 10^{-19} J/K)$ ،

$T$ : درجة حرارة الخلية

$n$ : عدد الخلايا

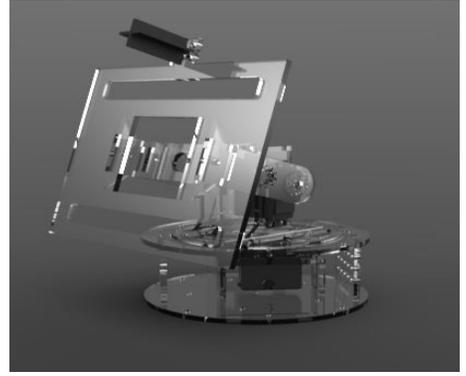
## 6. التصميم العام لنظام التوجيه:

يوضح الشكل (3) التصميم العام لنظام التوجيه .



الشكل (3) النظام العام للتوجيه للوح

يوضح الشكل (4) تنفيذ نظام التوجيه بعد تصميمه على Solid works:



الشكل (4) تنفيذ نظام التوجيه

ويتكون النظام بشكل أساسي من :

مداخل النظام : هي أربع حساسات LDR : هي عبارة عن مقاومة تتغير مقاومتها نتيجة تعرضها للضوء ، فعند تعرضها للضوء الساطع تنخفض قيمتها إلى قيمة قليلة من مرتبة OHM ، بينما في الظلام ترتفع قيمتها إلى قيمة كبيرة من مرتبة ميغا أوم [7].

1. وحدة القرار : شريحة الأردوينو و المنطق الضبابي: هي عبارة عن لوحة تطوير الكترونية تتكون من دائرة الكترونية مفتوحة المصدر مع متحكم دقيق من نوع ATML328P يتم برمجتها بواسطة بيئة ARDUINO IDE .
2. خرج النظام : محركات SERVO: تستعمل محركات السيرفو عادة في الأنظمة التي تتطلب دقة في التحكم. تستطيع هذه المحركات الوصول إلى سرعات عالية أو العمل عند سرعات منخفضة بنعومة لتنظيم كبيرة مع توقف دقيق في الموضع أكثر من محركات الخطوة [7].

## 7. أساليب أنظمة التوجيه :

في البحث قمنا بإنشاء ومقارنة نظامي توجيه الأول يستخدم خوارزمية الفرق في الإضاءة وهي الخوارزمية المرجعية [8] أما الثاني فيستخدم التوجيه باستخدام المنطق الضبابي الهجين

### 7. 1 أسلوب التوجيه المستخدم لفرق شدة الإضاءة:

تعتمد الخوارزمية على وجود فرق بين قراءة الحساسات في الاتجاهات الأربع ويكون للخوارزمية الخطوات التالية [7] :

1. حساب المتوسط الحسابي للاتجاهات الأربع وله المعادلات التالية :

$$\text{avgtop} = (\text{topl} + \text{topr}) / 2 \quad //\text{average of top LDRs}$$

$$\text{avgbot} = (\text{botl} + \text{botr}) / 2 \quad //\text{average of bottom LDRs}$$

$$\text{avgleft} = (\text{topl} + \text{botl}) / 2 \quad //\text{average of left LDRs}$$

$$\text{avgright} = (\text{topr} + \text{botr}) / 2 \quad //\text{average of right LDR}$$

2. تحديد اتجاه توجيه اللوح وذلك بعد تحديد قيمة عتبة فرق يتحرك من أجلها اللوح

ويكون الهدف من العتبة توفير الطاقة اللازمة لتشغيل نظام التوجيه الخاص

باللوح أي جعله يتحرك فقط عن وجود فرق أكبر من العتبة.

3. يتم تحريك اللوح بدأ من الموضع الأولي للوح.

### 2.7 نظام التوجيه المستخدم للمنطق الضبابي fuzzy logic:

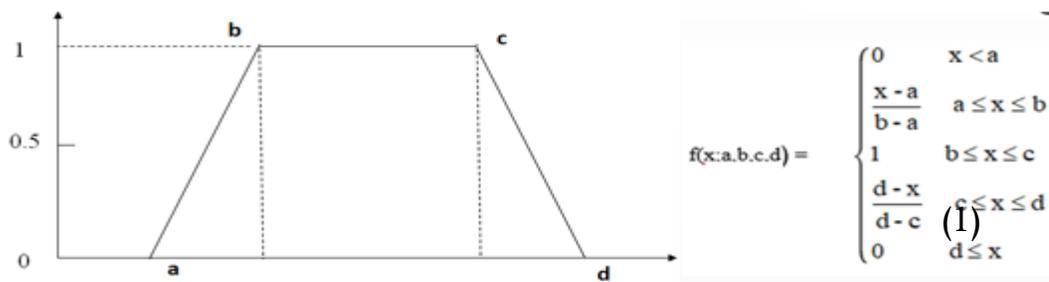
مع تزايد التعقيد في نظام ما فإن قدرتنا على فهم هذا النظام وإنشاء بيانات دقيقة حوله ويصبح النظام على درجة كبيرة من الغموض وعدم الفهم، وبناءً على ذلك كان لابد للإنسان أن يطور منهجاً جديداً قادراً على التعامل مع غموض النظم المدروسة، وهذا ما

أدى إلى نشوء علم المنطق الضبابي، وهو علم يقوم على مبدأ الفهم المبسط للحوادث والعمليات التي تجري في نظام ما، وتكوين فكرة مبسطة عنه مهما كان على درجة عالية من التعقيد، وهذا ما يكسبنا الثقة في التعامل مع بارامترات الأنظمة المعقدة [8].

### 1.2.7 توابع الانتماء الضبابية وعملية التضبيب: Fuzzy member function

يتم تعريف المجموعة الضبابية إما بشكل (مثلثي، شبه منحرف، غاوسي) وعند إدخال قيمة المتحول الواضحة crisp، يتم معالجتها وفقاً لمعادلات الأشكال السابقة، لنحصل على قيم انتماء. وتعرف توابع انتماء المدخل Member function بأنها توابع رياضية تدخل في تصميم الأنظمة الضبابية وتكون وظيفتها في المدخل إعطاء مختلف القيم الضبابية التي تشكل دخل نظام الاستدلال الضبابي. أما توابع انتماء المخرج فتكون مسؤولة عن عملية إزالة الغموض (الضبابية) والحصول على القيم الحقيقية [9].

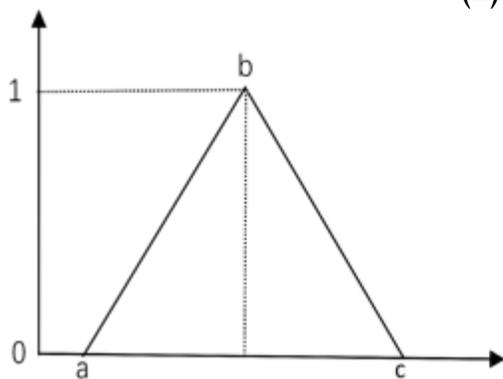
وسوف نستخدم المعادلات الخاصة بالشكل المثلثي والتابع شبه المنحرف لتحقيق النظام الضبابي الهجين لكونها تناسب التطبيق وإمكانيات شريحة الاردوينو المستخدمة. ويكون للتابع شبه المنحرف المعادلة التالية (1):



الشكل (5) تابع الانتماء الضبابي شبه المنحرف

حيث  $x$  هو شعاع متحول على المحور الأفقي،  $a, b, c$  هي نقاط لها إحداثيات ثابتة تمثل نقاط المثلث الذي يمثل التابع .

وتكون معادلة التابع المثلثي المعادلة [9] (2)



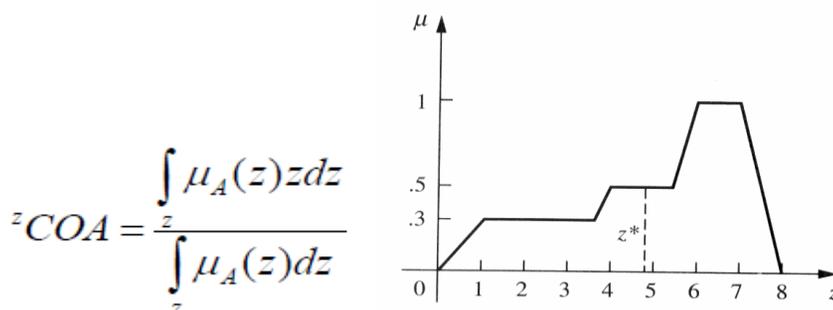
$$f(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (2)$$

الشكل (6) تابع الانتماء الضبابي المثلثي

حيث  $x$  هو شعاع متحول على المحور الأفقي،  $a, b, c$  هي نقاط لها إحداثيات ثابتة تمثل نقاط المثلث الذي يمثل التابع .

### 2.2.7 التحويل من الضبابية إلى التقليدية:

في تطبيقات فيزيائية مختلفة نكون بحاجة الى تحويل النتائج الضبابية التي نولدها من خلال تحليل المجموعات الضبابية إلى نتائج تقليدية. هنالك عدد من الطرق لفك التضبيب ومنها طريقة مركز الوسط الأكثر انتشاراً وهي طريقة تعتمد على مركز المساحة كما في الشكل [10](6):



$${}^zCOA = \frac{\int \mu_A(z)zdz}{\int \mu_A(z)dz}$$

الشكل (7): طريقة مركز الوسط في الانتقال من الضبابية إلى المنطق الكلاسيكي.

حيث Z قيمة مركز الشكل، والتكاملات هي مجموع التكاملات الجزئية لتابع الانتماء الضبابي.

### 3.2.7 قواعد If-then في المنطق الضبابي:

يتم ربط الأنظمة الضبابية مع قواعد تكون بمثابة محددات للنظام وتصاغ وفق الشكل التالي:

IF X IS A then Y is B

حيث A, B هي قيم لغوية محددة بواسطة المجموعات الضبابية على المجموعتين X, Y ويدعى القسم الأول من القاعدة "X IS A" بالمقدمة ويدعى القسم الثاني "Y IS B" بالنتيجة.

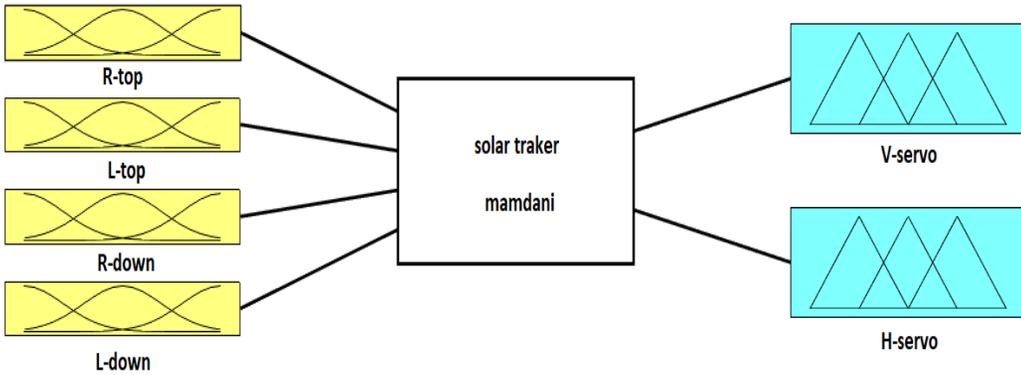
إذا كانت المقدمة صحيحة بشكل جزئي عندها يتم تحديد قيم مجموعة المخرج الضبابية تبعاً لطريقة التضمين المستخدمة، وهذا ما يسمى بنظم الاستنباط الضبابي الذي تقوم بربط قيم المدخل الفيزيائي مع المخرج، باستخدام المنطق الضبابي. وهي طريقة مامداني، حيث تعتبر هذه الطريقة الأكثر انتشاراً، إذ أنها تتوقع شكل تابع المخرج الضبابي، ويكون لدينا بعد عملية الجمع مجموعة ضبابية لكل متحول في المخرج، وهذه المجموعة يجب تحويلها من ضبابية إلى تقليدية. تقدم هذه الطريقة قراراً محدداً للمخرج "مخرج وحيد" الأمر الذي يحسن استقرار النظام ويزيد من فعاليته ويجعل النظام مرناً أمام مختلف قيم دخل النظام [11].

ويكون لطريقة Mamdani العملية المنطقية التالية:

IF X IS A AND Y IS B THEN Z IS C

تم الاعتماد في توجيه اللوح على نظام ضبابي هجين مكون من أنواع مختلفة من توابع الانتماء. يتكون النظام من:

- ❖ أربعة مداخل تمثل قراءات حساسات الإضاءة LDR.
- ❖ مخرجين : محركا توجيه اللوح على المحورين الأفقي والعمودي.



الشكل (8) النظام الضبابي للوح الشمسي

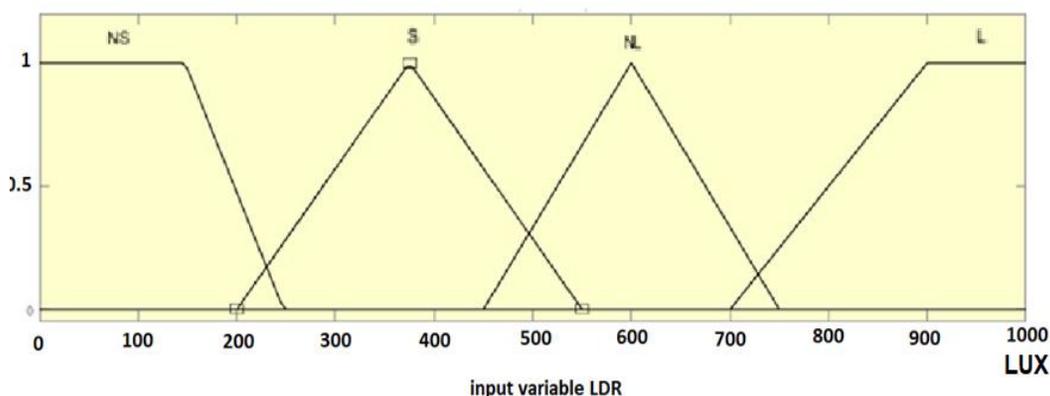
#### 4.2.7 توصيف مداخل النظام الضبابي

يحتوي دخل النظام على أربع مداخل تمثل قراءة حساس الإضاءة مقدر بـ LUX وتتراوح القراءات من  $(0 \rightarrow 1000)$  LUX ، ويكون لكل مدخل أربع توابع انتماء بنوعين مختلفين الأول من نوع شبه منحرف يتحدد على القراءات المتعلقة بـ LDR عند سويات الإضاءة المنخفضة والعالية. ويعود السبب لكون المواد نصف الناقل المصنوعة منها الـ LDR تعطي تغيرات تكاد تكون ثابتة عند سويات الإضاءة المنخفضة لكون عدد الثقوب والالكترونات الحرة تكاد تكون ثابتة في هذه المرحلة وكذلك نجد الأمر نفسه عند الوصول إلى حالة الإشباع (سويات الإضاءة العالية).

نقاط توابع الدخل يبينه الجدول (1) :

نوع التابع	اسم التابع	نقاط التابع
شبه منحرف	NS	[0 0 150 250]
مثلثي	S	[200 375 550]
مثلثي	NL	[450 600 750]
مثلثي	L	[700 900 1000 1000]

الجدول (1) نقاط توابع الدخل



الشكل (9) توابع الدخل للنظام الضبابي

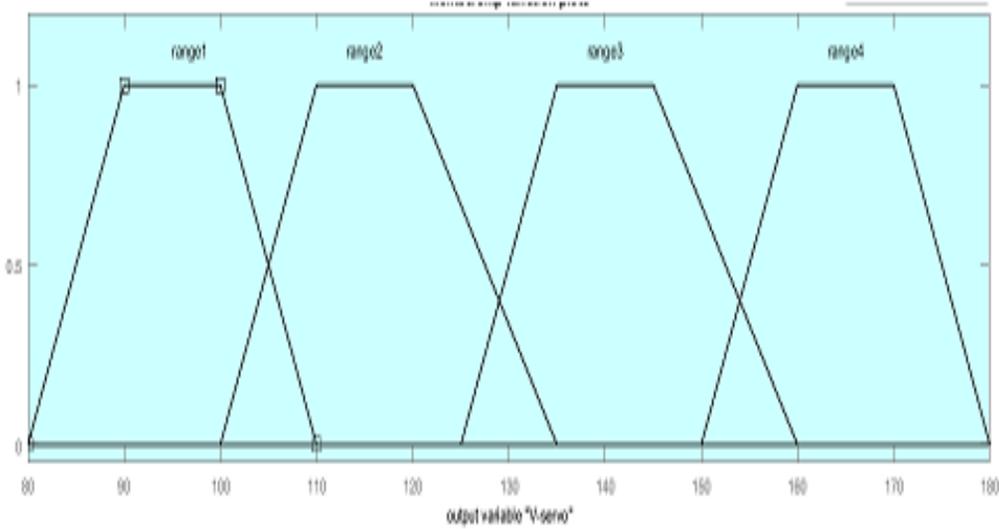
## 6-2 توصيف مخارج النظام الضبابي:

يحتوي النظام على مخرجين يمثلان محركا التوجيه الأفقي والعمودي ويكون لكل مخرج أربع توابع انتماء وهي من النوع الشبه المنحرف بحيث تمت مراعاة عملية تحريك المحركات والتي تمر بمرحلتين مؤقتتين عند الإقلاع والتوقف.

نقاط توابع الخرج يبينه الجدول (2) :

نوع التابع	اسم التابع	نقاط التابع
شبه منحرف	Range 1	[80 90 100 110]
شبه منحرف	Range 2	[100 110 120 135]
شبه منحرف	Range 3	[125 135 145 160]
شبه منحرف	Range 4	[150 160 170 180]

الجدول (2) نقاط توابع الخرج



الشكل (10) توابع الخرج للنظام الضبابي

### 8. النتائج:

تم اختبار أداء النموذج المقترح على لوح له المواصفات التالية: جهد اسمي 5 فولط ، تيار 0.4 أمبير و بالتالي الاستطاعة 2 واط ، تيار القصر 0.430 أمبير وجهد الدارة المفتوحة 5.05 فولط وله أبعاد 10\*10 CM، يتم اخذ قراءة الجهد والتيار عن طريق الأردوينو وطباعتها على الحاسب من أجل كل زاوية توجيه ومن ثم يتم حساب الاستطاعة عن طريق المعادلة :

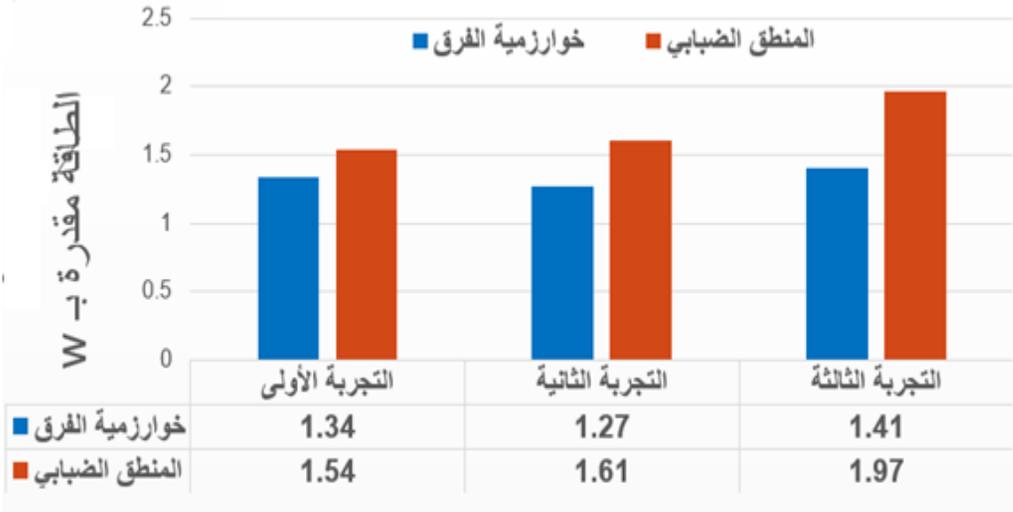
$$P=V*I$$

يوضح الجدول (3) نتائج قراءة دارة لقيم الإضاءة وزاويا توجيه المحركات باستخدام المنطق الضبابي وباستخدام الطريقة التقليدية

Right- Top LDR light intensity	Left-top LDR light intensity	Right- Down LDR light intensity	Left- Down LDR light intensity	Normal			With Fuzzy logic		
				Servo- V Angle (Degree )	Servo- H Angle (Degree)	Power From pane ( watt )	Servo-V Angle (Degree)	Servo- H Angle (Degree)	Power From panel (Watt)
147.13	184.97	82.162	84.46	130	130	0.82	142	142	1.1
856.18	321.51	849.39	311.29	130	180	1.46	142	165	1.71
620.63	250.33	397.8	873.02	105	155	1.56	165	117	1.68
226.57	198.41	311.29	839.01	80	130	1.33	117	95	1.48
526.52	259.53	775.58	335.4	105	155	1.24	165	165	1.41
294.62	262.63	331.9	952.55	150	130	1.67	165	95	1.91

الجدول (3) نتائج التوجيه التي تم الحصول عليها

تم إجراء التجربة ثلاث مرات على 6 قيم مختلفة للإضاءة وأخذ المتوسط الحسابي للقيم ويوضح الشكل نتائج التوجيه عند أخذ المتوسط الحسابي للقيم للشكل (11) :



الشكل (11) نتائج التوجيه من أجل عدة اختبارات

بمقارنة النتائج نلاحظ أن المنطق الضبابي قد حسن الاستطاعة الناتجة عن اللوح بقيمة وصلت إلى 28 % ، بالإضافة لكون المنطق الضبابي قدم من خلال إدخال عدة أنواع من توابع الانتماء استقرار عمل النظام من خلال تحقيق استقرار حركة المحركات.

## 9. الخلاصة :

يقدم البحث نموذجاً لتوجيه الألواح الكهروضوئية من خلال استخدام المنطق الضبابي، يقدم النظام المستخدم استقرار في عملية قراءة الحساسات واتخاذ القرار بسبب عدم اعتماده على الفرق والذي شكل نقطة ضعف في الأنظمة التقليدية لكون عملية الفرق تتغير تبعاً لظروف التشغيل. استخدام النظام الضبابي الهجين ساعد في عميلة تحقيق التوافق بين بنية المكونات الداخلة في تصميم نظام التوجيه مما ساهم في تحسين الأداء وسرعة الاستجابة.

## المراجع:

[1] : Prof Shubhangini Shivajirao Kamble , Mr Mohammed Irshad Waheed Solar Tracker With Improved Efficiency Using Power Saving 2017 2nd International Conference for Convergence in Technology (I2CT) .

[3] : Ivan Jorge Gabe\*, Alexandre Bühler\*, Douglas Chesini\* and Fabiano Frosi\* Design and Implementation of a Low-Cost Dual-Axes Autonomous Solar Tracke 978-1-5090-5339-1/17/\$31.00 ©2017 IEEE.

[3 ] : Hung-Ching Lu , Te-Lung Shih Fuzzy System Control Design with Application to Solar Panel Active Dual-Axis Sun Tracker System[2010]

[4] :Bell Labs Demonstrates the First Practical Silicon Solar Cell". APS News. American Physical Society. 18 (4). April 2009.

[5]: magnetic susceptibility of the elements and inorganic compounds, in Handbook of Chemistry and Physics 81st edition, CRC press.2018

[6] Murugan.S, Ramachandran, “ Fuzzy decision making model for byzantine greement”, Journal of Engineering Science and Technology”, vol. 9, No. 2, 2014.

[7] Chonghua WangA ,STUDY OF MEMBERSHIP FUNCTIONS ON MAMDANI–TYPE FUZZY INFERENCE SYSTEM FOR INDUSTRIAL DECISION–MAKING, Lehigh University, January, 2015.

[8] Michael Voskoglou, Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Their Applications . September 2021

[10]Suherman, Mufrihul Fajri, Raja Harahap ,Simplified fuzzy logic and arduino–based controller for maximum power tracking in solar panel,2020,Materials Science and Engineering 874 (2020) 012037

IOP Publishing doi:10.1088/1757–899X/874/1/012037

[11]Fatima Zohra Baouche, Bilal Abderezzak,Design and Simulation of a Solar Tracking System for PV,applied science. 2022, 12, 9682

