

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية
والكهربائية والمعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 46 . العدد 3

1445 هـ . 2024 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

مدير مكتب مجلة جامعة البعث
د. إبراهيم عبد الرحمن

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 مشرفي
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. نزار عبشي

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : 963 31 2138071 ++

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

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

ISSN: 1022-467X

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
36-11	م. رشا الكيالي م. معلا معلا	دراسة التحسين الهيكلي لمكبس هيدروليكي خاص بدمج المساحيق المعدنية
70-37	م. محمود العبد د. رانيا لطفي د. إيفا حريقص	تحسين روبوتات الدردشة لخدمة العملاء في مجال الرعاية الصحية
98-71	د. محمد بشار معيني د. صلاح الشمالي م. عمر الصوفي	تحسين أداء المتانة لشفرة عنفة غازية عن طريق تعديل ممرات التبريد ونوع المانع المستخدم
124-99	د. فيصل شعبان د. نسمت أبو طبق عمار ميهوب	تخميد اهتزازات نظام الطاقة الكهربائي باستخدام تقنية التحكم التكيفي نموذج مرجعي
150-125	م. احمد إبراهيم عمران د. بسيم عمران	تحسين عملية التعرف على الأشخاص بالاعتماد على خوارزمية YOLOv3 – Tiny
170-151	د. لبيب حسن	تصميم خط نقل بتوتر 765KV

دراسة التحسين الهيكلي لمكبس هيدروليكي خاص بدمج المساحيق المعدنية

م. رشال الكيالي*

م. معلا معلا**

ملخص:

يعتبر دمج المساحيق المعدنية إحدى أهم عمليات التصنيع التي تتم بشكل أساسي على المكابس الهيدروليكية. تعمل مكابس الضغط الهيدروليكية تحت ظروف الحمل التصادمي. ونظرًا لاستمرار حمل التأثير، تتعرض بعض أجزاء المكابس لإجهاد الضغط وبعض الأجزاء تعاني من إجهاد الشد.

تم في هذا البحث دراسة تحسين هيكل المكبس الهيدروليكي المستخدم في عمليات دمج المساحيق المعدنية لصنع المنتجات معقدة التصميم، من حيث إجراء تقنيات التحليل البنيوي المختلفة وتقنيات التحسين للضغط الهيدروليكي (ستاتيكيًا وديناميكيًا) بالاستعانة ببرنامج العناصر المنتهية (ANSYS).

تتمتع المكابس الهيدروليكية بهياكل ذات كتل كبيرة نسبيًا، ولكن هذا يؤثر بشكل كبير على التكلفة. للتغلب على هذه المشكلة، يلزم تحسين هيكل المكبس الهيدروليكي حيث تمكنا من القيام به باستخدام برنامج CAD واخترنا برنامج (Solid works) ومن بعده التحليل ضمن برنامج للعناصر المنتهية (FEA) واخترنا (ANSYS)، وذلك لتحسين وزن المواد المستخدمة في بناء الهيكل (لتقليل حجم المواد).

أظهرت النتائج أنه بالإمكان تخفيض وزن المواد المستخدمة في بناء هيكل المكبس الهيدروليكي حوالي 44.41%، وهذه النسبة تعتبر جيدة جدًا للتقليل من تكلفة المكابس الهيدروليكية دون التأثير على جودة تصنيع المنتجات بالمساحيق المعدنية.

الكلمات المفتاحية:

هيكل المكبس الهيدروليكي، المساحيق المعدنية، طريقة العناصر المنتهية (FEM).

* قائم بالأعمال في قسم هندسة التصميم الميكانيكي - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق.

** مشرف على الأعمال في قسم هندسة التصميم الميكانيكي - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق.

Study of the topology optimization of a hydraulic press for metal powder Compaction

Eng. Rasha Al-Kayali **

Eng. Moua'lla Moua'lla**

Abstract:

Metal powder consolidation is one of the most important manufacturing processes performed primarily on hydraulic presses. Hydraulic press brakes operate under impact load conditions. Due to the continuous impact load, some parts of the pistons experience compressive stress and some parts experience tensile stress.

In this research, we study the improvement of the structure of the hydraulic press used in metal powder merging processes to make complex-designed products, in terms of performing various structural analysis techniques and optimization techniques for hydraulic pressure (static and dynamic) using the finite element program (ANSYS).

Hydraulic presses have structures with relatively large masses, but this greatly affects the cost. To overcome this problem, it is necessary to improve the structure of the hydraulic press, as we were able to do it using a CAD program and we chose the Solid Works program, and then analysis within a finite element program (FEA) and we chose (ANSYS), in order to improve the weight of the materials used in building the structure (to reduce the size Materials).

The results showed that it is possible to reduce the weight of the materials used in building the hydraulic press frame by about 44.41%, and this percentage is considered very good for reducing the cost of hydraulic presses without affecting the quality of manufacturing products using metal powders.

Key words: Hydraulic piston structure, metal powders, finite element method (FEM).

*,**Faculty of Mechanical and Electrical Engineering – Department of Mechanical Engineering Design – Damascus University.

1- مقدمة:

مع التطور السريع لكافة المعدات الميكانيكية نحو الدقة والموثوقية العالية، فإن أداء العمل المنجز المطلوب من هذه المعدات يجب أن يكون ذو كفاءة أعلى ومردود أفضل. وبسبب تأثير الخصائص الستاتيكية والديناميكية للأجزاء الرئيسية على أداء العمل للآلة الكاملة، فمن الضروري تحسين هيكلها لتحسين الخصائص الستاتيكية والديناميكية. [1] تلعب المكابس الهيدروليكية بشكل عام دورًا هاماً في العديد من التطبيقات الصناعية، مثل صناعة السيراميك، وقطع غيار السيارات، والطائرات، والأجهزة الكهربائية. يتم استخدام المكابس الهيدروليكية على نطاق واسع في مجالات عديدة مثل (تشكيل المعادن - دمج المساحيق المعدنية). يتم تصنيع المكابس الهيدروليكية الخاصة بدمج المساحيق المعدنية الخاصة بتصنيع منتجات معقدة التصميم باستطاعات تتراوح من 15 إلى 1200 طن للمنتجات البسيطة أو معقدة التصميم. [2]



الشكل (1): مكبس هيدروليكي ذو استطاعة 315 طن ، تغذية تلقائية ، خاص بدمج المساحيق المعدنية ضغط واحد، تحكم PLC

المكابس الهيدروليكية مناسبة للكربيدات ومساحيق المعادن والسيراميك والبوليمرات وصناعات المساحيق الحديدية الأخرى.

عندما نختار هياكل المكابس الهيدروليكية الخاصة بدمج المساحيق المعدنية، يجب أن نراعي نقاطاً هامة: ومنها يجب أن تتمتع هذه المكابس ببناء بسيط (غير معقد) وإنتاج دقيق وأقصى زمن تشغيل.

حيث يمكن أن يؤدي استخدام الموارد المثلى الممكنة في تصميم هياكل المكابس الهيدروليكية إلى تقليل تكلفة هذه المكابس. من خلال تحسين وزن المواد المستخدمة في بناء الهيكل، لذلك حاولنا في هذا الاتجاه لتقليل حجم المواد المستخدمة.

تم استخدام ANSYS لهذا التحليل والهدف الرئيسي هو تقليل تكلفة المكابس الهيدروليكية دون التأثير على جودة الإنتاج. فيما يتعلق بمواصفات التصميم، يركز توزيع الضغط والانحراف والتكلفة على التصميم الأمثل. المنهجية المتبعة في هذا العمل هي تطبيق عدة تواترات وقوى متغيرة على المكبس الهيدروليكي واستخراج النتائج من برنامج ANSYS واختيار التواتر المناسب لهذا المكبس.

لذلك نحن هنا في هذا البحث نهدف إلى تقليل كتلة المكبس الهيدروليكي الخاص بدمج المساحيق المعدنية (P.M).

2- الهدف من البحث:

تصميم مكبس هيدروليكي يستخدم لدمج المساحيق المعدنية ضمن قوالب مصممة مسبقاً باستطاعة 100 طن باستخدام برنامج رسم هندسي (SOLIDWORKS) وبعدها برنامج نمذجة هندسي (ANSYS) متبوعاً بتحليل ستاتيكي وديناميكي مفصل بهدف تحسين أجزائه وبالتالي تقليل تكلفة تصنيع هذا المكبس الهيدروليكي.

3- الدراسة المرجعية:

تم بذل الكثير من الجهود لتحسين الأجزاء الرئيسية للمعدات الميكانيكية خلال السنوات الأخيرة.

قام الباحث Genshang Wu عام 2021 بتحسين إطار آلة اختبار الضغط والقص باستطاعة حوالي 6000 طن من خلال استخدام برنامج (ABAQUS). أظهرت النتائج أنه تم تخفيض وزن الإطار بنسبة 14.5% بعد التحسين، ولكن كانت الإنتاجية أقل من الحد الأقصى. [3]

ودرس الباحث Zhaokun Li عام 2016 تطوير نموذج رياضي بهدف تحسين هيكل مخرطة CNC حيث تم تقليل التشوه الأعظمي لإطار المخرطة، ولكن كان ذلك سبباً في تقليل جودة الهيكل المحسن. [4]

قام الباحث Zongsheng Sai عام 2013 بتحسين هيكل مخرطة NC من خلال تحسين الخواص الديناميكية حيث ركز على معاملات الانزلاق وتحسينها من خلال المحاكاة الرقمية. [5]

درس الباحث Yaoman Zhang عام 2015 تحليل أداء المخرطة ستاتيكيًا وديناميكيًا تحت الأحمال الخارجية على سريرها، ودراسة التشوهات كافة في جميع الوصلات. تم التوصل إلى معرفة القيم العظمى للتشوهات والإجهادات لسرير المخرطة عندما يعمل السرج عند الحد الصحيح. [6]

4- مواد وطرائق البحث:

تمت الاستعانة بالمكبس الهيدروليكي المتواجد في مخبر آلات التصنيع والتشكيل ذو الاستطاعة حوالي (100 ton).

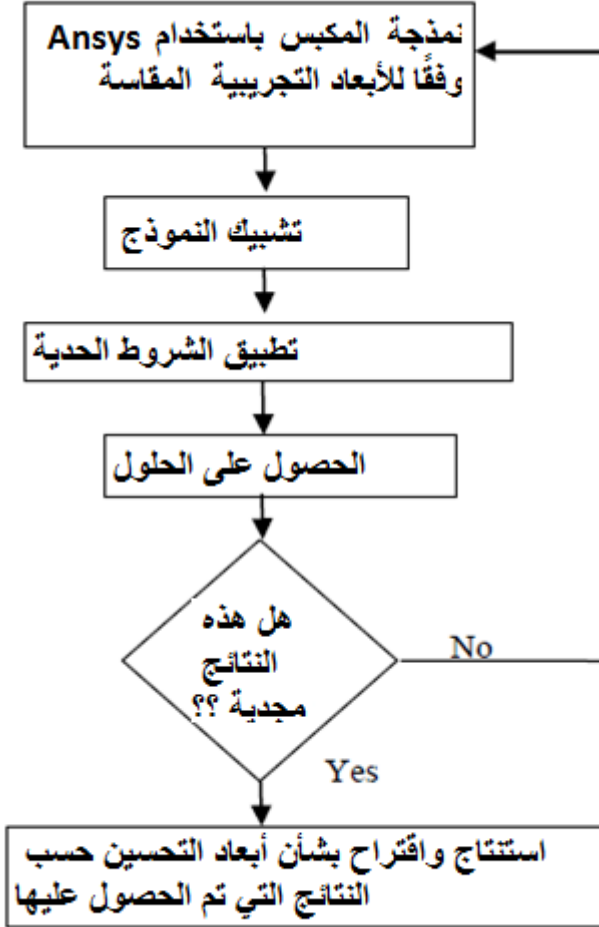


الشكل (2): المكبس الهيدروليكي المستخدم لدمج المساحيق المعدنية المراد نمذجته

منهجية البحث:

- 1- الرسم التصميمي للمكبس الهيدروليكي استطاعة 100 طن في برنامج (SOLIDWORKS).
- 2- إجراء تحليل للضغط الهيدروليكي المطبق باستطاعة 100 طن في برنامج تحليل العناصر المنتهية المقترح لهذا الغرض (ANSYS).
- 3- تحليل المشاكل الموجودة في الضغط المطبق.

- 4- تصميم المكونات الأساسية للضغط الهيدروليكي باستخدام البرامج الهندسية.
- 5- تحليل وتحسين المناطق الحرجة للضغط الهيدروليكي 100 طن.
- 6- الانتهاء من تصميم المكبس الهيدروليكي 100 طن.
- 7- تصنيع المكبس الهيدروليكي باستطاعة 100 طن.

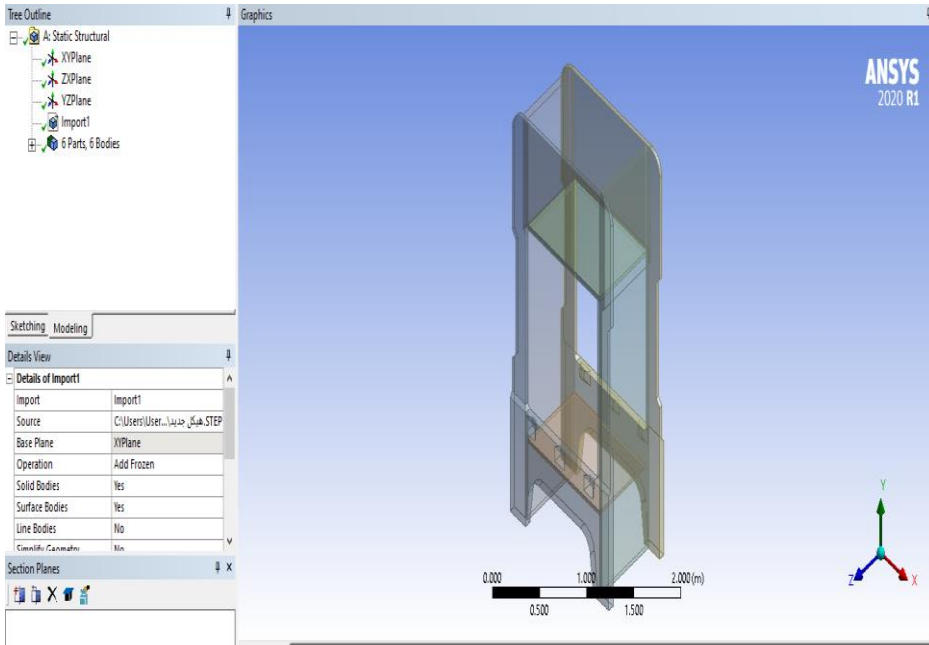


الشكل (3): المخطط التدفقي للمنهجية المقترحة في هذا البحث

5- الإجراء التجريبي:

5-1: المرحلة الأولى:

تم رسم تصميم هيكل المكبس باستخدام برنامج solidworks و حفظه بلاحة Parasolid واستدعائه الى برنامج design modoler الملحق ببرنامج ansys workbench



الشكل (4): نموذج هيكل المكبس ضمن برنامج design modoler

5-2: المرحلة الثانية:

تعريف مادة هيكل المكبس المصنوع من حديد الصب حيث معامل يونغ 11000000 Mpa ومعامل بواسون 0.28 والكثافة 7200 kg/m^3 .

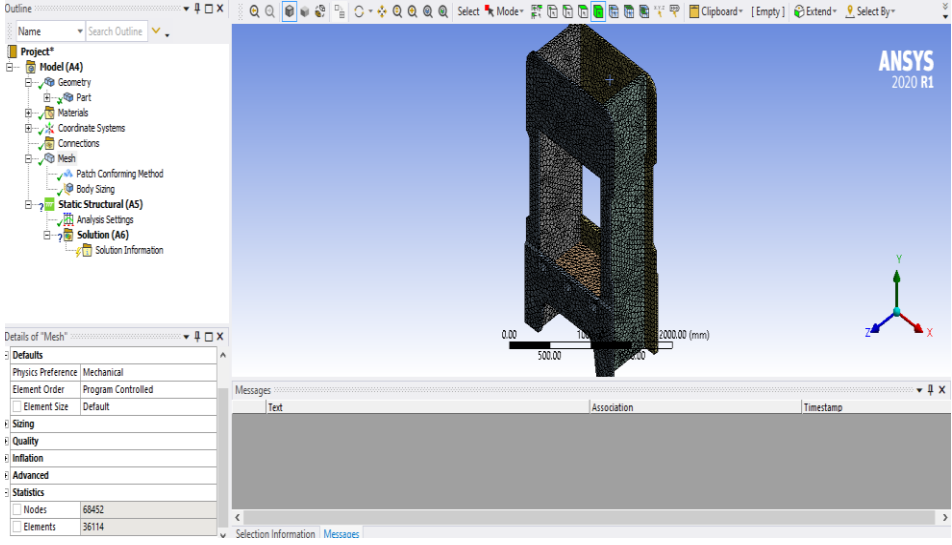
Outline of Schematic A2: Engineering Data				
	A	B	C	D
1	Contents of Engineering Data			Source
3	Gray Cast Iron			General_Materials.xml
4	Structural Steel			General_Materials.xml
*	Click here to add a new material			

Properties of Outline Row 3: Gray Cast Iron				
	A	B	C	D
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Density	7200	kg m ⁻³	
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion			
5	Coefficient of Thermal Expansion	1.1E-05	C ⁻¹	
6	Isotropic Elasticity			
7	Derive from	Young's Modulus and ...		
8	Young's Modulus	1.1E+05	MPa	
9	Poisson's Ratio	0.28		
10	Bulk Modulus	8.3333E+10	Pa	
11	Shear Modulus	4.2969E+10	Pa	
12	Tensile Yield Strength	0	Pa	
13	Compressive Yield Strength	0	Pa	

الشكل (5): خواص مادة حديد الصب ضمن مكتبة ANSYS

3-5: المرحلة الثالثة:

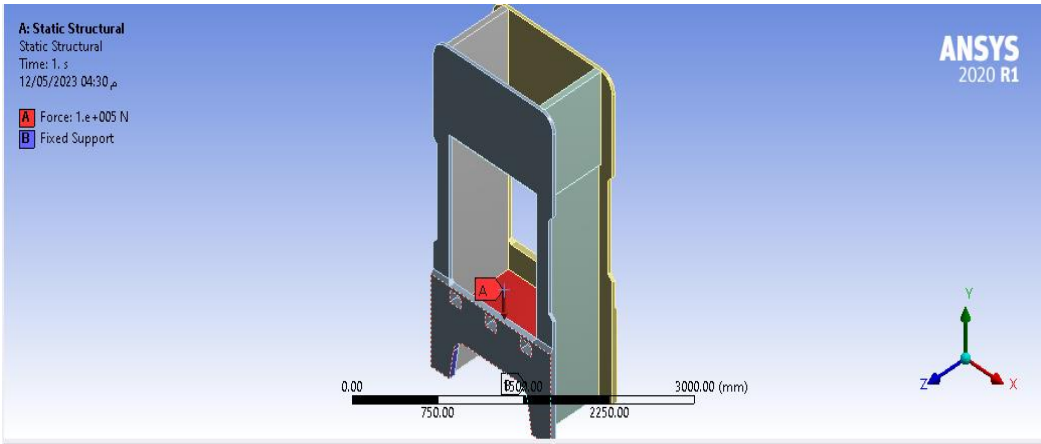
بعد تغيير مادة هيكل المكبس الى حديد الصب تم ضبط اعدادات شبكة العناصر المنتهية حيث استخدم عناصر من نوع tetrahedron وبحجم 50mm وبلغ عدد عناصر الشبكة 36114 عنصر و 68452 عقدة.



الشكل (6): شبكة العناصر المنتهية

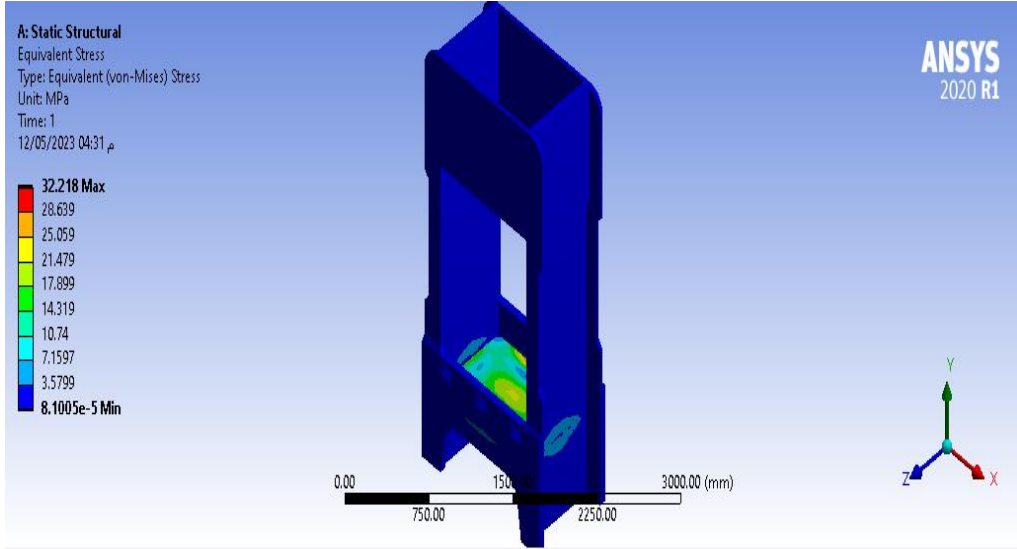
4-5: المرحلة الرابعة:

ضبط الشروط الحدية حيث تم تثبيت المكبس من الأسفل ووضع قوة كبس من على البلاطة التي تحمل القطع بمقدار 100 ton .

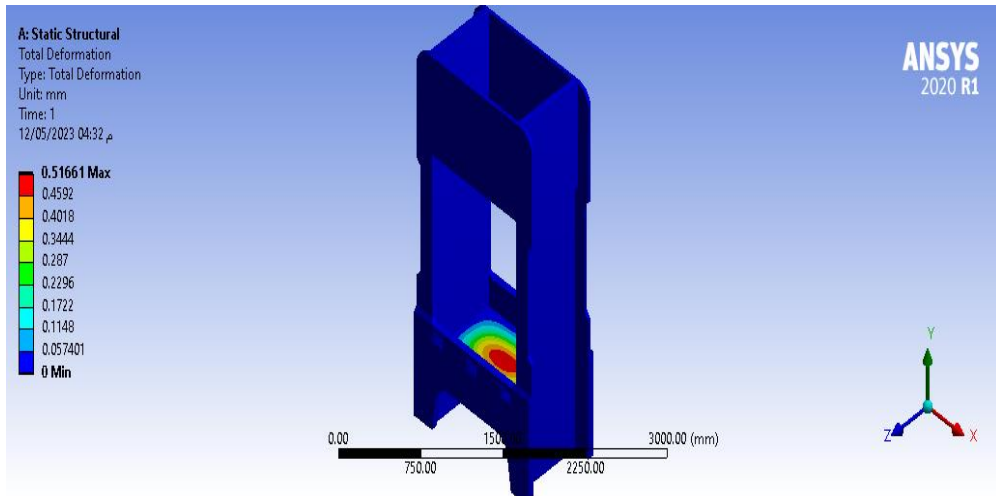


الشكل (7): تطبيق الشروط الحدية

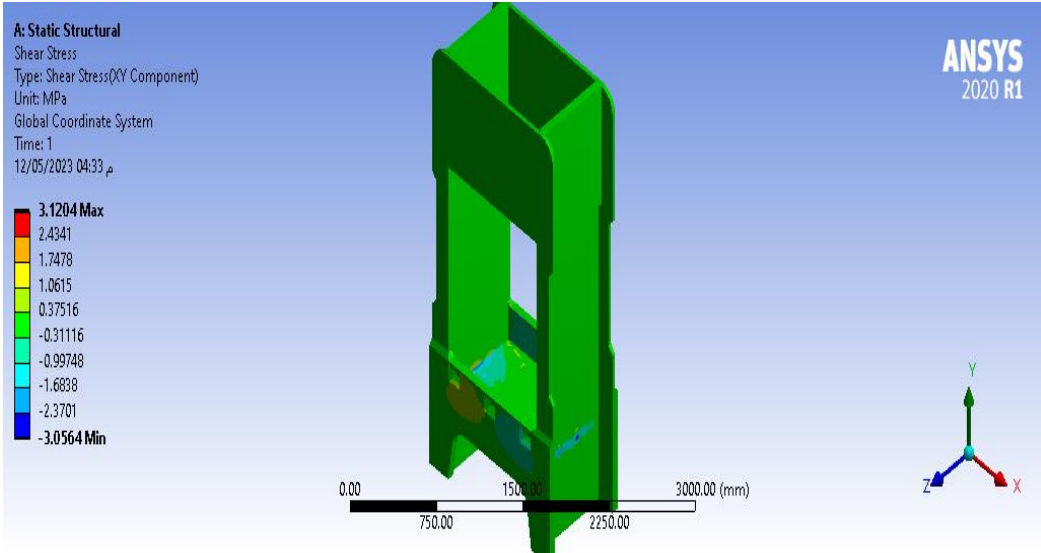
مرحلة الحل حيث تم حساب الاجهادات الكلية والتشوهات و اجهاد القص.



الشكل (8): الاجهاد الكلي



الشكل (9): التشوهات الكلية

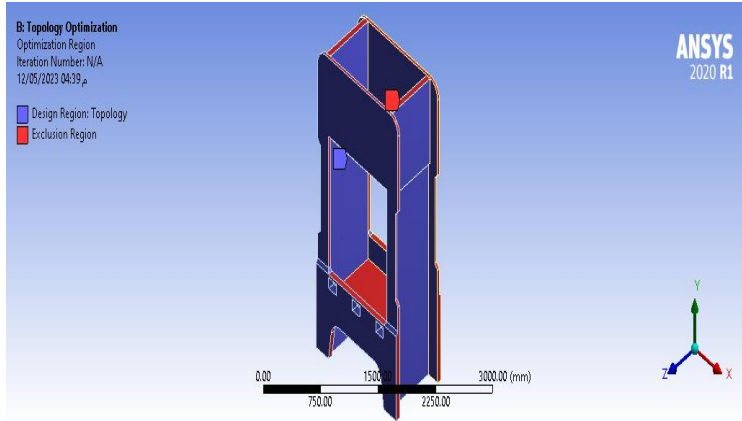


الشكل (10): اجهاد القص

بعد الانتهاء من التحليل الستاتيكي تم الانتقال الى مرحلة الأمثلة الطوبولوجية

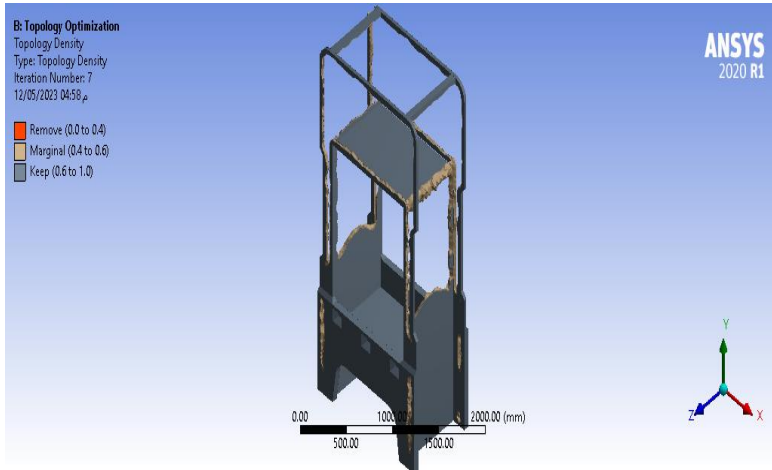
6- الأمثلة الطوبولوجية:

تم تحديد مناطق التصميم المخصصة لا جراء عملية الأمثلة والأماكن المستثناة من عملية الأمثلة وهي أماكن الشروط الحدية وحواف الهيكل وبلاطة المحرك.



الشكل (11): تطبيق شروط الأمثلة الطوبولوجية

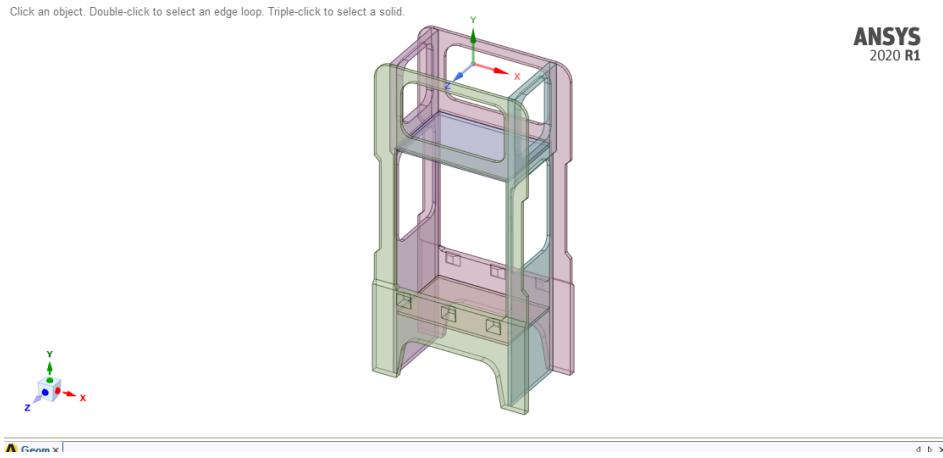
ومن ثم تم تحديد تابع الهدف وهو خفض المطاوعة وذلك عن طريق خفض الكتلة حتى نسبة 40 %.



الشكل (12): شكل المكبس بعد خفض الكتلة

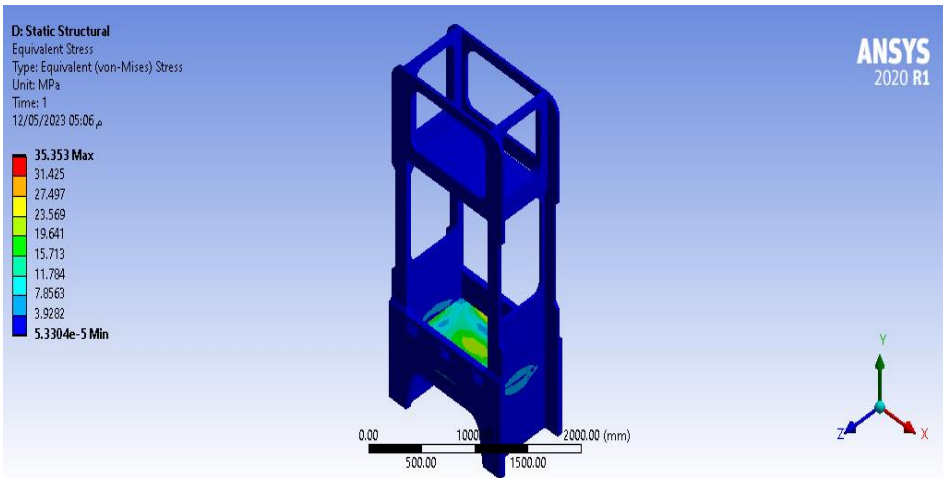
بعدها تم تنظيف شكل الهيكل ليصبح قابل للتصنيع وجاهز لعملية التحقق باستخدام برنامج spaceclaim

Click an object. Double-click to select an edge loop. Triple-click to select a solid.

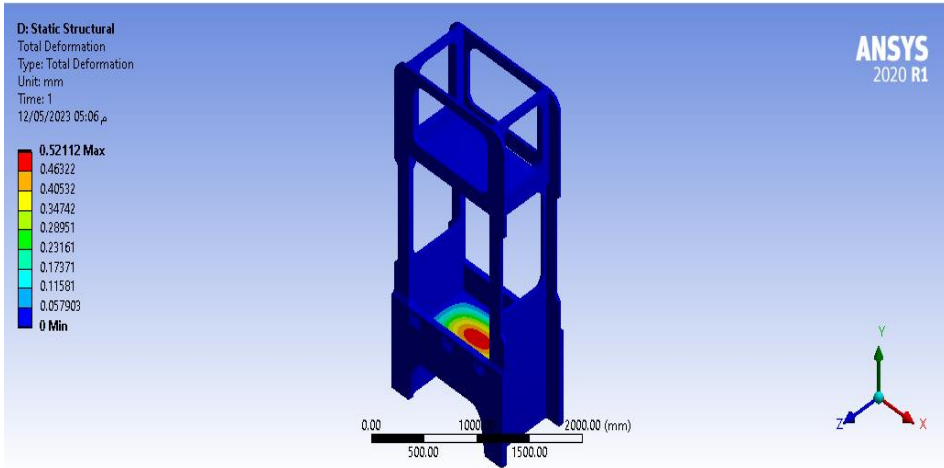


الشكل (13): شكل الهيكل بعد عملية التنظيف

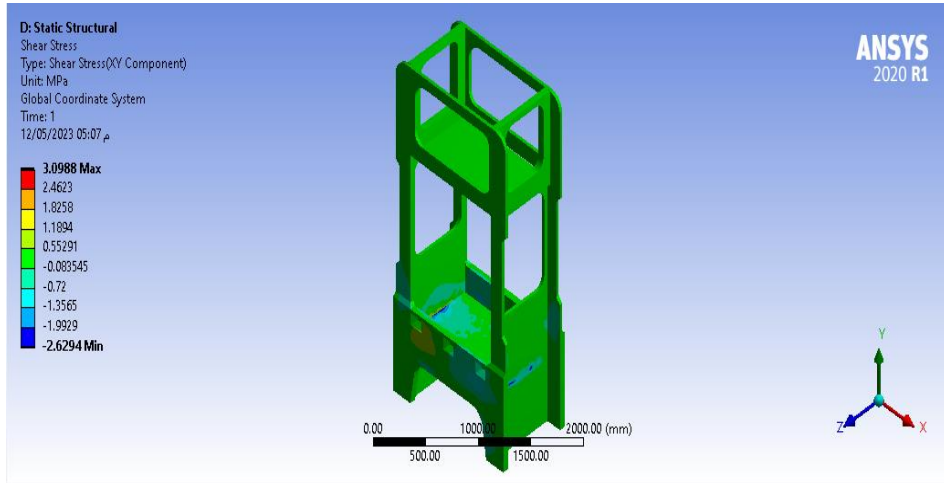
بعدها تم اجراء تحليل ستاتيكي للهيكل المؤتمل بنفس حجم شبكة العناصر المنتهية ونفس الشروط الحدية.



الشكل (14): الاجهادات الكلية



الشكل (15): التشوهات الكلية



الشكل (16): اجهادات القص

وكان وزن الهيكل قبل عملية الأمتلة 3091.3 kg وبعد عملية الأمتلة 2312.7 kg.

7- الدراسة الديناميكية:

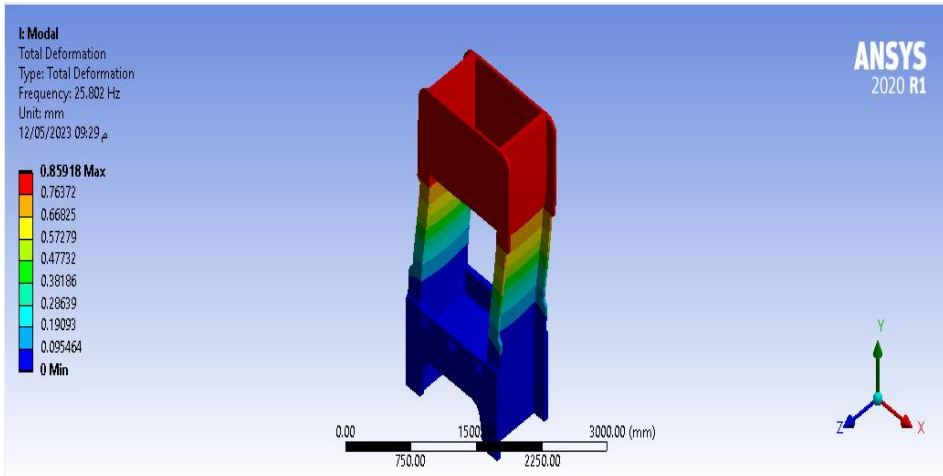
يمكن ربط الأمثلة الطوبولوجية مع دراسة التواترات الذاتية modal لذا سوف يتم اجراء تحليل modal لمعرفة التواترات الذاتية والتشوهات التي تحصل عندها وبعدها اجراء أمثلة طوبولوجية استناداً للتواترات الذاتية ودراسة تواترات الهيكل المؤتمل وفق الخطوات التالية:

7-1: المرحلة الأولى:

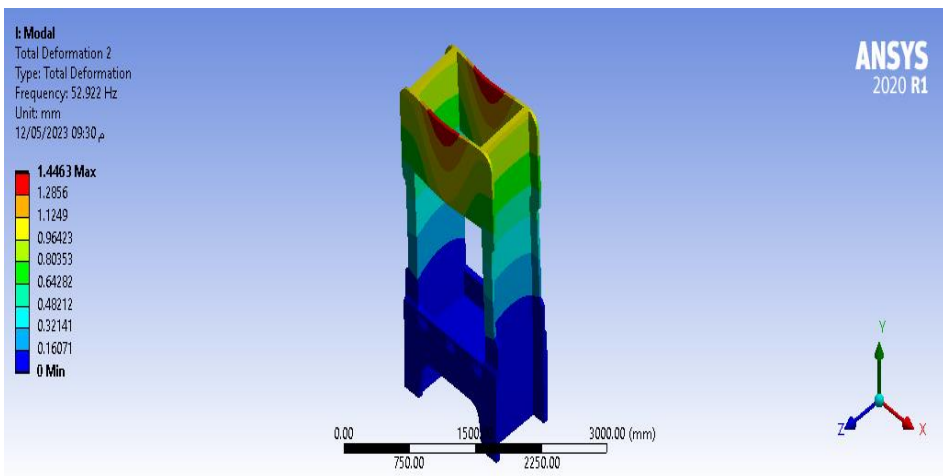
سيتم اجراء تحليل التواترات الذاتية باستخدام سولفر modal، وفي هذا السولفر خطوات العمل عليه تشبه سولفر الستاتيك حيث يتم تعريف المادة، وهي حديد الصب، وبعدها استدعاء الشكل الهندسي للهيكل ومن ثم نفتح مرحلة الاعدادات والتي يتم فيها ربط المادة بالهيكل المدروس وتقسيم الهيكل الى شبكة عناصر منتهية حيث تم استخدام نفس اعدادات شبكة العناصر المنتهية المدروسة في تحليل الستاتيك وبعدا يتم تطبيق المساند، وهي المسند الثابت، وتحديد عدد التواترات لحسابها وحساب التشوهات عند كل تواتر.

	Mode	<input checked="" type="checkbox"/> Frequency [Hz]
1	1.	25.802
2	2.	52.922
3	3.	59.185
4	4.	96.143
5	5.	100.91
6	6.	120.05

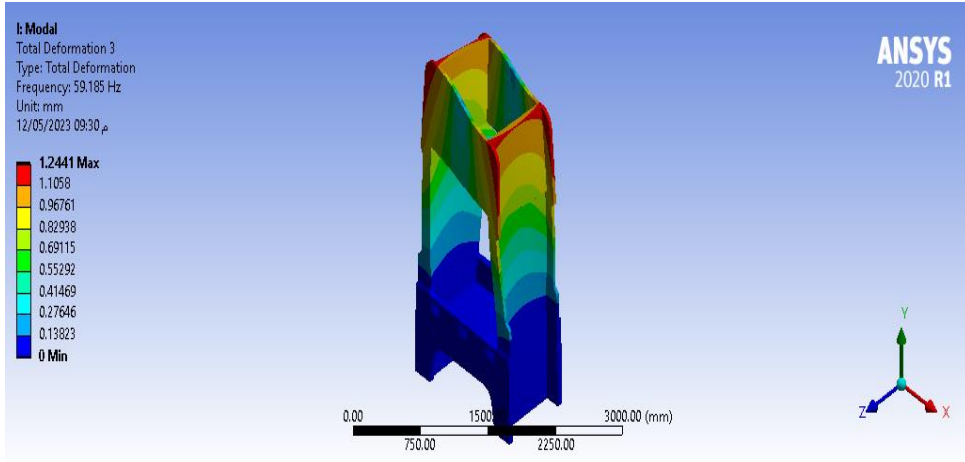
التواترات المحسوبة



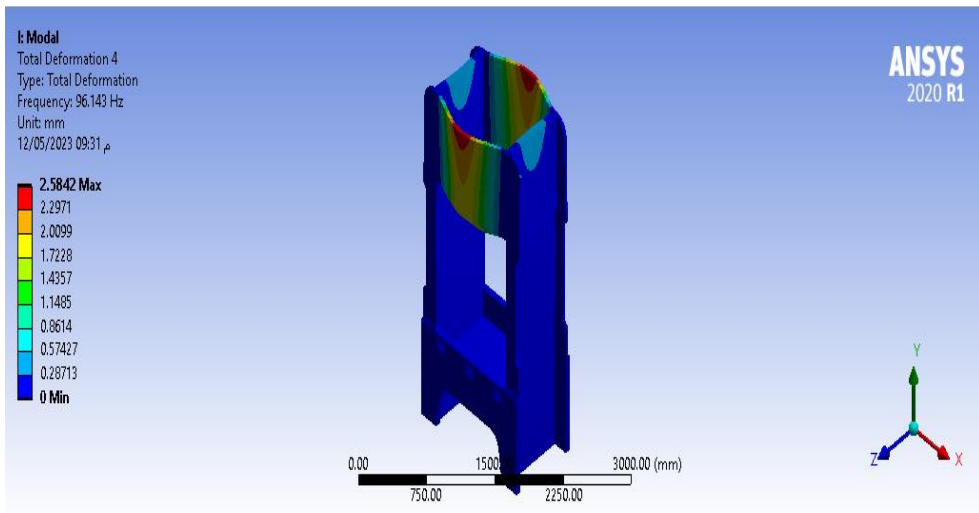
الشكل (17): التشوه عند التواتر الأول



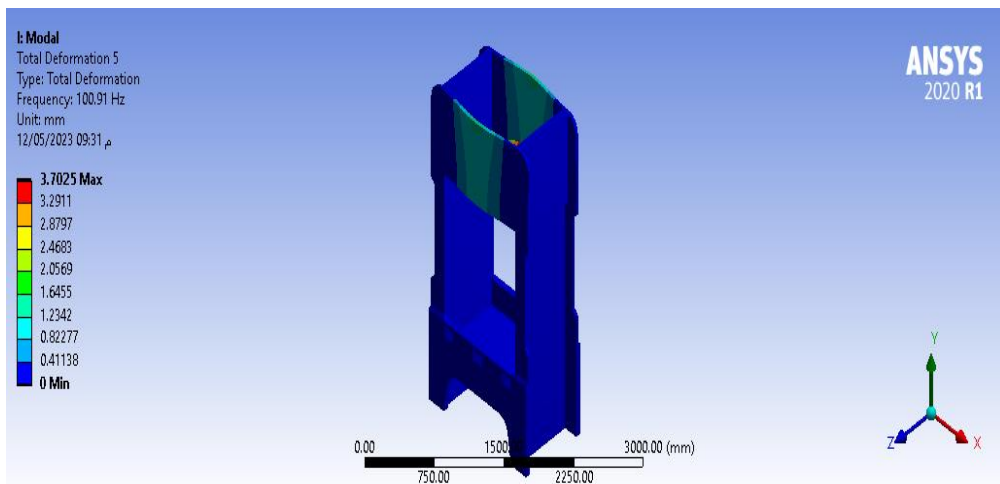
الشكل (18): التشوه عند التواتر الثاني



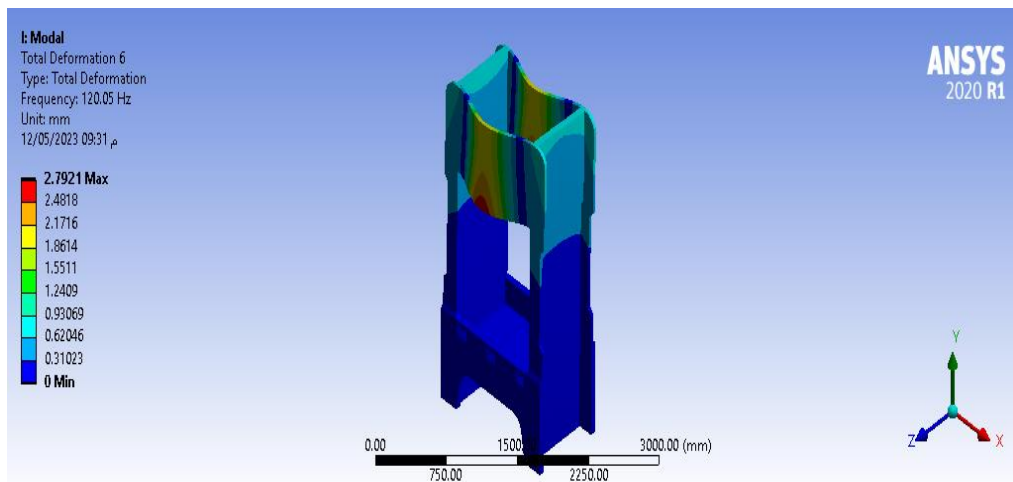
الشكل (19): التشوه عند التواتر الثالث



الشكل (20): التشوه عند التواتر الرابع

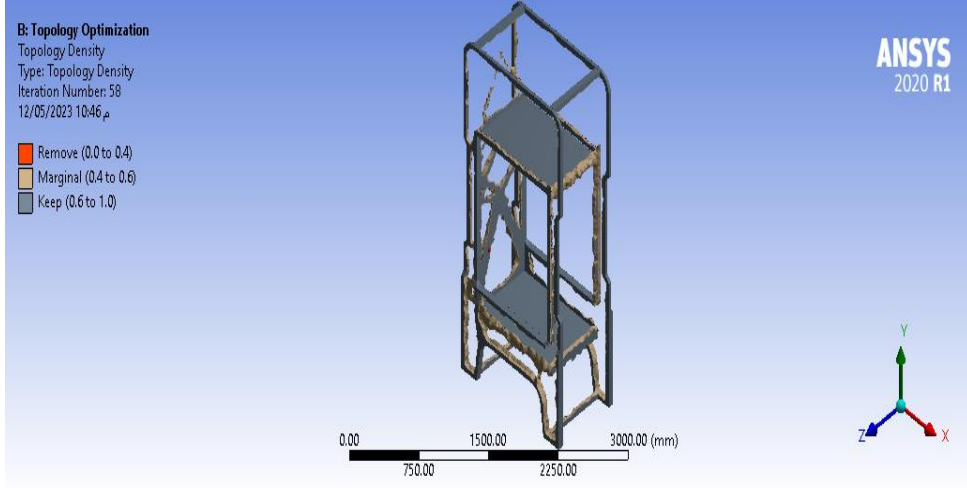


الشكل (21): التشوه عند التواتر الخامس

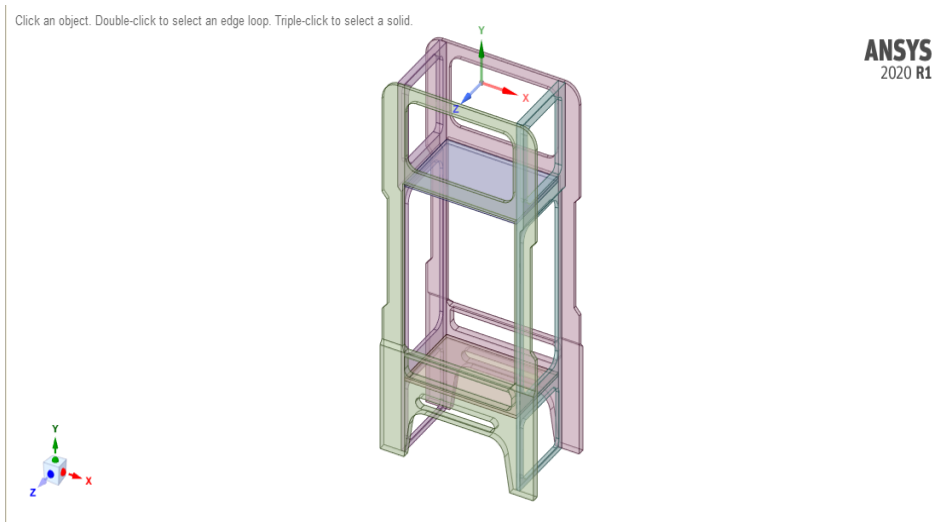


الشكل (22): التشوه عند التواتر السادس

وبعدها يتم اجراء الأمثلة الطوبولوجية حيث كان تابع الهدف تخفيض الكتلة استناداً للتواترات الذاتية حيث تم تحديد التواتر الثالث هو التواتر الذي سيتم حساب الأمثلة بالنسبة له وتحديد مجال التواترات من 50 الى 60Hz وكانت النتيجة كالتالي:

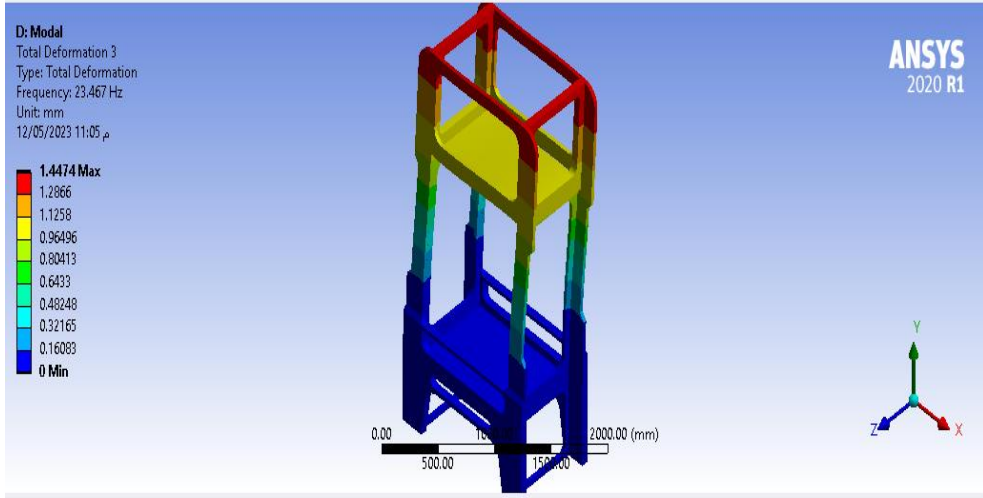


الشكل (23): الهيكل بعد الأمثلة بالنسبة للتواتر الثالث وبمجال اهتزازات من 50 الى 60Hz



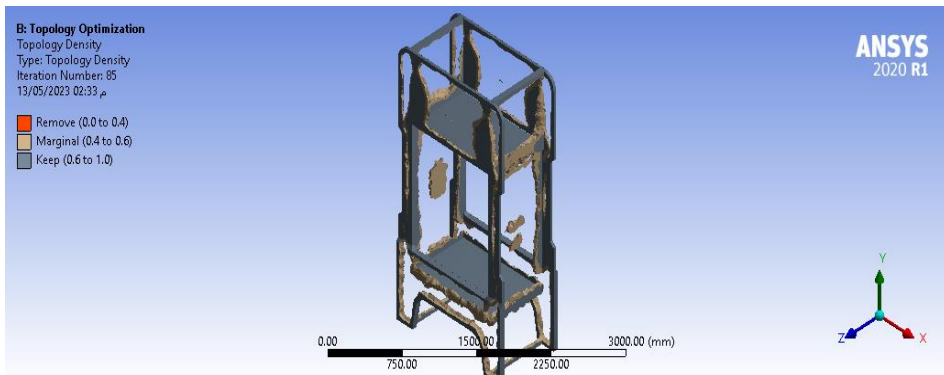
الشكل (24): تصميم المكبس بعد التنظيف

بعدها تم اجراء تحليل modal للنموذج المؤتمل كما يلي:



الشكل (25): التشوه عند التواتر الثالث الذي تمت الأمثلة بالنسبة له

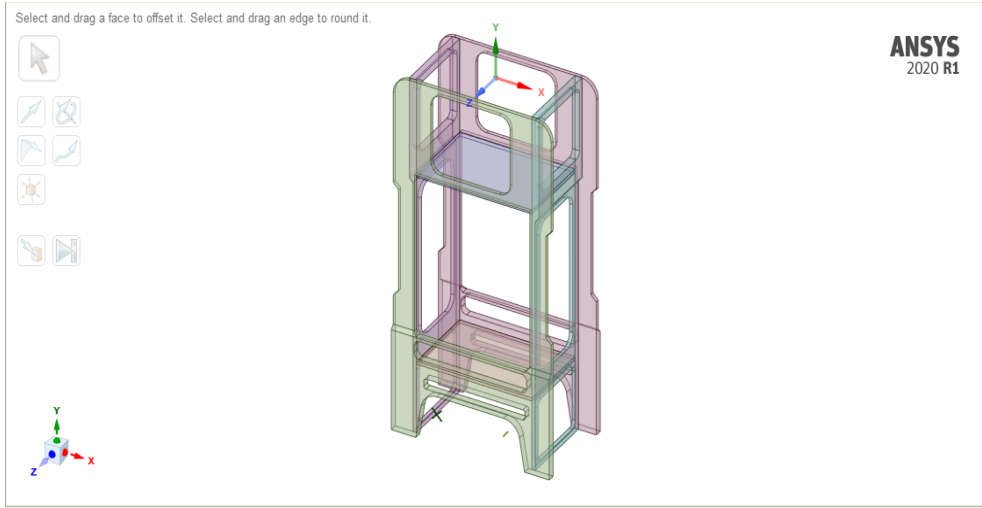
نلاحظ أن تشوه التواتر الثالث للهيكل المؤتمل يشبه تشوه التواتر الأول للهيكل الأساسي وبنفس مجال الاهتزازات لذا سيتم إعادة الأمثل بالنسبة للتواتر الخامس وضمن مجال اهتزاز من 90 الى 100 HZ.



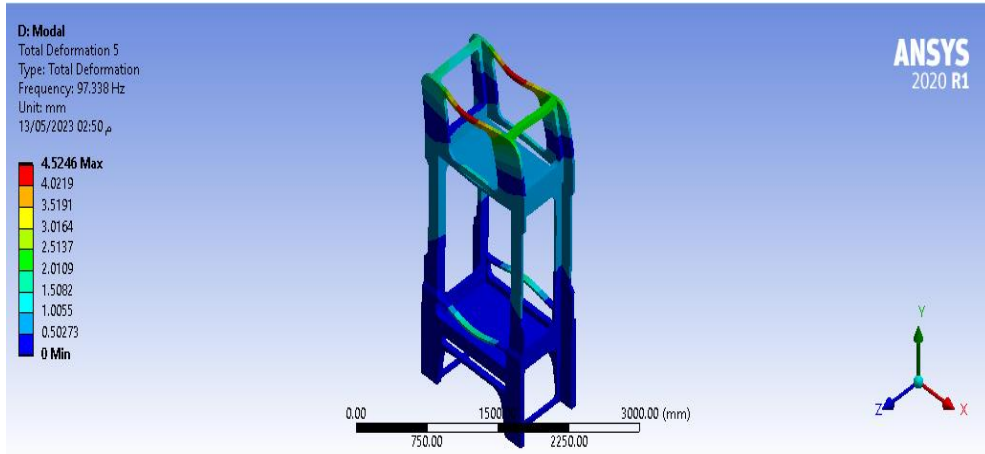
الشكل (26): الهيكل بعد الأمثلة بالنسبة للتواتر الخامس وبمجال اهتزازات من 90 الى

100HZ

انخفض وزن الهيكل عند الأمتلة بالنسبة للتواتر الثالث الى 1810.3 kg



الشكل (27): الهيكل بعد التنظيف



الشكل (28): التشوه عند التواتر الخامس للهيكل المؤمتل ويقع ضمن مجال الاهتزازات

المدروس

وانخفض وزن الهيكل عند الأمتلة عالتواتر الخامس الى 1876.1 kg

نسبة تخفيض وزن المكبس الهيدروليكي:

ستاتيكيًا:

$$\alpha = \frac{W - W^1}{W} \times 100$$

حيث: α : نسبة التخفيض في الوزن

W : الوزن الأصلي

W^1 : الوزن الجديد بعد النمذجة.

$$\alpha = \frac{3091.3 - 2312.7}{3091.3} \times 100 \Rightarrow \alpha = 25.2\%$$

ديناميكيًا:

1- عند التواتر الثالث:

$$\alpha = \frac{3091.3 - 1810.3}{3091.3} \times 100 \Rightarrow \alpha = 41.44\%$$

2- عند التواتر الخامس:

$$\alpha = \frac{3091.3 - 1876.1}{3091.3} \times 100 \Rightarrow \alpha = 39.31\%$$

النتائج والمناقشة:

(1) بعد تحسين الهيكل وإعادة بناء النموذج، انخفض وزن هيكل المكبس

الهيدروليكي الخاص بدمج المساحيق المعدنية (ستاتيكيًا) بنسبة 25.2%

مقارنة بما كان عليه قبل التحسين .

- (2) بعد تحسين الهيكل وإعادة بناء النموذج، انخفض وزن هيكل المكبس الهيدروليكي الخاص بدمج المساحيق المعدنية (ديناميكياً) بنسبة 41.44% مقارنة بما كان عليه قبل التحسين (عند التواتر الثالث).
- (3) بعد تحسين الهيكل وإعادة بناء النموذج، انخفض وزن هيكل المكبس الهيدروليكي الخاص بدمج المساحيق المعدنية (ديناميكياً) بنسبة 39.31% مقارنة بما كان عليه قبل التحسين (عند التواتر الخامس).

الخلاصة:

في هذا البحث، تمت مقارنة التصميم الأصلي لهيكل المكبس الهيدروليكي لدمج منتجات المساحيق المعدنية مع التصميم الذي تم تحسينه من خلال بناء نموذج على برنامج العناصر المنتهية (ANSYS)، وقد تم إثبات أنه في ظل ظروف التحميل نفسها والقيود والهدف الأساسي من التصميم ، فإنه باستخدام برنامج (ANSYS) لوحظ تقليل وزن المكبس الهيدروليكي الجديد بنسبة تصل إلى 41.44%. وبالتالي ستخفض التكلفة المادية. وبذلك تحققنا أن المكبس الهيدروليكي الجديد آمن للتصنيع والاستخدام في تصنيع منتجات المساحيق المعدنية.

- 1) Hao Zhang, Yun Xu, Jianjun Tao, Mingyue Yang, Ting Chen " Analysis of Static Dynamic Characteristics and Structural Optimization of New Structural Vertical Plus Beams ". Academic Journal of Science and Technology. ISSN: 2771-3032 | Vol. 4, No. 1, 2022.
- 2) V.S. Kruzhanov "MODERN MANUFACTURING OF POWDER-METALLURGICAL PRODUCTS WITH HIGH DENSITY AND PERFORMANCE". Powder Metallurgy and Metal Ceramics, Vol. 57, Nos. 7-8, November, 2018 (Russian Original Vol. 57, Nos. 7-8, July-August, 2018).
- 3) GenshangWu, Beibei Cui" Static Topology Optimization and Dynamic Characteristics Analysis of 6000T Compression-Shear Test Machine Frame", Advances in Civil Engineering, Volume 2021, Article ID 6954576, 16 pages.
- 4) Zhaokun Li, Yongqing Fu " The topology optimization on the bed of CNC lathe", Advances in Engineering Research, volume 63, 5th International Conference on Sustainable Energy and Environment Engineering (ICSEEE 2016).
- 5) Zongsheng Sai, Guifei Wang, Ming Cong " Topology and Size Optimization for Landslide Body in NC Lathe " Applied Mechanics and Materials Vol 288 (2013) pp 3-7 © (2013) Trans Tech Publications, Switzerlan.
- 6) Yaoman Zhang, Chaoqun Wang " Finite Element Analysis and Optimization on the Numerical Control Lathe Bed", Applied Mechanics and Materials Vol. 778 (2015) pp 28-32
- 7) Rangraj S More, Shreenidhi R Kulkarni " Finite Element Analysis and Optimization of 'c' Types Hydraulic 200ton Press", International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Volume: 02 Issue: 03 | June-2015.
- 8) Xinhao Zhao & Yanxiong Liu & Lin Hua & Huajie Mao, " Finite element analysis and topology optimization of a

- 12000KN fine blanking press frame", Struct Multidisc Optim
DOI 10.1007/s00158-016-1407-4, Springer-Verlag Berlin
Heidelberg 2016.
- 9) SURESHA. D. B, DEVENDRA REDDY. M & MURALI.
" STRUCTURAL OPTIMIZATION OF LATHE MACHINE
BED", International Journal of Mechanical and Production
Engineering Research and Development (IJMPERD) ISSN
(P): 2249-6890; ISSN (E): 2249-8001 Vol. 7, Issue 5, Oct
2017, 145-154 © TJPRC Pvt. Ltd.
- 10) Zhidong Duan, jianjun Wu " Topological Optimization of
Frame of High Speed Hydraulic Press Based on Generalized
Finite element Modules", Applied Mechanics and Materials
Vols 44-47 (2011) pp 1828-1832

تحسين روبوتات الدردشة لخدمة العملاء في مجال الرعاية الصحية

م. محمود العبد د. رانيا لطفى د. إيفا حريقص

مُلخَصُ البَحْث

مع التقدم التكنولوجي السريع، تنتقل الكثير من المؤسسات من دعم العملاء التقليدي إلى الدعم الآلي، الأمر الذي أدى لزيادة الطلب على روبوتات الدردشة بشكل كبير. يحتاج العملاء إلى المساعدة في أغلب المجالات وخاصة مجال الرعاية الصحية الذي يتطلب دقة كبيرة في الإجابة على الأسئلة الطبية ضمنه، إلا أن روبوتات الدردشة التقليدية تفنقر إلى القدرة البديهية للإنسان على رؤية المعنى والعلاقات وإمكانية توليد رد مناسب للأسئلة المطروحة، كما أنها لا تستطيع تتبع السياق وتفشل في المحادثات طويلة الأمد. لمعالجة هذه المشاكل، تم في هذا البحث استخدام المحولات والنماذج المدربة مسبقاً مثل Bidirectional Encoder Representations from) BioBERT (Transformers for Biomedical Text Mining و Generative Pre-) GPT (trained Transformer)، واقتراح منهجية تقوم بدمج النموذجين السابقين لرفع دقة الإجابات وفهم السياق الطبي بشكل أفضل، وفي النهاية تطوير واجهة تخاطبية على أساس النموذج المقترح للإجابة عن الأسئلة الطبية الشائعة. تُظهر النتائج أن النموذج المقترح والمدرب على مجموعة معطيات خاصة بالأسئلة الطبية، تعامل مع أسئلة المستخدم بشكل مناسب، وأن منهجيتنا المقترحة تحقّق أداء أفضل من الطرق الأخرى على نفس مجموعة المعطيات نتيجة استخدام النماذج المدربة مسبقاً، حيث وصلت دقة نموذج BioBert لـ 90% ودقة نموذج GPT-2 لـ 92%.

الكلمات المفتاحية: روبوتات الدردشة، خدمة العملاء، روبوتات الدردشة الطبية، المحولات، النماذج المدربة مسبقاً.

Improving chatbots for customer service in Healthcare

Abstract

As technological advancements continue rapidly, numerous organizations are shifting from traditional customer support to automated support, which has led to a significant rise in the demand for chatbots. In various industries, such as healthcare, customers often require assistance that necessitates accurate answers to medical inquiries. Nevertheless, conventional chatbots lack the innate ability of humans to comprehend meaning and relationships, as well as the skill to generate appropriate responses. Additionally, they struggle to maintain contextual information and frequently fail during prolonged conversations.

To tackle these issues, we employed transformers and pre-trained models like BioBERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers for Biomedical Text Mining) and GPT (Generative Pre-trained Transformer) in our research. A methodology combining these prior models is introduced to enhance answer accuracy, better grasp the medical context, and ultimately create a conversational interface capable of addressing common medical questions. The findings indicate that our proposed model, trained on a specific medical question dataset, effectively handled user inquiries. Moreover, using pre-trained models, our methodology outperformed other methods on the same dataset. Notably, the BioBert model achieved a 90% accuracy rate, and the GPT model 92% accuracy rate.

Keywords: Chatbots, Customers Services, Medical Chatbots, Transformers, Pre-trained models

1. مقدّمة

تُسمّى روبوتات الدردشة (Chatbots) وكلاء محادثة أو برامج مدعومة بالذكاء الصناعي الذي يحاكي المحادثات مع البشر من خلال اللغة الطبيعية، بما في ذلك الصوت والنص. كلمة chatbots مشتقة من "chat robots"، والتي تُفهم على أنها وكلاء الآلة الذين يعملون كواجهات مستخدم باللغة الطبيعية للبيانات والخدمات من خلال النص أو الصوت. هناك العديد من الأسماء المختلفة لروبوتات الدردشة مثل مساعد الذكاء الصناعي، الوكيل الافتراضي، نظام المحادثة الآلية، وروبوت الدردشة [1].

بشكل عام، يُعرّف روبوت الدردشة أو Chatbot على أنه برنامج يقوم بتوليد استجابات استناداً إلى إدخالات معينة، بهدف محاكاة المحادثات البشرية، سواء كان ذلك في الوضع النصي أو الصوتي. تتنوع وظائف روبوتات الدردشة من خدمة العملاء وتوجيه المستخدمين حول المنتجات إلى تقديم مساعدة شخصية [2]. يُستخدم روبوت الدردشة في مختلف المؤسسات والشركات، بما في ذلك المؤسسات الحكومية، والمنظمات غير الربحية، والقطاع الخاص. كما أنه يخدم العديد من المجالات بما في ذلك التسويق، التعليم، أنظمة الدعم والرعاية الصحية، الترفيه، استرجاع المعلومات، وأعمال التجارة الإلكترونية [3]. تعد Chatbots حالياً أسهل طريقة لدينا لجعل البرامج أصلية للبشر لأنها توفر تجربة التحدث إلى شخص آخر [4].

في الآونة الأخيرة، تم تطوير روبوتات الدردشة وتعزيزها من خلال معالجة اللغة الطبيعية والتعلم الآلي والتعلم العميق لتحليل استفسارات المستخدم وتقديم الإجابات ذات الصلة. لقد أتاح التقدم السريع لهذه التقنيات في السنوات القليلة الماضية إنشاء روبوتات دردشة بمحادثات تشبه المحادثات البشرية. تعد روبوتات الدردشة جزءاً أساسياً من التجربة الحديثة عبر الإنترنت وقد تم دمجها في العديد من مواقع الويب، مثل Facebook و Telegram و Google وغيرها. كما أنّ عدد العلامات التجارية والشركات التي

تستخدم روبوتات الدردشة يتزايد بالفعل، لذلك سيكون لروبوتات الدردشة جزءاً كبيراً من مهام التسويق الرقمي المستقبلية.

2. مشكلة البحث

تحاول معظم الشركات تقديم تجارب عملاء ذات جودة عالية، لكن القليل منها يقيّم ما إذا كانت تلبي احتياجات وتوقعات العملاء بالفعل [5]. في عصر التغيير السريع للتكنولوجيا، يجب على القطاعات الخدمية مثل المستشفيات أن تتبنى مجموعة من الأدوات لبناء خدمات قوية وبتنافسية كروبوتات الدردشة التي تعتبر مساعد افتراضي يُمكن العملاء من تلبية طلباتهم على مدار 24 ساعة طوال أيام الأسبوع بالإضافة إلى تحسين تجربة المستخدم، حيث قد يرغب شخص ما في الحصول على معلومات حول مرض معين أو حالة استشارية ويحتاج إلى الحصول على المساعدة في الاستفسارات الطبية في وقت يكون الطبيب أو الاستشاري غير متاح.

في الماضي اعتمدت طرق تطوير روبوتات الدردشة على قواعد وقوالب مكتوبة بخط اليد. لكن مع ظهور التعلم العميق، تم استبدال هذه النماذج بالشبكات العصبونية. قدرة روبوتات الدردشة التقليدية غير مرنة إطلاقاً، حيث يمكنها الإجابة على المستخدم فقط إذا كان هناك نمط (معجمي) مطابق بين استعلام المستخدم ومجموعة الأسئلة والإجابات المخزنة في قاعدة المعارف الخاصة به، أي يتم تقديم الاستجابة باستخدام مجموعة من الإجابات المحددة مسبقاً، لذا تفتقر روبوتات الدردشة التقليدية إلى القدرة البديهية للإنسان على رؤية المعنى والعلاقات وإمكانية توليد رد مناسب للأسئلة المطروحة. حيث تكمن الصعوبة في فهم نوايا المستخدم وبالتالي يصبح من الصعب التعامل معها. على وجه التحديد، لا تستطيع روبوتات المحادثة تتبع السياق وتفشل في المحادثات طويلة الأمد.

كذلك إنّ روبوتات الدردشة التقليدية مصممة خصيصاً لمساعدة المستخدم في بعض المشكلات المحددة، مما يقيّد مجالات استخدامها، حيث أنها لن تكون قادرة على إجراء محادثة متماسكة حول مواضيع شائعة مثل الأخبار والطب وما إلى ذلك. بالإضافة لأنّ بناء روبوتات الدردشة من الصفر يعتبر أمراً مكلفاً من حيث الوقت والجهد.

3. الهدف من البحث وأهميته

يهدف البحث بشكل أساسي إلى تحسين روبوتات الدردشة الخاصة بخدمة العملاء في المجال الطبي، من خلال استخدام تقنيات التعلم العميق والتعلم بالنقل للوصول إلى أفضل دقة ممكنة ضمن المجال المدروس، وفي النهاية استخدام النموذج المقترح في بناء روبوت دردشة فعلي وتضمينه في تطبيق ويب يساعد على الإجابة عن استفسارات المستخدمين، ويتم ذلك من خلال:

- إيجاد طريقة بديلة عن الطرق التقليدية المستخدمة في بناء روبوتات الدردشة من خلال تقديم منهجية تعتمد على الاستفادة من تقنيات التعلم العميق واستخدام النماذج المدربة مسبقاً في تحقيق النموذج المقترح.
- مقارنة المنهجية المقترحة مع دراسات مشابهة وعلى نفس مجموعة البيانات.
- تطوير واجهة تخاطبية للنموذج المقترح لبيان إمكانية استثماره في التطبيقات الحقيقية في الإجابة عن الأسئلة الطبية الشائعة.

لا تخفى فوائد ومزايا استخدام روبوتات الدردشة في المجال الطبي، حيث يمكن حالياً للعديد من مؤسسات الرعاية الصحية التي تستخدم روبوتات الدردشة الطبية، الوصول لعدد كبير من المرضى نتيجة قضاء المستخدمين حالياً الكثير من الوقت على هواتفهم الذكية [6]. حيث قد يحتاج بعض المرضى مزيداً من المعلومات حول حالاتهم الطبية وعلاجاتهم، وقد يحتاجون إلى معلومات حول الأدوية العامة والأدوية الموصوفة. وقد

ثبت أن روبوتات الدردشة التعليمية هي أدوات مفيدة لتوفير معلومات إضافية للمرضى [7].

نظراً لأهمية روبوتات الدردشة في وقتنا الحالي والمنفعة التجارية الكبرى العائدة منها على الشركات حيث استثمرت Google 4.5 مليون دولار [8] في مختبر مونتريل للذكاء الصناعي بالإضافة إلى منحة الذكاء الصناعي الفيدرالية البالغة 213 مليون دولار [8]، أصبح من الضروري العمل على محاولة حل المشاكل الموجودة فيها لتقديم أفضل خدمة ممكنة للعملاء. كما ترى شركات الإنترنت الشهيرة مثل Google و Facebook و Microsoft أن روبوتات الدردشة هي التكنولوجيا المهيمنة خلال السنوات القادمة [9].

4. دراسات ذات صلة

في السنوات الأخيرة، ازداد استخدام روبوتات الدردشة بمختلف مجالاتها وبالمقابل ازدادت وتنوعت طرق إنشائها وتحقيقها. اشتملت الدراسات السابقة على العديد من طرائق ونماذج إنشاء روبوتات الدردشة التي كانت تُستخدم سابقاً في بيئات خدمة العملاء ولكنها حالياً تُستخدم في مجموعة متنوعة من الأدوار الأخرى داخل المؤسسات لتحسين تجربة العملاء وكفاءات الأعمال.

كانت المحاولات الأولى لتطبيق روبوتات الدردشة قائمة على القواعد. عادةً ما تكون النماذج المستندة إلى القواعد أسهل في التصميم والتنفيذ، ولكنها محدودة من حيث الإمكانيات، نظراً لكونها تواجه صعوبات في الإجابة عن الاستفسارات المعقدة. تجيب عن استفسارات المستخدمين من خلال البحث عن تطابق الأنماط، فمن المرجح أن يقدموا إجابات غير دقيقة عندما يصادفون جملة لا تحتوي على أي نمط معروف. بالإضافة لذلك، قد يكون ترميز قواعد مطابقة الأنماط يدوياً صعباً ويستغرق وقتاً طويلاً، كما أن قواعد مطابقة النمط هشة ومقادة بشكل كبير بالمجال ولا يمكن الاستفادة منها في مشاكل أخرى بشكل جيد. من أمثلة روبوتات الدردشة القائمة على القواعد: Elizabot،

Mitsuku ، Google Dialogflow ، IBM Watson ، ChatScript وغيرها الكثير [10].

ظهرت بعد ذلك النماذج القائمة على الذكاء الصناعي التي يمكن تصنيفها إلى صنفين أساسين هما النماذج القائمة على استرجاع المعلومات والنماذج التوليدية. تتضمن النماذج القائمة على استرجاع المعلومات مجموعة معرفة مسبقاً من الإجابات المحتملة، حيث يعالج روبوت الدردشة استعلام المستخدم واستناداً إلى هذا الإدخال، يختار إحدى الإجابات المتاحة في مجموعته. عندما يزود المستخدم روبوت الدردشة بإدخال معين، يتعامل روبوت الدردشة مع هذا الإدخال كاستعلام، ويتم استخدام نموذج استرجاع معلومات مماثل لذلك المُستخدَم مع استعلامات الويب لمطابقة مدخلات المستخدم مع مدخلات مماثلة في فهرس الدردشة [11]. مع ذلك مازال هناك بعض التحديات والنقاط التي تعاني منها هذه الطريقة مثل صعوبة استيعاب السياق والمعلومات الخلفية للمحادثة والحاجة إلى كميات كبيرة من بيانات المحادثات البشرية لتدريب النماذج، مما أدى إلى ظهور النماذج التوليدية التي تولد ردوداً جديدة بكلمة بكلمة بناءً على مدخلات المستخدم. هذه النماذج قادرة على إنشاء جمل جديدة تماماً للرد على استفسارات المستخدمين، لكنها بحاجة إلى التدريب من أجل تعلم بنية الجملة وصياغتها، ويمكن أن تفتقر المخرجات للجودة والاتساق إلى حد ما [12]، [13].

من بين نماذج الذكاء الصناعي، أصبحت نماذج seq2seq هي المعيار الصناعي لنمذجة روبوتات الدردشة. تم تقديمها لأول مرة لحل مشاكل الترجمة الآلية، ولكن المبدأ الأساسي يعمل بشكل جيد من أجل توليد اللغة الطبيعية أيضاً. تتكون من شبكتين عصبونيتين متكررتين (RNN)، وحدة تشفير ووحدة فك تشفير. الجملة المدخلة لمستخدم روبوت الدردشة تصبح هي مدخلات المشفر، الذي يعالج كلمة واحدة في وقت واحد في حالة مخفية محددة من RNN. تأخذ وحدة فك التشفير متجه السياق كمدخلات وتولّد تسلسل آخر (أو جملة) لكلمة واحدة في كل مرة. يقدم نموذج seq2seq بعض المزايا

الهامة منها أنه لا يتضمّن معرفة خاصة بالمجال، ولكنه حل شامل يمكن تدريبه باستخدام مجموعات بيانات مختلفة، وبالتالي في مجالات مختلفة. بالإضافة إلى ذلك، على الرغم من أن النموذج لا يحتاج إلى معرفة خاصة بالمجال لتقديم نتائج قيّمة، إلا أنه يمكن تكيفه للعمل مع خوارزميات أخرى إذا كانت هناك حاجة إلى مزيد من التحليل حول المعرفة الخاصة بالمجال. كما يمتاز بأنه نموذج بسيط ولكنه عام ومرن على نطاق واسع ويمكن استخدامه لحل مهام معالجة اللغات الطبيعية المختلفة [13]. بالمقابل له العديد من القيود حيث يجب تفسير مجمل المعلومات الواردة في جملة الدخل في متجه ذو طول ثابت (متجه السياق)، وبالتالي كلما طالت الجملة ضاع المزيد من المعلومات في العملية، لذا نماذج seq2seq لا تعمل بشكل جيد عندما يجب أن تستجيب لجمال أطول وتميل إلى إعطاء إجابات غامضة.

كانت أحد الابتكارات الأكثر إثارة للاهتمام في نماذج التعلم العميق هو إدخال المحولات (transformers)، التي قدمت لأول مرة من قبل الدراسة [14]. والتي هي نماذج لغوية تعتمد فقط على آلية الانتباه (Attention)، وتعدّ في الوقت الحاضر النموذج الأفضل لتحديات معالجة اللغة الطبيعية، لتحل محل نماذج RNN مثل الذاكرة طويلة المدى (LSTM) عن طريق توزيع أهمية كل جزء من بيانات الدخل بشكل تفاضلي. كما توفر ميزة التدريب على التوازي الأمر الذي يسمح بالتدريب على مجموعات بيانات أكبر مما كان يمكن تحقيقه في الأصل. أدى ذلك إلى تطوير أنظمة مدرية مسبقاً مثل BERT (Bidirectional Encoder Representations from transformers) [15] و GPT (Generative Pre-trained Transformer) [16]، والتي تم تدريبها باستخدام مجموعات بيانات لغوية ضخمة، مثل Wikipedia و Common Crawl و Corpus، ويمكن تعديلها من أجل تطبيقات محددة. من ثم تم الاعتماد على نموذج اللغة BERT المدرب مسبقاً مع مجموعة بيانات طبية حيوية، لإنشاء نموذج سمّي بـ BioBERT وهو عبارة عن نموذج تمثيل لغوي محدّد بالمجال تم

تدريبه مسبقاً على مجموعة بيانات طبية حيوية واسعة النطاق. حيث أظهر أداء يتفوق إلى حد كبير على BERT وعلى النماذج السابقة في مجموعة متنوعة من مهام التنقيب في النصوص الطبية الحيوية عندما يتم تدريبه مسبقاً على مجموعة بيانات طبية (ملخصات PubMed ومقالات PMC كاملة النص) مثل مهمة التعرف على الكينونة الطبية مسماة ومهمة استخراج العلاقات الطبية الحيوية ومهمة الإجابة على الأسئلة الطبية الحيوية [17].

قدمت الدراسة [18] نموذجاً يجب على الأسئلة الطبية باستخدام نماذج LSTM و BLSTM وتم اعتماد مقياس BLEU لتقييم النموذج مع التنويه ضمن الدراسة إلى أنه يجب أخذ مقاييس أخرى بعين الاعتبار وأن أفضل مقياس هو تقييم الإجابات يدوياً من قبل الأطباء لكن لقلّة الموارد المتاحة لم يكن هذا الحل ممكناً، كما تم ضمن الدراسة تجريب نموذج متعدد المهام يتنبأ بفئة السؤال ويولد الإجابة، وحقق دقة 40% في 80epochs.

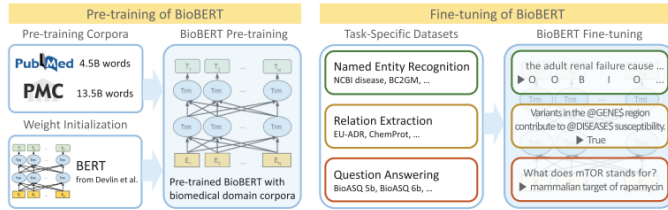
قدمت الدراسة [19] نموذجاً يجب على الأسئلة الطبية باستخدام الدمج بين النموذج القائم على الاسترجاع والنموذج التوليدي، حيث يقوم النموذج بمطابقة الإدخال، إذا وجد الإجابة يقوم بإرجاع النتيجة وإذا لم يجدها يقوم بتوليد الإجابة. تم تدريب النموذج باستخدام BiLSTM ومجموعة بيانات تحوي مجموعة أسئلة شائعة من موقع Quora في المجال الطبي وحقق دقة 82% تقريباً على ثلاث مجموعات اختبار بالمقارنة مع BERT و MaLSTM.

استخدمت الدراسة [20] النموذج BioBert المدرب مسبقاً على مجموعة بيانات مختلفة عن المستخدمة في دراستنا ومجمعة من مواقع ولكنها غير محددة بفئة معينة واعتمدت على KeyBERT لإعطاء الكلمات في كل جملة من مجموعة البيانات فئة محددة مع ذكر استخدام النموذج GPT-2 لكن بدون نتائج ودقة واضحة وتم الاكتفاء بدقة النموذج BioBert وكانت 89.6%.

على الرغم من أنه تم إثبات فعالية BERT كنموذج لتمثيل الكلمات وفقاً لسياقها، إلا أنه لا يعطي أداء عالي على البيانات الطبية الحيوية كونه مدرب مسبقاً على المجال العام فقط، وبنفس الوقت تم ملاحظة الضعف الحاصل فيما يتعلق بإنشاء روبوت دردشة عام يجب على كل الأسئلة وخاصة الطبية نتيجة حساسية الإجابة ودقتها مما استوجب المزيد من البحث في هذه النقطة لمحاولة بناء روبوت دردشة قادر على الإجابة على الأسئلة الطبية بأفضل دقة ممكنة بالاستفادة من ماتوصل له نموذج BioBert.

5. نماذج BioBert و GPT-2

تم تكيف نموذج اللغة BERT المدرب مسبقاً مع مجموعة بيانات طبية حيوية، من خلال إنشاء نموذج سمي بـ BioBERT وهو عبارة عن نموذج تمثيل لغوي محدد بالمجال تم تدريبه مسبقاً على مجموعة بيانات طبية حيوية واسعة النطاق (ملخصات PubMed ومقالات PMC الكاملة) (الشكل 1). أظهرت الدراسة [17] أن أداء BioBERT يتفوق إلى حد كبير على BERT وعلى النماذج في أدبيات الدراسات السابقة في مجموعة متنوعة من مهام التقييم في النصوص الطبية الحيوية مثل مهمة التعرف على كينونة طبية حيوية ومهمة استخراج العلاقات الطبية الحيوية ومهمة الإجابة على الأسئلة الطبية الحيوية.

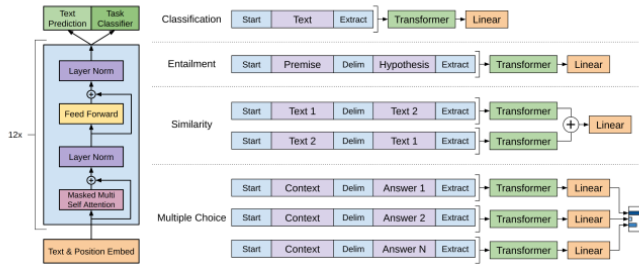


الشكل 1: عملية التدريب المسبق والضبط الدقيق لـ BioBERT [17]

يُعتبر GPT إحدى التقنيات البارزة في مجال معالجة اللغة الطبيعية والذكاء الصناعي من OpenAI يستخدم معمارية Transformer (الشكل 2)، ويعتمد على آلية الانتباه الذاتي

(self-attention) للتعامل مع السياق في الجمل [16]. يتألف GPT من عدة طبقات (12 طبقة)، ويمتلك مرحلة أولية من التدريب المسبق على نصوص غير موسومة لفهم اللغة الطبيعية واكتساب معرفة لغوية عامة. يتم ضبط النموذج لمهام محددة في مرحلة لاحقة، وذلك باستخدام بيانات موسومة لتحسين أدائه في هذه المهام. يُظهر GPT قدرة على التعامل مع مهام متنوعة من خلال تحويل المدخلات، حيث يُمكن تعديل النموذج للتكيف مع متطلبات المهام المختلفة. يشتهر GPT بقدرته على إنتاج نصوص طويلة ومعقدة وذات معنى بناءً على السياق المقدم له، كذلك يُظهر GPT قدرة على نقل المعرفة

اللغوية بشكل فعال بين المهام المختلفة نتيجة لعملية التدريب المسبق والتحويل الدقيق.



الشكل 2: معمارية GPT [16]

أما نموذج GPT-2 له مثل هذه المعمارية ولكنه مدرب مسبقاً على بيانات بحجم 1.5 بليون بارامتر (parameters)، وأظهر أداءً متفوقاً على النماذج المخصصة. تم إصدار نموذج GPT-3 ودُرّب مسبقاً على بيانات بحجم 1.75 بليون بارامتر ولكنه إصدار مدفوع لذلك تم الاعتماد على الإصدار الثاني من GPT لأنه مفتوح المصدر.

6. المنهجية المقترحة

تم بناء النموذج المقترح اعتماداً على مجموعة البيانات السابقة باستخدام لغة البرمجة python وباستخدام المكتبات والحزم البرمجية الأساسية في عملية تدريب أي نموذج Tensorflow ، Keras ، Numpy ، Pandas ، Scikitlearn وإلستخدام النماذج المدربة مسبقاً Huggingface Transformers و Faiss للبحث.

يهدف النموذج المقترح إلى توليد إجابات لأسئلة طبية من خلال دمج نماذج BioBert و GPT-2 المدربة مسبقاً كما يلي:

- استخدام نموذج BioBert في توليد مجموعة الأجوبة المحتملة لسؤال معطى.
- استخدام نموذج GPT-2 في اختيار الإجابة الأكثر دقة من بين مجموعة الأجوبة المحتملة الممررة له من خرج نموذج BioBert.

تتمثل الفكرة المقترحة في استخراج تضمينات (embeddings) للسؤال المعطى، ومن ثم إجراء بحث دلالي باستخدام التمثيل الخاص بهذا السؤال ضمن مجموعة البيانات للحصول على الأجوبة التي لها معنى دلالي بالنسبة للسؤال المعطى. هذه التضمينات هي تمثيلات تعبر عن المعنى الدلالي والسياقي للجمل والنصوص. عندما نقوم بالبحث الدلالي، نقوم بحساب التشابه الدلالي بين التضمينات المستخرجة للأسئلة والتضمينات المستخرجة للأجوبة، هذا التشابه الدلالي يمكن أن يساعدنا في تحديد أي الأجوبة في مجموعة البيانات الحالية يمكن أن تكون إجابات مناسبة للأسئلة المحددة.

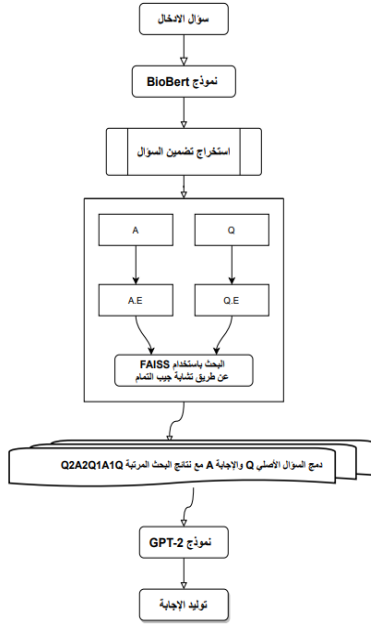
نقوم بترميز الأسئلة والأجوبة (استخراج التضمينات) ضمن مجموعة بيانات التدريب باستخدام نفس نموذج BioBert المدرب مسبقاً والذي يرمز كل من السؤال المعطى والجواب المعطى بشكل منفصل، ومن ثم نقوم بتمرير مخرجاته التضمينات عبر طبقات FFN المخصصة (q_ffn_layer و a_ffn_layer)، ومن ثم نحسب تشابه جيب التمام

بين تضمينات السؤال والإجابة المعالجة باستخدام طبقة COS، ونقوم بإرجاع تشابه جيب التمام كمخرجات النموذج.

بمجرد أن تعيد هذه المرحلة أزواج الأسئلة/الأجوبة التي لها ارتباط دلالي مع السؤال المعطى، نقوم بدمج أزواج الأسئلة والأجوبة المعادة مع السؤال الأصلي الخاص بالمريض وتقديمها كسياق لنموذج GPT-2 المضبوط جيداً ضمن مرحلة التدريب لتوليد الإجابة الأنسب والأكثر دقة للسؤال المطروح من مجموعة كل الإجابات المحتملة الممررة للنموذج.

يمثل الشكل 3 مراحل توليد الإجابة وفق النموذج المقترح عند نشره والتي يمكن تلخيصها كمايلي:

- عندما يقوم المريض بطرح سؤال Q، يتم استخدام نموذج BioBert المضبوط وشبكة استخراج تضمينات السؤال المدربة لاستخراج تضمينات السؤال. باستخدام هذه التضمينات، يتم البحث عن الأجوبة والأسئلة المقابلة والتي تكون مشابهة للسؤال المعطى من ناحية التضمينات وتتم إعادة أزواج الأسئلة/الأجوبة المشابهة مرتبة حسب قيمة التشابه الأعلى مع السؤال المعطى مثلاً Q1-A1، Q2-A2، Q3-A3،... إلخ.
- يتم بعدها دمج السؤال الأصلي Q مع أزواج الأسئلة/الأجوبة المرتبة الناتجة من المرحلة السابقة كمايلي: Q3A3Q2A2Q1A1Q وذلك لضمان أن زوج السؤال/الجواب الأكثر تشابهاً Q1A1 هو أقرب مايمكن للسؤال المعطى، ثم يتم تمرير هذه السلسلة المدمجة كسياق لنموذج GPT-2 المضبوط لتوليد جملة الخرج التالية Q3A3Q2A2Q1A1QA والتي فيها A تمثل الإجابة المولدة من النموذج المقترح للسؤال المعطى.



الشكل 3: المخطط العام لتوليد الإجابة وفق النموذج المقترح

1.6 مجموعة البيانات (dataset) المستخدمة

قمنا باستخدام مجموعة بيانات طبية [21] تحوي أزواج من الأسئلة والأجوبة التي تم جمعها من قبل Lasse Regin Nelson من مواقع طبية بارزة مثل منتدى eHealth، موقع iCliniq، Question Doctors و WebMD حيث قدم أطباء حقيقيون إجابات عامة على الأسئلة المطروحة من قبل المرضى. تحوي مجموعة البيانات حوالي 25 ألف زوج من أزواج الأسئلة والأجوبة، كما أنها تحوي أيضاً على وسوم (tags) لتصنيف الأسئلة إلى مرض معين، وعناوين URL حيث يمكننا العثور على أزواج الأسئلة والأجوبة المضمنة.

2.6 مقاييس الأداء

يوجد مجموعة من المقاييس التي تُستخدم لتقييم روبوتات الدردشة عموماً ونماذج معالجة اللغة الطبيعية خصوصاً. على الرغم من أنّ اختيار المقاييس المناسبة يُعد مسألة هامة في تفسير عمل الأنظمة عموماً إلا أنه لم يتم التوصل حتى الآن إلى إجماع كبير حول مقياس موحد لتقييم جميع الحالات المحتملة لعمل الأنظمة، ويعتبر مقياس الدقة (Accuracy) المقياس الأكثر استخداماً ووضوحاً ويعطى بالعلاقة التالية:

$$Accuracy = \frac{\sum_{i=1}^l \frac{t_{pi} + t_{ni}}{t_{pi} + f_{ni} + f_{pi} + t_{ni}}}{l} \quad [22]$$

ومقياس متوسط الخطأ التربيعي (MSE) Mean Squared Error والذي هو دالة خسارة شائعة الاستخدام لمشاكل الانحدار، ويقوم بقياس متوسط مربع الفروقات بين التنبؤات المتوقعة والقيم الحقيقية ويعطى بالعلاقة التالية:

$$MSE = (1/n) \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad [23]$$

حيث: n هو عدد نقاط البيانات (العينات)، Y_i : تمثل القيمة الفعلية الحقيقية (الأساسية)، \hat{Y}_i : تمثل القيمة المتوقعة التي تم إنشاؤها بواسطة النموذج.

ومقياس softmax_cross_entropy_with_logits الذي يقوم بتقييم خطأ الاحتمال في

المهام التصنيفية المنفصلة التي تكون فيها الفئات لها تسمية واحدة فقط [24].

كما يوجد مقياس شهير في NLP هو معيار التقييم ثنائي اللغة Bilingual Evaluation Understudy (BLEU) وهو معيار عددي للحصول على قيم لتقييم نتيجة مقارنة الترجمة المرشحة للنص مع ترجمة مرجعية واحدة أو أكثر. طوّر هذا المعيار من أجل تقييم نتائج الترجمة الآلية إلا أنه يمكن استخدامه في تقييم النص الذي

يتم توليده. يتم حسابه من خلال مقارنة الجمل المترجمة آلياً بالجمل المترجمة بشرياً، وقد لوحظ أن درجة BLEU تتناقص مع زيادة طول الجملة [16]، كما يكمن ضعف هذا المقياس كونه يطابق كلمة مرشحة للنص مع كلمة مرجعية إذا كانت موجودة أم لا.

في بحثنا تم الاعتماد على مقياس الخسارة MSE في نموذج BioBert و softmax_cross_entropy_with_logits في نموذج GPT-2 والدقة للنموذجين وحساب نسبة التوقعات الصحيحة والخاطئة لهما. ومع ذلك للحكم على النموذج بشكل أفضل، يجب أن تكون الإجابات التي يتم إنشاؤها بواسطة النموذج مفتوحة المصدر ليتم الحكم عليها من قبل خبراء طبيين، وعندها فقط يمكننا التوصل إلى تقييم صحيح للنموذج.

3.6 ضبط نموذج BioBert

تحتوي مجموعة البيانات التي نعمل عليها أزواج من الأسئلة/الأجوبة الطبية بالإضافة إلى وسوم تشير إلى الصنف الذي ينتمي له كل زوج سؤال/جواب. بداية علينا تحضير مجموعة البيانات التي سيتم تدريب نموذج BioBert ونموذج استخراج تضمينات السؤال المعطى عليها. حيث تضمنت المعالجة المسبقة للبيانات:

- تفكيك بعض الكلمات مثل "won't" لتصبح "will not".
- تحويل كل الأحرف إلى أحرف صغيرة.
- إزالة الكلمات بين قوسين ().
- إزالة الرموز غير الضرورية مثل \$، !، ؟، '، "، .، ،، /، % وغيرها.
- عندما قمنا بحساب النسبة المئوية المختلفة لكل من بيانات الأسئلة والأجوبة، وجدنا أن 100% من بيانات الأسئلة و 99% من بيانات الأجوبة تقع ضمن 500 كلمة، لذلك بعد عملية استخلاص الرموز (tokenizing)، قمنا باقتطاع

السلاسل لتصبح بطول 512 كحد أعظمي. بهذه الطريقة يمكننا استخدام كل

الأوزان الافتراضية المدربة مسبقاً لـ BioBert دون فقدان أي معلومات.

بعد تحضير البيانات، سنوضح الآن كيفية القيام بضبط نموذج BioBert المدرب مسبقاً لتحقيق مهمة تصنيف ما إذا كان سؤال وجواب ما يتعلقان بنفس السياق أم لا.

خلال مرحلة التدريب، نقوم بترميز كل من الأسئلة والأجوبة باستخدام نموذج BioBert المدرب مسبقاً بشكل مستقل للحصول على تمثيلات (تضمينات) تعبر عن المعنى الدلالي والسياقي للجملة والنصوص، من ثم نقوم بتمرير هذه التضمينات عبر اثنتين من طبقات الشبكات العصبونية (FNNS) مما يسمح للنموذج بتعلم تمثيلات مميزة لكل منها. تم استخدام طبقة COS لحساب تشابه جيب التمام بين تضمينات السؤال والإجابة التي تمت معالجتها والتي تم الحصول عليها من طبقات FFN السابقة، سيحتوي متغير الإخراج على درجة تشابه جيب التمام بين هذين المتجهين كتنبؤ أو إخراج للنموذج. حيث إنه يساعد في تحديد مدى تشابه السؤال والإجابة من حيث محتواهما الدلالي الأساسي.

يمكن تلخيص العملية كاملة بالخطوات التالية:

- أخذ دُفعات من الأسئلة الطبية والإجابات المقابلة لها.
- تحويل الأسئلة والأجوبة إلى تضمينات باستخدام نفس أوزان BioBert لكل من الأسئلة والأجوبة كما هو موضح في مقطع الكود التالي:

```

from transformers import AutoTokenizer, TFAutoModel

biobert_tokenizer = AutoTokenizer.from_pretrained("cambridge1/BioRedditBERT-uncased")

biobert_model = TFAutoModel.from_pretrained("cambridge1/BioRedditBERT-uncased")

question_embeddings = biobert_model(input_ids=inputs['question'], attention_mask=inputs['question_mask']).pooler_output
answer_embeddings = biobert_model(input_ids=inputs['answer'], attention_mask=inputs['answer_mask']).pooler_output
    
```

- تمرير تضمينات الأسئلة عبر طبقة مستقلة من الـ FNN، و تضمينات الأجوبة عبر طبقة أخرى مستقلة من الـ FNN. من خلال وجود طبقات FNN منفصلة لتضمينات الأسئلة والأجوبة، يمكن للنموذج أن يعالج ويتعلم تمثيلات مستقلة لكل منهما، مما قد يساعد في التقاط المعلومات والأنماط ذات الصلة بشكل خاص بالأسئلة والأجوبة في السياق الطبي كما هو موضح في مقطع الكود التالي:

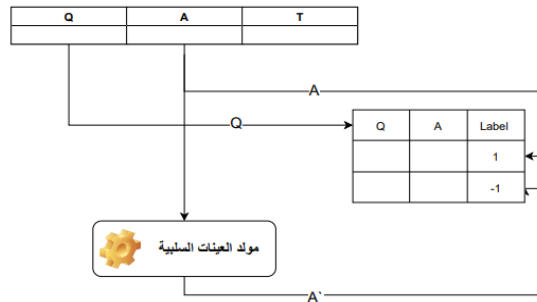
```

question_embeddings=self.biobert_model(input_ids=inputs['question'],attention_mask=inputs['question_mask']).pooler_output
answer_embeddings=self.biobert_model(input_ids=inputs['answer'],attention_mask=inputs['answer_mask']).pooler_output
q_ffnn=self.q_ffn_layer(question_embeddings)
a_ffnn=self.a_ffn_layer(answer_embeddings)
    
```

إنّ عملية التدريب لشبكات FNN تنطوي على استخدام عينات إيجابية وسلبية، المقصود بالعينات الإيجابية هي العينات التي يتم إنشاءها عن طريق اختيار أزواج سؤال/ جواب من نفس الزوج في قاعدة البيانات، مما يعني أن الإجابة هي بالفعل رد مناسب على السؤال، في حين يتم إنشاء العينات السلبية عن طريق اختيار أزواج سؤال/ جواب من أزواج مختلفة، أي أن الإجابة ليست رداً مناسباً على السؤال. بشكل أكثر تحديداً، بالنسبة لكل سؤال Q والإجابة المقابلة A والوسم T نأخذ زوج سؤال /جواب كعينة إيجابية (نعطيها عنوان 1.0)، ومن أجل توليد عينات سلبية نستخدم كل من السؤال الأصلي Q والوسم المقابلة T ونولد عينة سلبية Q', A'

T' عن طريق الاختيار العشوائي لسجل واختبار فيما لو كان التقاطع بين الوسم T والوسم T' فارغاً أم لا. إذا كان هذا التقاطع فارغاً، نأخذ الجواب A' ونقرنه بالسؤال الأصلي Q ونعتبره كعينة سلبية (نعطيها عنوان -1.0). بينما إذا لم يكن هذا التقاطع فارغاً علينا تكرار عملية الاختيار العشوائي واختبار التقاطع مجدداً كما هو موضح في الشكل 4. هذا الإجراء يساهم في تحسين جودة التضمينات والتأكد من أن النموذج لا يتعلم الاعتقاد الخاطئ بأن أزواج الأسئلة والإجابات المشابهة ليست مناسبة كردود لبعضها البعض. عندما نقوم بضبط النموذج بهذه الطريقة، يتم توجيه النموذج لاختيار التركيبات الصحيحة للأسئلة والأجوبة المتوافقة في سياق التدريب، مما يعزز من دقة وفعالية النموذج في توليد الإجابات الصحيحة للأسئلة الطيبة.

عن طريق تدريب الشبكات FNN باستخدام هذه العينات الإيجابية والسلبية، يتعلم النموذج توليد إجابات مناسبة للأسئلة الجديدة بناءً على التمثيلات المشفرة والصلة الدلالية داخل قاعدة البيانات. تم تضمين طبقات dropout للمساعدة في منع فرط التلاؤم أثناء التدريب، تقوم هذه الطبقات بإلغاء تفعيل الخلايا العصبية عشوائياً أثناء التدريب، مما يشجع النموذج على أن يصبح أكثر قوة وتعميماً على البيانات التي لم يراها من قبل.



الشكل 4: عملية التدريب باستخدام عينات إيجابية وسلبية

- حساب تشابه جيب التمام (cosine similarity) لكل من تضمينات الأسئلة والأجوبة في الدفعة كما هو موضح في مقطع الكود التالي:

```
1 output=self.cos([q_ffnn,a_ffnn])
```

حيث تستخدم هذه الدالة لحساب تشابه جيب التمام بين السؤال والإجابة اللذين تمثلهما المصفوفات 'q_ffnn' و 'a_ffnn' على التوالي. معامل تشابه جيب التمام يقيس مقدار التشابه بين اتجاهين للمصفوفات. إذا كانت المصفوفتين متشابهتين تماماً من حيث الاتجاه سيكون الخرج 'output' قريباً من 1، وإذا كانتا غير متشابهتين من حيث الاتجاه سيكون الخرج قريباً من -1، وإذا كانتا غير مترابطتين من حيث الاتجاه سيكون الخرج قريباً من 0. أي تقوم هذا الدالة بتوليد قيمة تشابه تمثل مدى التشابه بين السؤال والإجابة، والقيمة العالية تشير إلى تشابه كبير والقيمة المنخفضة تشير إلى تشابه قليل.

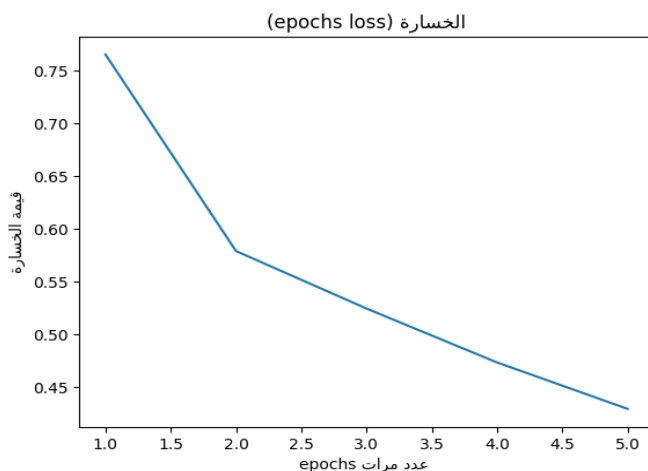
تم استخدام متوسط الخطأ التربيعي (MSE) في عملية التدريب. الهدف خلال عملية التدريب هو تقليل الفرق بحيث تصبح قيم التشابه المسترجعة من النموذج قريبة قدر الإمكان من قيم التشابه المتوقعة. باختيار الحدود المناسبة لتصنيف الفئات الإيجابية والسلبية، يمكن للنموذج أن يتعلم تصنيف أزواج الأسئلة والأجوبة إما كمرتبطة بنفس السياق (فئة إيجابية) أو غير مرتبطة (فئة سلبية).

تم استخدام train_test_split من مكتبة scikit-learn لتقسيم مجموعة البيانات إلى مجموعتين: مجموعة تدريب (train) ومجموعة اختبار (test). يوضح الجدول 1 إعدادات التجربة التي قمنا بها لضبط نموذج BioBert.

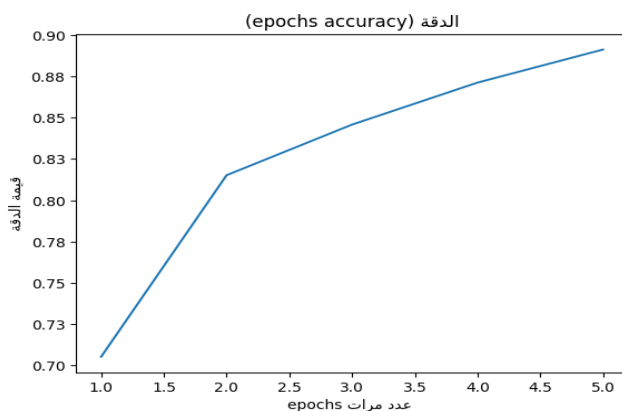
الجدول 1 إعدادات التجربة لضبط نموذج BioBert

1,2,4	Batch size
3,5	Epoch
Adam	Optimizer
5e-6	Learning rate

ويوضح الشكل 5 مقدار تناقص دالة الخسارة خلال عملية التدريب مع زيادة عدد الـ epochs لنموذج BioBert، ويوضح الشكل 6 مقدار زيادة دقة النموذج المقابلة مع زيادة عدد الـ epochs والتي وصلت لـ 90%.

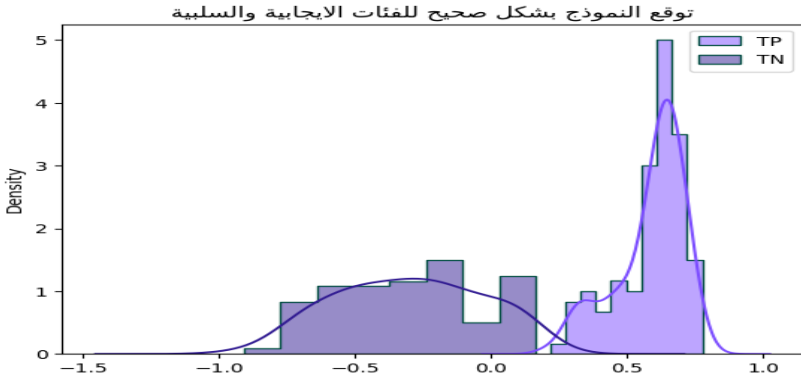


الشكل 5: دالة الخسارة لنموذج BioBert

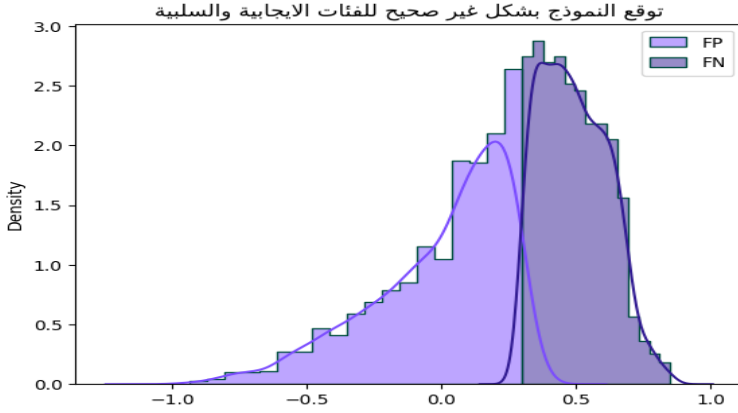


الشكل 6: دقة نموذج BioBert

قمنا بمقارنة قيم التشابه الجيبي (cosine similarity) المعادة بواسطة النموذج من أجل مجموعة بيانات الاختبار (test dataset) بالنسبة لكل من النقاط الإيجابية والسلبية المصنفة بشكل صحيح، بالإضافة لمقارنة قيم التشابه الجيبي المعادة من النموذج من أجل النقاط الإيجابية والسلبية المصنفة بشكل خاطئ وكانت النتائج كما هي موضحة في الأشكال 7 ، 8.



الشكل 7: النقاط الإيجابية والسلبية المصنفة بشكل صحيح

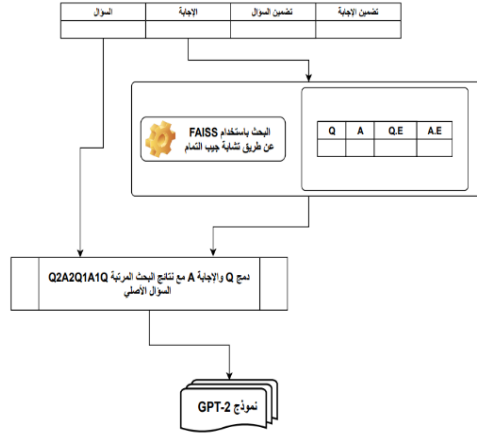


الشكل 8: النقاط الإيجابية والسلبية المصنفة بشكل غير صحيح

من خلال الرسوم البيانية التي تم عرضها، يمكننا ملاحظة أن النموذج المقترح يُظهر نتائج جيدة في التمييز بين النقاط الإيجابية والسلبية المصنفة بشكل صحيح حيث هناك فصل واضح بينها، بينما النقاط الإيجابية والسلبية المصنفة بشكل غير صحيح قريبة جداً من عتبة 0.3.

4.6 ضبط نموذج GPT-2

الآن نقوم بتحضير البيانات من أجل تدريب نموذج GPT-2 كما هو موضح في الشكل 9



الشكل 9: تحضير البيانات من أجل تدريب نموذج GPT-2

كانت مهمتنا الأولى هي، بالنسبة لكل سؤال مريض في مجموعة بيانات التدريب، نقوم ببحث دلالي لجلب الأجوبة المشابهة المحتملة والأسئلة المقابلة لها وذلك باستخدام التشابه الجيبسي من مكتبة FAISS بين التضمينات المحسوبة مسبقاً لكل جواب في مجموعة البيانات وبين تضمينات السؤال المطروح وفي النهاية تتم إعادة أزواج الأسئلة/

الأجوبة المشابهة مرتبة من الأكثر إلى الأقل تشابهاً مما يسهل علينا استخلاص البيانات الضرورية لتدريب نموذج GPT-2 وتحسين أداء مهمة الإجابة على الأسئلة الطبية.

عندما نحصل على أزواج الأسئلة/الأجوبة المشابهة المُرتَّبة للسؤال المعطى والذي نعرف إجابته الصحيحة في مجموعة بيانات التدريب، نقوم بدمج هذه الأزواج المُرتَّبة مع السؤال والإجابة الأصليَّة لنتشئ سلسلة نصيَّة واحدة بالشكل التالي:

"Question: Q2 Answer: A2 Question: Q1 Answer: A1 Question: Q Answer: A"

يتم ذكر كلمتي Question و Answer صراحة ضمن السلسلة للإشارة إلى بداية السؤال وبداية الجواب لتكون بمثابة علامات للنموذج اللغوي أثناء التدريب، بحيث عندما يصادف النموذج اللغوي السلسلة "Question" يتعلم أنه يجب أن يتوقع سؤالاً، وعندما يصادف "Answer" يتعلم أنه يجب أن يتوقع إجابة.

كذلك يتم ذكر أزواج الأسئلة والأجوبة المشابهة بترتيب تنازلي بناءً على تشابهها مع السؤال والإجابة المُعطاة، ويتم وضع السؤال والإجابة الأصليَّة (Q, A) في نهاية السلسلة التي تم تشكيلها، وهذا ما سيكون بيانات الدخل لنموذج GPT-2.

من خلال استخدام هذه السلسلة كدخل لنموذج اللغة أثناء التدريب، يتعلم النموذج فهم بنية أزواج الأسئلة/الأجوبة وأهمية ترتيبها حيث إن أكثر زوج سؤال/جواب مشابه يكون أكثر قرباً من السؤال/الجواب الأصلي، مما يتيح لنموذجنا أن يكون لديه سياق أكثر دقة للتمييز بين الأسئلة والأجوبة من ناحية ولتعلم الصلة بين مختلف أزواج الأسئلة والأجوبة مقارنةً بالسؤال والإجابة الأصليَّة من ناحية أخرى.

بشكل عام، تسمح هذه الطريقة في التنسيق بتعلم النموذج اللغوي بشكل فعال من البيانات، مما يعزز قدرته على توليد إجابات ذات صلة ومنطقية أثناء الاستدلال.

بما أنّ نموذج GPT-2 المدرب مسبقاً قد تم تدريبه باستخدام طول سلسلة أعظمي مساوي لـ 1024، نأخذ فقط آخر 1024 سلسلة زوج السؤال/الجواب (token). بهذه الطريقة، وباعتبار أن زوج السؤال/الجواب ذو التشابه الأكبر يكون قريباً من السؤال الأصلي، فإن أي سياق يتم فقدانه سيكون من أزواج الأسئلة/الأجوبة ذات التشابه الأقل نسبياً.

وبما أن نموذج GPT-2 يتعلم من خلال تعلم التنبؤ بالكلمة التالية عن طريق اتخاذ الجملة بأكملها قبل الكلمة كسياق، يجب علينا التأكد من أن نموذج GPT-2 على علم بأنه عندما نعطيه Q2A2Q1A1QA يجب أن يتعلم التنبؤ بالإجابة A بأخذ Q2A2Q1A1Q كسياق. لتحقيق ذلك، نقوم بحساب قناع الخسارة (Loss Mask) وعند حساب الخسارة (Loss) لتنبؤات GPT-2، نضرب قناع الخسارة هذا بتابع الخسارة المستخدم في تدريب النموذج softmax_cross_entropy (أي نقوم بتعديل تابع الـ loss الأصلي) بحيث يتعلم النموذج التنبؤ بإجابة السؤال المطلوب من خلال أخذ كل من السؤال وأزواج الأسئلة/الأجوبة السابقة المشابهة.

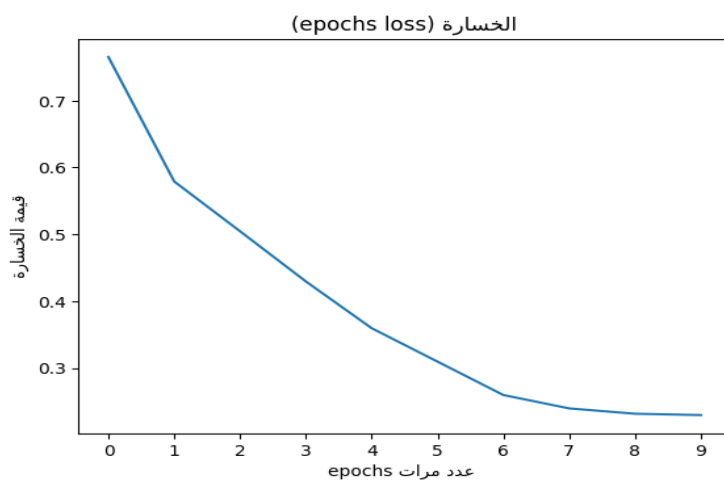
يتم تدريب نموذج GPT-2 باستخدام دورة التدريب القياسية، حيث نقوم في كل مرة بتمرير سلاسل النص التي يتم تشكيلها للنموذج وحساب تابع الـ loss المعدل، وتحديث بارامترات النموذج على أساسه باستخدام خوارزمية الانحدار العكسي (Backpropagation) ومُحسّن آدم (Adam Optimizer)، لتحسين أداء النموذج في مهمة الإجابة على الأسئلة الطبية. نقوم بتكرار هذه العملية عدة مرات حتى يتم تحقيق تقدم ملحوظ في أداء النموذج على مجموعة التدريب ومجموعة التحقق الخاصة بنا. بعد اكتمال التدريب، يمكننا استخدام النموذج المدرب للإجابة على أسئلة جديدة من المرضى ومساعدة المجتمع الطبي في الحصول على معلومات ذات جودة عالية ودقيقة.

يوضح الجدول 2 إعدادات التجربة التي قمنا بها من أجل ضبط نموذج GPT-2.

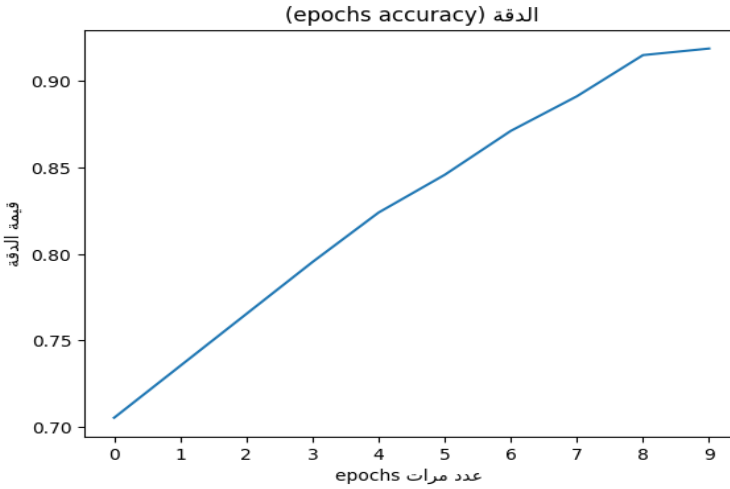
الجدول 2 إعدادات التجربة لضبط نموذج GPT-2

30,50	Batch size
10	Epoch
Adam	Optimizer
1e-4	Learning rate

ويوضح الشكل 10 مقدار تناقص دالة الخسارة خلال عملية التدريب مع زيادة عدد الـ epochs لنموذج GPT-2، ويوضح الشكل 11 مقدار زيادة دقة النموذج المقابلة مع زيادة عدد الـ epochs والتي وصلت لـ 92% تقريباً.



الشكل 10: دالة الخسارة لنموذج GPT-2



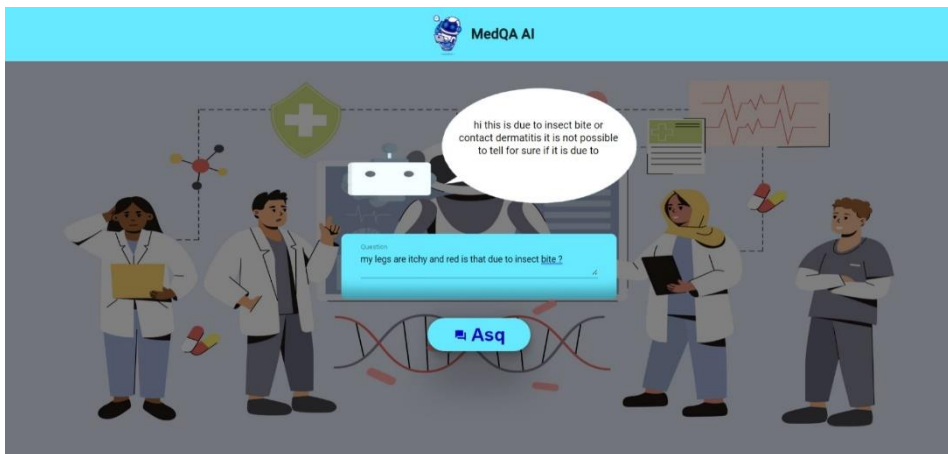
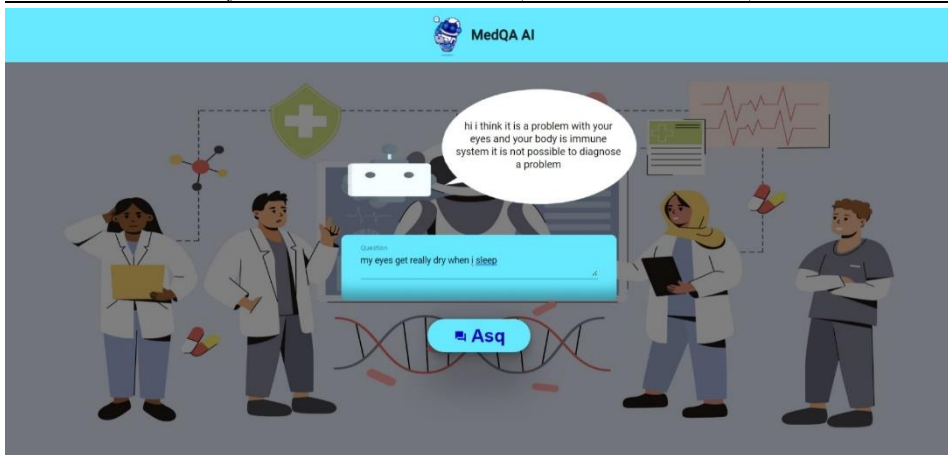
الشكل 11: دقة نموذج GPT-2

تم استخدام GradientTape لتحديث التدرجات في عملية التدريب حيث أن في الأسلوب التقليدي يتم تحديث معاملات النموذج بعد معالجة كل دفعة (batch) من البيانات. لكن عندما يكون حجم الدفعة كبيراً أو كان النموذج يحوي على عدد كبير من المعاملات (البارامترات)، يمكن أن تتسبب قيود الذاكرة في منع النموذج من التوافق مع ذاكرة وحدة المعالجة الرسومية (GPU). لذلك استخدمنا أسلوب تراكم التدرج (gradient accumulation)، والذي فيه بدلاً من تحديث المعاملات بعد كل دفعة، يتم مراكمة التدرجات (gradients) عبر عدة تكرارات أو دفعات. في هذه الحالة، يقوم النموذج بمعالجة عدة دفعات صغيرة قبل تحديث المعاملات، من ثم تُضاف التدرجات من كل دفعة معاً وتُستخدم لتحديث معاملات النموذج بشكل جماعي. بهذه الطريقة يتم تقليل متطلبات الذاكرة لأن التدرجات من كل دفعة تُعالج بشكل منفصل، مما يسمح للنموذج بالتعامل مع حجم دفعة أكبر دون مواجهة مشكلات الذاكرة. يُعتبر هذا النهج مفيداً بشكل خاص عند تدريب النماذج اللغوية الكبيرة مثل GPT-2، التي تحتوي على عدد كبير من المعاملات.

5.6 بناء روبوت دردشة اعتماداً على النموذج المقترح

تم استخدام مكتبة FastAPI لتحويل النموذج من ملف عادي الى واجهة برمجية (API) قابلة للاستخدام في التطبيقات. قمنا بدايةً بتنصيب المكتبة باستخدام (pip)، من ثم قمنا بتعريف مسارات واجهة البرمجة الخاصة بالتطبيق، ونماذج الطلب والاستجابة، والبدء في بناء واجهة البرمجة الخاصة بالتطبيق. بعد أن تم تجهيز API لاستخدام النموذج تم تجهيز واجهة أمامية (Front-end application) باستخدام إطار العمل Angular لأخذ السؤال من المستخدم واستدعاء API لتلقي الإجابة وعرضها للمستخدم. وهذه بعض الأمثلة :





نجد من خلال الأمثلة المطروحة سابقاً أن الإجابات على الاسئلة تعتبر جيدة ومنطقية مع الملاحظة أنّ بعض الحالات تعطي إجابة عامة عن السؤال.

7. مقارنة مع دراسات مشابهة

اعتماداً على مجموعة البيانات التي تم إجراء الدراسة عليها، نستطيع المقارنة مع عمل الباحثين في الدراستين [18]، [19] اللتين استخدمتا مجموعة البيانات نفسها في دراستنا.

اعتمد الباحثون في [18] على استخدام طريقتي LSTM و BLSTM لإنشاء النموذج، وعلى مقياس BLEU لتقييم أدائه، وقد وضعنا سابقاً سبب ضعف هذا المقياس في

عملية تقييم هكذا نوع من النماذج، وكانت الدقة لديهم لا تتجاوز 50% مع استخدام عدد مرات تدريب كبيرة وصلت إلى 80 دورة (80 epochs)، في حين اعتمد الباحثون في [19] على استخدام طريقتي الاسترجاع والتوليد باستخدام BiLSTM لإنشاء النموذج وكانت الدقة لديهم لا تتجاوز 82% مع استخدام عدد مرات تدريب 9 دورة (9 epochs).

استفدنا في دراستنا من استخدام النموذجين المدربين مسبقاً: نموذج BioBert ونموذج GPT-2 مما أدى الى زيادة في الأداء حيث وصلت الدقة لـ 90% تقريباً في النموذج الأول و92% في النموذج الثاني مع تقليل عدد الـ epochs وزمن التدريب حيث كان عدد الـ epochs هو 5 في BioBert و 10 في GPT-2. كما يمتاز نموذجنا المقترح بأنه:

- أثناء ضبط نموذج BioBert، لا يتم بتمرير العينات السلبية التي تم إنشاؤها عشوائياً بشكل مباشر، ولكننا نتأكد من أن العلامات الخاصة بإجابات هذه العينات السلبية العشوائية لا تحتوي على أي من العلامات الموجودة للسؤال الأصلي. بهذه الطريقة، نضمن جودة التضمينات عن طريق عدم معاملة أزواج الأسئلة والإجابات المشابهة بشكل غير صحيح كعينات سلبية. هذا الإجراء يساهم في تحسين جودة التضمينات والتأكد من أن النموذج لا يتعلم الاعتقاد الخاطئ بأن أزواج الأسئلة والإجابات المشابهة ليست مناسبة كردود لبعضها البعض. عندما نقوم بضبط النموذج بهذه الطريقة، يتم توجيه النموذج لاختيار التركيبات الصحيحة للأسئلة والأجوبة المتوافقة في سياق التدريب. بشكل عام، يؤدي هذا التحسين إلى تحسين جودة التمثيلات الناتجة وتجنب اندماج الأزواج المشابهة بشكل خاطئ بين الأسئلة والإجابات، مما يعزز دقة وفعالية النموذج في توليد الإجابات الصحيحة للأسئلة الطبية.

- تم تطوير حل يضمن الجودة والكفاءة في توليد الإجابات للأسئلة الطبية باستخدام تقنيات متطورة مثل نماذج المحولات ومكتبة Hugging Face.

8. الاستنتاجات والتوصيات

قدّمنا في هذا البحث منهجيتنا المقترحة لبناء نموذج روبوت دردشة خاص بالإجابة على الأسئلة الطبية واختباره، بدءاً من تجهيز مجموعة البيانات المستخدمة، وصولاً إلى ضبط نماذج BioBert و GPT-2 المدربة مسبقاً واستخدامها ضمن النموذج المقترح من خلال دمجها بتسلسل معين. وكانت نتائج الدقة لنموذج BioBert هي 90% تقريباً، بينما كانت نتائج الدقة لنموذج GPT-2 هي 92% تقريباً. تم أيضاً تقديم واجهة برمجية بسيطة لروبوت الدردشة، مستندة إلى النموذج المقترح عن طريق استخدام أحدث التقنيات في تحويل النموذج الى برنامج قابل للاستخدام عن طريق API للتواصل مع النموذج مع واجهة سهلة على أن يكون ذلك حجر أساس لروبوت دردشة حقيقي يمكن الاستفادة منه في المجال الطبي.

يعتمد العمل الحالي على النماذج المدربة مسبقاً خلال عملية بناء روبوت الدردشة والاعتماد على مجموعات بيانات طبية لذلك يجب مراعاة تحديث مجموعة البيانات مع الوقت خاصة بعد ظهور أمراض جديدة وجعل الإجابات على أسئلة المستخدمين مفتوحة المصدر لضمان فعالية الإجابات وعرضها على أطباء فعليين والاطلاع على الأسئلة الجديدة.

المراجع الأجنبية

- [1] B. Shawar, E. A.-J. for L. T. and Computational, and 2007, "Chatbots: are they really useful?," *jlcl.org*.
- [2] N. V Karthik, "Comparative study on voice based chat bots," *Int. J. Comput. Sci. Eng*, vol. 6, no. 12, pp. 172–175, 2018.
- [3] E. Adamopoulou and L. Moussiades, "An overview of chatbot technology," in *IFIP international conference on artificial intelligence applications and innovations*, Springer, 2020, pp. 373–383.
- [4] M. Lewkowicz, "Bots: The future of human-computer interaction," 2014.
- [5] E. Haller, T. R. control systems and computer science, and 2013, "Designing a chat-bot that simulates an historical figure," *ieeexplore.ieee.org* E Haller, T Rebedea 2013 19th international conference on control systems and computer, 2013 • *ieeexplore.ieee.org*, 2013, doi: 10.1109/CSCS.2013.85.
- [6] O. Shahid, M. Nasajpour, S. Pouriyeh, ... R. P.-J. of B., and 2021, "Machine learning research towards combating COVID-19: Virus detection, spread prevention, and medical assistance," *Elsevier*, Accessed: Nov. 04, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1532046421000800>
- [7] S. Ghare *et al.*, "Self-diagnosis medical chat-bot using artificial intelligence," *easychair.org*, 2020, Accessed: Nov. 04, 2023. [Online]. Available: https://easychair.org/publications/preprint_download/9fRd
- [8] J. Vanian, "Google Adds More Brainpower to Artificial Intelligence Research Unit in Canada," *Fortune*. [Online]. Available: <https://fortune.com/2016/11/21/google-canada-artificial-intelligence>
- [9] P. Brandtzaeg, A. F.-I. S. 4th I. Conference, and 2017, "Why people use chatbots," *SpringerPB Brandtzaeg, A FølstadInternet*

- Science: 4th International Conference, INSCI 2017, Thessaloniki, 2017*•Springer, vol. 10673 LNCS, pp. 377–392, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-70284-1_30.
- [10] S. Maher, S. Kayte, ... S. N. R. in A. S. and, and 2020, "Chatbots & its techniques using AI: an review," *easychair.org* S Maher, S Kayte, S Nimbhore *International Journal for Research in Applied Science and Engineering*, 2020•*easychair.org*, 2020.
- [11] H. yeung Shum, X. dong He, and D. Li, "From Eliza to Xiaolce: challenges and opportunities with social chatbots," *Frontiers of Information Technology and Electronic Engineering*, vol. 19, no. 1, pp. 10–26, Jan. 2018, doi: 10.1631/FITEE.1700826.
- [12] A. S. preprint arXiv:2006.02767 and 2020, "Seq2seq ai chatbot with attention mechanism," *arxiv.org* A Sojasingarayara *arXiv preprint arXiv:2006.02767*, 2020•*arxiv.org*.
- [13] O. Vinyals and Q. Le, "A Neural Conversational Model," Jun. 2015.
- [14] A. Vaswani *et al.*, "Attention is all you need," *proceedings.neurips.cc* A Vaswani, N Shazeer, N Parmar, J Uszkoreit, L Jones, AN Gomez, Ł Kaiser, I Polosukhin *Advances in neural information processing systems*, 2017•*proceedings.neurips.cc*.
- [15] J. Devlin, M.-W. Chang, K. Lee, and K. Toutanova, "BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding," Oct. 2018.
- [16] A. Kulkarni, A. Shivananda, and A. Kulkarni, *Natural Language Processing Projects*. Berkeley, CA: Apress, 2022. doi: 10.1007/978-1-4842-7386-9.
- [17] J. Lee *et al.*, "BioBERT: a pre-trained biomedical language representation model for biomedical text mining," *academic.oup.com* J Lee, W Yoon, S Kim, D Kim, S Kim, CH So, J Kang *Bioinformatics*, 2020•*academic.oup.com*, Accessed: Nov. 28, 2023. [Online]. Available: <https://academic.oup.com/bioinformatics/article-abstract/36/4/1234/5566506>

- [18] F. Bagwan and L. Deshpande, "AN APPROACH FOR AUTO-GENERATING SOLUTION TO USER-GENERATED MEDICAL CONTENT USING DEEP LEARNING TECHNIQUES," *ictactjournals.in*, p. 3, 2018, doi: 10.21917/ijsc.2018.0232.
- [19] Q. Bao, L. Ni, and J. Liu, "HHH: An Online Medical Chatbot System based on Knowledge Graph and Hierarchical Bi-Directional Attention," Feb. 2020, doi: 10.1145/3373017.3373049.
- [20] S. Hossain, R. Sharar, Md. I. Bahadur, A. Sufian, and R. H. Nabil, "MediBERT: A Medical Chatbot Built Using KeyBERT, BioBERT and GPT-2," *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, vol. 15, no. 4, pp. 53–69, Aug. 2023, doi: 10.5815/ijisa.2023.04.05.
- [21] Lasse Regin, "Medical Question/Answer dataset." [Online]. Available: <https://github.com/LasseRegin/medical-question-answer-data>
- [22] M. Sokolova and G. Lapalme, "A systematic analysis of performance measures for classification tasks," *Inf Process Manag*, vol. 45, no. 4, pp. 427–437, Jul. 2009, doi: 10.1016/j.ipm.2009.03.002.
- [23] Huggingface, "Huggingface metric documentation." Accessed: Nov. 15, 2023. [Online]. Available: <https://huggingface.co/spaces/evaluate-metric/mse>
- [24] Tensorflow, " Softmax cross entropy." Accessed: Nov. 15, 2023. [Online]. Available: https://www.tensorflow.org/api_docs/python/tf/nn/sparse_softmax_cross_entropy_with_logits

تحسين أداء المتانة لشفرة عنفة غازية عن طريق تعديل ممرات التبريد ونوع المائع المستخدم

د. محمد بشار معيني د. صلاح الشمالي م. عمر الصوفي

المخلص:

إن محدودية مصادر الطاقة المتاحة دفع العديد من الباحثين في السعي لاستثمار هذه المصادر بأفضل صورة ممكنة من أجل الاستخدام الأعظم لهذه المصادر وتحويلها إلى الشكل الكهربائي بأقل كلفة ممكنة.

تعمل العنفات الغازية تحت شروط درجات حرارة مرتفعة جدا وتدور بسرعات عالية مما يتطلب تصنيع الشفرات من مواد عالية المقاومة كما أن درجات الحرارة المرتفعة تزيد من قيم الاجهادات الحرارية التي تخضع لها الشفرة وتقلل من استطاعة العنفة الغازية بسبب القيود المفروضة على درجات الحرارة لذلك كان لابد من تبريد شفرة العنفة الغازية.

في هذا البحث تم نمذجة الجريان حول هذه الشفرة باستخدام ميكانيك الموائع الحسابي بواسطة برنامج Ansys CFX ومن ثم نقل حقل الضغط ودرجة الحرارة وإجراء اقتران أحادي المسار مع Static structure من أجل مقارنة ستة نماذج مقترحة لمسارات التبريد بما فيها النموذج الأساسي المأخوذ من محطة جندر من الناحية الميكانيكية لمعرفة أثر تعديل مسارات التبريد ونوع المائع المستخدم على أداء المتانة للشفرة وتم التوصل إلى نموذج يحقق شروط ميكانيكية جيدة بالمقارنة مع النموذج الأول الأساسي حيث أن هذا النموذج حقق تناقص في درجة حرارة على سطح الشفرة وتناقص في قيمة الاجهادات المتولدة وزيادة أكبر في تحمل التعب الميكانيكي.

كلمات مفتاحية: نمذجة، الاجهادات، التعب، العنفة الغازية، مسارات التبريد.

Improving the strength performance of gas turbine blade by modifying the cooling passage and used fluid type

Abstract:

The limiting of available energy resources prompted many researches to seek for the best investment of this resources as can as possible for best usage of this resources and converting them to electrical form with lowest possible cost.

Gas turbines operate under conditions of very high temperatures and rotate at very high speeds, which requires that the blades be manufactured from highly resistant materials. High temperatures also increase the values of thermal stresses to which the blade is subjected and reduce the capacity of the gas turbine due to the restrictions imposed on temperatures. Therefore, a cooling of gas turbine blade was necessary.

In this research, the flow around this blade was modeled using computational fluid dynamics by Ansys CFX software then coupled the pressure and temperature field to Static structure one way FSI (Fluid solid interaction) in order to compare six proposed models for cooling paths, including the basic model taken from the Gender plant, from a mechanical perspective. one model was reached that achieve good mechanical conditions compared to the first basic model, where this model achieved a decrease in the blade surface temperature, a decrease in the value of the generated stresses, and a greater increase in mechanical fatigue tolerance.

Key words: modeling, Stresses, fatigue, gas turbine, Cooling passage.

1-مقدمة:

يعد التلوث البيئي والاحتباس الحراري العالمي من أكبر المشاكل التي يواجهها العالم اليوم في طريق تحقيق الاستدامة والتقدم التكنولوجي في وقت واحد، وإن تطور الصناعة مرتبط بشكل وثيق بتطور الطاقة المولدة للكهرباء، إذ أن وجود هذه القوى يعد حجر الأساس الذي تركز عليه الصناعة في تطورها، ونظرًا للاحتياجات المتزايدة باستمرار للطاقة والوقود الأحفوري، أصبح تحسين محطات الطاقة والمحركات الهوائية وعنفات الغاز بشكل عام أكثر تطلبًا من أي وقت مضى [1].

تعتبر شفرات العنفة أكثر جزء هام بالعنفة، وأكثر الأجزاء أو المكونات التي تعاني من درجات الحرارة المرتفعة والإجهادات العالية والهجوم الكيميائي هي المرحلة الأولى من الريش الثابتة والمتحركة للعنفة تشكل الشفرات الحجم الأكبر من العنفة تصل إلى ما يقارب 65% من العنفة كاملة بشكل عام، لذلك يعتبر الاعتناء بتصميم الشفرات هو الأولوية للوصول لمردود تشغيل مرتفع وعمر افتراضي أطول للعنفة [2].

بشكل عام من أجل نسبة تمدد ثابتة ومردود أديباتي ثابت فإن العمل النوعي الناتج عن العنفة يتعلق بدرجة حرارة الدخول إليها حيث أن زيادة 1% في درجة حرارة الدخول إلى العنفة يقابلها زيادة بمقدار 2-3% من عمل العنفة [3].

وبتالي كلما ارتفعت درجة حرارة الغاز الداخل للعنفة كلما زاد عملها إلا أن زيادة درجة الحرارة مقيدة بقدرة المادة المصنوعة منها الشفرات على تحمل درجة الحرارة هذه [4].

إن تبريد الشفرات يساعد على رفع درجة حرارة دخول الغاز إلى العنفة أكثر من الحد الذي تتحملة مادة الشفرات وبالتالي فإن تطور وارتفاع كفاءة عمل المحطات الغازية مرتبط إلى حد ما بالقدرة على تحقيق أعلى تبريد ممكن لشفرات العنفة الغازية [5].

عادة مشكلة تبريد شفرات العنفات الغازية تظهر فقط في المرحلة الأولى التي تتعرض لدرجات حرارة عالية جدا.

2- أهمية البحث وأهدافه:

إن تطور محطات الطاقة مرتبط بشكل وثيق بوجود مواد ذات متانة عالية جدا تتحمل درجات الحرارة المرتفعة جدا وإيجاد وسائل تبريد لهذه المواد تسمح بمجالات أوسع لدرجات الحرارة [6].

كذلك تدهور الوضع الطاقوي والعمل على الاستفادة من الموارد المتاحة إلى أكبر حد ممكن دفع بنا إلى السعي نحو البحث عن طرق جديدة لتبريد شفرات المرحلة الأولى من العنفة الغازية التي تتعرض لأكبر إجهاد حراري وذلك لأنها تعمل تحت ظروف درجات حرارة مرتفعة جدا وهذا بدوره يزيد من خطر الانهيار الميكانيكي ويحد من استطاعة العنفة الكهربائية.

يهدف هذا البحث إلى دراسة نماذج مقترحة لممرات تبريد شفرة المرحلة الأولى لعنفة جندر الحرارة الغازية واستخدام الماء بدل الهواء كمائع تبريد ودراسة أثر ذلك على الاجهادات المتشكلة في العنفة بغية إيجاد نموذج يحقق أقل اجهاد يؤثر على جسم الشفرة.

بعبارة أخرى يهدف هذا البحث إلى تعديل ممرات التبريد لشفرة عنفة غازية بهدف الوصول إلى هندسة ناجحة لشفرة العنفة تحقق رفع كفاءة العنفة الغازية وبالتالي عمر افتراضي أكبر.

3-طرائق البحث ومواده:

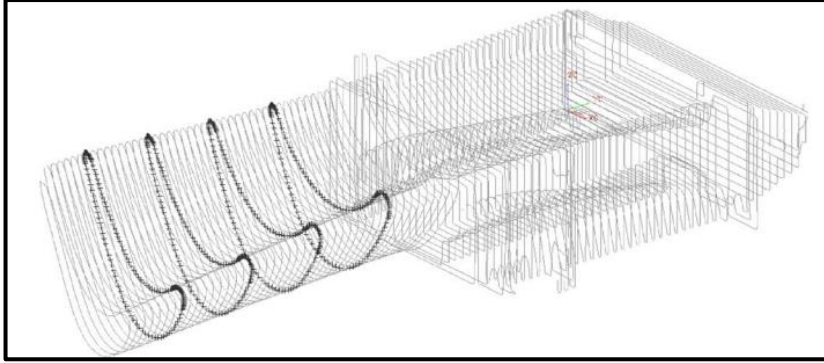
إن نمذجة مسارات التبريد ضمن الشفرة حراريا وبنويبا يتطلب منا الإحاطة الكاملة بتصميم الشفرة وأبعادها وأبعاد مسارات التبريد وتموضعها ضمن الشفرة كما تتطلب منا معرفة بنوع الخليط المستخدم وتركيبه وخصائصه الحرارية والميكانيكية.

يظهر الشكل 1 شفرة مأخوذة من المرحلة الأولى من العنفة الغازية في محطة جندر الحرارية بعد المعالجة وذلك من أجل إجراء عملية المسح الضوئي لها وذلك من أجل تحويل بيانات صورة هذه الشفرة إلى بيانات رقمية تعالج من قبل أحد برامج الكاد والحصول على مجسم هذه الشفرة بأبعاده الحقيقية بغية إجراء عملية النمذجة لها.



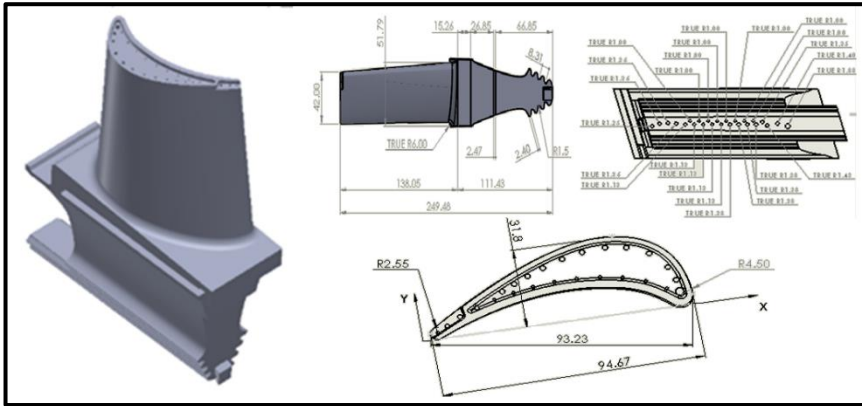
الشكل 1 الشفرة بعد المعالجة

كما يظهر الشكل 2 هذه الشفرة كما تم تصديرها من جهاز المسح الضوئي إلى برنامج Solidworks حيث تظهر عبارة عن نقاط على شكل غمامة يتم رسم مستويات ومقاطع عليها للحصول على الشكل النهائي للشفرة.



الشكل 2 صورة نقطية للشفرة

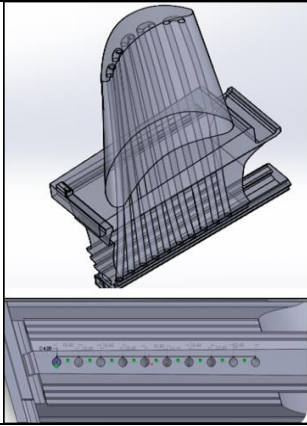
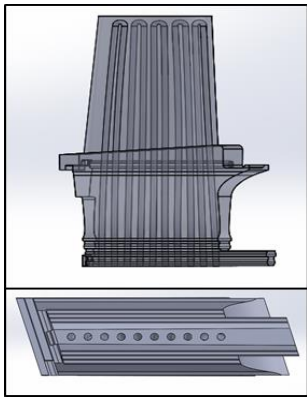
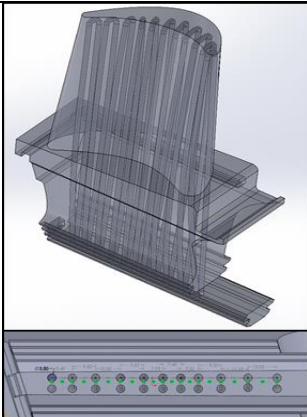
يظهر الشكل 3 التصميم النهائي للشفرة المطلوبة مع أبعادها حيث أن هذا النموذج هو النموذج الأول المدروس المأخوذ من العنفة الغازية في المحطة:



الشكل 3 ابعاد الشفرة المدروسة في النموذج الأساسي

في هذا البحث تم اقتراح خمسة نماذج ذات تبريد بالماء مع النموذج الأساسي المبرد بالهواء لكي تتم المقارنة معه، والجدول 1 يوضح تلك النماذج المقترحة مع خصائص كل منها.

الجدول 1 خصائص الشفرات المدروسة

النموذج	المواصفات
	<p>النموذج رقم 2: ممرات تبريد بقطر 4mm موزعة بشكل خمس أزواج على محور الشفرة بتباعدات متساوية عن بعضهم وعن الحواف بمقدار 10.45mm كما نلاحظ بأن ممرات التبريد تتموضع على محور الشفرة.</p>
	<p>النموذج رقم 3: ممرات تبريد بقطر 5mm موزعة بشكل خمس أزواج على محور الشفرة كما في النموذج الثاني بتباعدات متساوية عن بعضهم وعن الحواف بمقدار 10.45mm كما تتموضع ممرات التبريد على محور الشفرة</p>
	<p>النموذج رقم 4: ممرات تبريد بقطر 3.5mm موزعة وفق 11 زوج مع انحناء لممرات التبريد لتكون بمسافات متساوية عن سطوح الشفرة</p>

	<p>النموذج رقم 5: ممرات تبريد بقطر 3mm وهي تتألف من 11 زوج حيث تم فيها المحافظة على مسافات متساوية عن الحافة للتصاميم السابقة وبيعد ممر التبريد عن الحافة بمقدار 1.5mm</p>
	<p>النموذج رقم 6: هذا النموذج يشبه النموذج الثاني فهو مؤلف من خمس أزواج من ممرات التبريد بقطر 4mm إلا أنه يختلف عن النموذج الثاني بكون ممرات التبريد تتموضع بشكل مختلط بحيث يوجد زوجان على محور الشفرة وثلاثة أزواج معامده لها</p>

تطور تقنيات التصنيع ودمج برامج الكاد مع مكينات التصنيع الحديثة يجعل من

المكن تنفيذ هذه المسارات

خصائص المواد المستخدمة:

في هذا البحث تم نمذجة جريان الهواء حول الشفرة ونمذجة جريان هواء التبريد بداخلها في النموذج الأساسي والماء في النماذج المعدلة حيث تم اعتبار الهواء مانع قابل

للانضغاط تتغير كثافته وفقا لمعادلة الحالة للغاز المثالي $\rho = \frac{P}{RT}$ حيث أن R ثابت

الغازات العام وتعطى قيمتها للهواء $R = 287 \frac{J}{kg.K}$ أما السعة الحرارية للهواء C_p

تحسب كتابع لدرجة الحرارة ضمن برنامج CFX في حين بقية الخصائص موضحة في
الجدول [7]2.

الجدول 2 الخصائص الفيزيائية للهواء

1.7894×10^{-5}	μ (Kg/ m.s) اللزوجة
0.0242	λ (W/ m.K) الإيصالية الحرارية

اما الماء يعتبر مائع غير قابل للانضغاط خصائصه الفيزيائية موضحة في الجدول
:[11]3

الجدول 3 الخصائص الفيزيائية للماء

0.001003	μ (Kg/ m.s) اللزوجة
0.6	λ (W/ m.K) الإيصالية الحرارية
998.2	ρ (Kg/ m ³) الكثافة
4182	C_{pw} (J/ Kg.K) الحرارة النوعية

الشفرة المستخدمة مصنوعة من خلأط النيكل عالية المقاومة والمتانة Inconel

100 حيث أن الخصائص الحرارية موضحة في الجدول 4 والخصائص الميكانيكية
موضحة في الجدول [12]5 .

الجدول 4 الخصائص الحرارية لمعدن الشفرة

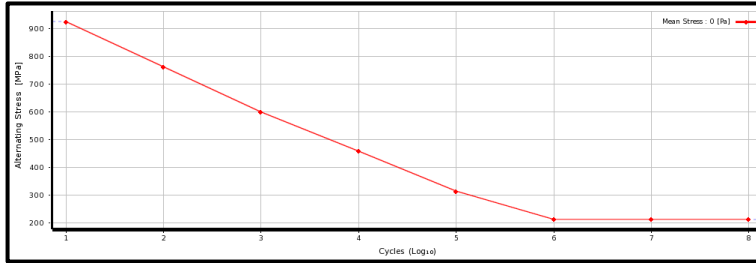
662	$\frac{J}{Kg.K}$ السعة الحرارية النوعية
26.41	$\frac{W}{m.K}$ الإيصالية الحرارية
1.82×10^{-5}	C^{-1} معامل التمدد الحجمي
7750	Kg / m^3 الكثافة

الجدول 5 الخصائص الميكانيكية لمعدن الشفرة

0.26	نسبة بواسون ν
889.42	إجهاد الخضوع σ_y (Mpa)
1110.1	إجهاد المتانة Mpa
170	معامل يونغ Gpa

أما بالنسبة لدراسة التعب يلزم مخطط S-N الموضح للخليط المذكور بالشكل 4

: [12]



الشكل 4 المخطط S-N لمعدن الشفرة

النموذج الفيزيائي والشروط الحدية:

يتألف النموذج الفيزيائي من المعادلات الحاكمة والتي هي بالنسبة لحقل الجريان معادلة الاستمرار وكمية الحركة والطاقة حيث تم كتابة هذه المعادلات بالنسبة لجملة محاور احداثية تدور مع الشفرة وفق العلاقات التالية [9]:

$$\text{معادلة الاستمرار: } \frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{V}_{c/A}) = 0$$

معادلة كمية الحركة:

$$\rho \left(\frac{\partial \vec{V}_{c/A}}{\partial t} + (\vec{V}_{c/A} \cdot \vec{\nabla}) \vec{V}_{c/A} + \mathbf{a}_{rel} \right) = -\vec{\nabla} P + \mu \nabla^2 \vec{V}_{c/A} + \vec{F}_b$$

حيث أن ρ تمثل كثافة المائع و $\vec{V}_{c/A}$ تمثل السرعة النسبية للمائع بالنسبة لجملة الاحداثيات المتحركة و P يمثل الضغط و μ اللزوجة الديناميكية و \vec{F}_b تمثل القوى الحجمية المؤثرة على عنصر المائع [9].

$$\vec{\nabla} \text{ هو مؤثر خطي يعرف: } \frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k}$$

$$\nabla^2 \text{ هو مؤثر لابلاس ويعرف: } \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

\mathbf{a}_{rel} هو التسارع النسبي ويعطى بالعلاقة:

$$\mathbf{a}_{rel} = \underbrace{2\vec{\Omega} \times \vec{V}_{c/A}}_1 + \underbrace{\vec{\Omega} \times (\vec{\Omega} \times \vec{V}_{c/A})}_2 + \underbrace{\left(\mathbf{a}_A + \frac{d\vec{\Omega}}{dt} \times \vec{V}_{c/A} \right)}_3$$

حيث أن Ω تمثل السرعة الزاوية الدورانية لجملة المحاور الاحداثية.

الحد الأول هو تسارع كوروليوس.

الحد الثاني يمثل التسارع الناتج عن القوة الطاردة المركزية الناتجة عن الحركة الدورانية أو التسارع النابذي.

الحد الثالث يمثل التسارع المطلق لجملة المحاور الاحداثية المتحركة حيث أن حدها الأول يمثل التسارع الانسحابي لجملة المحاور المتحركة بالنسبة لجملة المحاور الثابتة (تسارع مطلق لجملة المحاور المتحركة) والحد الثاني يمثل التسارع الدوراني المطلق لجملة المحاور المتحركة الناتج عن الحركة الدورانية لهذه الجملة [11].

المعادلة السابقة هي معادلة شعاعية لها ثلاث مركبات على كل من المحاور الاحداثية x و y و z.

معادلة الطاقة:

$$\frac{\partial(\rho e_r)}{\partial t} + \vec{\nabla}(\rho \vec{V}_{c/A} h_{or}) = \vec{\nabla}(K \vec{\nabla} T) + \vec{\nabla}(\tau_r \vec{V}_{c/A}) + \vec{F}_b \cdot \vec{V}_{c/A} + \dot{Q}$$

الطاقة الداخلية النسبية e_r تحسب من العلاقة:

$$e_r = h - P / \rho + 1/2(V_{c/A}^2 - V_A^2)$$

حيث أن h تمثل الانتالبي.

عند إذن يكون إنتالبي التوقف الكلي النسبي: $h_{or} = e_r + P / \rho$

τ إجهاد القص النسبي

\dot{Q} تعبر عن الحرارة المتولدة ضمن الجملة بسبب وجود منبع داخلي للحرارة

[9].

بالنسبة للنموذج الميكانيكي فهي تتمثل بالمعادلات الحاكمة للمتانة وهي:

معادلات التوازن:

بتطبيق معادلات توازن القوى على المحاور الثلاث يمكن الحصول على

المعادلات التالية [2]:

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + f_x = 0$$

$$\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + f_y = 0$$

$$\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + f_z = 0$$

حيث أن f_x, f_y, f_z تمثل القوى الحجمية المؤثرة على الجسم كقوى الضغط

والوزن وغير ذلك.

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ تمثل مركبات الاجهاد المحورية و $\tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$ تمثل اجهادات

القص المماسية.

العلاقات التي تربط الانزياح بالانفعال:

عندما تطبق حمولة على جسم ما فإنه سوف ينزاح وينشوه، عند إذن ومن أجل

انزياحات صغيرة سترتبط الانفعالات المتشكلة بعلاقات خطية مع تلك الانزياحات كما في

العلاقات التالية [6]:

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u_x}{\partial x}$$

$$\varepsilon_y = \frac{\partial u_y}{\partial y}$$

$$\varepsilon_z = \frac{\partial u_z}{\partial z}$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x}$$

$$\gamma_{yz} = \frac{\partial u_y}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial y}$$

$$\gamma_{zx} = \frac{\partial u_z}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial z}$$

$$\varepsilon = \langle \varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{xz}, \gamma_{yz} \rangle$$

حيث أن $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ تمثل الانفعالات الخطية و $\gamma_{xy}, \gamma_{xz}, \gamma_{yz}$ تمثل الانفعالات الزاوية و u_x, u_y, u_z تمثل الانزياح وفق المحاور الثلاثة.

العلاقات التي تربط الاجهاد بالانفعال:

من أجل جسم في الابعاد الثلاثة يرتبط الاجهاد والانفعال من خلال قانون هوك

المعمم بالعلاقات التالية:

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} - \nu \frac{\sigma_y}{E} - \nu \frac{\sigma_z}{E} + \alpha \Delta T$$

$$\varepsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} - \nu \frac{\sigma_z}{E} - \nu \frac{\sigma_x}{E} + \alpha \Delta T$$

$$\varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{E} - \nu \frac{\sigma_x}{E} - \nu \frac{\sigma_y}{E} + \alpha \Delta T$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}$$

$$\gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G}$$

$$\gamma_{zx} = \frac{\tau_{zx}}{G}$$

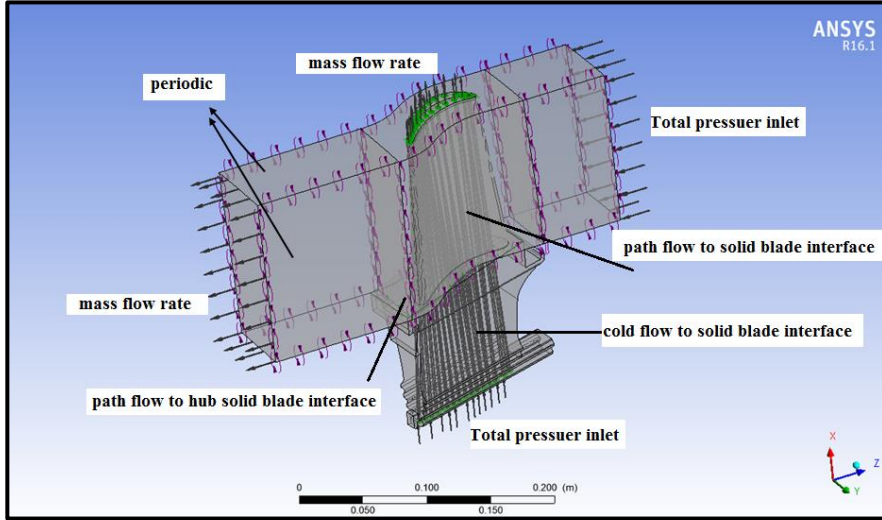
حيث أن α معامل التمدد الحجمي و ΔT هو التغير في درجة الحرارة و G معامل القص و ν نسبة بواسون [5].

الشروط الحدية:

من أجل توليد حقل الضغط على سطح الشفرة والحصول على توزيع درجات الحرارة في كل نقطة من نقاط شفرة العنفة تتألف هذه النمذجة من ثلاث مناطق مختلفة وهي منطقة المائع الساخن الذي يحيط بالشفرة ومنطقة المائع البارد في ممرات التبريد داخل الشفرة والشفرة الصلبة.

تفصل هذه المناطق أسطح فصل يجب ان تعالج بشكل دقيق وخصوصا إذا كانت الشبكة غير متطابقة (non conformal mesh) بين المناطق المختلفة كما هو الحال لدينا إذ أنه من الكثير من الأحيان يصعب توليد شبكة متطابقة، ففي هذا البحث تم توليد شبكة مسار الجريان بواسطة برنامج (Turbogride) وتوليد شبكة الشفرة ومائع التبريد الداخلي بواسطة برنامج آخر (Ansys meshing) حيث تعتبر هذه المناطق بمثابة صلة وصل تصل المناطق المختلفة ببعضها وتنتقل المعلومات من خلايا المنطقة الأولى إلى خلايا المنطقة الثانية عبر هذه الاسطح [8].

يوضح الشكل 5 هذه المناطق مع توضع الشروط الحدية عليها في حين يوضح الجدول 6 قيم هذه الشروط في المناطق الثلاثة التي تدور بسرعة زاوية ثابتة مقداره 3000rpm:



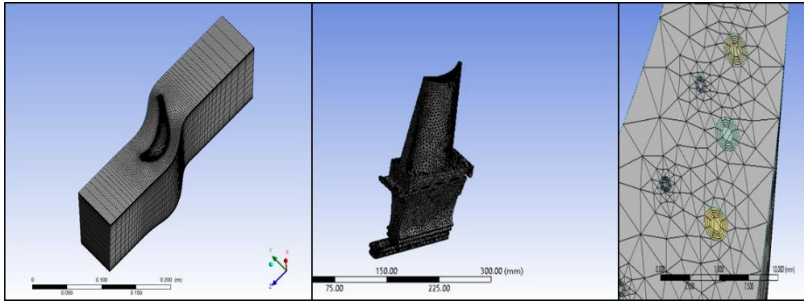
الشكل 5 المجال المدروس والشروط الحدية

الجدول 6 الشروط الحدية

القيمة	الشروط الحدي	المنطقة
11.62 bar	Total Pressure inlet	المائع الساخن دوارة
1100C	Temperature inlet	
308.2Kg/sec	Mass flow outlet	
	periodic	
11.62 bar	Total pressure inlet	المائع البارد دوارة
40C	Temperature inlet	
0.13	Mass flow outlet	
-	-	الشفرة الصلبة دوارة
Heat flux conservative (coupled)	Path flow to solid blade interface	أسطح الفصل mesh interface
Heat flux conservative (coupled)	Path flow to hub solid blade interface	
Heat flux conservative (coupled)	cold flow to solid blade interface	

الشبكة:

في هذا النموذج تم توليد شبكة غير متطابقة باستخدام برنامجين وهما Turbogride لتوليد شبكة مسار الجريان حيث يستخدم هذا البرنامج لسهولة في توليد شبكة سداسية الوجوه منتظمة (Structured hexahedral) والبرنامج الثاني هو Ansys meshing لتوليد شبكة كل من الشفرة والمائع الداخلي حيث تم توليد شبكة لهم من خلايا رباعية الوجوه Tetrahedral كما هو موضح في الشكل 6:



الشكل 6 الشبكة المولدة

خصائص هذه الشبكة موضحة في الجدول 7:

الجدول 7 خصائص الشبكة في المناطق الثلاثة

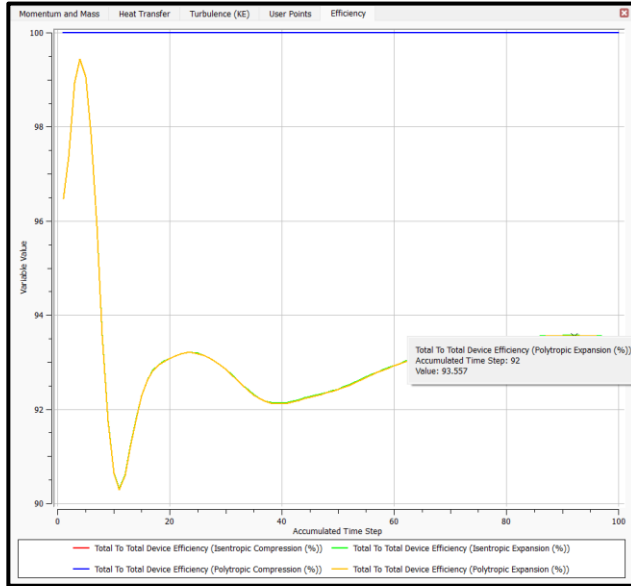
المنطقة	عدد الخلايا	Max skewness	Min skewness	Ave skewness
مسار الجريان	860000	0.78	0.08	0.12
الشفرة	769000	0.55	0.1	0.22
المائع الداخلي	210000	0.69	0.24	0.27

استراتيجية الحل والتأكد من صحة الحل:

يتألف النموذج الفيزيائي للجريان من ثلاث مناطق لكل منها شبكة غير متطابقة مع شبكة المنطقة الأخرى ويتم نقل المعلومات من خلايا منطقة إلى أخرى عبر السطح الفاصل، كما أن حل المعادلات الخاصة بالجريان والطاقة لا يمكن أن تتقارب إلى القيمة المطلوبة للباقي بسهولة لذلك كانت الاستراتيجية المتبعة بالحل كمايلي:

تم الحل بواسطة خوارزمية الحل الأساسية (Solver) لبرنامج CFX وهو pressure-velocity coupled pseudo transient حيث تم الحل أولاً من أجل استيفاءات من مرتبة أولى ثم أخذ الحل وجعله قيم ابتدائية للحل ذو الاستيفاءات من المرتبة الثانية وجميعها في الحالة المستقرة، ثم أخذ الحل السابق وجعله كقيم ابتدائية جديدة للحالة العابرة والمتغيرة مع الزمن بخطوة زمنية $\Delta T = t / 20$ حيث أن t تمثل زمن الدور الواحد $t = 1 / \omega$ وتم اعتبار أن معظم معادلات الجريان للنموذج يجب أن تتقارب إلى قيمة دون 10^{-4} [8].

للتأكد من صحة الحل تم مقارنة المردود الايزونتروبي للشفرة مع بيانات المحطة ويوضح الشكل 7 قيمة هذا المردود الايزونتروبي حيث يبلغ %93 وهو قريب من المردود الايزونتروبي الحقيقي المأخوذ من بيانات المحطة والذي يبلغ %89 أي بخطأ مقداره %4.5.

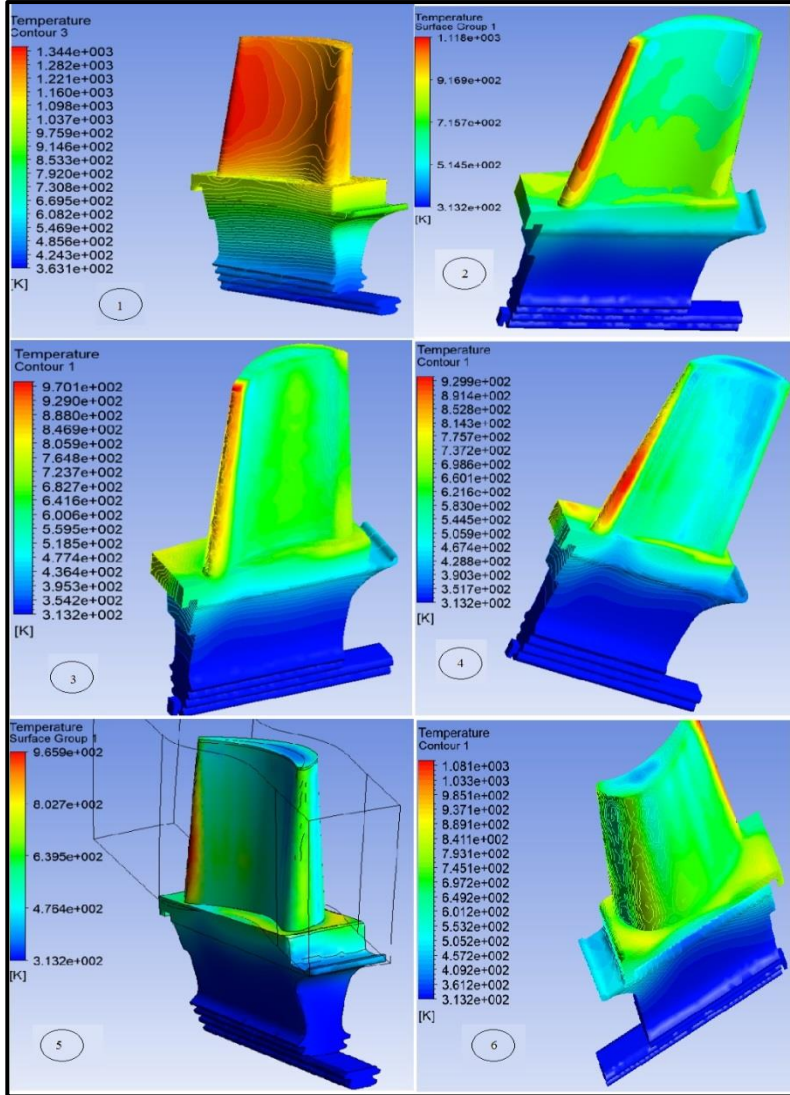


الشكل 7 المردود الايزوننتروبي كقيمة للمراقبة

النتائج والمناقشة:

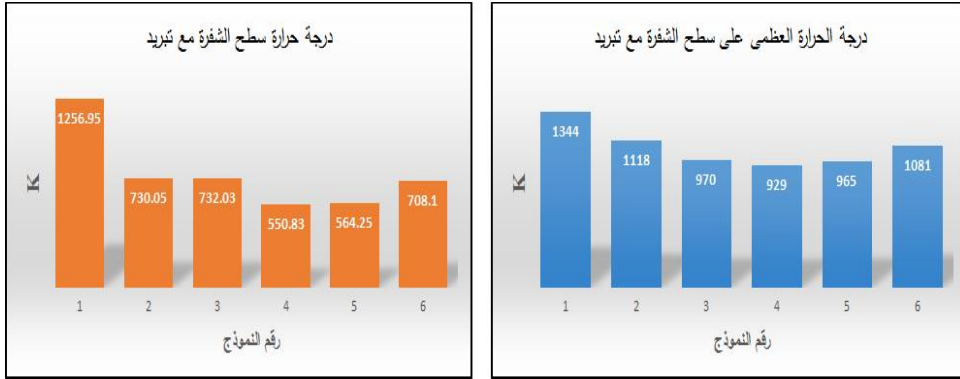
تظهر نمذجة الجريان حول الشفرة توزع درجات الحرارة حول السطح الشفرة حيث نلاحظ أن أعلى قيم لدرجات الحرارة تظهر عند الحافة القائدة والذيلية ونلاحظ كذلك توزع مرتفع لدرجات الحرارة على بطن الشفرة وذلك بسبب الطاقة المبددة من الجريان نتيجة الدوامات المتشكلة وتحول هذه الطاقة إلى حرارة ضائعة تسبب ارتفاع درجة الحرارة عند بطن الشفرة ونلاحظ أن تبريد الشفرة بالماء بواسطة مسارات التبريد المعدلة يقلل من درجة الحرارة عند بطن الشفرة وكذلك عند الحافة الذيلية المقادة ونلاحظ انخفاض في قيمة درجات الحرارة العظمى والوسطية على سطح الشفرة ويظهر الشكل 8 كونتورات توزع درجة الحرارة في النماذج الستة ويظهر الشكل 9 قيمة درجة الحرارة الوسطية والعظمى في النماذج الستة

ونلاحظ ان النموذج الرابع هو النموذج الذي يظهر أعلى فعالية تبريد بالمقارنة مع بقية النماذج¹.



الشكل 8 درجات الحرارة على سطح الشفرة في النماذج المدروسة

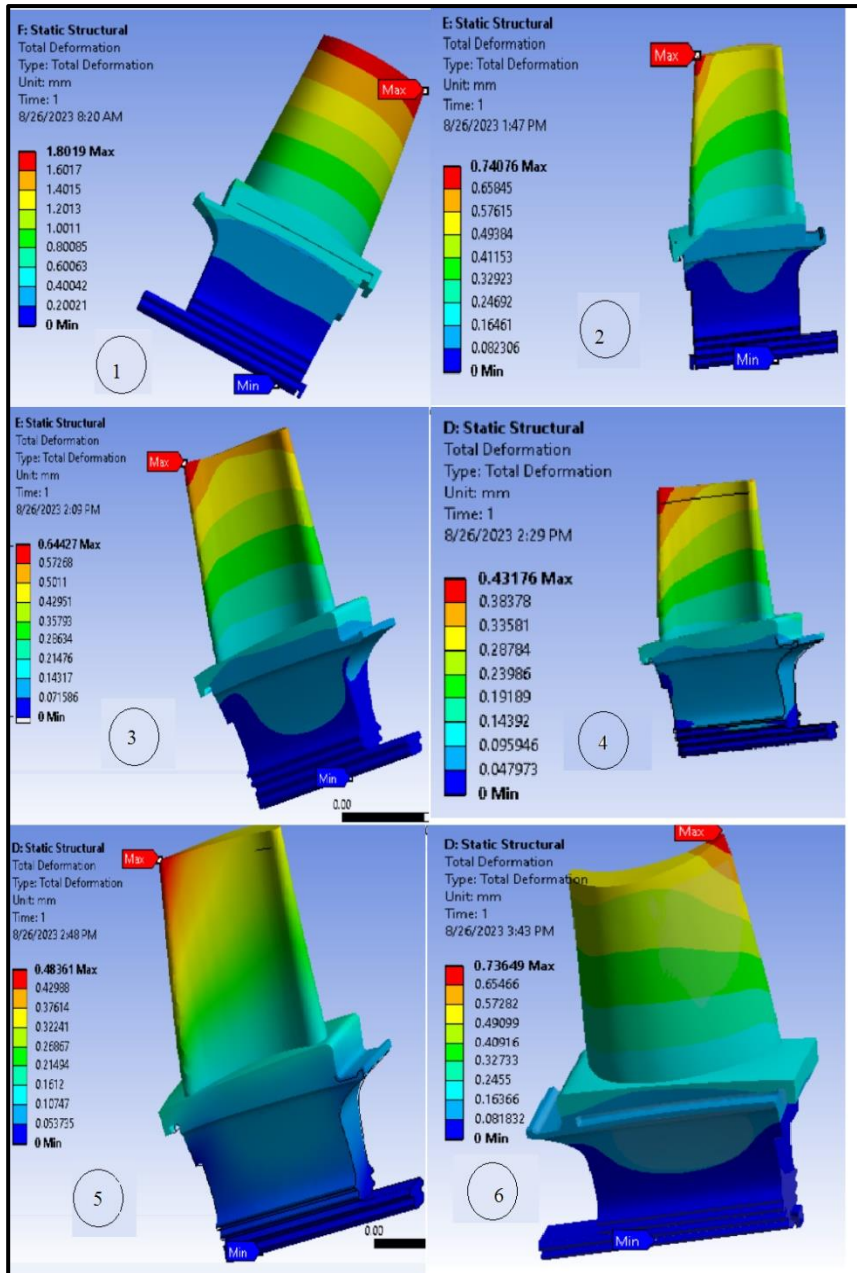
¹ يدخل ماء التبريد إلى الشفرة بدرجة حرارة 40C وبضغط 12Bar وبمعدل تدفق عالي حيث ان درجة حرارة الاشباع عند هذا الضغط 186.5C في حين يخرج الماء في النماذج السابقة بين 56C إلى 84C وبالتالي تلك الدرجات دون درجة حرارة التبخر وهذا ما يبقي ماء التبريد في الحالة السائلة دون تبخر



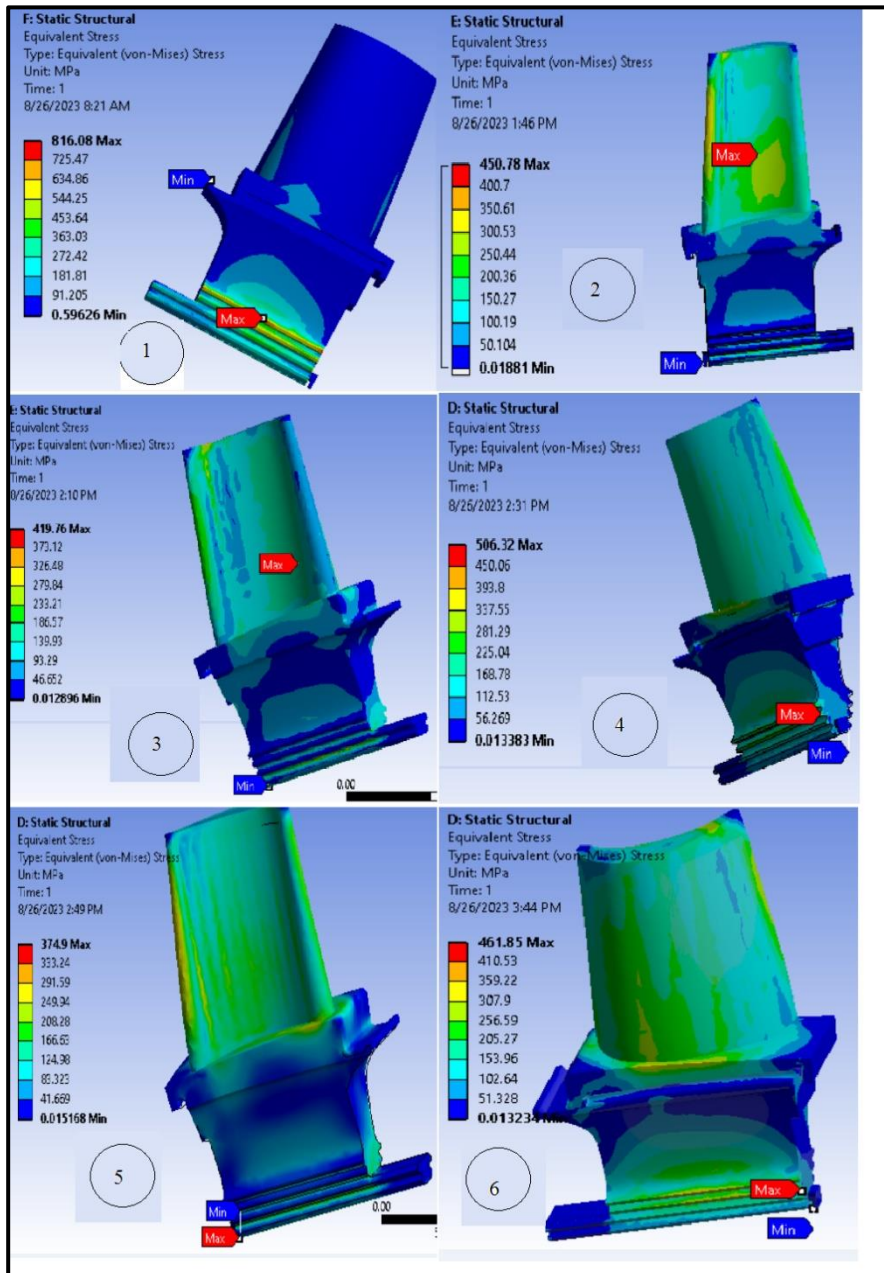
الشكل 9 درجات الحرارة العظمى والوسطية في النماذج المدروسة

يظهر الشكل 10 والشكل 11 قيم الانزياح والاجهاد المكافئ في النماذج الستة وذلك بالاعتماد على حقل الضغط ودرجات الحرارة الذي تم الحصول عليه من نمذجة الجريان حول الشفرة. نلاحظ من مخططات النمذجة المتعلقة بالتحليل البنيوي للشفرة أن مساحة الاجهاد قد انتشرت على كامل سطح الشفرة لتمتد بشكل أكبر مما هو عليه الحال في النموذج الأساسي حيث أن قيمة الإجهاد الأعظمي مركزة في منطقة صغيرة من سطح الشفرة أما بقية سطح الشفرة فهو بلون أزرق أي ذو قيمة صغيرة جداً للإجهاد، كما نلاحظ ازدياد الاجهادات في مناطق بطن وظهر الشفرة مع تناقص في القيمة الاعظمية للإجهاد وهذا يعود إلى أن مسارات التبريد الجديدة قد زادت من الاجهادات المتعلقة بالشكل الهندسي للنموذج من جهة إلا أن تبريد الشفرة من جهة أخرى قد خفف من الاجهادات الحرارية فكانت النتيجة زيادة مساحة تأثير الاجهادات وقلة قيمتها الاعظمية. يوضح الجدول أهم الخصائص البنيوية للشفرة والنتيجة في النماذج الستة:

النموذج	Δ_{\max} (mm)	$\sigma_{eqv, \max}$ (Mpa)	معامل الأمان الأقل
1	1.8	816	4.73
2	0.74	450.78	8.56
3	0.64	419.76	9.19
4	0.43	506.32	7.62
5	0.48	374.9	10.29
6	0.73	461.85	8.35

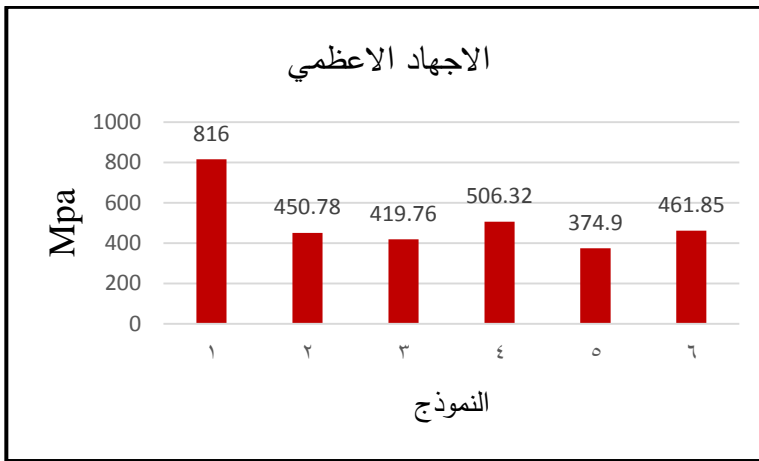


الشكل 10 الانزياح في النماذج المدروسة

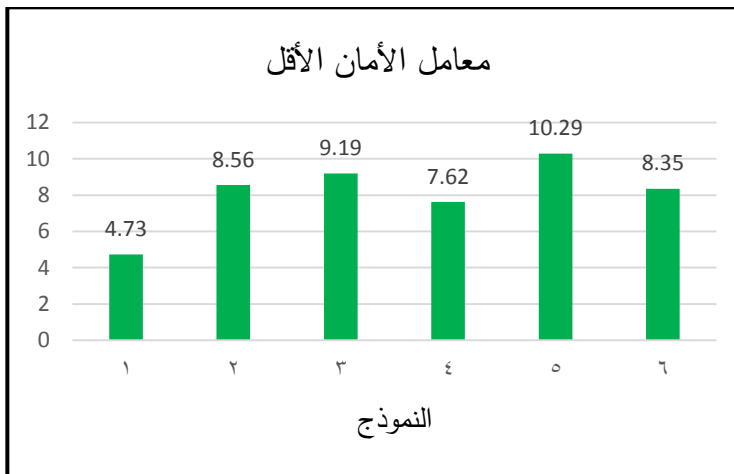


الشكل 11 الاجهاد المكافئ في النماذج المدروسة

توضح الأشكال قيمة النتائج الموجودة في الجدول



الشكل 12 قيمة الاجهاد الاعظمي في النماذج المدروسة



الشكل 13 معامل الأمان الكلي للأقل للنماذج المدروسة

نلاحظ من تحليل المخططات السابقة أن السلوك الحراري ينزاح عن السلوك البنوي، فبينما النموذج الرابع هو الأفضل من الناحية الحرارية إلا أن النموذج الخامس هو الأفضل من الناحية البنوية حيث أن قيمة الاجهادات الاعظمية فيه قد قلت بالمقارنة مع

النموذج الأساسي بمقدار 441Mpa أي 54% وازداد معامل الأمان الكلي بمقدار 117%، في حين أن قيمة الاجهادات الأعظمية في النموذج الرابع قد انخفضت بمقدار 38% بالمقارنة مع النموذج الأساسي وازداد معامل الأمان الكلي بمقدار 61%.

يمكن تفسير ذلك كما نوهنا في مخططات الاجهادات الموضحة في الشكل أن النموذج الرابع هو أقل من ناحية الاجهادات الحرارية بالمقارنة مع النموذج الخامس حيث يظهر من مخططات توزع درجات الحرارة أن درجة الحرارة العظمى وكذلك الوسطية في النموذج الرابع هي أقل مما هو عليه في النماذج البقية وهذا ما يجعل قيمة الإجهادات الناتجة عن الحرارة أقل في هذا النموذج من غيره إلا أن الشكل الهندسي وبنية ممرات التبريد المتشكلة تجعل فيه مناطق أكثر عرضة للتشوهات والإجهادات وبالتالي ينتج عنه إجهادات أكبر مما هو عليه الحال في النموذج الخامس مما يجعل قيمة الإجهادات الأعظمية في النموذج الرابع أكبر منه في النموذج الخامس.

الاستنتاجات:

في هذا البحث تم العمل على شفرة مأخوذة من المرحلة الأولى في العنفة الغازية التابعة لمحطة جندر الحرارية، ولما كان من الصعب معرفة تصميم ابعاد الشفرة ومسارات التبريد داخلها ومعرفة نوع الخليط فقد تم اللجوء أولاً لتقنيات الهندسة العكسية من أجل تحديد ابعاد التصميم ومكوناته واستنتاج الخصائص الميكانيكية والحرارية له.

تم اقتراح خمسة تصاميم لممرات التبريد ضمن الشفرة بحيث يكون مائع التبريد هو الماء بدلاً من الهواء في النموذج الأساسي وتم اختبار هذه التصاميم باستخدام النمذجة العددية لحقل الجريان ومتانة الشفرة تحت تأثير الضغط ودرجة الحرارة الناتجة عن الجريان وسرعة الدوران الكبيرة للشفرة عن طريق اقتران الحل العددي للجريان في

برنامج CFX مع الحل العددي للمتانة في برنامج static structure ضمن حزمة
.Ansys workbench

أظهرت النمذجة توزيع درجات الحرارة والإجهادات الناتجة في النماذج الستة
وأكدت على أن تبريد الشفرة باستخدام المسارات المقترحة يحسن الخصائص الميكانيكية
حيث أظهرت النماذج تناقص في درجات الحرارة على سطح وبتالي انخفاض في قيمة
الإجهادات الحرارية التي بدوره تساهم في تناقص قيمة الاجهاد المكافئ وزيادة العمر
الافتراضي لشفرة العنفة.

المراجع:

- 1- Boyce MP. Gas turbine engineering handbook. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier; 2006.
- 2- Song YJ, Li T, Zhang D, et al. Review of gas turbine blade internal cooling with ribs. Therm Turbine 2011;40(4):235–244 [Chinese].
- 3- Patil PS, Borse SL. Recent studies in internal cooling of gas turbine blade: A review. Int J Appl Eng Res 2018;13(9):7131–41.
- 4- Yin Z, Fang XJ. Multi-objective optimization of film-cooled turbine with source term method. J Propuls Technol 2013;34 (10):1339–44[Chinese].
- 5- Yu K, Yang X, Yue Z. Aerodynamic and heat transfer design optimization of internally cooling turbine blade based different surrogate models. Struct Multidiscip Optim 2011;44(1):75–83.
- 6- Nowak G, Wroblewski W. Thermo mechanical optimization of cooled turbine vane. Proceedings of ASME turbo expo 2007: Power for land, sea, and air. New York: ASME; 2007.
- 7- A. P. Fraas, summary of research and development effort on air and water cooling of gas turbine blades ,a. P. Fraas ,oak ridge, tennessee 37830 ,date published - march 1980
- 8- A.Hoffmann, K. (2000). Computational Fluid Dynamics. USA: Engineering Education System.

- 9- ANSYS CFX documentation: Theory guide, 2016. (n.d.).
- 10-ANSYS CFX documentation: User guide, 2016. (n.d.).
- 11-Çengel, y. A. (2014). Fluid mechanics: fundamentals and applications, third edition. New york: mcgraw-hill.
- 12-Thermal properties of cast nickel based super alloy Article in Archives of Materials Science and Engineering · July 2010- Source: DOAJ.

تخميد اهتزازات نظام الطاقة الكهربائي باستخدام

تقنية التحكم التكيفي نموذج مرجعي

الدكتور فيصل شعبان * الدكتور نسمة أبو طبق * * عمار ميهوب * *

- الملخص -

تحدث تذبذبات الإشارة الصغيرة بسبب اضطرابات نظام الطاقة الكهربائي، وتصبح في النهاية خطيرة إذا لم تتوفر وسيلة كافية لتخميد هذه التذبذبات. يوفر مثبت استقرار نظام الطاقة (PSS) تخميداً إضافياً لتذبذبات الدوار، من خلال تقديم إشارة تحكم إضافية لدارة التهييج. فمنا في هذا البحث بتطبيق تقنية التحكم التكيفي نموذج مرجعي (MRAC) لتخميد اهتزازات نظام طاقة كهربائي، بهدف تحسين استقرار الإشارة الصغيرة تعتمد الطريقة على تطوير نموذج مرجعي مناسب، بناءً على المواصفات المرغوبة التي يمكن تحقيقها من خلال ديناميكيات النظام. واستخدام متحكم (PID)، حيث تم الحصول على بارامترات من خلال طريقة التجربة والخطأ كحلقة تكيف، لتتبع أداء النموذج المرجعي بغض النظر عن شروط التشغيل، وبارامترات النظام، وقد تم اختبار فعالية طريقة التحكم المقترحة على نظام اختبار ضعيف الاستقرار، والذي يُظهر فعالية هذه التقنية لتخميد اهتزازات نظام الطاقة على نطاق واسع من ظروف التشغيل غير المستقرة ونماذج النظام المضطربة.

الكلمات المفتاحية: التحكم التكيفي، نموذج مرجعي، قاعدة ميت، مثبت استقرار نظام الطاقة، المتحكم PID.

* أستاذ - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
** أستاذ مساعد - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
*** طالب دراسات عليا (دكتوراه) - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية
ammarmyhoub1@gmail.com

Damping of electrical power system vibrations using model reference adaptive control technology

Prof .Dr. Faesal Shabaan*

Dr. Nesmat Abo Tabak**

Ammar Mihoub ***

-ABSTRACT-

signal oscillations are caused by electrical power system disturbances and eventually become dangerous if there is not enough means to dampen these oscillations. The power system stabilizer (PSS) provides additional damping for rotor oscillations by providing an additional control signal to the excitation circuit, In this paper, we applied the model reference adaptive control (MRAC) technique to dampen the vibration of an power system with the aim of improving the stability of the small signal. The method is based on developing an appropriate reference model, based on the desired specifications that can be achieved through the system dynamics. And using a PID controller, whose parameters were obtained through trial and error as an adaptation loop, to track the performance of the reference model regardless of operating conditions and system parameters. The effectiveness of the proposed control method was tested on a weakly stable test system, which shows the effectiveness of this technique for damping Power system vibrations over a wide range of unstable operating conditions and turbulent system models.

Key Words: Adaptive control, Reference Model, MIT rule, power system stabilizer, PID controller

***Professor, Department of Electrical Energy Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.**

****Associate Professor, Department of Electrical Energy Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.**

*****Doctoral Student, Department of Electrical Energy Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.**

1- مقدمة:

تحدث تذبذبات الإشارة الصغيرة بسبب اضطرابات نظام الطاقة الكهربائي، وتصبح في النهاية خطيرة إذا لم تتوفر وسيلة كافية لتخميد هذه التذبذبات. تم حل مشكلة التذبذبات منخفضة التردد (LFO) في نطاق (0.1-2.5) هرتز من خلال مثبت استقرار نظام الطاقة (PSS)، تعتبر وحدة التحكم في المشتقات التكاملية المتناسبة (PID) أبسط الحلول وأكثرها فعالية في تطبيقات هندسة التحكم اليوم. بناءً على الميزة، يتم دمج وحدة التحكم PID مع PSS لتعزيز الاستقرار في نظام الطاقة.

من الناحية العملية، يتم ضبط معظم وحدات تحكم PSS, PID يدويًا في ظروف تشغيل مؤكدة. بشكل عام، أنظمة الطاقة غير خطية، والطرق التقليدية تفتقر إلى الموثوقية بسبب عدم ثبات الأداء عند تغيير شروط التشغيل التي تم تصميم نظام التحكم بناءً عليها. وبالتالي من الضروري الاستفادة من تبسيط المشكلة، و ضبط بارامترات المتحكم من خلال استخدام طرق التحسين الأكثر كفاءة. بشكلٍ رئيسي بناءً على سرعة تخميد الاهتزازات الناشئة بعد كل اضطراب والرجوع إلى الحالة المستقرة [3]، ولتحقيق هذا الهدف تم استخدام العديد من تقنيات تحقيق الأمثلة كتقنية التحكم الضبابي، والشبكات العصبونية، والخوارزمية الوراثية [4].

وبالرغم من وجود العديد من تقنيات تحقيق الأمثلة، إلا أنه لازالت تقنيات التحكم التكيفية مطلوبة للحصول على الطبيعة التكيفية الكاملة. التحكم التكيفي يغير معاملات خوارزمية التحكم في الزمن الحقيقي، لتعويض التغيرات في البيئة أو النظام نفسه، كما أنه يغير تابع النقل للنظام حسب الحالة. في الحالات الخاصة نظام التحكم التكيفي نموذج مرجعي يكون عموماً التطبيق الأفضل مع الحاسب الرقمي بسبب تعقيد المتحكم [5]، بهذه الطريقة استجابة النظام تكون مجبرة لتعقب استجابة النموذج المرجعي، بصرف

النظر عن تغييرات بارامترات المنشأة، بارامترات المتحكم تكون معدلة لتحقيق أداء الحلقة المغلقة المرغوب.

بهذه الطريقة، بارامترات المتحكم تكون مقيمة لتسبب التغير المطلوب في تابع نقل المنشأة لكي يصبح أداؤها مماثل للنموذج المرجعي، بالإضافة الى قاعدة ميت تعد تقنية التحكم التكيفي نموذج مرجعي (MRAC) استراتيجية تكيفية مباشرة مع بعض البارامترات القابلة للتعديل وآلية تعديل لتعديل هذه البارامترات. بالرغم من ان البحث في التحكم التكيفي تم من خلال فترة طويلة حيث في عام 1960 تم استخدامه لتصميم الطيار الالي لتشغيل الطائرات على مجال واسع من الارتفاعات والسرعة وبالتالي فان جدولة الريح المعتمد على بعض المقاييس المساعدة لسرعة الرياح كانت مكيفة[5]. في الوقت الحاضر مخططات التحكم التكيفي تحل مكان أنظمة التحكم التقليدية التي لا تكون قادرة على مواجهة حالات مثل:

a. الأحمال والقصور الذاتي.

b. إمكانية حدوث الأعطال المفاجئة وغير المتوقعة.

c. إمكانية حدوث الاضطرابات المتكررة والغير متوقعة.

حيث تم استخدامها حديثاً لتعديل ربح المتحكم (PI) في أجهزة التحكم بأنظمة (FACTS) لضمان تحقيق قيود ربط العنقات الريحية الى الشبكة الكهربائية، عند حدوث اضطرابات مختلفة ومقارنة طريقة MRAC مع الخوارزمية الوراثة [6]، وللتحكم بالمحركات التحريضية [7]، ومحركات التيار المستمر [8]، وأنظمة تعقب نقطة الاستطاعة العظمى [9]، متحكمات (PID) التقليدية ذات الريح الثابت تكون غير قادرة على مواجهة المشاكل المذكورة أعلاه، هناك العديد من التقنيات المستخدمة لتصميم تقنية

التحكم التكيفي نموذج مرجعي MRAC مثل نظرية ليبونوف ونظرية الخطأ المدمج، في هذا البحث تم التركيز على قاعدة MIT فقط.

2- هدف البحث:

يهدف البحث لاستخدام تقنية التحكم التكيفي نموذج مرجعي (MRAC)، في تخميد اهتزازات نظام الطاقة الكهربائي، الناتجة عن حدوث اضطراب في العزم الميكانيكي، اعتماداً على تتبع أداء النموذج المرجعي المقترح. والذي يتوجب على خرج المنشأة تتبع هذا الأداء، بإدخال ناتج حلقة التكيف كإشارة تحكم إضافية، مهمتها إجبار خرج المنشأة المتحكم بها على تتبع خرج النموذج المرجعي في كافة ظروف التشغيل. وهذا يحقق هدف نظام التحكم في الحصول على الاستجابة المرغوبة، وخاصة في الأنظمة التي تحوي العديد من البارامترات ذات الطبيعة الاحتمالية كما هو الحال في أنظمة الطاقة الكهربائية.

تم التركيز في هذا البحث على وضع نموذج حاسوبي باستخدام (MATLAB-SIMULINK)، لنظام طاقة كهربائي، عبارة عن آلة مفردة موصولة الى قضيب تجميع لا نهائي. مأخوذ من المراجع يحتوي مخدم اهتزازات (PID) بتقنية (MRAC)، ودراسة تأثيرها المحتمل في تقليل مطال اهتزازات السرعة، حيث تم استخدام آلية تعديل تعتمد حلقة تكيفية مماثلة لقاعدة MIT عبارة عن متحكم PID.

3- طريقة البحث ومواده:

يقوم البحث على وضع نموذج حاسوبي لطريقة التحكم التكيفي نموذج مرجعي، وفق قاعدة (MIT)، مع اقتراح حلقة تكيفية جديدة عبارة عن متحكم PID، يعتمد الفرق بين إشارة خرج النموذج المرجعي، وخرج النظام (انحراف السرعة) كإشارة دخل، وتضاف إشارة الخرج إلى إشارة تحكم المخدم التقليدي، واختبار أدائها على نظام طاقة كهربائي

عبارة عن آلة مفردة موصولة الى قضيب تجميع لانهائي. وبيان تأثيرها في الحصول على تخميد مطال اهتزازات سرعة الدوار، والقدرة على تتبع أداء النموذج المرجعي المقترح (تابع نقل من الدرجة الثانية)، عند حدوث اضطراب يتمثل بتغير في العزم الميكانيكي، باستخدام (MATLAB-SIMULINK).

4- نشوء الظواهر الديناميكية في نظام الطاقة الكهربائية:

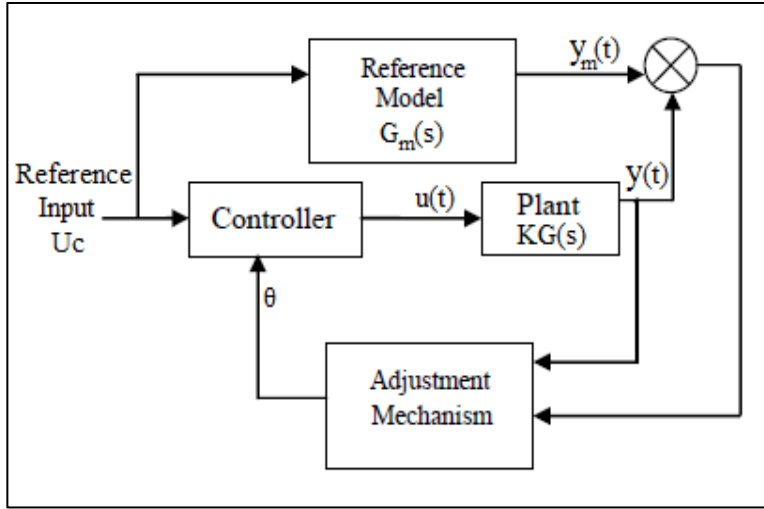
هناك العديد من الظواهر الديناميكية في نظام الطاقة الكهربائية. منها دخول أو خروج احمال كبيرة على الشبكة الكهربائية، أو عناصر من الشبكة، أعطال كهربائية مثل القصر، العمل الخاطئ للمتحكمات، التفاعل بين اجزاء النظام الكهربائي، قد تسبب هذه الأعطال خروج عناصر متعددة من النظام (مولدات ، خطوط نقل) وانقطاع التغذية عن أعداد كبيرة من المستهلكين. وأحيانا حدوث أعطال متعددة في الأجهزة الكهربائية، تتمثل بالعمل غير الطبيعي وما يترتب عليه من خسائر اقتصادية كبيرة.

4-1 نظام التحكم التكيفي نموذج مرجعي:

يغطي التحكم التكيفي مجموعة التقنيات التي تزود طريقة منظمة للتعديل الأوتوماتيكي للمتحكمات في الزمن الحقيقي. في عملية لتحقيق أو للإبقاء على المستوى المرغوب لأداء نظام التحكم، عندما تكون بارمترات النموذج الديناميكي للمنشأة المتحكم بها مجهولة أو متغيرة مع الزمن. يوجد ثلاث عناصر رئيسية لهذا النظام وهي كمايلي: النموذج المرجعي، ونموذج المنشأة، وآلية التكيف كما هو مبين في الشكل (1).

❖ النموذج المرجعي:

هذا الجزء من نظام التحكم يمثل الأداء المرغوب لنظام الحلقة المغلقة، أي يعبر عن أداء المنشأة (plant) بناء على الدخل المرجعي المعطى. في هذا البحث السلوك المرجعي منمذج كتابع نقل من الدرجة الثانية، يمثل الأداء المرغوب لنظام الطاقة، عند حدوث اضطراب في العزم الميكانيكي.



الشكل (1) نظام التحكم التكيفي نموذج مرجعي MRAC

ويمكن ان يتم تحديد النموذج المرجعي أيضا، من مواصفات نظام الحلقة المغلقة للنموذج المرجعي

نموذج المنشأة:

في هذا البحث استخدمنا تابع نقل من الدرجة الثانية، المعبر عن الأداء المرغوب للنظام، والذي يتغير بفعل اضطراب خارجي. خرج العملية المتحكم بها الفعلي يكون y_p ، لذلك يتوجب على المتحكم أن يغير/ يكيف قيم إشارة التحكم لإنجاز الأداء المرغوب

بحيث يكون الخطأ $Y_p - Y_m = \text{error} (e) = 0$ حيث يمثل (Y_m) خرج النموذج المرجعي ويمثل (Y_p) خرج المنشأة (العملية المتحكم بها).

❖ المتحكم:

يوصف عادة بمجموعة من البارامترات القابلة للتعديل في هذا البحث تم دمج تابع النقل للمتحكم بتابع نقل النظام للحصول على تابع نقل يمثل النظام المتحكم به والمتحكم.

❖ آلية التكيف:

هذا المكون مستخدم لتعديل بارامترات المتحكم، لكي يتمكن خرج المنشأة الفعلية من تعقب خرج النموذج المرجعي. هدف هذا الجزء من المتحكم يتمثل بتغيير خرج (θ) ، بالاعتماد على الخطأ (e) ، بين خرج النموذج المرجعي (Y_m) وخرج المنشأة (Y_p) ، مدى سرعة التكيف يعتمد على البارامتر، والمسمى معدل التعلم أو ربح التكيف (γ) ، مع القيم المرتفعة ل (γ) عملية تكيف المتحكم تكون أسرع لأي تغير في المنشأة لكن هناك أيضا بعض الآثار الجانبية حيث خرج المتحكم يحسب بالعلاقة $(U = U_c * \theta)$ حيث تمثل (U_c) الدخل المرجعي، و تمثل (U) إشارة التحكم، بينما تمثل (θ) خرج حلقة التكيف. المخطط الصندوقي الاساسي لنظام التحكم التكيفي نموذج مرجعي (MRAC) يظهر في الشكل (1) كما يظهر خرج النموذج المرجعي $y_m(t)$ و خرج المنشأة الفعلي $y(t)$ والاختلاف بينهما يدعى الخطأ $e(t)$.

$$e(t) = y(t) - y_m(t) \quad (1)$$

❖ قاعدة MIT:

قاعدة MIT طورت لأول مرة عام 1960، بواسطة باحثين من معهد MIT واستخدمت لتصميم نظام الطيار الآلي للطائرات. كما أنها تستخدم لتصميم المتحكمات التكيفية مع مخطط (MRAC) لأي نظام تحكم وفقاً لهذه القاعدة يعرف تابع الكلفة كمايلي:

$$J(\theta) = e^2/2 \quad (2)$$

حيث:

e: إشارة الخطأ بين خرج كل من النموذج الفعلي والنموذج المرجعي.

θ : البارامتر القابل للتعديل والذي يعدل بحيث تكون قيمة تابع الكلفة أقل مايمكن.

لهذا السبب يكون التغيير في قيمة البارامتر θ باتجاه الميل السالب ل (J) وفق الاتي:

$$\frac{d\theta}{dt} = -\gamma \frac{dJ}{d\theta} \quad (3)$$

حيث:

$J(\theta)$: يمثل تابع الكلفة.

$\frac{d\theta}{dt}$: تغير خرج حلقة التكيف بالنسبة للزمن.

$\frac{dJ}{d\theta}$: تغير تابع الكلفة بالنسبة لتغير خرج آلية التكيف.

γ : ربح التكيف للمتحكم.

من المعادلة (2)

$$\frac{d\theta}{dt} = -\gamma e \frac{de}{d\theta} \quad (4)$$

حيث:

الاشتقاق الجزئي $\frac{de}{d\theta}$: يدعى عامل اشتقاق الحساسية للنظام، ويشير إلى مدى تغير الخطأ بالنسبة للبارامتر (θ) .

المعادلة (3) تصف تغير البارامتر (θ) بالنسبة للزمن لكي تخفض قيمة تابع الكلفة $J(\theta)$ الى الصفر هنا يكون المقدار (γ) كمية موجبة والذي يمثل ربح التكيف للمتحكم.

لنفترض أن عملية التحكم هي عملية خطية ولها تابع النقل $KG(s)$ ، حيث K بارامتر مجهول و $G(s)$ تابع النقل المعرف من الدرجة الثانية، الهدف يكون تصميم متحكم يمكن عملية التحكم من تعقب النموذج المرجعي ذو تابع النقل $G_m(s) = K_o G(s)$ ، كما هو مبين في الشكل (1).

من المعادلة (1):

$$E(s) = KG(s)U(s) - K_o G(s)U_c(s) \quad (5)$$

حيث:

K_o : القيمة الأولية للبارامتر المتأثر بفعل الاضطراب.

K : القيمة الجديدة للبارامتر المتأثر بعد حدوث الاضطراب.

U : اشارة التحكم.

U_c : الدخل المرجعي.

تعريف قانون التحكم:

$$U(t) = \theta * \quad (6)$$

U_c

من المعادلة (5) و(6) وإجراء اشتقاق جزئي:

$$\frac{dE(s)}{d\theta} = KG(s)U_c(s) = \quad (7)$$

$\frac{K}{K_o} Y_m(s)$

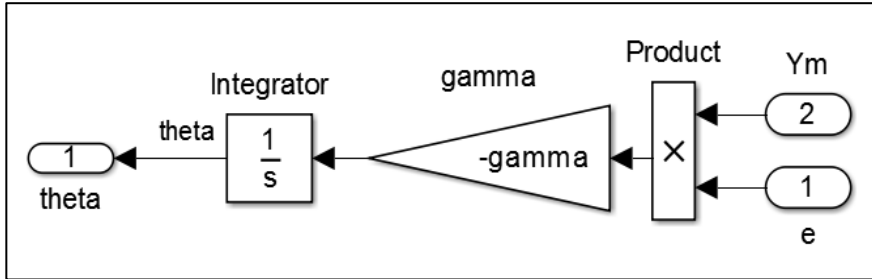
من المعادلة (4) والمعادلة (7) يمكن ان نكتب:

$$\frac{d\theta}{dt} = -\gamma e \frac{K}{K_o} y_m = \quad (8)$$

$-\gamma' e y_m$

حيث: γ' يمثل ربح التكيف.

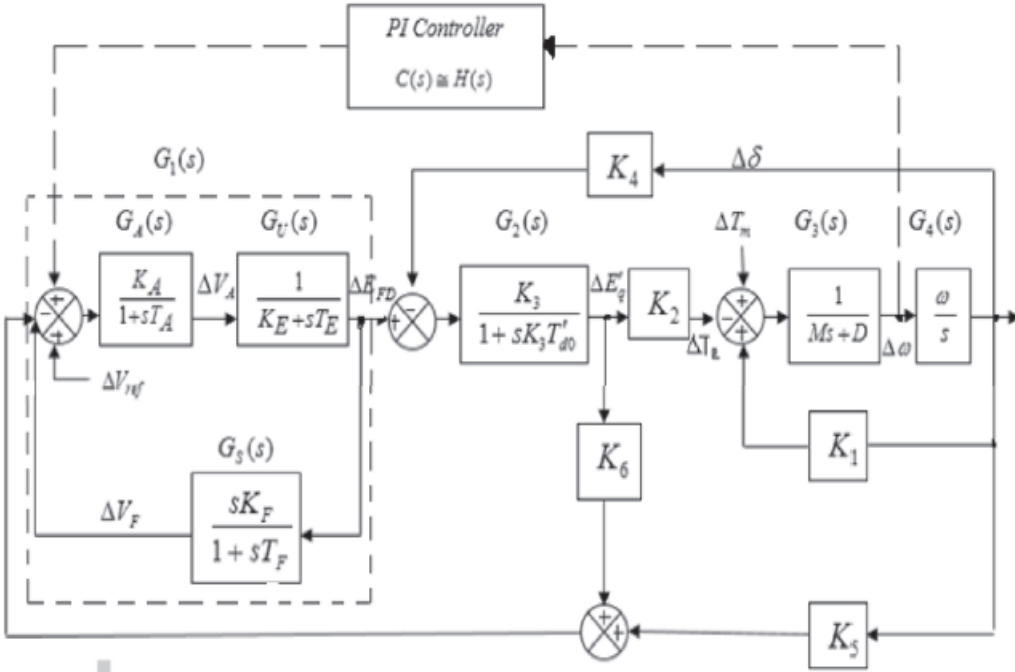
المعادلة (8) ستعطينا قانون تعديل البارامتر (θ) ، ونموذج المحاكاة يظهر في الشكل (2)، كما يظهر من نتائج المحاكاة ان استجابة المنشأة تعتمد على ربح التكيف (γ') ، في بعض المنشآت الصناعية القيم الكبيرة لربح التكيف (γ') تسبب عدم استقرار النظام واختيار هذه القيمة يكون هام جدا.



الشكل (2) نموذج محاكاة قاعدة MIT

❖ مثبت اهتزازات نظام الطاقة (PSS):

مثبت الاهتزاز (PSS) هو عبارة عن جهاز يعطي حلقة تحكم إضافية، الى دارة منظم الجهد (AVR) و/ أو نظام العنفة ومنظم السرعة لوحدة التوليد. يعد استخدام مخمد الاهتزاز واحدا من أهم الطرق الأكثر فعالية في تحسين استقرار نظام الطاقة. الفكرة الأساسية من إخماد الإهتزازات في نظام الطاقة هي أنه في الحالة المستقرة يجب أن ينتهي تغير السرعة الى الصفر أو قريبا منه، ومنظم الجهد يجب ان يقاد بخطأ الجهد (ΔV) فقط. سرعة المولد، في حالة الاستقرار العابر ليست ثابتة، ويكون الجزء الدوار متأرجحاً، ويتعرض (ΔV) لاهتزازات نتيجة التغير في زاوية الدوار. ان المهمة المطلوبة من مخمد الاهتزاز هي تقديم إشارة إضافية تعوض عن اهتزازات ΔV ، وتعطي مركبة عزم متوافقة بالطور مع انحراف السرعة ΔW ، يتألف المخمد من صندوق التصريف $\frac{Tw.S}{Tw.S+1}$ والذي يعمل على تقليل الاستجابة الديناميكية للإخماد عند حدوث أعطال كبيرة بثابت زمني مقداره (Tw) وصندوق تقديم الطور $\frac{T1+S}{T2+S}$ الذي يستخدم لتعويض التأخر الحاصل بين خرج المخمد، وتطبيق العزم الكهربائي، بالإضافة الى ربح المخمد Kdd والذي يحدد كمية الإخماد، بين الشكل (3) المخطط الصندوقي لتابع نقل مخمد الاهتزاز PSS موصول الى نظام الطاقة الكهربائي.

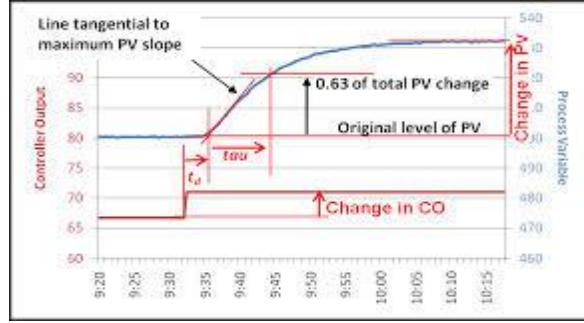


الشكل (3) المخطط الصندوقي لنظام طاقة كهربائي (SMIB) مع مخدم الاهتزاز PI-PSS

❖ المتحكم PID:

حاليا يعد المتحكم PID شائع الاستخدام في أكثر من 95% من أنظمة التحكم، العنصر الأهم في تصميم نظام التحكم، يتمثل في دقة ضبط بارامترات المتحكم الثلاث : الربح التناسبي (KP) والتكاملي (KI) التفاضلي (KD) في عام 1942 طور زيجلر و نيكولز طريقة لضبط ربح المتحكمات (PID,PI,P) هي طريقة الحلقة المفتوحة وطريقة الحلقة المغلقة، وشرح الإجراءات الرياضية البسيطة لضبط المتحكم وهي طريقة منحنى تفاعل العملية ، غالبًا ما يطلق عليه ضبط الحلقة المفتوحة Zeigler-Nichols ، طريقة منحنى تفاعل العملية هي طريقة للربط بين بارامترات العملية مثل زمن التأخير، ربح

العملية وثوابت المتحكم PID يتم حساب ثوابت المتحكم PID من خلال قياسات الاستجابة في الزمن الحقيقي، للحصول على الأداء المرغوب لعملية التحكم عند حدوث اضطراب عبارة عن تغيير خطوة في بارامتر التحكم. هذه الإجراءات مقبولة الآن كمعيار في ممارسة أنظمة التحكم الشكل (4).



الشكل (4) طريقة منحنى تفاعل عملية التحكم

استخدام المتحكم PID كمخمد اهتزازات التردد المنخفض لنظام الطاقة الكهربائي يتمثل في تقديم إشارة تحكم إضافية لنظام التهييج عبارة عن ناتج وحدة تحكم التغذية العكسية التي تتخذ من انحراف سرعة المولد كإشارة دخل وخرج المتحكم PID كإشارة خرج بحيث تشكل عزم إخماد إضافي متوافق مع انحراف السرعة ΔW .

5- نموذج مخمد الاهتزاز PSS-MRAC:

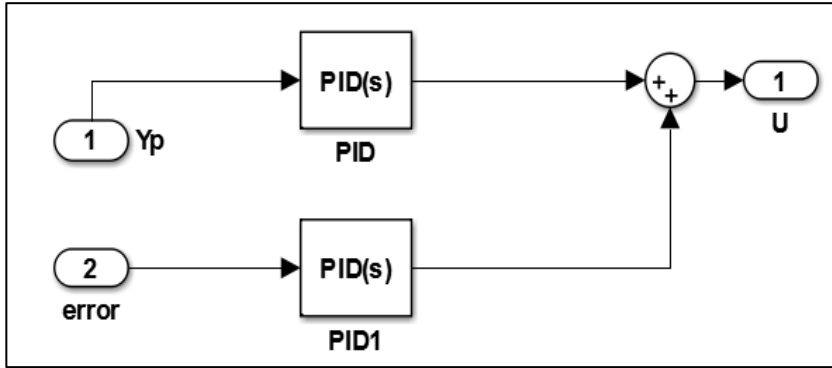
يعمل مخمد الاهتزاز المقترح في هذا البحث، على زيادة حدود الاستقرار الزاوي لنظام القدرة الكهربائي، من خلال تقديم الإخماد لاهتزازات دوار الآلة المتواقتة. وذلك عبر نظام التهييج للمولد. يقدم هذا التخامد من خلال العزم الكهربائي المطبق على الدوار والمترافق بالطور مع تغيرات السرعة، هذا التحكم الإضافي مهم جداً، إذا كانت كمية الطاقة المنقولة كبيرة، يتم ضبط مخمد الاهتزاز عند نقطة التشغيل في الحالة المستقرة.

مخمد الاهتزاز المقترح في هذا البحث عبارة عن متحكم PSS-PID متكيف يتم تعديل الريح في هذا المتحكم من خلال تقنية التحكم التكيفي نموذج مرجعي (MRAC)، والذي يتم استنتاج صيغته العامة كالتالي:

- يتم تحديد النموذج المرجعي المرغوب والذي يعبر عن السلوك المرغوب لنظام الطاقة عند نقطة التشغيل الاسمية.

- يتم اعتماد متحكم PI ذو ربح ثابت كمخمد اهتزاز، حيث يتم تحديد قيمة الريح التناسبي والتكاملي والتفاضلي لهذا المتحكم باستخدام طريقة المحاولة والخطأ.

- يتم إضافة متحكم PID كحلقة تكيف، يعتمد إشارة الخطأ بين إشارة خرج النموذج المرجعي وإشارة خرج النظام، والمعبر عنه بانحراف سرعة دوار المولد، كإشارة دخل، وإشارة خرج. هذا المتحكم تتم إضافتها إلى إشارة المتحكم PID ذو الريح الثابت، لتعطي إشارة التحكم الكلية (U) والمسؤولة عن تقديم الإخماد المناسب. يتم أيضا ضبط الريح التناسبي والتكاملي والتفاضلي لهذا المتحكم بطريقة المحاولة والخطأ. كما هو مبين بالشكل (4-5).



الشكل (5) مخمد الاهتزاز PSS-PID-MRAC

5-1 معايير تصميم النموذج المرجعي:

يعد تصميم النموذج المرجعي أمراً بالغ الأهمية في طريقة التصميم هذه [2]، بالنسبة لمشكلة تذبذب الإشارة الصغيرة في نظام الطاقة ، لوحظ أن أنظمة الحلقة المفتوحة الاسمية تُظهر استجابات خطوة متذبذبة للغاية والتي قد تكون غير مستقر أيضاً. نموذج مرجعي مع اختيار استجابة خطوة سلسة للغاية، دون أي تذبذب وتجاوز قد لا يمكن تتبعها بشكل مناسب، بواسطة الديناميكيات التذبذبية للنظام. في مثل هذه الحالة، يجب السماح بقدر صغير من التذبذب، والتجاوز الذروة في استجابة النموذج المرجعي. ومن ثم، يجب النظر في المفاضلة بين متطلبات التصميم وإمكانية تحقيق النظام الاسمي.

دمج أنواع مختلفة من متطلبات التصميم ، يصبح ترتيب النموذج المرجعي كبيراً ؛ بالإضافة إلى، إن توليف مثل هذا النموذج المرجعي عالي الترتيب صعب أيضاً من الناحية الحسابية. ومن ثم ، يفضل استخدام نموذج مرجعي منخفض الترتيب. ومع ذلك ، قد يكون جهاز التحكم من الدرجة الأولى بسيطاً جداً لتحقيق أداء التصميم بشكل مرض . لذلك، يمكن اختيار نموذج مرجعي من الدرجة الثانية لطريقة التصميم المقترحة.

ومن ثم، يتم اختيار زوج معقد من القطب المترافق للنموذج المرجعي للسماح ببعض التذبذبات. يتم تحديد التردد الطبيعي غير المخمد (ω_n) للنموذج المرجعي حول التردد الطبيعي غير المخمد لنظام الحلقة المفتوحة الاسمي . في النهاية ، المعلمة المتبقية من النموذج المرجعي، أي عامل التخميد (ζ) يصبح قيمة اختيارية. قد يكون اختيار ζ للقيم الجيدة في النطاق [0.4-1.19]، أخيراً ، يجب إضافة صفر عند أصل المستوى S في النموذج المرجعي، للحصول على حالة ثابتة صفرية للخروج.

5- دراسة النظام باستخدام طريقة التصميم المقترحة حالة استخدام

مهيج من النوع IEEE type-DC1.

النظام قيد الاختبار معتمد في المراجع [2]، الشكل (3)، عبارة عن (Philip-Heffron) القياسي والذي يستخدم مهيج من النوع / IEEE type-DC1 /، فيما يلي ثوابت النظام المدروس لدينا (جميع القيم التالية بالقيم الواحدية).

• ثوابت الآلة المتوافقة Generator:

$$M=4.74, T_{do}=5.9, D=0, x_d=0.973, x_d'=0.19, x_q=0.55, f=60$$

• ثوابت نظام التهييج (Excitation) النوع الأول:

$$K_A=400, T_A=0.05, T_e=0.95, T_f=1, T_r=0.2, K_e=-0.17, K_f=0.025,$$

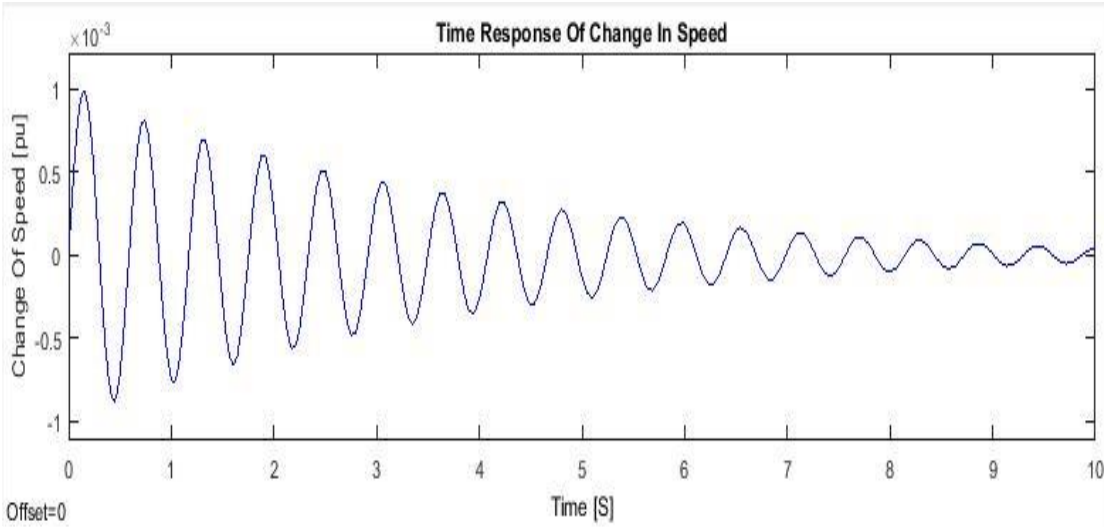
$$K_r=1$$

1- حساب ثوابت النظام

الجدول (1) ثوابت النظام الثاني عند حالات التحميل (الإسمي-الثقل) [2].

Constant	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Nominal	1.4479	1.3174	0.3072	1.805	0.0294	0.5257
Heavy	1.0755	1.2578	0.3072	1.7124	-0.0409	0.4971

1- نوجد الإشارات بدون تحكم الشكل (6)، عن طريق إحداث اضطراب بالعزم الميكانيكي بقيمة (0.05 pu).



الشكل (6) الاستجابة الزمنية لتغير سرعة دوار المولد بدون تحكم

2- المخدم المستخدم في المرجع [2]، والذي تم تصميمه بطريقة مساواة الحلقة المغلقة للنظام، بوجود مخدم الاهتزاز مع نموذج مرجعي، يعبر عن الأداء المرغوب للنظام واستنتاج الصيغة العامة لمخدم الاهتزاز وهو عبارة عن متحكم PI ذو ربح ثابت. والمبينة بارمتراته في الجدول (2).

الجدول (2) ثوابت مخدم الاهتزاز PI-PSS ذو الربح الثابت [2].

البارامتر	القيمة التصميمية
Kp	-21.068
Ki	-0.163

5-1 تحديد النموذج المرجعي:

وفقا لمعايير التصميم [2]، يتم اختيار النموذج المرجعي كتابع لديه زوج من الأقطاب المترافقة، حيث نسبة الإخماد والتردد الزاوي بالترتيب

المستوي اللاپلاسي. وبالتالي النموذج المرجعي المختار يكون ممثل بالعلاقة التالية [2]:

$$M_p(S) = \frac{0.00193S}{0.0099S+0.1049S+1} \quad (9)$$

وبالتالي تكون خصائص الاستجابة للنموذج المرجعي كمايلي:

- زمن الاستقرار: $t_s=0.8713$ S

- قيمة أعظم تجاوز (الذروة): $y_p = 5.1655 \times 10^{-4}$ pu

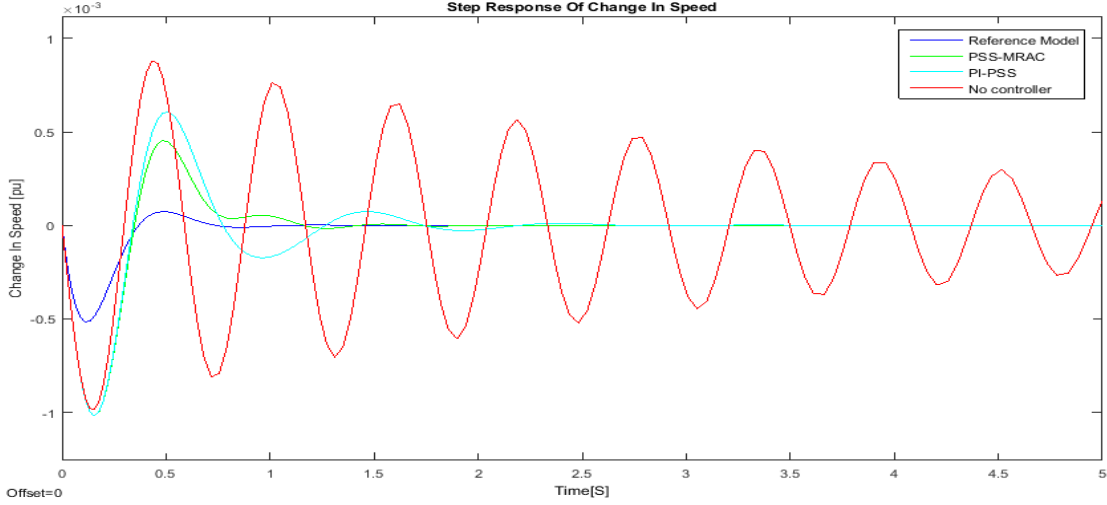
- زمن الذروة $t_p = 0.1188$ S

يبين الشكل (7) الاستجابة الزمنية لتغير سرعة دوار المولد لكل من النموذج المرجعي المقترح، ونظام الحلقة المغلقة للنظام بوجود المخدم التقليدي ذو الريح الثابت PI-PSS، ونظام الحلقة المغلقة باستخدام مخدم الاهتزاز المقترح PSS-MRAC.

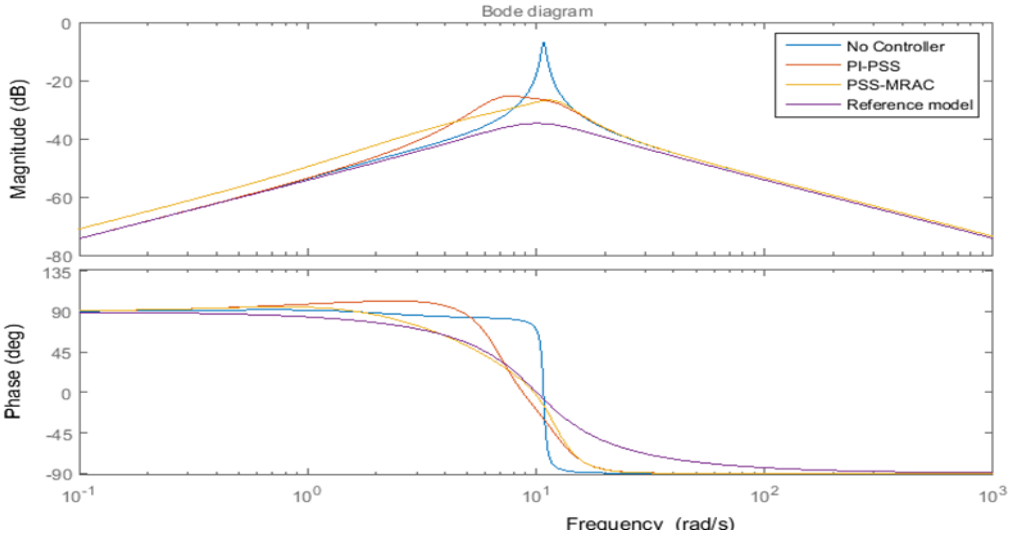
الجدول (3) ثوابت المتحكم PID الخاص بحلقة التكيف

البارامتر	القيمة التصميمية
Kp	-0.4
Ki	65

تخميد اهتزازات نظام الطاقة الكهربائي باستخدام تقنية التحكم التكيفي نموذج مرجعي



الشكل (7) الاستجابة الزمنية لتغير سرعة دوار المولد (التحميل الاسمي).



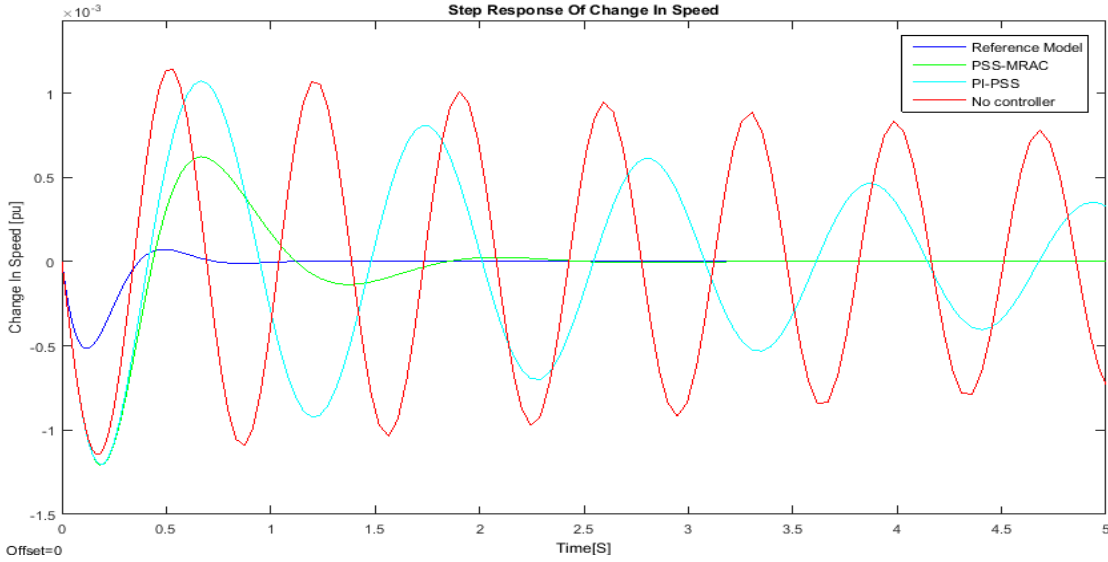
الشكل (8) مخطط بود لنظام الحلقة المفتوحة، نظام الحلقة المغلقة للنظام (التحميل الاسمي)

يبين الجدول (4) قيم (eigenvalues) للنظام بدون تحكم و للنظام بوجود المخمد التقليدي

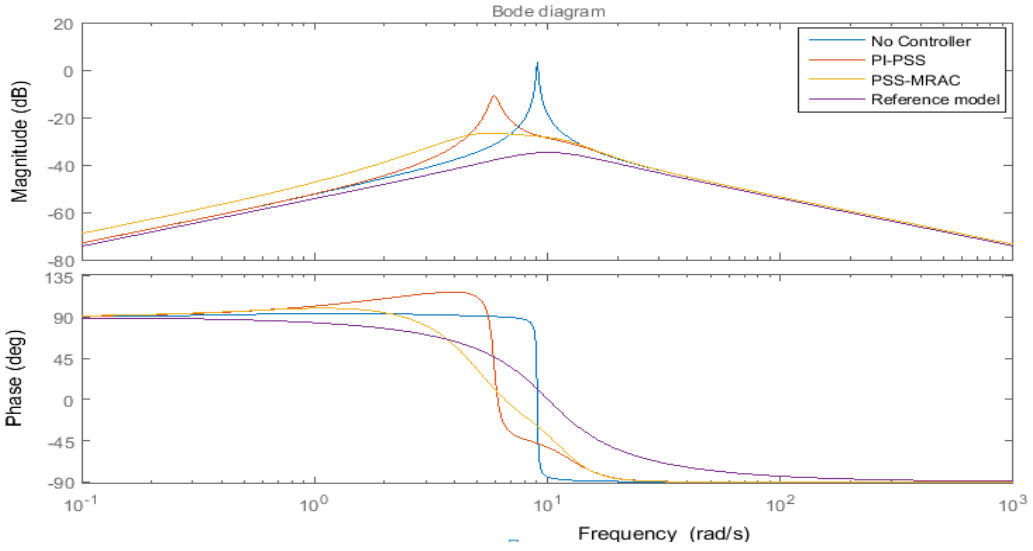
PI-PSS و للنظام بوجود المخمد PSS-MRAC في حالة التحميل الاسمي.

الجدول (4) قيم (eigenvalues) للنظام بدون تحكم، PI-PSS ، PSS-MRAC (التحميل الاسمي)

No Control	PSS-MRAC	PI-PSS
$-0.235 + 10.8i$	$-2.65 + 0.258i$	-8.19
$-0.235 - 10.8i$	$-2.65 - 0.258i$	$-1.99 + 6.66i$
$-8.13 + 8.98i$	$-3 + 11.7i$	$-1.99 - 6.66i$
$-8.13 - 8.98i$	$-3 - 11.7i$	$-3.91 + 11.6i$
-3.08	$-5.04 + 5.33i$	$-3.91 - 11.6i$
-1.55	$-5.04 - 5.33i$	-1.38
	$-8.69e^{-19}$	



الشكل (9) الاستجابة الزمنية لتغير سرعة دوار المولد (التحميل الثقيل).



الشكل (10) مخطط بود لنظام الحلقة المفتوحة، نظام الحلقة المغلقة للنظام (التحميل الثقيل)

يبين الجدول (5) قيم (eigenvalues) للنظام بدون تحكم و للنظام بوجود المخمد PI-PSS ، PSS-MRAC في حالة التحميل الثقيل.

الجدول (5) قيم (eigenvalues) للنظام بدون تحكم، PI-PSS ، PSS-MRAC (التحميل الثقيل)

No Control	PSS-MRAC	PI-PSS
-0.0736 + 9.05i	-2.21 +4.49i	-1.34
-0.0736 - 9.05i	-2.21 -4.49i	-0.256 + 5.89i
- 8.06 + 9.28i	-4.53 + 11i	-0.256 - 5.89i
- 8.06 - 9.28i	-4.53 - 11i	-5.24 + 11.4i
-3.62	-5.87	-5.24 - 11.4i
-1.48	-2.02	-9.05
	-9.17e^-17	-1.37e^-16

يبين الجدول (6) خصائص الاستجابة الزمنية لانحراف السرعة، بوجود مخمد الاهتزاز PI-PSS وبوجود مخمد الاهتزاز PSS-MRAC.

الجدول (6) خصائص الاستجابة الزمنية لانحراف السرعة، بوجود مخمد الاهتزاز PI-PSS,PSS-MRAC

	التحميل الإسمي		التحميل الثقيل	
	CPSS	PSS- MRAC	CPSS	PSS- MRAC
مخمد الاهتزاز				
زمن الاستقرار ts(s)	2.039	1.101	4.84	2.1448
التجاوز الأعظمي $y_p \times 10^{-4}$	10	10	12	12
زمن الذروة (s)	0.1547	0.1547	0.1820	0.1820

الاستنتاجات والتوصيات:

وجدنا من نتائج المحاكاة المنفذة في الخطوات السابقة أن:

- نموذج المنشأة يتعقب خرج النموذج المرجعي المقترح، بدون الاعتماد على تابع نقل المنشأة المتحكم بها والمتمثلة في بحثنا هذا بنظام طاقة من نوع SMIB.
- تأثير تطبيق هذه التقنية على انحراف السرعة عند حدوث اضطراب في العزم الميكانيكي والتي أثبتت فعالية هذه التقنية في تقليل زمن الوصول للحالة المستقرة في حالة التحميل الإسمي من القيمة (2.039S) إلى القيمة (1.101S)، وفي حالة التحميل الثقيل من القيمة (4.84S) إلى القيمة (2.1448S) مع ثبات قيمة التجاوز الأعظمي وزمن القمة، في كلتا نقطتي التشغيل، مما يميز هذه الطريقة عن غيرها من طرق التحكم التقليدية والتي تعتمد تعقب الدخل المرجعي I_{pu} ، ويعتمد خرج العملية المتحكم بها على تابع النقل (النموذج الرياضي للعملية المتحكم بها) والذي يمكن أن يتغير بسبب عدة عوامل تتعلق بالاضطرابات وتغير بيئة التشغيل.
- فعالية وبساطة تقنية التحكم المطبقة في هذا البحث.
- نوصي بتطبيق تقنية التحكم المقترحة في هذا البحث على أنظمة طاقة متعددة الآلات وأنظمة طاقة كهربائية هجينة.

المراجع:

- [1] TSONG L, KING T ,(2008) "*System time-varying controller design via E.A. method*", Journal of Information and Optimization Sciences, Vol. 29 ,No. 2, pp. 253–270.
- [2] SALGOTRA A, PAN S, (2018) "*A frequency domain model-based design of PSS and TCSC controller for damping the small signal oscillations in the power system*", ELSEVIER, pp.1–12.
- [3] KASILINGAM K, PASUPULETI J, (2015) "*Coordination of PSS and PID Controller for Power System Stability Enhancement – Overview* ", Indian Journal of Science and Technology India, Vol.8, No.2, pp. 142–151.
- [4] GAIN P, (2013) "*Design of a Model Reference Adaptive controller Using Modified MIT Rule for a Second Order System*". Advance in Electronic and Electric Engineering, Vol.3, No.4, pp. 477–484.
- [5] MOSAAD M, SALEM F, (2014) "*LFC based adaptive PID controller using ANN and ANFIS techniques* ", Advance in Electronic and Electric Engineering, Vol.1, No.3, pp. 212–222.
- [6] SWARNKAR P, (2010) "*Effect of Adaptation Gain on system Performance for Model Reference Adaptive Control Scheme using MIT Rule*", International Journal of Electrical and

Computer Engineering, Vol.4, No.10, pp.1547–1552.

- [7] MOHAMED I, (2017) "*Model reference adaptive control of STATCOM for grid integration of wind energy systems*", The Institution Of Engineering And Technology, Vol.12, No.5, pp.605–613.
- [8] KUMAR R, Das S, (2016) "*Comparative assessment of two different model reference adaptive system schemes for speed–sensor less control of induction motor drives*", The Institution Of Engineering And Technology, Vol.10, No.2, pp. 141–154.
- [9] KHANNA R, (2014) "*Maximum power point tracking using model reference adaptive control*", The Institute Of Electrical And Electronics Engineers, Vol.29, No.3, pp. 1490–1499.
- [10] OLTEAN S, DULA M, DUKA A, (2016) "*Model Reference Adaptive Control for Slow Processes*", Procedia Technology Romania, Vol.22, No.1, pp. 629–636.
- [11] RAJA T, (2018) "*Design of PI Controller Using MRAC Technique for the Control of DC Electromotor Drive*", international journal of innovative research in electrical, electronics, instrumentation and control engineering, Vol.6, No.1, pp. 36–44.
- [12] BARABANOV B, (2005) "*Is Normalization Necessary for Stable*

-]. *Model Reference Adaptive Control* ", The Institute Of Electrical And Electronics Engineers Transactions On Automatic Control, Vol.50, No.9, PP.1384-1390.
- [13 KANOJIA A, CHANDRAKAR V, (2009)" *Damping of Power System Oscillations by using coordinated tuning of POD and PSS with STATCOM* ", World Academy Of Science, Engineering And Technology, Vol.50, pp.1067-1072.

تحسين عملية التعرف على الأشخاص بالاعتماد على

خوارزمية YOLOv3 – Tiny

*م. احمد إبراهيم عمران

*د.م. بسيم عمران

ملخص

يعتبر التعرف على الأشخاص ضمن الصور الرقمية والفيديو أمر مهم للغاية في العديد من التطبيقات كالتعرف على المشاة وأنظمة النقل الذكية والقيادة الذاتية للمركبات، وأصبحت العديد منها يحتاج إلى نتائج دقيقة وسريعة في آن معاً كونها تعمل ضمن الزمن الحقيقي.

مع تطور الخوارزميات التي تعتمد على الشبكات العصبونية التلافيفية والحاجة إلى تسريعها مع الحفاظ على الدقة، تعتبر خوارزمية YOLO (You Look Only Once) خياراً جيداً للتعرف على الأشياء بسرعة تتناسب تطبيقات الزمن الحقيقي.

تم في هذا البحث تقديم دراسة مرجعية عن خوارزمية YOLOv3-tiny التي تعمل بسرعة ولكنها تعاني من انخفاض الدقة، لذلك تم تعديلها في مرحلة تحديد عدد وأبعاد الصناديق المرجعية (anchor boxes) وفق طريقة تجميع التوقعات الكبرى Expectation–Maximization (EM) باستخدام نموذج غوص المختلط (Gaussian) (GMM) Mixture Models) لزيادة دقة التعرف بدلاً من خوارزمية K-means المستخدمة في الخوارزمية الأساسية، تم تدريب الشبكة على جزء من قاعدة بيانات Open Images v6 الخاص بالأشخاص، وكانت نتيجة متوسط الدقة للنموذج المعدل 84.77% mAP= وهي دقة جيدة مقارنة بـ 81.55% الناتجة عن استخدام خوارزمية K-means، و 82.41% الناتجة عن خوارزمية Birch و 82.3% الناتجة عن خوارزمية DBSCAN.

كلمات مفتاحية: التعرف على الأشخاص، نموذج غوص المختلط، الصناديق المرجعية

*طالب دكتوراه في قسم هندسة التحكم الآلي والحاسوب

**أستاذ مساعد في قسم هندسة التحكم الآلي والحاسوب

Improved YOLOv3 – Tiny model for human detection

Abstract

People Detection within digital images and videos is very important in many applications such as pedestrian detection, intelligent transportation systems and self-driving vehicles, and many of them need accurate and fast results at the same time as they work in real time.

With the development of algorithms based on convolutional neural networks and the need to speed them up while maintaining accuracy, YOLO (You Look Only Once) is a good choice for quickly object detection in real-time applications.

In this research, we presented a state-of-the-art of YOLOv3-tiny, which works quickly but suffers from low accuracy, so we modified the model in the stage of choosing the number and dimensions of anchor boxes using Expectation–Maximization (EM) clustering using Gaussian Mixture Models (GMM) to increase detection accuracy instead of the K-means algorithm used in the original model, then trained the network on a portion of the Open Images v6 dataset of people, and the detection results were good as the model achieved a mean Average precision $mAP= 84.77\%$ which is a good accuracy compared to $mAP=81.55\%$ generated by using the K-means algorithm, 82.41% for Birch and 82.3% for DBSCAN.

Keywords:

object detection, YOLO, Gaussian Mixture Model, K-means, anchor boxes

1- مقدمة:

التعرف على الأشياء هو العثور على جميع الكائنات المستهدفة في الصورة. وهو يتضمن مهمتين فرعيتين: **تحديد موقع (localization)** الهدف ضمن الصورة والتصنيف (**classification**) أي تحديد الفئة التي ينتمي إليها الهدف. عملية التعرف هي أحد المهام الأساسية في مجال الرؤية الحاسوبية، والتي تمت دراستها منذ ما يقرب من 20 عاماً. ويستخدم على نطاق واسع في العديد من التطبيقات والمجالات العسكرية والمدنية، بما في ذلك تجزئة الصور [1]، المراقبة الذكية [2]، القيادة المستقلة للسيارات الحديثة [3] وأنظمة النقل الذكي، وفيها يعد التعرف على الهدف جزءاً أساسياً، لأن تحديد الهدف بدقة وسرعة لهما تأثير كبير على رد فعل النظام وطريقة تعامله مع المشاة والآليات من حوله [4].

في السنوات الأخيرة، بدأت تقنيات التعلم العميق تتطور بسرعة، وتغيرت من استخدام الخوارزمية التقليدية إلى استخدام تقنية التعرف القائمة على الشبكة العصبونية العميقة؛ وخاصةً الشبكة العصبونية التلافيفية (Convolutional Neural Network (CNN التي تم استخدامها على نطاق واسع في مجال التعرف على الأشياء. تتضمن خوارزميات التعرف على الأشياء المستندة إلى المناطق المرشحة R- CNN و Fast R- CNN و Faster R- CNN وغيرها [5]. يمكن أن تحصل طرق التعرف على الهدف المستندة إلى المناطق المرشحة على نتائج تعرف جيدة، ولكن نظراً لأن اختيار المناطق المرشحة يستغرق وقتاً طويلاً، فإن وقت التعرف على الأشياء الإجمالي طويل ولا يمكنه تحقيق أداء جيد في الزمن الحقيقي [6]. لحل هذه المشكلة، بدأ بعض الباحثين في التفكير بشكل مباشر في استخدام خصائص شبكة CNN للتنبؤ بالأهداف المحتملة في كل موقع. من بين هذه الخوارزميات لدينا YOLO (You Look Only Once)، SSD (Single Shoot Detector) وهي تختلف عن طريقة التعرف بناءً على المناطق المرشحة، فإن عملية YOLO بسيطة للغاية ولا تحتاج إلى العثور على مناطق مرشحة ثم دراسة الموقع المستهدف، ويمكن الحصول على الفئة من خلال التنبؤ المباشر.

تعتبر YOLOv3-tiny خوارزمية سريعة ومناسبة لتطبيقات الزمن الحقيقي ولكنها تعاني من انخفاض دقة التعرف بسبب اختصار عدد الطبقات كثيراً.

2- أهمية البحث:

يعتبر التعرف على الأشخاص موضوعاً حيوياً في مجال الرؤية الحاسوبية، ابتداءً من تطبيقات السلامة على الطرقات والتعرف على المشاة وأنظمة مساعدة السائق المتقدمة (ADAS) (Advanced Driver Assistance Systems) وصولاً إلى تطبيقات السيارات ذاتية القيادة، ويجب تنفيذ خوارزميات كشف عالية الكفاءة لدعم هذه التطبيقات الذكية في الزمن الحقيقي.

3- هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى تحسين عملية التعرف على الأشخاص من خلال زيادة دقة خوارزمية YOLOv3 - tiny، وذلك عن طريق إعادة حساب عدد الصناديق المرجعية (anchor box) وكذلك حساب أبعاد هذه الصناديق وفق تجميع التوقعات الكبرى Expectation–Maximization (EM) باستخدام نموذج غوص المختلط (Gaussian Mixture Models (GMM) لتجميع العينات.

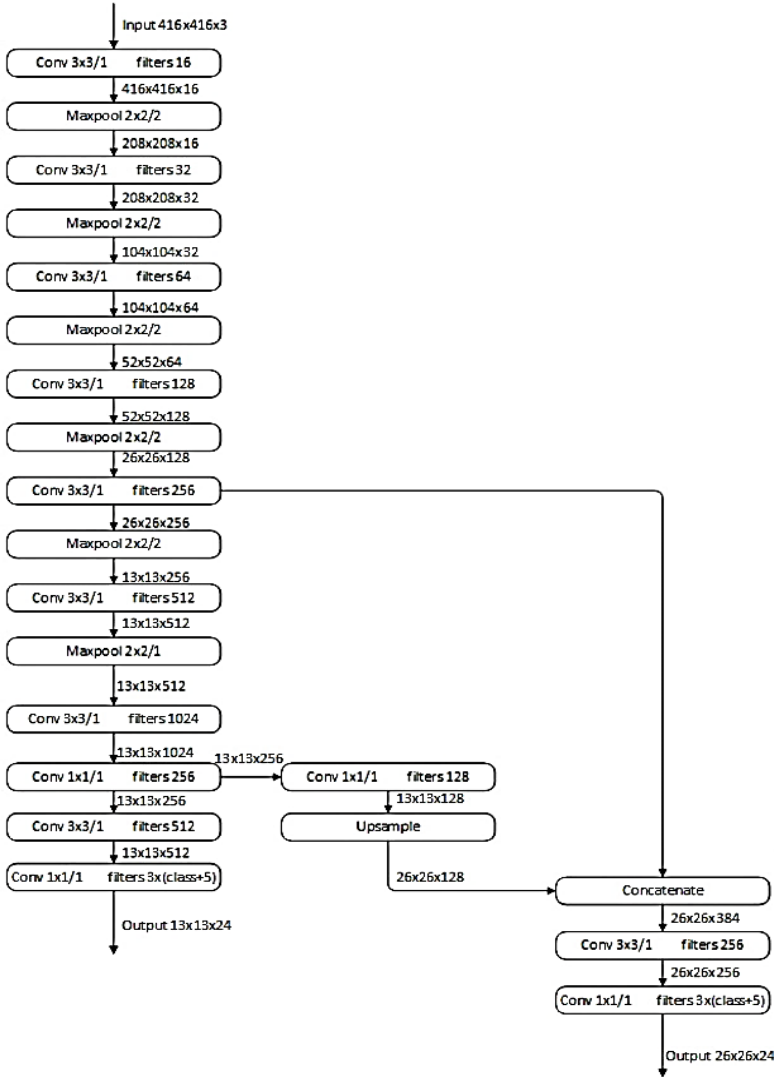
4- خوارزمية YOLOv3 – Tiny

4-1- مقدمة

تم اقتراح YOLO من قبل جوزيف ريدمون وعلي فرهادي في عام 2016م. وهو يعتبر التعرف على الأشياء كمهمة تنبؤ واحدة، وذلك باستخدام شبكة عصبونية تلافيفيه واحدة. لدى YOLO نوعين من هياكل الشبكات. إذا كانت الدقة العالية مطلوبة فيستخدم YOLO بنية شبكة معقدة. وإذا كان الأداء في الزمن الحقيقي مطلوباً يُستخدم YOLO-tiny.

4-2 - بنية خوارزمية YOLOV3 - TINY [7]

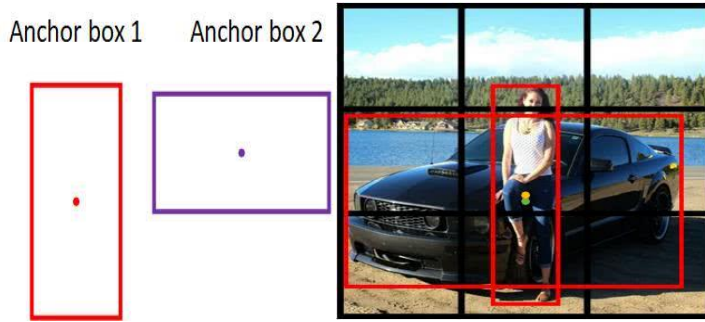
كما هو مبين في الشكل 1، يتكون التسلسل الهرمي لشبكة YOLOv3-Tiny من مجموعة من طبقات الالتفاف (Convolution Layers) وتكون متبوعة بطبقات تجميع للحد الأعلى (Maximum Pooling Layers)، سنطلق عليها اسم كتل (blocks).



الشكل 1 بنية خوارزمية YOLOv3 - tiny [7]

4-3 - الصناديق المرجعية Anchor Boxes

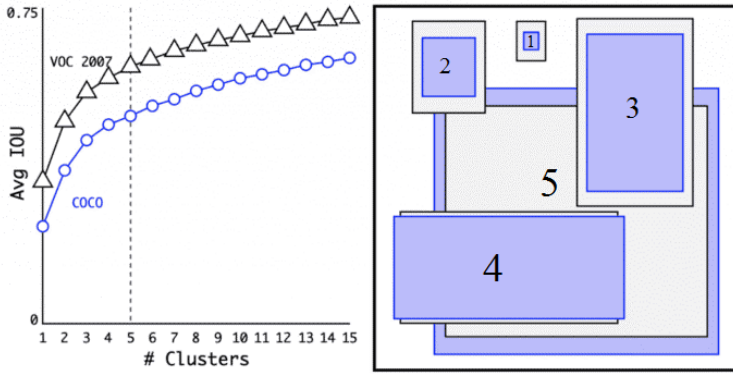
وفق الشكل 2 نلاحظ انه يوجد فئتين مميزتين ضمن الصورة هما سيارة وشخص، وان مركز صندوق الإحاطة يقع ضمن نفس الخلية- وهي الخلية الخامسة-، وبالتالي نحتاج إلى صندوقين مرجعيين ليتم مقارنة تنبؤات الشبكة معها، ومع ازدياد الصور ضمن قاعدة التدريب سيزداد عدد الصناديق المرجعية، لذلك لابد من إيجاد طريقة لاختيار عدد محدد من الصناديق لتيم مقارنة خرج الشبكة معها.



الشكل 2 الصناديق المرجعية

وبالتالي فإن الصناديق المرجعية هي مجموعة من الصناديق التي يتم اختيارها بارتفاع وعرض ثابتين؛ وهي بمثابة تمثيل لحجم وشكل الكائنات الموجودة في قاعدة البيانات.

اعتقد ريدمون وفرهادي أنه بدلاً من اعتماد صناديق مرجعية مُنتقاة يدوياً، يجب أن يختار الأفضل والتي تعكس البيانات عن كثب. فطبق خوارزمية k-mean clustering على جميع الصناديق المحيطة التي تم الحصول عليها من مجموعة التدريب -تم استخدام قاعدة بيانات Pascal VOC 2007 & COCO- ومنها تم الحصول على الصناديق المرجعية الأمثل.



الشكل 3 تغير IOU بتغير عدد الصناديق المرجعية وأبعادها [8]

يوضح الشكل 3 في قسمه اليساري، أن $k = 5$ يعطي توازن بين تعقيد النموذج (complexity) ومعدل التقاطع على الاجتماع (Avg IOU)؛ حيث انه يزداد تعقيد النموذج بزيادة عدد الصناديق. في القسم اليميني من الشكل 3، نلاحظ أن الصناديق المرجعية الخمسة (باللون الأزرق) لها أبعاد مختلفة، وتتناسب هذه الأبعاد مع صناديق قاعدة الحقائق (ground-truth boxes) (باللون الأسود).

لاحظ المؤلفون أن أبعاد الصناديق المرجعية مختلفة بشكل كبير مقارنةً بالأبعاد المختارة يدوياً. وقد قدم هذا النهج الجديد صناديق أكثر ارتفاعاً ونحافةً.

4-4 - معايير تقييم نموذج التعرف على الأشياء:

4-4 -1 -1 متوسط الدقة (mean Average Precision (mAP)

متوسط الدقة mAP هو مقياس يستخدم لتقييم نماذج التعرف على الكائنات. وهو

يعتمد على المقاييس الفرعية التالية:

1- مصفوفة الالتباس (Confusion Matrix)

2- التقاطع على الاجتماع (Intersection over Union (IoU))

3- الدقة (Precision)

1- مصفوفة الالتباس

لإنشاء مصفوفة الالتباس فإننا نحتاج إلى أربع سمات، وهي موضحة في الشكل 4:

1- الإيجابيات الصحيحة (True Positives (TP)): أي يتوقع النموذج وجود كائن والكائن موجود ضمن قاعدة الحقائق.

2- السلبات الصحيحة (True Negatives (TN)): هنا لا يتوقع النموذج وجود كائن وهو فعلاً غير موجود ضمن قاعدة الحقائق.

3- الإيجابيات الخاطئة (False Positives (FP)): يتوقع النموذج وجود كائن، ولكنه غير موجود ضمن قاعدة الحقائق (يدعى خطأ من النوع الأول).

4- السلبات الخاطئة (False Negatives (FN)): لا يتوقع النموذج وجود كائن، لكنه موجود ضمن قاعدة الحقائق. (يدعى خطأ من النوع الثاني).

		Actual	
		Positive	Negative
Predicted	Positive	True Positive	False Positive
	Negative	False Negative	True Negative

الشكل 4 مصفوفة الالتباس

2- التقاطع على الاجتماع (IoU (Intersection over Union)):

عند القيام بالتعرف على الكائن، فإن مهمتنا هي تحديد موقع الكائن بأفضل طريقة ممكنة. بالنظر إلى الشكل 5، يمكننا أن نرى أن هناك صندوقين محاطين - اسود وهو

المربع المحيط الخاص بقاعدة الحقائق الأساسية وأبيض يمثل ناتج الشبكة. يمكننا أن نرى أنهما لا يتداخلان تماماً، لذلك نحتاج إلى قياس مدى جودة -أو مدى سوء- النتيجة الفعلية. للقيام بذلك سنحسب التقاطع على الاجتماع. يتم حساب التقاطع على الاجتماع بقسمة مساحة تقاطع الصندوقين على مساحة اجتماعهما كما هو موضح في الشكل 5، ويتم اعتبار التعرف جيد عندما يكون $IoU > 0.5$.



$$IoU = \frac{\text{Area of Overlap}}{\text{Area of Union}}$$

الشكل 5 معيار Intersection over Union (IoU)

3- الدقة

تقيس الدقة مدى قدرة النموذج على العثور على العثر على الإيجابيات الحقيقية (TP) من بين جميع التوقعات الإيجابية (TP + FP)، ويتم حسابها وفق المعادلة (1).

$$AP = \frac{TP}{TP + FP} \dots \dots \dots (1)$$

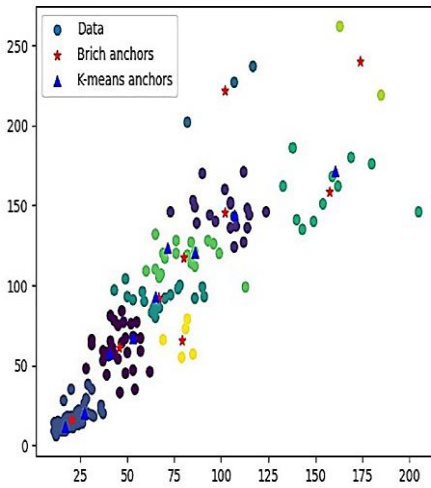
مما سبق يمكن حساب متوسط الدقة من أجل n فئة وفق المعادلة (2).

$$mAP = \frac{\sum_{i=0}^n AP}{n} \dots \dots \dots (2)$$

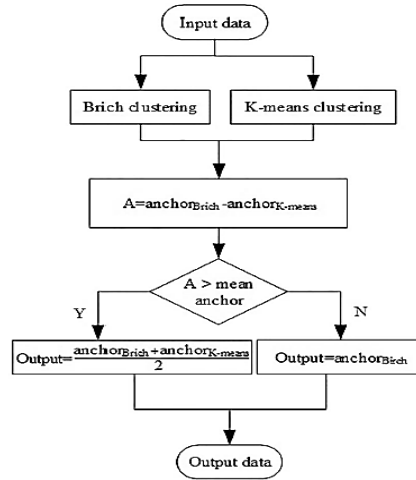
4-5- دراسات مرجعية حول تحسين عملية التعرف باستخدام YOLOv3-tiny

An improved YOLOv3- tiny algorithm for vehicle -1 -5 -4 detection in natural scenes, Bingqiang Huang, et al, IET Cyber- Systems and Robotics. 2021

تم في هذا البحث تحسين دقة التعرف على السيارات باستخدام خوارزمية العنقدة Birch، حيث استخدم خوارزمية Birch بدلاً من K-means وتمت زيادة عدد الصناديق المرجعية من 6 إلى 9 صناديق، وكانت نتائج أبعاد الصناديق موضحة في الشكل B-6 وهي ناتجة عن قاعدة البيانات الخاصة بالتعرف على السيارات. [9]



A



B

الشكل 6 -A أحجام الصناديق باستخدام Birch و K-means، B- نتائج حجم الصناديق

واقترح خوارزمية لتحديد حجم الصندوق موضحة في الشكل A-6، حيث يتم حساب الصناديق باستخدام K-means و Birch ثم حساب الفرق بينهما ومقارنته مع mean anchor الذي يُحسب وفق المعادلة (3)، فإذا تحقق الشرط سيكون الحجم هو متوسط

حجم الصندوق باستخدام K-means و Birch والا سيتم اعتماد حجم الصندوق الناتج عن .Birch

$$\text{mean anchor} = \sum_{i=1}^{\text{num of anchor}} \text{anchor}(x_i, y_i) / \text{num of anchor} \dots (3)$$

وكانت نتائج الخوارزمية موضحة في الجدول 1 حيث حققت تحسين ملحوظ في دقة التعرف وذلك مقارنة بنتائج تنفيذ الخوارزمية الأساسية باستخدام K-mean والتي تستخدم 6 صناديق مرجعية، -تمت مقارنة نموذج معدل بـ 9 صناديق مع نموذج بـ 6 صناديق-.

الجدول 1 نتائج النموذج المُحسن وفق [9]

Algorithm	mAP %
YOLOv3-tiny	64.59
YOLOv3-tiny anchor edit	70.24

Object detection algorithm based on improved -2 -5 -4 Yolov3-tiny network in traffic scenes, Wang Ze, et al, In (CVCI) 2020

تم في البحث دراسة تأثير عدد الصناديق على معدل التعرف، حيث تم حساب معدل التعرف لـ 6 صناديق ثم 8 و 10 وذلك بالنسبة لقاعدة البيانات الخاصة بأنظمة النقل، وكانت النتائج وفق الجدول 2، حيث نلاحظ أن الدقة تزداد بشكل طفيف مع زيادة عدد الصناديق.

الجدول 2 دراسة تأثير عدد الصناديق المرجعية [10]

Model	Anchor box	mAP %
YOLOv3 Tiny	6	77.45
	8	77.49
	10	77.56

وتم اقتراح زيادة مقياس ثالث للشبكة من أجل زيادة الدقة، يوضح الجدول 3 دراسة تأثير زيادة المقياس على متوسط دقة التعرف لكل من الفئات (دراجة، باص، سيارة، دراجة نارية، شخص).

نلاحظ في السطر الأول من الجدول 3 استخدام الخوارزمية بدون تدريب حيث استخدم الأوزان الناتجة عن تدريب الشبكة على قاعدة بيانات COCO بينما نتائج الدقة في الأسطر التي تليها ناتجة عن تدريب الشبكة على قاعدة بيانات خاصة بالباحث لذلك حققت تحسن ملحوظ بالدقة وهي مقارنة غير عادلة -لا بد من استخدام نفس قاعدة البيانات وتدريب الشبكة بدون تعديلات ثم التدريب مع تعديلات والمقارنة بينهما.

إن زيادة المقاييس أدى إلى تحسن في الدقة ولكنه يؤدي إلى زيادة في الحساب وبالتالي انخفاض سرعة التعرف.

الجدول 3 يوضح الجدول دراسة تأثير زيادة مقياس [10]

Model	Anchor	Bicycle	Bus	Car	Motorbike	Person
Yolov3-tiny without retraining	6	0.55	0.64	0.33	0.59	0.43
The retrained Yolov3-tiny	10	0.78	0.75	0.80	0.79	0.75
Yolov3-tiny with three anchor boxes	15	0.79	0.75	0.82	0.80	0.76
Robust-Yolov3-tiny	15	0.81	0.78	0.84	0.81	0.78

MIYOLO: Modification of Improved YOLO-v3, -3 -5 -4 Nawaz M, et al, IETE Journal of Research. 2022

اقترح الباحثون استخدام تقنية DBSCAN للتعنقدة بدلاً من K-means ومنها تم زيادة عدد الصناديق المرجعية من 9 إلى 11 صندوق، وتم استخدام قاعدة بيانات COCO، وكانت النتيجة وفق الجدول 4. [11]

الجدول 4 نتائج النموذج المُحسن وفق [11]

M	SSD	RetinaNet	YOLOv3	Improved YOLOv3	Our
mAP(%)	53	57	57	59	65

تم تحسين mAP حتى وصل إلى 65% عند استخدام 11 صندوق.

Research on YOLOv3 algorithm based on darknet -4 -5 -4 framework, Guo R, Li S, et al, InJournal of Physics: Conference Series. 2020

تحدث البحث عن الاختناقات المرورية والحوادث المتكررة في المدن الذكية، حيث يمكن التحكم في أنظمة النقل الذكية بشكل فعال من خلال تقنيات التعرف على الأشياء. وفي ضوء مشاكل سرعة التعرف البطيئة والدقة المنخفضة لخوارزميات التعرف على المركبات التقليدية، فإن البحث يقترح خوارزمية تقوم بحساب أبعاد الصناديق المرجعية على أساس ++K-mean، حيث تعمل الخوارزمية المحسنة على تحسين دقة التعرف. أظهرت التجارب أن الخوارزمية المحسنة لديها معدل تمييز أعلى للأهداف الصغيرة، مع تقليل معدل التعرف الخاطئ وتحسين دقة الخوارزمية. [12]

يوضح الجدول 5 نتيجة اختبار الخوارزمية على مقطع فيديو وأخذ 5 عينات منه ومقارنتها مع قاعدة الحقائق دون أن يقدم الباحث معلومات عن قاعدة البيانات التي استخدمها في التدريب، معدل التعرف للخوارزمية الأساسية 86.22 وللخوارزمية المعدلة 90.66.

الجدول 5 مقارنة دقة الخوارزمية المُحسنة مع الخوارزمية الأساسية [12]

algorithm	frame 1	frame 25	frame 50	frame 75	frame 100
Yolov3 algorithm	98.2%	92%	80.4%	70.5%	90%
Algorithm of this paper	100%	95%	85.3%	75%	98%

4-6- أهم خوارزميات العنقدة:

4-6-1- مقدمة

تعمل خوارزميات العنقدة على تصنيف نقاط البيانات المتشابهة إلى مجموعات محدّدة (Clusters) حيث أنّ نقاط البيانات المصنّفة بنفس المجموعة لها خصائص أو ميّزات متشابهة، بينما نقاط البيانات المصنّفة في مجموعات مختلفة لها خصائص أو ميّزات مختلفة للغاية، من أهم خوارزميات العنقدة:

K-means -1

K-mean ++ -2

Gaussian Mixture Models -3

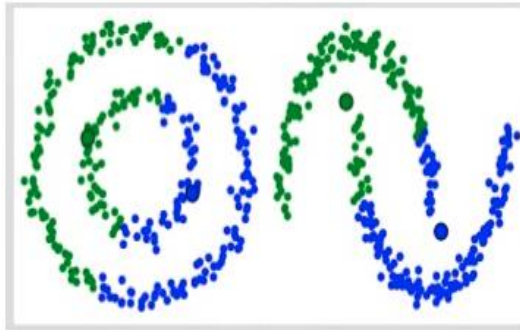
Birch -4

DBSCAN -5

4-6-2- تجميع التوقعات الكبرى باستخدام نموذج غوص المختلط

Expectation–Maximization (EM) clustering using Gaussian Mixture Models (GMM)

إنّ أحد العيوب الرئيسيّة لخوارزمية العنقدة (K-Means)، هو استخدامها البسيط لقيمة متوسّط المجموعة كمركز لها. يمكننا أن نرى أنّ هذه الطّريقة ليست الأفضل للقيام بالعنقدة لبعض البيانات، من خلال النّظر إلى الشكل 7.



الشكل 7 حالات فشل K-means في التصنيف

على الجانب الأيسر يبدو لنا واضحاً تماماً للعين البشريّة، أنّ هناك دائرتين مع أنصاف أقطار مختلفة، حيث نجد أنّ خوارزمية العنقدة بالمتوسّطات (K-Means) لا يمكنها التّعامل مع هذا النوع من البيانات، لأنّ القيم المتوسّطة للمجموعتين قريبة جداً من بعضها البعض. أيضاً في الجانب الأيمن نجد أنّ الخوارزمية فشلت في تحديد المجموعتين، وهذا الفشل يحدث بسبب استخدام متوسّط المجموعات.

في نموذج غوص المختلط (GMM) لدينا دخلين لوصف شكل المجموعات: المتوسّط (Mean) والانحراف المعياري (Standard Deviation)، ومن أجل تخمينها نستخدم خوارزمية تحسين تسمى تعظيم القيمة المتوقعة Expectation Maximization (EM).

4-6 -2 -1 مميزات EM-GMM:

أولاً، EM-GMM أكثر مرونة من K-Means، وتميز المجموعات التي تكون على أي شكل بيضوي، أو قطع ناقص.

ثانياً، EM-GMM تستخدم أسلوب الاحتمالات، لذلك فإنه من الممكن أن تصنّف نقطة البيانات الواحدة ضمن أكثر من مجموعة في نفس الوقت. لذلك إذا كانت النقطة مرجحة بأن تنتمي لمجموعتين، نستطيع ببساطة أن نصنفها لكل فئة بناءً على احتمالية وجودها في تلك الفئة، بمعنى آخر EM-GMM تدعم الاختلاط ومن هنا جاءت التسمية.

4-7 - الخوارزمية MODYOLOv3- tiny المقترحة من قبل الباحث:

إن الخوارزمية المقترحة هي عبارة عن خوارزمية YOLOv3-tiny مع تعديل بعض البارامترات باستخدام EM-GMM المستخدمة للعنقدة.

4-7-1- تعديل خوارزمية YOLOv3-tiny

1- تغيير عدد الصناديق المرجعية

من المعلوم أن زيادة عدد الصناديق المرجعية يعطي نتائج كشف أفضل، أي أنه كلما كانت IOU أكبر كلما كانت النتائج أفضل وبالتالي mAP سيكون أكبر، لكن ذلك يكون على حساب السرعة، لأن الزيادة ستزيد من تعقيد حسابات الشبكة وبالتالي زيادة زمن التنفيذ أي تخفيض عدد الإطارات في الثانية (Frame Per Second FPS) عند الاستخدام ضمن الفيديو ضمن الزمن الحقيقي.

تستخدم خوارزمية YOLOv3- tiny الأساسية 6 صناديق مرجعية تم حسابها على أنها الأفضل عندما طبق الباحثان-ريدمون وفرهادي- K-means على قاعدة بيانات coco dataset، والتي تحتوي 80 فئة مختلفة. ومع اختلاف قاعدة البيانات لا بد من إجراء حسابات جديدة لعدد الصناديق تناسب نوع الفئة المراد التعرف عليها.

بعد تجميع البيانات التي تم الحصول عليها من برنامج Leabing، تم K-means و EM-GMM و Birch و DBSCAN على قاعدة بيانات الأشخاص الخاصة بالبحث، يوضح الجدول 6 قيم Avg IOU -تمثل نسبة التشابه بين الصناديق المتوقعة وصناديق قاعدة الحقائق- التي تم الحصول عليها عند تطبيق K-means و EM-GMM و Birch و DBSCAN من أجل قيم مختلفة لعدد الصناديق المرجعية (من 1 حتى 19 صندوق)، نلاحظ أن نسبة التشابه تزداد بزيادة عدد الصناديق، وبحساب الفرق (difference) بين قيم التشابه وفق المعادلة (4) نجد أن نسبة الزيادة تصبح أقل من 1% -بعد استخدام 12 صندوق يزيد التشابه بنسبة ضئيلة-؛ لذلك سيتم اعتماد التدريب على 12 صندوق من أجل المقارنة بين نتائج K-means و EM-GMM و Birch و DBSCAN . لأن زيادة الصناديق سيزيد من الحساب وبالتالي انخفاض سرعة التعرف.

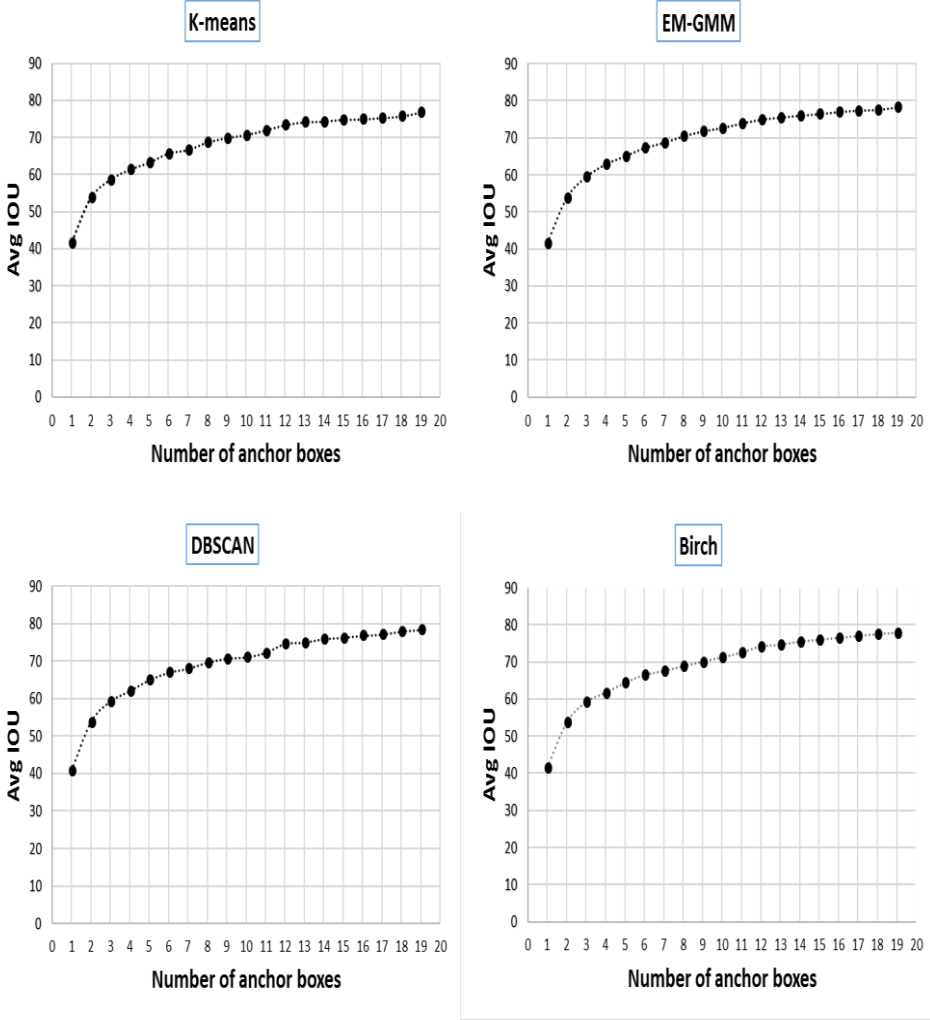
$$difference_n = Avg IOU_n - Avg IOU_{n-1} \dots \dots \dots (4)$$

$n = \text{number of anchor boxes}$

الجدول 6 العلاقة بين عدد الصناديق ودقة التعرف [الباحث]

DBSCAN		K-means		EM-GMM		Birch		#anchor box
Diff%	Avg IOU%	Diff%	Avg IOU%	Diff%	Avg IOU%	Diff%	Avg IOU%	
	40.8		41.57		41.58		41.5	1
12.90	53.7	12.12	53.69	12.23	53.81	12.13	53.63	2
5.52	59.22	4.89	58.58	5.6	59.41	5.49	59.12	3
2.75	61.97	2.72	61.30	3.41	62.82	2.51	61.63	4
2.91	64.88	1.91	63.21	2.18	65	2.64	64.27	5
2.02	66.9	2.49	65.70	2.22	67.22	2.13	66.4	6
1.02	67.92	0.93	66.63	1.42	68.64	1.02	67.42	7
1.65	69.57	2.01	68.64	1.74	70.38	1.35	68.77	8
1.08	70.65	1.24	69.88	1.34	71.72	1.18	69.95	9
0.36	71.01	0.78	70.66	0.92	72.64	1.16	71.11	10
1.18	72.19	1.27	71.93	1.2	73.84	1.28	72.39	11
1.38	73.57	1.42	73.35	1.04	74.88	1.68	74.07	12
0.38	73.95	0.79	74.14	0.6	75.48	0.43	74.5	13
0.91	74.86	0.16	74.30	0.51	75.99	0.86	75.36	14
0.37	75.23	0.53	74.83	0.41	76.4	0.47	75.83	15
0.54	75.77	0.07	74.90	0.54	76.94	0.57	76.4	16
0.29	76.06	0.40	75.30	0.427	77.36	0.46	76.86	17
0.83	76.89	0.37	75.67	0.173	77.54	0.51	77.37	18
0.43	77.32	1.09	76.76	0.64	78.18	0.35	77.72	19

إن العلاقة بين عدد الصناديق ومتوسط معدل التشابه موضحة في الشكل 8. من أجل طرق العنقدة الأربعة K-means و EM-GMM و Birch و DBSCAN.



الشكل 8 العلاقة بين عدد الصناديق و Avg IOU لطرق العنقدة الأربعة

2- اختيار أبعاد الصناديق المرجعية الأفضل:

بعد تحديد عدد الصناديق الأمثل، كانت أبعاد الصناديق التي تم الحصول عليها من تطبيق K-means و EM-GMM و Birch و DBSCAN هي:

1- وفق K-means:

[33,17] [94,43] [186, 55] [141, 113] [253, 83] [240, 146] [179, 224]
[340, 122] [341, 190] [280, 292] [376, 270] [381, 387]

2- وفق EM-GMM:

[42, 22] [111,53] [211,69] [317,110] [150, 126] [243, 141]
[377, 178] [298,200] [189, 220] [377, 277] [290, 307] [383, 391]

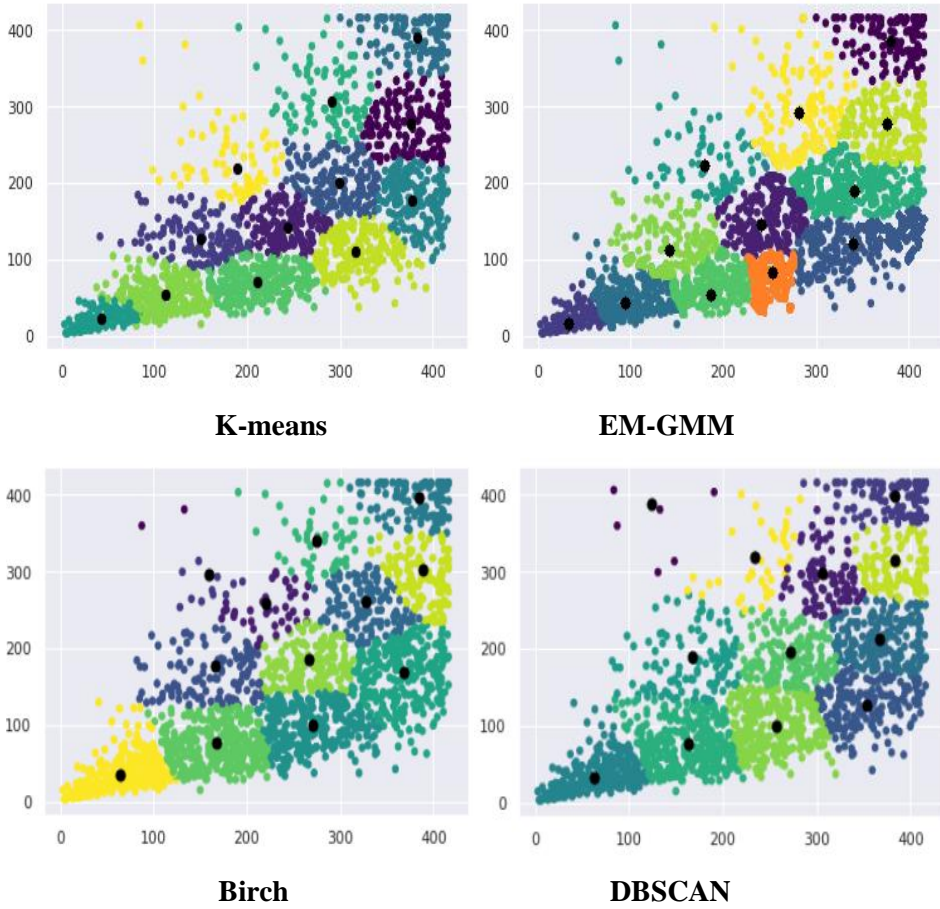
3- وفق Birch والمعدل في البحث [9]

[62,33] [163,76] [257,100] [352,127] [167,188] [271,195]
[366,213] [305,299] [383,315] [234,318] [123,387] [382,399]

4- وفق DBSCAN

[64,35] [167,76] [271,99] [367,168] [166,176] [266,185]
[219,258] [326,261] [159,296] [388,302] [274,339] [384,397]

يوضح الشكل 9 توزيع مراكز K-means و EM-GMM و Birch و DBSCAN على التوالي، والتي تمثل أبعاد الصناديق، حيث أن تغيير الأبعاد يغير من نسبة التشابه بين الصندوق المتوقع من قبل الخوارزمية والصندوق الذي سيتم اعتماده كقاعدة الحقائق وذلك وفق معيار IOU.



الشكل 9 توزيع مراكز المجموعات والتي تمثل أبعاد الصناديق المرجعية

4 -7 -2 بيئة العمل

تم تنفيذ التجارب بلغة بايثون على Google Colab، ومعالج intel ثنائي النواة بسرعة 2 جيجا هرتز، بطاقة رسومات: GPU: Tesla T4؛ نظام التشغيل: ويندوز 10.

4 -7 -3 تحميل قاعدة البيانات

تتكون مجموعة البيانات المستخدمة من 3000 صورة لأشخاص بوضعيات مختلفة ومقاسات مختلفة وظروف إضاءة مختلفة، تم الحصول عليها من قاعدة بيانات Open

Images v6 وهي أكبر مجموعة بيانات، وهي تحتوي 9 ملايين صورة -يتم استخدامها في تدريب أحدث الشبكات العصبونية التلافيفية العميقة لمهام الرؤية الحاسوبية-.

4-7-4- تجهيز البيانات

تم فحص قاعدة البيانات، حيث تم الاحتفاظ بالصور التي تحوي على هيكل الشخص الكامل والاستغناء عن الصور التي تحتوي فقط أجزاء من الشخص كاليدين أو القدمين فقط؛ واستخدام برنامج LabelImg لرسم صناديق حول الأشخاص، وإنشاء ملف نصي لكل صورة له نفس اسم الصورة وبصيغة TXT، يحتوي مركز صندوق قاعدة الحقائق وعرضه وارتفاعه -هي الصيغة التي يتعامل معها نموذج YOLO-، هذه البيانات سيتم الاعتماد عليها فيما بعد في حساب عدد الصناديق المرجعية وأبعادها من أجل دراسة تأثيرها على دقة التعرف النهائية.

4-7-5- تدريب النموذج

طريقة التدريب هي تحديد 90% صورة عشوائية من قاعدة البيانات أعلاه كمجموعة تدريب والباقي 10% كمجموعة اختبار. تم تدريب الشبكة على 15 ألف تكرار أي 150 فترة (epoch). ومعدل التعلم الأولي 0.001 ومعدل التعلم النهائي 0.0001، ويتم حفظ نماذج الأوزان كل عشر فترات. تم تدريب الشبكة 4 مرات: أولاً على الصناديق المرجعية التي تم حسابها باستخدام K-means، ثانياً على الصناديق التي تم حسابها باستخدام EM-GMM، ثالثاً باستخدام Birch، رابعاً باستخدام DBSCAN.

4-7-6- التنبؤ

بعد الانتهاء من عملية التدريب تم حساب mAP من أجل الشبكة المدربة على صناديق محددة الأبعاد باستخدام K-means و EM-GMM و Birch و DBSCAN. والتأكد من النتائج باستخدام مجموعة من الصور من مجموعة الاختبار.

5- النتائج ومناقشتها:

5-1- الدقة:

نتائج التنبؤ موضحة في الجدول 7، نلاحظ أن تعديل حجم الصناديق باستخدام EM-GMM أدى إلى تحسن في متوسط دقة التعرف مقارنة بالحجم المستخدم وفق K-means و Birch و DBSCAN. مع الأخذ في الاعتبار أن الخوارزميات الأربعة لها نفس قاعدة التدريب ونفس عدد الصناديق فإن سرعة التعرف ستكون واحدة لها جميعاً.

الجدول 7 نتائج تنفيذ الخوارزمية المقترحة

Algorithm	DBSCAN	Birch	EM-GMM	K-means
mAP %	82.3	82.41	84.77	81.55

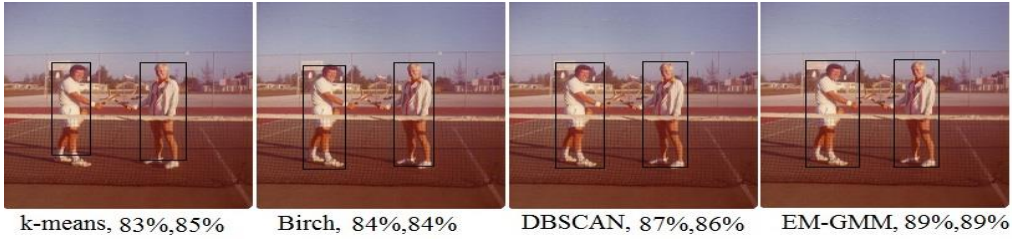
توضح الأشكال 10-11-12 نتيجة تنفيذ الخوارزمية مع درجة الثقة لكل عنصر مُكتشف من أجل عدة صور مأخوذة من قاعدة بيانات الاختبار الخاصة بالتعرف على الأشخاص. ومنها نلاحظ تغير في شكل صناديق الإحاطة المتوقع حول الأشخاص بعد استخدام EM-GMM الأمر الذي أدى إلى تحسن دقة التعرف.



الشكل 10 الصورة 1



الشكل 11 الصورة 2



الشكل 12 الصورة 3

5-2 - سرعة الكشف:

بالنسبة لسرعة الكشف وتأثير عدد الصناديق المرجعية عليها، فإن شعاع الخرج للخوارزمية هو وفق المعادلة (5):

$$output\ vector = S \times S \times B \times (4 + 1 + C) \dots \dots \dots (5)$$

حيث أن: S تمثل حجم الخلية.

B عدد الصناديق المرجعية.

4 تمثل أبعاد الصندوق حول الهدف المراد التعرف اليه ($x, y, height, width$).

1 تمثل درجة الثقة.

C تمثل عدد الفئات المراد التعرف اليها.

تمت دراسة سرعة التعرف من خلال عدد الإطارات التي يمكن معالجتها خلال ثانية واحدة وذلك بالنسبة للنموذج باستخدام 6 صناديق مرجعية منتقاة باستخدام EM-GMM وكانت عدد الإطارات 120 إطار في الثانية، بينما باستخدام 12 صندوق انخفض عدد الإطارات إلى 110 إطار في الثانية من أجل صورة دخل بدقة $3*416*416$.

إن نموذج YOLOv3 – Tiny هو نموذج سريع جداً وتم تقديم الاقتراح من أجل زيادة دقة التعرف.

6- الاستنتاجات والتوصيات:

نستنتج من الدراسة السابقة أن تغيير عدد وأبعاد الصناديق المرجعية باستخدام خوارزمية EM-GMM يزيد من دقة الخوارزمية في التعرف على الأشخاص، مع تغيير في سرعة النموذج، لذلك يجب اختيار عدد الصناديق بدقة للموازنة بين السرعة والدقة.

يمكن تعميم هذه الدراسة على خوارزمية YOLO بنسخها المتعددة ودراستها على قاعدة بيانات COCO، وذلك لتوسيعها لتشمل فئات مختلفة تصل حتى 80 فئة.

7- المراجع

- [1] Uijlings JR, Van De Sande KE, Gevers T, Smeulders AW. Selective search for object recognition. *International journal of computer vision*. 2013 Sep; 104(2):154-71.
- [2] Al-Nawashi M, Al-Hazaimh OM, Saraee M. A novel framework for intelligent surveillance system based on abnormal human activity detection in academic environments. *Neural Computing and Applications*. 2017 Dec;28(1):565-72.
- [3] Chen X, Ma H, Wan J, Li B, Xia T. Multi-view 3d object detection network for autonomous driving. In *Proceedings of the IEEE conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2017* (pp. 1907-1915).
- [4] Jin X, Davis CH. Vehicle detection from high-resolution satellite imagery using morphological shared-weight neural networks. *Image and Vision Computing*. 2007 Sep 1;25(9):1422-31.
- [5] Kim JH, Batchuluun G, Park KR. Pedestrian detection based on faster R-CNN in nighttime by fusing deep convolutional features of successive images. *Expert Systems with Applications*. 2018 Dec 30;114:15-33.
- [6] Chaabouni S, Benois-Pineau J, Amar CB. ChaboNet: Design of a deep CNN for prediction of visual saliency in natural video. *Journal of Visual Communication and Image Representation*. 2019 Apr 1;60:79-93.
- [7] Xiao D, Shan F, Li Z, Le BT, Liu X, Li X. A target detection model based on improved tiny-yolov3 under the environment of mining truck. *IEEE Access*. 2019 Jul 15;7:123757-64.
- [8] Redmon J, Divvala S, Girshick R, Farhadi A. You only look

- once: Unified, real-time object detection. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition 2016 (pp. 779-788).
- [9] Huang B, Lin H, Hu Z, Xiang X, Yao J. An improved YOLOv3- tiny algorithm for vehicle detection in natural scenes. IET Cyber- Systems and Robotics. 2021 Sep;3(3):256-64.
- [10] Wang Z, Li L, Li L, Pi J, Li S, Zhou Y. Object detection algorithm based on improved Yolov3-tiny network in traffic scenes. In 2020 4th CAA International Conference on Vehicular Control and Intelligence (CVCI) 2020 Dec 18 (pp. 514-518). IEEE.
- [11] Nawaz M, Khalil M, Shehzad MK. MIYOLO: Modification of Improved YOLO-v3. IETE Journal of Research. 2022 Mar 19:1-9.
- [12] Guo R, Li S, Wang K. Research on YOLOv3 algorithm based on darknet framework. In Journal of Physics: Conference Series 2020 Sep 1 (Vol. 1629, No. 1, p. 012062). IOP Publishing.

تصميم خط نقل بتوتر 765KV

الباحث: د. لبيب حسن الهوك البعث

الملخص:

إن زيادة استهلاك الطاقة الكهربائية يتطلب بناء محطات جديدة، ومحطات تحويل، بالإضافة إلى خطوط نقل قادرة على استيعاب التوسعات التي قد تطرأ على الشبكة بشكل عام وتتاسب سويات التوتر التي سيتم العمل عليها، وبسبب الطلب المتزايد على الطاقة يتم بناء خطوط نقل لمسافات طويلة من أجل تقليل ضياعات الطاقة بشكل كبير. إن إنشاء خطوط نقل بتوتر عالي يؤدي إلى انخفاض التكاليف الاقتصادية. كما يجب أن تأخذ بعين الاعتبار التوتر العالي الإضافي (extra high voltage) EHV، ليتم مقارنتها مع مستويات التوتر المنخفض لمعرفة فوائدها. في هذا الورقة العلمية تم إجراء مراجعة لأنواع خطوط النقل 765 KV المستخدمة في بلدان مختلفة وتم إجراء مقارنة بينها وبين مستويات الجهد المنخفض. ومن ثم تمت دراسة فوائد خطوط التوتر العالي EHV وأخيراً: تم تصميم خط نقل 765 KV وحيد الدارة بستة نواقل (موصلات) لكل حزمة بناءً على المعايير الحالية.

الكلمات المفتاحية: خط نقل، التكاليف، تصميم خط نقل، التوتر العالي.

Design of transmission line 765kV (Electrical Section)

Abstract:

Increasing the consumption of electrical energy requires the construction of new stations and conversion stations, in addition to transmission lines capable of accommodating the expansions that may occur in the network in general and suiting the voltage levels that will be worked on. Due to the increasing demand for energy, long-distance transmission lines are being built in order to reduce Significant energy losses. Establishing high-voltage transmission lines leads to lower economic costs. You should also take into consideration EHV (extra high voltage), to compare it with lower voltage levels to see its benefits. In this scientific paper, a review was made of the types of 765kV transmission lines used in different countries and a comparison was made between them and low voltage levels. Then the benefits of EHV lines were studied and finally: a single-circuit 765kV transmission line with six conductors per bundle was designed based on current standards.

keywords: transmission line, costs, Design of transmission line, high voltage

1- مقدمة

في الوقت الحاضر، أنظمة الطاقة مترابطة على نطاق واسع وتتطلب نقل ضخ للطاقة الكهربائية فيما بينها مع الأخذ بعين الاعتبار أن خط النقل النموذجي بمستوى جهد معين يمكن أن يحمل قدرة معينة. لنقل طاقة هائلة فإنه يتطلب بناء خطوط نقل جهد عالي ونظراً لاتساع إيران وزيادة الطلب على الطاقة يمكن أن يكون استخدام خطوط نقل 765KV خياراً جيداً لتلبية الاحتياجات [1]. تم إنشاء خطوط 765KV في بعض البلدان مثل كوريا الشمالية والهند والولايات المتحدة الأمريكية والمعايير المختلفة لخطوط النقل هذه متوفرة بواسطة IEEE، وBS، وANSI [1,2]. لجعل هذه البارامترات قابلة للتطبيق فيما يتعلق بالظروف الجوية في الجمهورية العربية السورية، يتطلب دمج وتحليل المعايير الدولية والمعايير الوطنية المتوفرة لمستويات الجهد المحددة [3].

2- تحديد نوع وعدد النواقل لكل طور:

تظهر المراجع أن مجموعة متنوعة من خطوط النقل في أمريكا، وكوريا الجنوبية، وبعض البلدان الأخرى أن نوع الموصلات المستخدمة في خطوط EHV هو من نوع القضبان أو من النوع الحزمي. يبين الجدول (1) أن النواقل الحزمية تملك مقاومة قليلة، ومقاومة عطب أكبر مقارنة بالقضبان التي تظهر خصائص أفضل من ناحية الوزن، والمتانة الميكانيكية. عند نقل طاقة كبيرة، ولتقليل الضياعات، والحد من ظاهرة الكورونا، نحتاج إلى زيادة عدد النواقل لكل حزمة، لذلك لا يمكن استخدام النواقل الحزمية بسبب الوزن الزائد. أما النواقل القضيبية تملك مقاومة كهربائية قليلة، ومتانة ميكانيكية عالية، ووزن منخفض لذلك يتم اختيارها.

الجدول (1) مواصفات النواقل الحزمية والقضيبية

Table 1. Rail and Curlew conductors' characteristics

Conductor	Conductor structure			Conductor diameter (mm)	Approximate weight of conductor		Maximum electrical resistance in 20 °C (Ω/km)	Minimum tear strength (kN)	Packing Areas (m)
	Cross section (mm ²)	AL. (No-mm)	St. (No-mm)		AL. (No-mm)	St. (No-mm)			
Martine	684.84	54*4.02	7*2.41	36.17	1906	679	0.04259	205.8	1000
Rail	483.42	45*3.70	7*2.47	29.61	1339	260	0.05994	115.6	1000
Curlew	523.68	54*3.52	7*3.52	31.68	1451	530	0.05531	162.7	1000

بالأخذ بعين الاعتبار الأمور المتعلقة بنقل التوترات العالية، وظاهرة الكورونا في خطوط EHV فإن استخدام العديد من الموصلات في الحزمة أمر ضروري. تُظهر الدراسات على خطوط 765KV مصممة لنقل استطاعة قدرها 4000MVA أو أكثر. ويكون تيار الخط معطى بالعلاقة الآتية (1):

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (1)$$

في حال كانت الاستطاعة المنقولة $S = 5000MVA$ عن طريق خط 765KV فتكون قيمة تيار الخط حوالي $I = 3773A$ [4].

تم استخدام خطوط نقل وحيدة الدارة ب6 نواقل لكل طور أو حزمة من أجل:

- موازنة الوزن حيث يكون عدد القضبان (النواقل) بالحزمة 4 أو 6.
- إن الحزمة المكونة من 4 نواقل قضيبية تتحمل تيار 3940A وبالتالي نلاحظ وجود هامش تحميل [5].

الشكل (1) يوضح خط نقل سداسي النواقل



الشكل (1): خط نقل سداسي النواقل

3- تحديد المقطع المناسب اعتماداً على دائرة القصر:

هناك العديد من العوامل التي تساهم في تحديد المقطع العرضي للنواقل، منها تيار القصر الذي يعتبر بارامتر مهم في تحديد مقطع النواقل حيث سيتحمل تيارات القصر وتيارات الأعطال المتناظرة التي قد تحدث في الشبكة الكهربائية. يتم تحديد مقطع الناقل وفقاً لتيار دائرة القصر. كما يجب أن يتحمل المقطع الإجهاد الحراري الناتج عن تيار القصر [6].

$$S = \frac{I_{sc} \cdot \sqrt{t}}{K} \quad (2)$$

$$k = \sqrt{\frac{W \cdot C \cdot \Delta\theta}{0.24p}} \quad (3)$$

حيث:

S : مقطع الناقل (mm^2)

I_{sc} : تيار القصر (A)

t زمن استمرار تيار القصر (sec)

K : ثابت يتعلق بنوع مادة النقل تتحدد قيمته من خلال:

W الوزن النوعي للناقل (gr/cm^2)

C : الحرارة النوعية لمادة الناقل

$\Delta\theta$: معدل تغير درجة حرارة الناقل θc

ρ : المقاومة النوعية للناقل ($\Omega.m/mm^2$)

قيمة K بالنسبة لناقل ACSR هي 85.

ويقصد بـ **ACSR**: (Aluminum-conductor steel-reinforced cable) كابل ناقل من الألمنيوم المقوى بالفولاذ وهو نوع من الناقل عالية السعة، والتي تستخدم عادة في خطوط الطاقة الكهربائية. الطبقة الخارجية مصنوعة من الألمنيوم عالي النقاوة، وقد تم اختيارها لناقليتها الجيدة، ووزنها المنخفض، وتكلفتها المنخفضة. الشريط الأوسط مصنوع من الفولاذ لزيادة المتانة الميكانيكية. تيار القصر بالنسبة لجهد 765KV هو 70KA و t قيمة زمن استمرار تيار القصر هو 0.5sec بتعويض القيم في العلاقة (2) فيتم الحصول على مقطع الناقل مساوياً لـ $582.32mm^2$ والذي يكون قادر على تحمل دارات القصر بستة ناقل قضيبية للحزمة الواحدة [7].

4- تحديد المسافة المناسبة من الحزمة GMD-GMR:

عند دراسة خط نقل عبارة عن خط وحيد الدارة أفقي بـ 6 ناقل (موصلات) بالحزمة وفقاً للمعايير، حيث أكبر مسافة بين الناقل بالحزمة الواحدة تكون هي $457mm$. عند دراسة خطوط نقل مختلفة إن مسافة الطور مع الطور الذي يليه هي $18m$ بينما المسافة مع الطور البعيد هي $36m$ [7]

$$GMR = \sqrt[6]{6 \cdot D \cdot d^5} \quad (4)$$

$$GMD = \sqrt[3]{D12 \cdot D13 \cdot D23} \quad (5)$$

حيث:

GMR : نصف القطر الهندسي (m)

GMD : المسافة الهندسية (m)

d المسافة بين الناقل والحزمة

D : المسافة بين الأتوار

باعتبار قيمة $d = 0.43$ و $D = 18$ فتكون قيمة $GMD = 22.678m$ ، وقيمة $GMR = 0.371m$. وبحساب قيمة GMD ، GMR يمكن تحديد قيمة L و C بالعلاقين (6)، و(7):

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{GMD}{GMR}} \quad (7)$$

$$L = 2 \cdot 10^{-7} \ln \frac{GMD}{e^{-1/4} \cdot GMR} \quad (8)$$

حيث:

C : سعة الخط (F/m)

ϵ_0 : ثابت العازلية للفراغ قيمته ($8.85 \times 10^{-12} F/m$)

GMR : نصف القطر الهندسي

GMD : المسافة الهندسية

بتعويض قيمة GMD ، GMR فتكون قيمة L ، C كالآتي: $L = 0.8725 H/m$ ،

$$C = 0.01351 nF/m$$

باعتبار أن تردد الشبكة $f = 50Hz$ فتكون المفاعلة التحريضية والناقلية التسريبيه معطتان بالعلاقين (9)، و(10):

$$X_L = 2. \Omega. f. L \quad (9)$$

$$B = 2. \Omega. f. C \quad (10)$$

بتعويض قيم L, C, f يكون: $X_L = 0.274 (\Omega/Km)$ ، $B = 4.24241 \times 10^{-6} (1/\Omega. Km)$

قيمة التيار المسموح بها في الموصلات القضيبيية تساوي 985A عند الشروط التالية حيث استطاعة الشبكة 5000MVA وسوية توتر مساوية لـ 765kV و تيار الطور 3770A. وباعتبار وجود ستة نواقل بالحزمة فيكون التيار في الناقل الواحد هو 630A في الحالة المستقرة. وبالتالي يمكن للموصلات القضيبيية تمرير تيار ثابت عبر الخط.

5- تحديد المقطع المناسب للتوصيلات:

عند حدوث دائرة قصر، فإن تيار القصر يسبب مشاكل في التوصيلات مثل تآكل المفاصل الملحومة أو انحلال البراغي والصواميل. بالنظر الى زمن، وقيمة مرور التيار في الخط يمكن تحديد مقطع الناقل باستخدام العلاقتين (2) و (3) للتوصيلات الموجودة في الخط، والتي تكون من النوع فولاذ المنيوم بحيث لا يؤدي تيار القصر والحرارة الناتجة عنه الى تشوهها (للمقاطع والتوصيلات). وفقا لمعايير المعادن، فإن قيم الرموز للحديد تعطى بالجدول (2):

الجدول (2): قيم الرموز للحديد

$W = 7.8$	$C = 0.11$	$\Delta\theta = 0.096$	$t = 0.5$	$\rho = 70$
-----------	------------	------------------------	-----------	-------------

بينما للألمنيوم تكون موضحة بالجدول (3):

الجدول (3): قيم الرموز للألمنيوم

$W = 2.7$	$C = 0.215$	$\Delta\theta = 0.028$	$t = 0.5$	$\rho = 70$
-----------	-------------	------------------------	-----------	-------------

بتعويض هذه القيم بالعلاقات (2) و (3) نحصل على مقطع عرضي 580 mm² للألمنيوم و 330 mm² للحديد.

6- تحديد عدد العوازل:

إن العوازل المستخدمة في خط النقل هي عوازل 160KN بجهد تحمل 10kV. يتم حساب عدد العوازل في سلسلة العازل والحصول على العدد المطلوب من العوازل.

من الناحية العملية: بسبب السعة بين الأجزاء المعدنية لسلسلة العوازل، والأبراج، والأرض فإن توزيع التوتر على العوازل ليس متجانساً. الجهد الأعظمي والأصغري المطبق على سلسلة العازل يكون مطبق على عوازل التعليق للناقل، وعوازل التعليق للبرج. لحساب توزيع التوتر على طول سلسلة العازل، يجب تحديد السعة بين العوازل نفسها، والبرج على الرغم من أن سعة جميع العوازل ليست متشابهة. بالأخذ بعين الاعتبار أقصر طول لسلسلة العازل مع مراعاة ارتفاع البرج فتكون السعة المتماثلة لجميع العوازل هي C_1 ، والسعة بين العوازل والبرج هي C_2

من خلال العلاقة (11) يكون الجهد في نهاية سلسلة العازل بواسطة العلاقة (12):

$$\alpha = \left(\frac{C_2}{C_1}\right)^{0.5} \quad (11)$$

$$Vkg = Vng \cdot \frac{\sinh(\alpha \cdot K)}{\sinh(\alpha \cdot n)} \quad (12)$$

عند تعويض قيمة C_1 C_2 ، نحصل على السعة بين الأجزاء المعدنية والأرض وسعة العزل. وبالتالي: يتم الحصول على قيمة الجهد الموزع على طرفي العوازل إذا كان منحنى توزيع الجهد خطياً" على طول العازل في هذه الحالة:

$$\alpha=0.2887, C_1/C_2 = 12$$

حيث:

n: عدد العوازل

Vng: الجهد

Vkg: جهد الطور لخط النقل

Kth: جهد العازلية

بإدخال هذه القيم بالعلاقة (11) يكون عدد العوازل 35.

7- حساب تدرج الجهد:

تدرج الجهد في الناقل والوصلات يمكن أن يلعب دوراً كبيراً في ظاهرة الكورونا ومقدار الضياعات. يمكن حساب تدرج الجهد من أجل 6 نواقل في الحزمة لكل طور باستخدام العلاقات [7]:

$$g_{max} = \frac{18. C. V}{n. r} \cdot \left[1 + \frac{2(n-1). r. \sin\left(\frac{\pi}{n}\right)}{GMR} \right] \quad (13)$$

$$C = \frac{0.02413}{\log\left(\frac{GMD}{GMR}\right)} \quad (14)$$

$$GMR = \left(r. n \left(\frac{Bs}{2. \sin\left(\frac{180}{n}\right)} \right)^{n-1} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (15)$$

حيث:

g_{max} : تدرج الجهد الأعظمي على سطح الموصلات (kV/Cm)

V : جهد الطور (kV)

n : عدد حزم الموصلات لكل طور

r : نصف قطر الناقل

C : سعة الخط F/Km

GMR : نصف القطر الهندسي لحزمة الناقل Cm

Bs : المسافة بين نواقل الحزمة Cm

وفقاً لمعيار وزارة الطاقة [7] ، فإن قيمة g_{max} يجب ألا تتجاوز قيمة الجهد الحرج

$$15,9 (KV/Cm)$$

8- حساب الجهد الحرج:

في خط النقل، إذا وصل الجهد المطبق الى القيمة الحرجة يبدأ الهواء بالتأين. ضياعات كورونا وتشويش الاتصالات يجب أن تكون في مجال معين لذلك يجب ألا تتجاوز قيمة

الجهد المطبق على الناقل قيمة 1.8 من قيمة الجهد الحرج. قيمة الجهد الحرج هي تابع للسمات الفيزيائية للخط والظروف البيئية التي يتم حسابها باستخدام العلاقات (16)، (17)، و(18):

$$gv = g0. \left(1 + \frac{0.3}{\sqrt{\delta.r}}\right) \quad (16)$$

$$\delta = \frac{298.p}{T} \quad (17)$$

$$Vc = gv.m.\delta.r.\ln\left(\frac{GMD}{r}\right) \quad (18)$$

حيث:

gr : تدرج الجهد الحدي (KV/Cm)

$g0$: جهد انهيار العتبة (KV/Cm)

r : نصف قطر الموصل (Cm)

δ : الكثافة النسبية

P : ضغط الهواء At

T : درجة حرارة الهواء K^0

m : معامل خشونة سطح الناقل

GMD : المسافة الهندسية

نظراً للظروف المناخية في سورية تعتبر درجة الحرارة 40 درجة وارتفاع 500m هي حالة جيدة في الصيف في معظم أنحاء البلاد. وتكون قيمة $m = 0.85$ حسب ACSR. يشار الى أن قيمة $g0, GMD$ مذكورة مسبقاً

بالتعويض بالعلاقات (16)، (17)، (18) يكون الجهد الحرج هو: $VC = 267.843 KV$

$$Vph/Vc = 441.686/267.843 = 1.65 < 1.8$$

9- مقدار ضياعات كورونا:

العيب الرئيسي لظاهرة كورونا هو الضياعات الناتجة عنها التي يمكن أن تزداد 10 أضعاف في الأيام الممطرة والتلجبية. في خطوط النقل EHV تكون الخسائر كبيرة لذلك عند تصميم خط النقل يجب أن تكون ضياعات كورونا محسوبة. هناك طريقتان لحساب ضياعات كورونا إحدى هذه الطرق هي طريقة PIK والتي تحدد بالعلاقة [11,10]:

$$Pc = 0.00314 \cdot F \cdot \left(\frac{V}{\log\left(\frac{GMD}{r}\right)} \right) \quad (19)$$

حيث:

Pc : ضياعات كورونا (Kw/Km)

V : جهد الطور الفعال (kV)

GMD : متوسط المسافة الهندسية Cm

r : نصف قطر الناقل Cm

F : معامل ثابت والجهد الحرج

تظهر الدراسات أنه عندما تكون ضياعات كورونا منخفضة فإن هذه المعادلة ليست ذات دقة كبيرة وفي هذه الحالة فإن استخدام طريقة بيترسون سيكون أكثر دقة كما هو موضح في العلاقة (20):

$$Pc = \frac{0.545}{\delta} \cdot (V - Vc) \cdot \sqrt{\frac{r}{GMD}} \quad (20)$$

حيث:

Pc : ضياعات كورونا (KW/Km)

V : جهد الطور الفعال KV

Vc : الجهد الحرج KV

GMD : متوسط المسافة الهندسية Cm

r : نصف قطر الناقل Cm

باعتبار أن VPh/VC أصغر من 1.8 فيتم استخدام طريقة بيترسون وتكون قيمة ضياعات كورونا $PC=1.44 \text{ KW/Km}$ تقريباً " $1.5 \text{ MW}/100\text{Km}$ وهي قيمة جيدة.

10- تصميم حلقات كورونا:

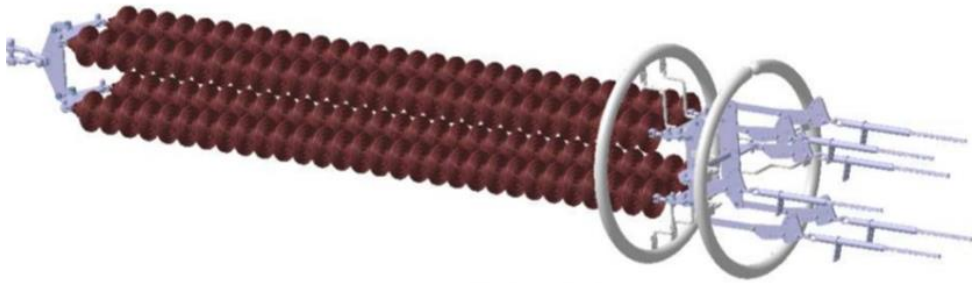
يوضح الشكل (2) مثلاً على سلسلة عازل لخط 765KV مع 35 عازلاً مقسمة على أربعة فروع (لتحمل قوى الشد) والتي تستخدم للحد من تدرج الجهد على طول سلسلة العازل وتوضع في مكان مناسب وبأبعاد مناسبة [12]. بالإضافة الى الحد من تدرج الجهد حول سلسلة العازل يؤدي الى الحد من ضياعات كورونا. عند تصميم حلقات كورونا يجب تحديد ثلاث بارامترات:

1- أبعاد الغلاف

2- نصف قطر الحلقة

3- مكان توضع الحلقة على طول سلسلة العازل

لهذا الغرض: يتم محاكاة سلاسل العازل مع حلقة كورونا باستخدام برامج المحاكاة. يتم تغيير أبعاد الغلاف ونصف قطر الحلقة للحصول على الأبعاد المثلى لحلقة كورونا. يعتبر قطر الحلقة 7 Cm هو الأفضل لتقليل تدرج الجهد حول العوازل.



الشكل (2): حلقة كورونا

بعد تحديد أبعاد حلقة كورونا يتم فحص ارتفاع حلقة كورونا على طول سلسلة العازل، وأخيراً باستخدام برنامج محاكاة وتغيير الارتفاع مع مراعاة العازل الأول. تم تحديد أن

ارتفاع 4Cm فوق العازل الأول على طول السلسلة مع العوازل. وحلقة الكورونا الثانية فوق التوصيلات لنهاية المثبتات يكون أفضل توضع لتقليل تدرج الجهد [12,10].

11- النسبة المئوية لتنظيم الجهد:

النسبة المئوية لتنظيم الجهد هو تغير الجهد من الصفر حتى الجهد المقدر مقسوماً على القيمة الاسمية وتعبّر بالعلاقة:

$$VR\% = \frac{Vs - Vr}{Vr} \times 100 \quad (21)$$

حيث:

$VR\%$: النسبة المئوية لتنظيم الجهد

Vs : جهد الارسال

Vr : جهد الاستقبال

الجهد المقدر للخط والتي يتم الحصول عليها في خطوط النقل الطويلة بإستخدام

$$\begin{bmatrix} Vs \\ Is \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Vr \\ Vs \end{bmatrix}$$

حيث:

Is : تيار الارسال

Ir : تيار الاستقبال

قيمة A,B,C,D تحسب من العلاقات الآتية:

$$A = \cosh(Yl) \quad (22)$$

$$B = Zc \cdot \sinh(Yl) \quad (23)$$

$$C = \frac{1}{Zc} \cdot \sinh(Yl) \quad (24)$$

$$D = \cosh(Yl) \quad (25)$$

باعتبار:

$$Y = \sqrt{Z \cdot y} \quad (26)$$

$$Zc = \sqrt{\frac{Z}{y}} \quad (27)$$

حيث:

y : السماحية التفرعية للخط $\left(\frac{\psi}{Km}\right)$

Z : ممانعة خط النقل Ω/Km

بأخذ القيم التي تم الحصول عليها مسبقاً تكون قيمة تنظيم الجهد المؤي: $VR\%=0.042$. أعطيت عند تغير الجهد في الخط $10\%-10\%$ حتى $10\%+$ وتعتبر قيمة تنظيم الجهد مناسبة.

12- تخفيض مسافة التركيب وتكلفة خط النقل بشكل كبير:

واحدة من أكثر السمات الأكثر لفتاً للانتباه لخطوط النقل هي المسافة المسموح بها والتي ترتبط مباشرة بتكلفة تركيب خطوط النقل. تعتمد متطلبات المسافات المسموح بها على العديد من عوامل خط الإرسال والتي يتم أخذها بعين الاعتبار أثناء الحسابات وتشمل هذه العوامل [2]:

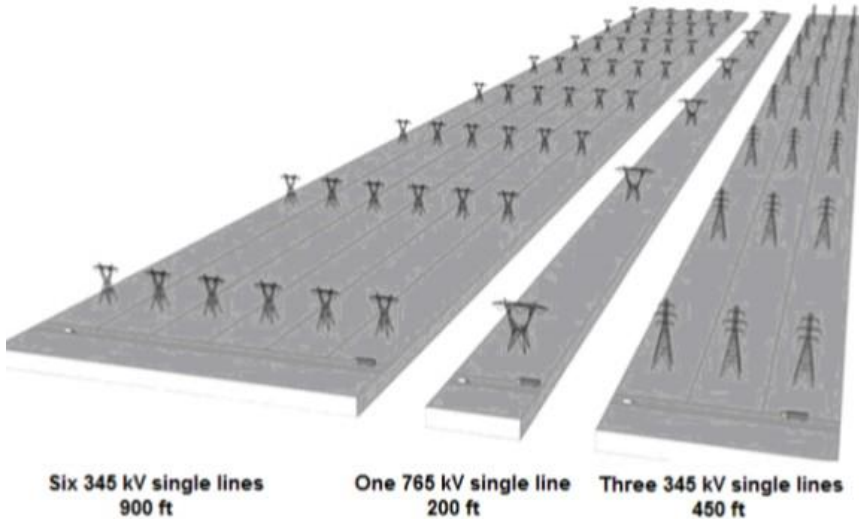
- 1- الحقول الكهربائية والمغناطيسية.
 - 2- مسافة الأمان المطلوبة لكل مستوى جهد.
 - 3- مراعاة المسافة المطلوبة بين النواقل للخط في حالات الرياح والعواصف.
 - 4- التخطيط والتطوير المستقبلي للخطوط بسبب زيادة طلب المستهلكين.
 - 5- الاعتبارات الميكانيكية والنظر في المسافة المسموح بها بين موصلات الخط لمنع حدوث القصر بين دارتين لخط النقل [5].
- في معظم الحالات: يؤدي تخصيص مسافات إضافية في الخط عند تصميمه وإنشاءه إلى زيادة موثوقية الشبكة. ومع ذلك فمن المستحيل في كثير من الحالات بسبب عدم

تصميم خط نقل بتوتر 765KV

وجود مسافة وارتفاع أسعار الأراضي و/أو عدم وجود أراضي مواتية لبناء الخطوط. لذا فإن أفضل حل لمشكلة المسافة المسموح بها هو استخدام خطوط الجهد العالي وبالتالي عند استبدال خطوط الجهد المنخفض بخطوط جهد مرتفع سيؤدي الى انخفاض كبير في الحجم والمسافة المسموح بها. لبناء خط وحيد الدارة 765KV بستة نواقل لكل طور يتطلب مسافة حوالي 468m، في حين خط نقل بجهد 400 KV بدارتين يتطلب مسافة 350m.

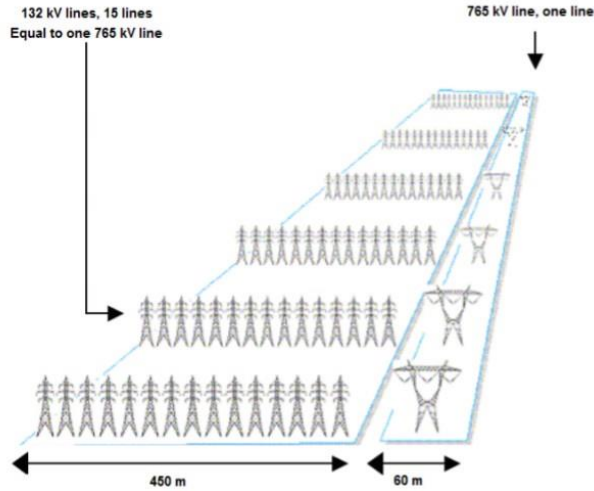
وبالتالي: من أجل نقل الطاقة الكهربائية بواسطة خط نقل 400KV يلزم وجود ستة خطوط لدائرة وحيدة أو ثلاث خطوط لدارتين. في هذه الحالة: يتم زيادة المسافة لـ 1053m ما يعادل 2.5 مرة، ومن أجل دائرة مزدوجة 2106m ما يعادل 4.5 مرة من أجل دائرة وحيدة [4,13].

يوضح الشكلان (3) و(4): أهمية زيادة الجهد لحل مشكلة المسافة المسموح بها. وبالتالي بناء خطوط الجهد العالي فمن الواضح سيؤدي الى انخفاض التكاليف



الشكل (3): مقارنة بين المسافة المسموح بها لخطوط 765 KV و 345KV عند نفس القدرة

المنقولة.



الشكل (4): مقارنة بين المسافة المسموح بها لخطوط نقل 132 KV و 765 KV عند نفس القدرة المنقولة.

13- موثوقية الشبكة الكهربائية 765 KV مقارنة مع مستويات الجهد المنخفض:

في الدراسات التي أجريت على أنواع مختلفة ذات مستويات الجهد المختلفة والمقارنة مع خط 765KV. تكشف الدراسات أن خطوط النقل 765KV أكثر موثوقية بطبيعتها من مستويات الجهد المنخفض الأخرى عند استخدام خطوط نقل 765KV بستة نواقل في كل طور. وذلك بسبب الزيادة في متوسط نصف القطر، مجال التوزيع الموحد، وكذلك مستويات الضجيج وضياعات كورونا مقبولة [4,13].

وفقاً لنتائج الاحصائيات التي تم الحصول عليها في خطوط 765KV فإن خطوط النقل يحدث بها انقطاع مرة واحدة في كل 168000m في السنة بينما خطوط ال 500 KV يكون الانقطاع 1.4. وكذلك لأن هذه الخطوط من نوع وحيد الدارة فإن عطل طور مع البرج وطورين وكذلك ثلاثة أطوار تكون نادرة الحدوث وبالتالي انقطاع أقل. وبالإضافة الى أن المسافة مناسبة بين الأطوار فإنه من النادر حدوث عطل بين الأطوار [14].

النتائج

نظراً الى الحاجة للطاقة الكهربائية، فإن التدابير المناسبة مطلوبة للتغلب على مشاكل خطوط نقل الطاقة الكهربائية:

- 1- تقليل المسافات المسموح بها.
- 2- زيادة موثوقية الشبكة من خلال حدوث انقطاعات أقل.
- 3- تخفيض الضياعات الكهربائية وخاصة ضياعات الكورونا.
- 4- الحد من اضطرابات الاتصالات والعديد من الحالات الأخرى.

في هذا البحث: تمت دراسة أهمية زيادة الجهد لخطوط النقل والفوائد التي تحل العديد من المشاكل وأخيراً تمت مقارنة خط نقل 765KV بدارة وحيدة بستة نواقل لكل طور مع خطوط نقل ذات مستويات جهد أقل والحصول على النتائج وتحليلها.

- [1] "The AEP Interstate Project Proposal--A 765 kV Transmission Line from West Virginia to New Jersey," American Electric Power, Jan 31, 2006.
- [2] "AEP-ITC 765 kV Interstate Transmission Project," American Electric Power and ITC Transmission, Dec 20, 2006.
- [3] "An IEEE Survey of U.S. and Canadian Overhead Transmission Outages at 230 kV and Above," Working Group on Statistics of Line Outages, IEEE Transmission & Distribution Committee, Paper No. 93 WM 054-7 PWRD, IEEE-PES Winter Meeting, Columbus, OH, Jan/Feb 1993.
- [4] "AEP Interstate Project: Why 765 kV AC?" American Electric Power and ITC Transmission, August 24, 2006.
- [5] "AEP Interstate Project: 765 kV or 345 kV Transmission," American Electric Power and ITC Transmission April 24, 2007.
- [6] Standards of transmission line conductors (Iran, Ministry of Energy, Tavanir), volume 102 (calculation and determination of effective parameters).
- [7] Standards of transmission lines (Iran, Ministry of Energy, Tavanir) Volume 203 (voltage gradient calculations).
- [8] Standards of transmission lines (Iran, Ministry of Energy, Tavanir) Volume 208 (calculation of skin effect and bundled conductors).
- [9] Standards of transmission lines (Iran, Ministry of Energy, Tavanir) Volume 210 (Engineering Design and Selection Criteria for insulators).
- [10] Sima W., Espino-Cortes F.P., Edward A.C. and Jayaram H.S., "Optimization of Corona Ring Design for Long-Rod Insulators Using FEM Based Computational analysis" IEEE

International Symposium on Electrical Insulation, Indianapolis, in USA, 19-22 September 2004 Page(s) :480 – 483

[11] Standards of transmission lines (Iran, Ministry of Energy, Tavanir) Volume 204 (calculation of corona losses)

[12] M. Yaltagiyani M. Mahaei "Simulation Of Corona Rings In The Chain Dimensions Of Composite Insulators Based On Creating Uniform Electric Field Intensity", 6th International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering 14-16 September 2010 Seraj Higher Education Institute, Tabriz, Iran.

[13] "Proposed Land Use & Environmental Mitigations," American Electric Power, April 6, 2006.

[14] Muhammad Randhawa, "Voltage Stability Assessment of the Energy Electrical System", M.S. Thesis, Arizona State University, Tempe, AZ, 2007.