

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الأساسية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 42 . العدد 18

1442 هـ - 2021 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير

أ. د. ناصر سعد الدين

رئيس التحرير

أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

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

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

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

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

ISSN: 1022-467X

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

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

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

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

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث:

1. دفع رسم نشر (20000) ل.س عشرون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (50000) ل.س خمسون ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (3000) ل.س ثلاثة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة		
36-11	أ.د. محمد طاهر د. أمجد ماسو أ. فلك السطايحي	تخفيض عدد السلاسل الزمنية لإنتاج القمح الطري في المدن السورية باستخدام تقنية تحليل المركبات الأساسية والتنبؤ بالانتاج
60-37	د. ريم القمحة مرح قدورة	تعميم خوارزمية شعاع الدعم الآلي الضبابية ذات نواة تشبيشيف لعدة أصناف
84-61	أ.د. إبراهيم اسعد إسماعيل ياره بركات	اصطناع الجملة الثنائية $CdO-Cr_2O_3$ بطريقة الترسيب المشترك ودراسة خصائصها البنيوية
120-85	مجد فاخوري حمزة حاكمي إيمان الخوجة	المودولات الثنائية شبه المحلية
154-121	مدلين أبو مدين أ.م. د. إبراهيم الغريبي د. مدين عامر	دراسة تأثير درجة حرارة التلدين وحمض الأزوت على خصائص الأغشية الرقيقة من أكسيد المغنزيوم النانوي المحضرة بطريقة السول - جل.

تخفيض عدد السلاسل الزمنية لإنتاج القمح الطري في المدن السورية باستخدام تقنية تحليل المركبات الأساسية والتنبؤ بالانتاج

* أ.د.محمد طاهر عنان، ** د.أمجد ماسو، ***أ.فلك السطايجي

ملخص البحث

تم التطرق في هذا البحث إلى إحدى أساليب التحليل الإحصائي وهي طريقة المركبات الأساسية من خلال تقديم الإطار النظري لهذه الطريقة أولاً، حيث وُضّحت كيفية استخدامها في تخفيض عدد السلاسل من p سلسلة إلى k مركبة أساسية. كما استعرضنا كيفية تهيئة البيانات لتطبيق هذا الأسلوب وبعض المفاهيم العامة حول تلك الطريقة. ومن ثم طُبِّقت هذه الطريقة على بيانات من الواقع لدراسة العلاقة بين انتاج القمح الطري في المدن السورية ودراسة إمكانية تقليل عدد سلاسل الإنتاج إلى عدد أقل. اقترحت خوارزمية تقوم أولاً باختبار مدى ملاءمة البيانات للتحليل العاملي وفق مقياس KMO، بعد ذلك التأكد من إمكانية ضغط السلاسل جبرياً وفق معيار kaiser وبيانياً برسم مخطط الانتشار البياني للقيم الذاتية لمصفوفة معاملات الارتباط للسلاسل الزمنية قيد الدراسة. بينت النتائج التجريبية أنه يمكن اختزال المركبات الأساسية إلى ثلاثة مركبات والتي تمثل السلاسل العشر أفضل تمثيل وتفسر (87.8%) من تباينها الكلي. وأخيراً تم إيجاد قيم المركبات الأساسية المختزلة لسلاسل إنتاج القمح الطري في المدن السورية لاستخدامها في التنبؤ لثلاث سنوات قادمة.

الكلمات المفتاحية: طريقة تحليل المركبات الأساسية- التحليل العاملي- القيم الذاتية-الأشعة الذاتية.

(* أستاذ دكتور في قسم الإحصاء الرياضي والبرمجة- كلية العلوم- جامعة حلب- حلب- سورية.

(** مدرس دكتور في قسم الإحصاء الرياضي والبرمجة- كلية العلوم- جامعة حلب- حلب- سورية.

(*** قائم بالأعمال في قسم العلوم الأساسية، كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية، جامعة البعث، سورية.

Reducing the number of time series of produce soft wheat in Syrian cities by using Principal Component Analysis (PCA) technique and prediction of production

Mohammad Taher Anan*, Amjad Masso**, Falak Alsataihi***

Abstract

This research has been addressed to one of the methods of statistical analysis, which is Principal Component Analysis by providing the theoretical framework for this method first, as it has explained how to reduce the number of series from P series to K Principal Component. We also reviewed how to initialization data to apply this method and some public concepts about that way. This method is then applied to data from reality to study the relationship between soft wheat production in Syrian cities and to study the possibility of reducing the number of production series to a fewer. The suggested algorithm test first the appropriateness of the data for global analysis according to the KMO scale, then ensuring that the series can be compressed in accordance with the Kaiser and graphically with a Scree plot of eigenvalues for the correlation matrice of time series under study. Experimental results showed that Principal Components could be reduced to three Principal Components, which represent well the ten series and explain (87.8%) of its total variation. Finally, the values of Principal Components have been established for soft wheat production series in Syrian cities to be used to predict for three years.

Keywords : Principal Component Analysis (PCA) method, Factor analysis, eigenvalue, eigenvector.

*)Department of mathematical Statistics and Programming, Faculty of Science, Aleppo University, Aleppo, Syria.

***)Department of mathematical Statistics and Programming, Faculty of Science, Aleppo University, Aleppo, Syria.

****)Department of Basic Sciences, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, AlBaath University, Homs, Syria.

1. مقدمة Introduction

غالباً ما نواجه في معظم الدراسات ظاهرة تحتوي على عدد كبير من المتغيرات المترابطة المراد إيجاد العلاقة بينها واختيار أفضل نموذج يمثل الظاهرة المدروسة أفضل تمثيل ويمكننا من إجراء التقديرات اللازمة للماضي والتنبؤ بالمستقبل. إلا أن الارتباط بين المتغيرات يشير إلى وجود تكرار في البيانات، مما يتطلب منا البحث عن وسيلة تعمل على تخفيض عدد المتغيرات الأصلية دون خسارة تذكر بالمعلومات المتوفرة عن هذه المتغيرات، وذلك من خلال تجميعها في مجموعات من العوامل مما يسهل تحديد ما وراءها من ظواهر ودلالات وإيجاد نموذج تنبؤ يسمح بتوليد تنبؤات قريبة من الواقع وبالتالي يساعد في إعداد التخطيط والنمذجة. ولتبسيط هذه المشكلة يمكن استخدام وسيلة احصائية دقيقة وفعالة تدعى بطريقة تحليل المركبات الأساسية Principal Component Analysis (PCA) [1].

2. مشكلة البحث Problem of the Research

تكمن مشكلة البحث في وجود عدد كبير من سلاسل تمثل انتاج القمح الطري في المدن السورية والمراد اختبار إمكانية تخفيضها إلى عدد محدود من المتغيرات تمثل تلك الظاهرة وتمكننا من التنبؤ بالقيم المستقبلية.

3. أهمية البحث Importance of the Research

إن استخدام طريقة الـ PCA في تخفيض عدد السلاسل يمكننا من:

- 1- الاستعاضة عن عدد كبير من السلاسل بعدد أقل بحيث يفسر معظم كمية التباين ولا يتم ضياع معلومات عن صفات السلاسل سوى نسبة ضئيلة.
- 2- إلغاء الضجيج وتأثير القيم الشاذة على عملية التنبؤ عند استخدام الضغط وفق طريقة الـ PCA.
- 3- الحفاظ على مستوى الوثوقية الابتدائي الذي يمكن خسارة قسم منه في حال كان عدد السلاسل كبيراً.

4. أهداف البحث Objective of the Research

يهدف هذا البحث إلى اختبار طبيعة العلاقة بين سلاسل انتاج القمح الطري في المدن السورية، ومدى مساهمتها في تكوين مركبات أساسية باستخدام التحليل متعدد

العوامل (طريقة المركبات الأساسية) وإلى دراسة إمكانية تخفيض عدد السلاسل الأصلية إلى مركبات أساسية تُحدّد من خلال مجموعة من السلاسل الأصلية بحيث تمثلها أفضل تمثيل وتفسر الجزء الأكبر من تباينها دون ضياع يذكر من المعلومات المتوفرة في قاعدة البيانات وذلك من خلال:

(1) استخدام أسلوب تحليل المركبات الأساسية لضغط عدد السلاسل إلى أقل عدد ممكن واستخلاص المركبات الأساسية للسلاسل.

(2) حساب قيم المركبات الأساسية تمهيداً لاستخدامها في إنشاء التنبؤات بالسلاسل الأصلية.

5. مواد وطرق البحث:

1. دراسة طريقة المركبات الأساسية نظرياً وعملياً.
2. تم اعتماد منهج التحليل الإحصائي باستخدام البرامج الإحصائية R و Spss بناء على البيانات المتوفرة وبما يخدم غرض البحث.

6. فرضية البحث:

تم وضع فرضية لاختبارها من خلال البحث وهي: عدم إمكانية تمثيل سلاسل انتاج القمح الطري في المدن السورية في عدد أقل من السلاسل. وفيما يلي طرح لأهم الدراسات التي تم التوصل إليها:

7. الدراسات السابقة Previous Studies

- مقالة (أ.د. محمد طاهر عنان، 2008) بعنوان استخدام القيم الذاتية والأشعة الذاتية في تنبؤ مؤشرات الإنتاج النباتي. استُخدمت في تلك الدراسة تقنية الـ PCA لإنتاجية خمس محاصيل وتم اختزال السلاسل الخمس إلى اثنين فقط، ثم بناء نموذج التنبؤ المناسب للمركبتين المستخرجتين ومن ثم تنبؤ الإنتاجية عن طريق القيم والأشعة الذاتية.
- أطروحة دكتوراه (رند عنبر، 2014) بعنوان استخدام الأشعة الذاتية والقيم الذاتية في بناء نموذج تنبؤ الحالة السكانية في سورية. في الفصل الثالث من الأطروحة تم عرض مفهوم الأشعة الذاتية والقيم الذاتية بشكل عام ومن ثم قُدّم شرح مفصل عن كيفية ضغط السلاسل الزمنية باستخدام الأشعة الذاتية والقيم الذاتية أو ما يسمى

بطريقة PCA، إضافة إلى عرض أهم المعايير الأساسية المستخدمة في اختصار السلاسل الزمنية، وأخيراً طبقت طريقة PCA في ضغط سلاسل أعداد سكان وولادات سورية حسب المحافظات والمناطق وذلك حسب معيار نسبة التباين المفسر.

- رسالة ماجستير (عبير العبيد، 2014) بعنوان استخدام تحليل المركبات الأساسية في إيجاد أفضل نموذج انحدار متعدد. عُرضَ الجانب التطبيقي في الفصل الثالث من الأطروحة والذي بحث في إيجاد أفضل نموذج انحدار متعدد لمتغير عدد الأسنان المنخورة لدى شريحة من طلاب جامعة حلب باستخدام تحليل المركبات الأساسية PCA، حيث تم تحديد العوامل المرصية الأكثر تأثيراً على أمراض النخر السنّي ممثلة بالمركبات الأساسية والتي تطابقت نتائجها مع الدراسات الميدانية في بعض الحالات وأظهرت إمكانية اعتماد هذه الطريقة في الأبحاث ذات الصلة.
- رسالة ماجستير (بلخاري سامي، 2009) بعنوان استخدام التحليل العاملي للمتغيرات في تحليل استبيانات التسويق. تناول الفصل الثالث من الرسالة الجانب التطبيقي وتم فيه استخدام أسلوب التحليل العاملي في تحليل استبيانات التسويق حيث أُخصت البيانات في عاملين رئيسيين يفسران 90.73% من نسبة التباين. ضم العامل الأول مجموعة من المتغيرات التي تهدف إلى تيسير تقديم الخدمة للزبائن، وعبر العامل الثاني عن مدى فعالية المزيج الترويجي للمؤسسة من خلال ارتباط هذا العامل بمتغيرات حسن برمجة الإعلانات والمعايير المستخدمة في تقييم نتائج الحملات الاتصالية.
- مقالة (د. عبد الهادي الرفاعي وآخرون، 2011) بعنوان تحليل المؤشرات التعليمية الزوجية في المحافظات السورية باستخدام طريقة المركبات الأساسية. طبقت في تلك المقالة طريقة تحليل المركبات الأساسية على المؤشرات الزوجية وتم التوصل إلى مركبين أساسيين يمثلان المؤشرات التعليمية الزوجية البالغ عددها 12 ويفسران 91% من التباين الكلي وهما تدني المستوى التعليمي للزوجين ونسب التعليم المتوسط للزوجين كما تضمن البحث تدوير المحاور ونتج عن ذلك تحسسين في تفسير المركبات المستخرجة.

- مقالة (د. ترقو محمد، 2017) بعنوان التحليل متعدد الأبعاد للمتغيرات السياحية والبيئية باستخدام طريق المركبات الأساسية (PCA). تم اختبار طبيعة العلاقة بين المؤشرات السياحية والمؤشرات البيئية في 163 دولة باستخدام طريقة المركبات الأساسية، وبينت النتائج ملاءمة البيانات للتحليل العاملي من خلال تطبيق اختبار KMO، كما استخرج 7 عوامل تفسر 68.6% من التباين الكلي وتبين وجود تداخل بين متغيرات السياحة ومتغيرات البيئة في تكوين العوامل المستخرجة.

8. مفاهيم عامة في تحليل المركبات الأساسية:

1.8. المركبات الأساسية The Principal Components [2] [3]

المركبات الأساسية هي تراكيب خطية بالمتغيرات الأصلية X_1, X_2, \dots, X_p غير مرتبطة ومرتبطة بحسب نسبة تفسيرها للتباين الكلي (نسبة المعلومات التي تعطيها عن العينة) [3] [2] فالمركبة الأساسية الأولى هي التركيب الخطي الذي يؤدي إلى تفسير أكبر نسبة من التباين في البيانات، وتعد المركبة الأساسية الثانية هي التركيب الخطي الذي يؤدي إلى تفسير ثاني أكبر كمية من التباين المتبقي بعد المركبة الأولى (والذي لا يُفسر من قبل المركبة الأولى) وغير مرتبطة بالمركبة الأولى ومتعامدة معها، والمركبة الأساسية الثالثة تُمثل التركيب الخطي الذي يؤدي إلى تفسير أكبر نسبة تباين بعد المركبتين الأولى والثانية ومتعامدة معهما وهكذا من أجل جميع المركبات الأساسية...

2.8. الشكل الجبري للمركبات الأساسية [3] [4]:

ليكن المتجه العشوائي $\hat{X} = [X_1, X_2, \dots, X_p]$ له مصفوفة تباين Σ من الشكل:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma^2_{11} & \sigma^2_{12} & \dots & \sigma^2_{1p} \\ \sigma^2_{21} & \sigma^2_{22} & \dots & \sigma^2_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma^2_{p1} & \sigma^2_{p2} & \dots & \sigma^2_{pp} \end{pmatrix}$$

حيث σ^2_{jk} هو التباين بين المتغيرين X_j و X_k . وله مصفوفة الارتباط R من الشكل:

$$R = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \dots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

حيث $r_{jk} = \frac{\sigma^2_{jk}}{\sigma_{jj}\sigma_{kk}}$ هو معامل الارتباط بين المتغيرين X_j و X_k .

ولتكن $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ القيم الذاتية الموافقة لمصفوفة التباين Σ ,

و $\hat{A} = [a_1, a_2, \dots, a_p]$ هي مصفوفة الأشعة الذاتية المقابلة.

ولتكن $\hat{L} = [l_1, l_2, \dots, l_p]$ مصفوفة تحقق أعمدها العلاقة:

$$\sum_i \sum_j \hat{l}_i l_j = \begin{cases} 1 & ; i = j \\ 0 & ; i \neq j \end{cases} \quad (1)$$

عندئذ فإن الصيغة العامة للمركبات الأساسية هي:

$$Y = \hat{L}X \quad (2)$$

تدعى \hat{L} بمصفوفة تحميلات المركبات حيث $l_i = \frac{a_i}{\lambda_i}$ من أجل $i = 1, 2, \dots, p$ والمركبة الأساسية ذات الترتيب i تعطى بالعلاقة التالية:

$$Y_i = \hat{l}_i X = l_{i1}X_1 + l_{i2}X_2 + \dots + l_{ip}X_p$$

وفق الشرط: $(l_{i1}^2 + l_{i2}^2 + \dots + l_{ip}^2 = 1)$

ومنه فإن المركبة الأساسية الأولى:

$$\text{بحيث يأخذ} \quad Y_1 = \hat{l}_1 X = l_{11}X_1 + l_{12}X_2 + \dots + l_{1p}X_p$$

$\text{Var}(Y_1)$ أعظم قيمة.

والمركبة الأساسية الثانية:

$$\text{بحيث يأخذ} \quad Y_2 = \hat{l}_2 X = l_{21}X_1 + l_{22}X_2 + \dots + l_{2p}X_p$$

$\text{Var}(Y_2)$ ثاني أعظم قيمة.

⋮

وهكذا المركبة الأساسية التي ترتبها p :

$$\text{ويأخذ } \text{Var}(Y_p) \quad Y_p = \hat{l}_p X = l_{p1}X_1 + l_{p2}X_2 + \dots + l_{pp}X_p$$

أعظم قيمة بعد $(p-1)$ قيمة.

كما يمكن الحصول على المتغيرات الأصلية من التراكيب الخطية للمركبات الأساسية والمتجهات الذاتية كما يلي:

$$X_1 = \hat{a}_1 Y = a_{11}Y_1 + a_{12}Y_2 + \dots + a_{1p}Y_p$$

$$X_1 = \hat{a}_2 Y = a_{21}Y_1 + a_{22}Y_2 + \dots + a_{2p}Y_p$$

⋮

$$X_p = \hat{a}_p Y = a_{p1}Y_1 + a_{p2}Y_2 + \dots + a_{pp}Y_p$$

إن تباين المركبة الأساسية ذات الترتيب i يعطى بالعلاقة:

$$\text{Var}(Y_i) = \hat{l}_i \Sigma l_i = \lambda_i \quad (3)$$

والتغاير بين المركبتين Y_i, Y_j يعطى بالشكل:

$$\text{Cov}(Y_i, Y_j) = \hat{l}_i \Sigma l_j = 0 \quad (4)$$

حيث $i, j = 1, 2, \dots, p$ و $i \neq j$

3.8. المركبات الأساسية لمتغيرات عشوائية معيارية [4]:

بفرض لدينا المتجه المعياري $Z = [Z_1, Z_2, \dots, Z_p]$ بحيث أن:

$$Z_1 = \frac{(X_1 - \mu_1)}{\sigma_{11}}, Z_2 = \frac{(X_2 - \mu_2)}{\sigma_{22}}, \dots, Z_p = \frac{(X_p - \mu_p)}{\sigma_{pp}} \quad (5)$$

ويكتب بالشكل المصفوفي كما يلي: (6) $Z = (\Sigma^{1/2})^{-1} (X - \mu)$

بحيث $\Sigma^{1/2}$ هي مصفوفة قطرية بالانحرافات المعيارية ولها الشكل التالي:

$$\Sigma^{1/2} = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_{22} & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \sigma_{pp} \end{pmatrix}$$

من الواضح أن: $E(Z_i) = 0$ و $\text{Var}(Z_i) = 1$ حيث $i = 1, \dots, p$

ولتكن R مصفوفة الارتباط لـ Z قيمها الذاتية $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ ومتجهاتها الذاتية المقابلة

$$a_1, a_2, \dots, a_p \quad \text{بحيث} \quad \lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$$

يتم الحصول على المركبات الأساسية للمتجه المعياري Z باستخدام المتجهات الذاتية الموافقة لمصفوفة معاملات الارتباط R (بدلاً من مصفوفة التباين المشترك Σ قبل المعايرة) لأن ذلك يضمن أخذ الفروق بين وحدات القياس بعين الاعتبار في التحليل، إضافة إلى ذلك فقد تملك المتغيرات المقاسة باستخدام وحدات القياس نفسها تباينات مختلفة بشكل كبير، وهذا يسبب مشكلات عند استخدام طريقة تحليل المركبات الأساسية، واستخدام مصفوفة معاملات الارتباط للمتجهات المعايرة يلغي وجود هذه المشكلات في الدراسة. وتعطى المركبة الأساسية Y_i بالعلاقة التالية:

$$Y_i = \hat{l}_i Z = \hat{l}_i (\Sigma^{1/2})^{-1} (X - \mu); i = 1, 2, \dots, p \quad (7)$$

جميع النتائج السابقة تنطبق على المركبات الأساسية للمتغيرات المعايرة مع شيء من

التبسيط انطلاقاً من كون $\text{Var}(Z_i) = 1; i = 1, 2, \dots, p$

9. أدوات تحليل المركبات الأساسية [11][10][9][8][4]:

أولاً: القيم الذاتية Eigen value:

يتم قياس مقدار التباين الذي يحتفظ به كل مكون رئيسي من خلال ما يسمى القيمة الذاتية، أي تقيس القيم الذاتية حجم التباين في كل المتغيرات التي تحسب على مركبة واحدة، فالقيمة الذاتية ليست نسبة تفسير التباين ولكنها مقياس لحجم التباين المفسر. وبالتالي فإن القيمة الذاتية الموافقة للمركبة تدل على الأهمية الجوهرية لها، فمن المنطقي اختيار المركبات الأساسية ذات القيم الذاتية الكبيرة فقط وهناك جدل حول المعيار المستخدم لتحديد المركبات الأساسية المهمة إحصائياً.

ثانياً: تحميلات المركبات Components Loadings:

يعبر تحميل المركبة عن درجة ارتباط كل متغير مع إحدى المركبات الأساسية ويرمز لمعامل تحميل المتغير X_i على المركبة Y_j بـ l_{ij} (وهو أيضاً احداثيات المتحولات على محاور المركبات ويدعى بتحميل المتحولات على المركبات)، فالمتغيرات التي يكون لها تحميل مرتفع على مركبة معينة ومنخفض على المركبة الثانية يعني أنها ترتبط بعلاقة قوية مع المركبة الأولى وضعيفة مع المركبة الثانية ويتم إهمال المركبات التي ترتبط بعلاقات ضعيفة مع المتغيرات الأخرى.

ويحسب معامل تحميل المتغير X_i (أو Z_i) على المركبة Y_j وفق العلاقة:

$$l_{ij} = \frac{a_{ij}}{\lambda_i} \quad ; i = 1, 2, \dots, p ; j = 1, 2, \dots, k \quad (8)$$

حيث p : عدد المتغيرات المستقلة الأصلية و k : عدد المركبات الأساسية.

a_{ij} : عنصر المتجه الذاتي a_i ذو الترتيب j و λ_i : القيمة الذاتية

الموافقة للمتجه الذاتي a_i .

ثالثاً: الاشتراكيات Communalities:

تُعرّف اشتراكية (درجة شيوع) المتغير بأنها إسهامات هذا المتغير في جميع العوامل التي تم استخلاصها. حيث أنه يتكون التباين الكلي لمتغير معطى X_i من جزأين: جزء خاص بذلك المتغير يدعى "التباين الخاص" ويصطلح على تسميته "تباين المتغير" ونرمز له بالرمز ψ_i ، وآخر خاص بالتباين المشترك بين المتغيرات المستقلة ويدعى "التباين

المشترك أو الاشتراكية". لكل متغير مدروس تشاركية يرمز لها بالرمز h_i وتمثل مجموع مربعات تحميلات هذا المتغير على المركبات الأساسية المختلفة وتحسب وفق العلاقة التالية:

$$h_i = \sum_{j=1}^k l_{ij}^2 \quad ; i = 1, 2, \dots, p \quad (9)$$

ويمكن توضيح ذلك بالعلاقة:

$$\frac{\sigma_{ii}}{Var(X_i)} = \frac{l_{i1}^2 + l_{i2}^2 + \dots + l_{ik}^2}{X_i \text{ التباين التشاركي للمتغير}} + \frac{\psi_i}{\text{التباين الخاص}} \quad ; i = 1, 2, \dots, p \quad (10)$$

l_{ij} : معامل تحميل المتغير X_i على المركبة Y_j .

أي كل متغير يساهم بأحجام مختلفة في كل مركبة من المركبات ومجموع مربعات هذه المساهمات (أو التشبعات) في المركبات هي قيمة الاشتراكية.

10. معايير تحديد أهم المركبات الأساسية [12][11][4]:

لا يتم الاحتفاظ بجميع المركبات الأساسية الناتجة عن التحليل، وهناك عدة معايير لاختيار المركبات الأساسية منها:

► معيار Kaiser:

نصح العالم Kaiser عام 1960 بالاحتفاظ بالمركبات الأساسية التي تكون قيمها الذاتية أكبر من الواحد، معتمداً في ذلك على فكرة أن القيم الذاتية تمثل مقدار التباين الذي تفسره المركبة الأساسية وبالتالي أخذ جميع القيم التي تقع خارج كرة وحدة الواحدة للوصول إلى أكبر نسبة مفسرة من التباين الكلي. وقد دلت الدراسات بأن معيار Kaiser يكون دقيقاً عندما يكون عدد المتغيرات أقل من 30 متغير، وجميع قيم التشاركية الناتجة بعد التحليل هي أكبر من (0.7).

► معيار Cattell:

وهي تقنية اقترحها العالم Cattell يرسم مخطط ذو بعدين يمثل المحور Y القيم الذاتية والمحور X المركبات الأساسية الموافقة لكل قيمة ذاتية، يدعى هذا المخطط بمخطط الانحدار Scree plot. وعادة يكون عدد المركبات الأساسية ذات القيم الذاتية المرتفعة قليل مقارنةً مع المركبات الأساسية ذات القيم الذاتية المتدنية لذلك فإن لهذا

المخطط شكل مميز جداً إذ يحوي المنحني انحداراً حاداً يليه تلاشي وتساؤل فتكون نقطة القطع لاختيار المركبات الأساسية المهمة إحصائياً هي نقطة انعطاف المنحني من متزايد إلى متناقص أو بالعكس. و يعتبر هذا المعيار من المعايير الموثوقة لاختيار المركبات الأساسية المهمة إحصائياً من أجل العينات التي يفوق عدد مشاهداتها عن 200.

► معيار نسبة التباين المفسر:

تختلف نسبة هذا المعيار تبعاً لنوع البيانات التي يتم دراستها فالبيانات الطيبة نسبة تباينها المفسر يجب ألا تقل عن 90% والاقتصادية يجب ألا تقل عن 75% أما البيانات التي تتعلق بالبحوث والدراسات الاجتماعية والنفسية فإننا نقبل أن تكون 50% وأكثر وذلك بسبب الظروف والمؤثرات التي تحيط بالإنسان.

11. الخطوات الأساسية لإجراء تحليل المركبات الأساسية [4]:

إذا كانت لدينا بشكل عام مجموعة من السلاسل X_{ij} المرتبطة مع بعضها بشكل قوي وأردنا ضغط السلاسل نتبع الخوارزمية التالية:

1. نحول قيم السلاسل إلى التوزيع الطبيعي المعياري Z_{ij} . في هذه الحالة إذا كان لدينا p سلسلة فإن مجموع تباينات هذه السلاسل بعد التحويل سيكون p لأن كل سلسلة سيكون متوسطها صفر وتباينها واحد.
2. نوجد مصفوفة الارتباط للسلاسل المحولة، وهي مصفوفة متناظرة بالنسبة للقطر الرئيسي.
3. نوجد القيم الذاتية والأشعة الذاتية لمصفوفة الارتباط حيث أن القيم الذاتية الناتجة هي تباينات المركبات الأساسية والتي تكون مرتبة تنازلياً.

بعدما تطرقنا إلى الإطار النظري لطريقة المركبات الأساسية، سنتناول الجانب التطبيقي ونطبق تلك الطريقة على بيانات سلاسل إنتاج القمح الطري في المدن السورية.

12. خوارزمية مقترحة لتخفيض أبعاد سلاسل إنتاج القمح في سورية:

سنقوم في هذا البحث بتطبيق طريقة المركبات الأساسية PCA لضغط عدد سلاسل إنتاج القمح الطري في المدن السورية متبعين لأجل ذلك خطوات الخوارزمية المقترحة التالية:

1. اختبار مدى ملاءمة البيانات للتحليل العاملي [12].
2. رسم مخطط الانتشار البياني لسلاسل إنتاج القمح الطري في المدن السورية والتأكد من إمكانية ضغط السلاسل وفق طريقة Cattell.
3. في حال الإيجاب في الخطوة 3، نقوم بالتأكد جبرياً من إمكانية الضغط مستفيدين من مصفوفة الارتباط للمتغيرات المعاييرة وقيمها الذاتية.
4. نختار المركبات الأساسية المختزلة للمتغيرات (السلاسل) الأصلية اعتماداً على معيار Kaiser والمخطط البياني لانتشار القيم الذاتية.
5. تشكيل نماذج سلاسل إنتاج القمح الطري وفق التركيب الخطية التي تربط بين السلاسل الأصلية والمركبات الأساسية المختزلة الناتجة عن ضغط السلاسل.

13. التطبيق العملي للخوارزمية المقترحة:

قمنا بدراسة إمكانية تخفيض عدد سلاسل إنتاج القمح الطري في المدن السورية إلى أقل عدد ممكن من السلاسل من خلال طريقة الـ PCA باستخدام برنامجي SPSS و R . اعتبرنا أن بيانات كل مدينة تمثل سلسلة (متغير) أي أن حمص تُمثّل وفق السلسلة X_{t1} وحماه وفق X_{t2} وهكذا من أجل كل المدن كما يلي:

Homs	Hama	AL-Ghab	Idleb	Aleppo
X_{t1}	X_{t2}	X_{t3}	X_{t4}	X_{t5}
Tartous	Lattakia	Al-Raqqqa	Dair-Ezzor	Al-Hassake
X_{t6}	X_{t7}	X_{t8}	X_{t9}	X_{t10}

1.13. النتائج والمناقشة:

- مقياس ملاءمة البيانات **Kaiser-Meyer-Olkin**: يشير مقياس KMO إلى مدى ملاءمة البيانات للتحليل العاملي وكلما كانت قيمته أكبر كان ذلك أفضل، ويلاحظ من النتائج أن قيمته تساوي (0.465) وهي تساوي (0.5) وبالتالي فإن بيانات الدراسة ملاءمة لإجراء التحليل العاملي.
- تطبيق طريقة تحليل المركبات الأساسية على سلاسل إنتاج القمح الطري في المدن السورية من عام 2006-2018 : سنعتبر في دراستنا أن المتغيرات التي سندخل في المركبات الأساسية هي السلاسل الزمنية لإنتاج القمح الطري في المدن السورية. كما سنجري الدراسة بعد تحويل قيم جميع السلاسل الزمنية إلى التوزيع

الطبيعي المعياري، علماً بأنه في البداية يكون عدد السلاسل الزمنية = عدد المركبات الأساسية.

- نقوم بمعايرة قيم السلاسل (تحويل القيم إلى التوزيع الطبيعي المعياري) فتصبح قيم بمتوسط صفري وانحراف معياري يساوي الواحد، ومنه يصبح مجموع تباين المتغيرات يساوي لعدد السلاسل ويساوي العدد (10). تم حساب المتوسطات والانحرافات المعيارية للمتغيرات الأصلية والنتائج موضحة في الجدول التالي:
- مصفوفة الارتباط الخاصة بسلاسل إنتاج القمح الطري في المدن السورية: حُسِبَت مصفوفة الارتباط للسلاسل بعد التحويل إلى التوزيع الطبيعي المعياري ورُتِبَت النتائج في الجدول التالي:

جدول (1): مصفوفة الارتباط لسلاسل إنتاج القمح الطري في المدن السورية

correlation	Homs	Hama	Ghab	Idleb	Aleppo	Tartous	Lattakia	AlRaqqa	DairEzzor	AlHassake
Homs	1	0.62	0.78	0.91	0.88	0.47	0	0.87	0.77	0.69
Hama	0.62	1	0.36	0.7	0.6	-0.04	0.13	0.54	0.44	0.28
Ghab	0.78	0.36	1	0.62	0.58	0.67	-0.41	0.62	0.49	0.42
Idleb	0.91	0.7	0.62	1	0.74	0.25	0.05	0.84	0.78	0.66
Aleppo	0.88	0.6	0.58	0.74	1	0.46	0.22	0.76	0.65	0.7
Tartous	0.47	-0.04	0.67	0.25	0.46	1	-0.37	0.41	0.48	0.56
Lattakia	0	0.13	-0.41	0.05	0.22	-0.37	1	-0.04	0.09	0.36
AlRaqqa	0.87	0.54	0.62	0.84	0.76	0.41	-0.04	1	0.85	0.61
DairEzzor	0.77	0.44	0.49	0.78	0.65	0.48	0.09	0.85	1	0.83
AlHassake	0.69	0.28	0.42	0.66	0.7	0.56	0.36	0.61	0.83	1

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام البرنامج الاحصائي R

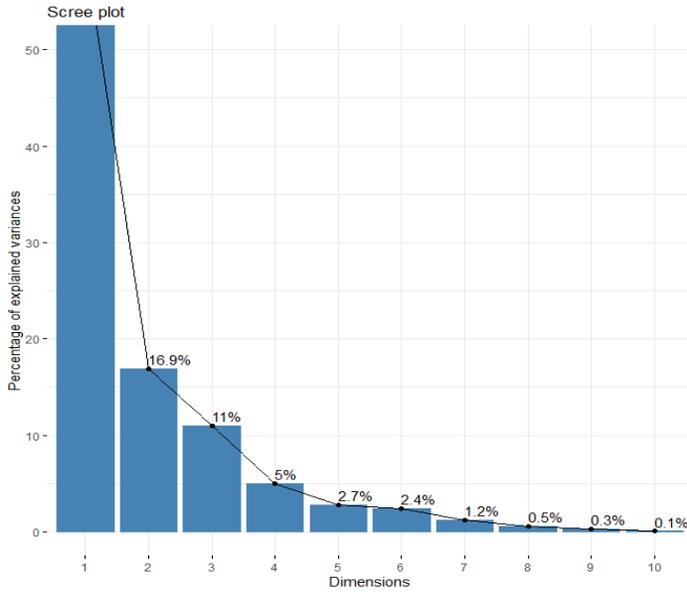
يلاحظ من مصفوفة الارتباط في الجدول (1) أن سلاسل إنتاج القمح الطري في المدن السورية ترتبط مع بعضها بشكل قوي وهذا ما يؤكد على إمكانية ضغط السلاسل. كما يتبين أن:

-المتغير Homs مرتبط ارتباطاً قوياً موجباً مع المتغيرات Idleb (0.91) و Aleppo (0.88) و AlRaqqa (0.87) بينما لا يرتبط بالمتغير Lattakia (0).

- المتغير Hama يرتبط ارتباط جيد موجب مع كل من Homs (0.62) و Idleb (0.7) و Aleppo (0.6) و ارتباط ضعيف سالب مع Tartous (-0.04).
 - المتغير Lattakia هو المتغير الأقل ارتباطاً مع جميع المتغيرات الأخرى.
 - المتغير Ghab يرتبط ارتباط جيد موجب مع Homs (0.78) و Idleb (0.62) و AIRaqa (0.62) و ارتباط متوسط سالب مع Lattakia (-0.41).
- القيم الذاتية لمصفوفة معاملات الارتباط:

بتمثيل الخط البياني للقيم الذاتية لمصفوفة الارتباط باستخدام البرنامج الاحصائي R يظهر لنا الشكل التالي:

شكل (1) مخطط انحدار القيم الذاتية لمصفوفة معاملات الارتباط



يتضح من الشكل البياني (1) أن المنطقة شديدة الانحدار تضم المركبات الأساسية الأولى والثانية والثالثة، وأن الخط البياني يغير اتجاهه ابتداء من القيمة الثالثة لذلك يمكن الاختصار إلى ثلاث سلاسل حسب هذا المقياس. وبترتيب نتائج القيم الذاتية لمصفوفة الارتباط في جدول نحصل على ما يلي:

المركبات الأساسية	القيم الذاتية قبل الاستخراج			القيم الذاتية بعد الاستخراج			القيم الذاتية بعد الدوران		
	القيمة الذاتية	النسبة من التباين %	التجميع الصاعد للنسبة من التباين %	القيمة الذاتية	النسبة من التباين %	التجميع الصاعد للنسبة من التباين %	القيمة الذاتية	النسبة من التباين %	التجميع الصاعد للنسبة من التباين %
1	5.995	59.946	59.946	5.995	59.946	59.946	4.005	40.052	40.052
2	1.687	16.869	76.815	1.687	16.869	76.815	3.088	30.882	70.934
3	1.102	11.019	87.834	1.102	11.019	87.834	1.690	16.900	87.834
4	0.495	4.953	92.787						نسبة التباين التي تفسرها المركبات الأساسية الثلاث الأولى
5	0.273	2.734	95.522						
6	0.243	2.429	97.950						
7	0.118	1.181	99.131						
8	0.053	0.530	99.661						
9	0.029	0.287	99.949						
10	0.005	0.051	100.000						

جدول (2): القيم الذاتية لمصفوفة معاملات ارتباط سلاسل انتاج القمح الطري في سورية

المصدر: من اعداد الباحث باستخدام برنامج Spss v.21.

• تحليل التباين المفسر:

تمثل النتائج الواردة أعلاه في الجدول (2) مقدار التباين المفسر، حيث يتضح أن القيمة الذاتية للسلسلة الرابعة أقل من واحد وبالتالي يمكن تلخيص سلاسل انتاج القمح الطري في المدن السورية العشرة وفقاً للقيم الذاتية إلى ثلاث عوامل (مركبات) أساسية تتضمن الـ 10 سلاسل باستخدام طريقة المركبات الأساسية ذات التدوير المتعامد Varimax، ومنه تم استخراج المركبات التي تتجاوز قيمتها الذاتية قيمة الواحد حسب معيار Kaiser، وبالتالي فإن معيار Kaiser ومخطط الانحدار يقودان إلى الاحتفاظ بنفس العدد من المركبات. وقد ساهمت تلك العوامل الثلاث معاً في تفسير نسبة مقدارها 87.83 % من التباين الكلي.

بلغت نسبة التباين المفسر لكل مركبة قبل الدوران كالتالي:

-المركبة الأولى:

قيمتها الذاتية (5.995) وبالتالي تفسر $80\% < 59.95\% = 100 * (5.995/10)$ من التباين ومنه ليس هناك من أهمية للاختصار حسب المعيار الثالث (معيار نسبة التباين المفسر) في هذا البحث.

-المركبة الثانية: قيمتها الذاتية (1.687) وبالتالي تفسر $16.87\% = 100 * (1.687/10)$ من التباين.

-المركبة الثالثة: قيمتها الذاتية (1.102) وبالتالي تفسر $11.02\% = 100 * (1.102/10)$ من التباين.

كما نلاحظ أنه قبل الدوران كانت المركبة الأولى تفسر مقداراً كبيراً من التباين الكلي، بينما تفسر المركبة الثانية مقداراً صغيراً جداً من التباين الكلي (59.95% مقارنة مع 16.87%) لكن بعد الدوران تحسنت بنية المركبات وأصبحت مساهمة المركبة الأولى في التباين قريبة من مساهمة المركبة الثانية (40.05% مقارنة مع 30.88%).

إن إيجاد قيم المركبات الأساسية المختزلة يعتمد على تحميلات المتغيرات والتي تحسب بدلالة الأشعة الذاتية لمصفوفة الارتباط، لذلك قمنا بإيجاد مصفوفة الأشعة الذاتية وحصلنا على النتائج في الجدول التالي:

جدول (3) مصفوفة الأشعة الذاتية لمصفوفة الارتباط

المدن	السلاسل	الأشعة الذاتية		
		1	2	3
Homs	Z_{t1}	0.804	0.524	0.162
Hama	Z_{t2}	0.912	-0.101	-0.075
Ghab	Z_{t3}	0.506	0.446	0.630
Idleb	Z_{t4}	0.875	0.368	0.032
Aleppo	Z_{t5}	0.700	0.557	-0.053
Tartous	Z_{t6}	-0.019	0.800	0.525
Lattakia	Z_{t7}	0.074	0.137	-0.949
AlRaqqa	Z_{t8}	0.752	0.492	0.144
DairEzzor	Z_{t9}	0.565	0.702	-0.033
AlHassake	Z_{t10}	0.353	0.875	-0.243

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج SPSS.

تُظهر النتائج الواردة في الجدول (3) أعلاه أن كل من سلاسل المركبات الأساسية مرتبطة بالسلاسل الأصلية ارتباطاً جيداً وبالتالي يمكن استخدامها في التنبؤ.

- تحليل الاشتراكات (القيم التشاركية): تمثل قيم التشاركية مقدار التباين المشترك في كل متغير من متغيرات الدراسة والذي يمكن تفسيره بالمركبات المستخرجة، وقد رتبت النتائج في الجدول التالي:

جدول (4): القيم الأولية والمستخلصة لاشتراكات متغيرات سلاسل انتاج القمح الطري في المدن السورية

المدن	المتغيرات	القيم المستخلصة
Homs	Z_{t1}	0.947
Hama	Z_{t2}	0.847
Ghab	Z_{t3}	0.853
Idleb	Z_{t4}	0.901
Aleppo	Z_{t5}	0.803
Tartous	Z_{t6}	0.915
Lattakia	Z_{t7}	0.925
AlRaqqa	Z_{t8}	0.828
DairEzzor	Z_{t9}	0.813
AlHassake	Z_{t10}	0.950

المصدر: من اعداد الباحث باستخدام برنامج SPSS

يتبين من الجدول (4) أعلاه أن:

- قيم الاشتراكات تتراوح بين (0.80) و (0.95)، وبالتالي فإن جميع قيم التشاركية بعد استخراج المركبات تتجاوز (0.7)، وبما أن عدد المتحولات في الدراسة أقل من 30 متحول، فإن استخدام معيار Kaiser يكون دقيقاً وتكون المركبات الناتجة موثوقة بشكل كبير.

- المركبات الأساسية الأولى والثانية والثالثة قامت بتفسير (0.947) من تباين سلسلة انتاج محافظة حمص وقامت بتفسير (0.847) من تباين سلسلة انتاج محافظة حماه وهكذا.

والآن بحساب مصفوفة الدرجات والتي هي عبارة عن الأشعة الذاتية مقسومة على القيم الذاتية الموافقة نحصل على الجدول التالي:

جدول (5) مصفوفة الدرجات (التحيلات)

المدن	السلاسل	تحيلات المتغيرات على المركبات		
		1	2	3
Homs	Z_{t1}	0.184	0.021	0.058
Hama	Z_{t2}	0.441	-0.364	-0.018
Ghab	Z_{t3}	0.086	0.025	0.351
Idleb	Z_{t4}	0.267	-0.082	-0.004
Aleppo	Z_{t5}	0.122	0.101	-0.081
Tartous	Z_{t6}	-0.272	0.428	0.237
Lattakia	Z_{t7}	-0.031	0.162	-0.602
AlRaqqa	Z_{t8}	0.171	0.022	0.049
DairEzzor	Z_{t9}	0.013	0.231	-0.087
AlHassake	Z_{t10}	-0.146	0.431	-0.241

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج SPSS

يمثل الجدول (5) أعلاه مصفوفة كل سطر من أسطرها يمثل تحيلات المتغير (السلسلة المدروسة) $X_i ; i=1, \dots, 10$ على المركبة الأساسية $Y_j ; j=1, 2, 3$ ، ونلاحظ أن:

-المركبة الأولى ترتبط بعلاقة موجبة مع جميع المؤشرات (المدن) ما عدا طرطوس واللاذقية والحسكة.

-المركبة الثانية ترتبط بعلاقة موجبة مع كل المدن بينما ترتبط بعلاقة سالبة مع (حماه وادلب) موجبة.

-المركبة الثالثة ترتبط بعلاقة سالبة مع (حلب، حماه، ادلب، اللاذقية، ديرالزور، الحسكة) بينما ترتبط بعلاقة موجبة مع (حمص، الغاب، طرطوس، الرقة).

- تحديد قيم المركبات الأساسية لإنتاج القمح الطري في المدن السورية:

نشكل معادلات سلاسل المركبات الأساسية الثلاث بدلالة متغيرات الدراسة بالاعتماد على الجدول (5) أعلاه كما يلي:

$$Y_{t,1} = 0.184Z_{t,1} + 0.441Z_{t,2} + 0.086Z_{t,3} + 0.267Z_{t,4} + 0.122Z_{t,5} - 0.272Z_{t,6} - 0.031Z_{t,7} + 0.171Z_{t,8} + 0.013Z_{t,9} - 0.146Z_{t,10}$$

$$Y_{t,2} = 0.021Z_{t,1} - 0.364Z_{t,2} + 0.025Z_{t,3} - 0.082Z_{t,4} + 0.101Z_{t,5} + 0.428Z_{t,6} + 0.162Z_{t,7} + 0.022Z_{t,8} + 0.231Z_{t,9} + 0.431Z_{t,10}$$

$$Y_{t,3} = 0.058Z_{t,1} - 0.018Z_{t,2} + 0.351Z_{t,3} - 0.004Z_{t,4} - 0.081Z_{t,5} + 0.237Z_{t,6} - 0.602Z_{t,7} + 0.049Z_{t,8} + -0.087Z_{t,9} - 0.241Z_{t,10} \quad (11)$$

حيث أن أمثال $Z_{t,j}$ في علاقة $Y_{t,1}$ تمثل أحمال السلاسل $Z_{t,j}$ ($t=1, \dots, 13$, $j=1, \dots, 10$) على المركبة الأساسية الأولى، وأمثال $Z_{t,j}$ في علاقة $Y_{t,2}$ تمثل أحمال السلاسل $Z_{t,j}$ على المركبة الأساسية الثانية، وأمثال $Z_{t,j}$ في علاقة $Y_{t,3}$ تمثل أحمال السلاسل $Z_{t,j}$ على المركبة الأساسية الثالثة.

بتعويض قيم السلاسل الأصلية المعيارية في المعادلات الثلاث أعلاه (11) نحصل على قيم سلاسل المركبات الأساسية. وبالتالي فإننا استطعنا باستخدام طريقة المركبات الأساسية تخفيض عدد السلاسل البالغ عددها 10 سلاسل والحصول في النهاية على ثلاث مركبات أساسية

وفي النهاية يمكننا القول إننا تمكنا من تمثيل العشر سلاسل في عدد أقل من السلاسل (3 مركبات)، وفي ذلك نفي للفرضية التي تنص على عدم إمكانية تمثيل (ضغط) سلاسل انتاج القمح في عدد أقل من السلاسل، وقبول الفرضية البديلة التي تنص على إمكانية تمثيل سلاسل انتاج القمح في عدد أقل من السلاسل.

• التنبؤ بالسلاسل الزمنية لانتاج القمح الطري في المدن السورية باستخدام طريقة

:PCA

الآن لتمهيد السلاسل والتنبؤ بقيمها المستقبلية نقوم أولاً بالتنبؤ بقيم المركبات الأساسية باستخدام طرائق التنعيم الأسّي وسلاسل ARIMA لثلاث سنوات ومن ثم إيجاد قيم السلاسل الأصلية عن طريق الأشعة الذاتية الموافقة لكل سلسلة وفق الخطوات التالية:

الخطوة 1:

بدراسة المركبة الأساسية الأولى تبين أن نموذج التنبؤ الرياضي الموافق لها هو:

$$\hat{y}_{t|t-1} = l_t = l_{t-1} + (0.331)e_{t-1} \quad (12)$$

ونموذج التنبؤ الرياضي الموافق لسلسلة المركبة الثانية هو:

$$\hat{y}_{t|t-1} = l_t = l_{t-1} + (0.454)e_{t-1} \quad (13)$$

ونموذج التنبؤ الرياضي الموافق لسلسلة المركبة الثالثة هو:

$$\hat{y}_{t|t-1} = l_t = l_{t-1} + (0.280)e_{t-1} \quad (14)$$

الخطوة 2 : نقوم بإيجاد تنبؤات السلاسل الأصلية بتعويض قيم الأشعة الذاتية الموافقة لكل سلسلة فحصنا على النتائج المرتبة في الجداول التالية:

الجدول (6): القيم التنبؤية بسلاسل المركبات الأساسية لإنتاج القمح الطري من عام 2019 حتى 2021

t	2019	2020	2021
Y_{t1}	-0.4555735	-0.4555731	-0.4555733
Y_{t2}	-0.7445960	-0.7445954	-0.7445952
Y_{t3}	-0.02624623	-0.02625719	-0.02625641

المصدر: من اعداد الباحث باستخدام برنامج R

بتعويض القيم التنبؤية للمركبات الأساسية من الجدول (6) أعلاه في جملة المعادلات (11) نحصل على القيم التنبؤية للسلاسل ولكن بقيمها المعيارية المرتبة في الجدول أدناه:

جدول (7) القيم التنبؤية للسلاسل المعيارية من عام 2019 حتى 2021

t	$Z_{t,1}$	$Z_{t,2}$	$Z_{t,3}$	$Z_{t,4}$	$Z_{t,5}$
2019	-0.7607013	-0.3383104	-0.5791451	-0.6734780	-0.7322504
2020	-0.7607024	-0.3383092	-0.5791516	-0.6734778	-0.7322492
2021	-0.7607024	-0.3383095	-0.5791511	-0.6734779	-0.7322492
t	$Z_{t,6}$	$Z_{t,7}$	$Z_{t,8}$	$Z_{t,9}$	$Z_{t,10}$
2019	-0.6008002	-0.1108144	-0.7127120	-0.7792393	-0.8059611
2020	-0.6008055	-0.1108039	-0.7127129	-0.7792383	-0.8059578
2021	-0.6008049	-0.1108046	-0.7127129	-0.7792383	-0.8059579

المصدر: من اعداد الباحث باستخدام برنامج R

وبإعادة القيم إلى حالتها الحقيقية عن طريق الضرب بالانحراف المعياري وإضافة المتوسط نحصل على القيم التنبؤية للسلاسل الأصلية.

جدول (8) القيم التنبؤية للسلاسل الأصلية حتى العام 2021 بطريقة المركبات الأساسية

t	$X_{t,1}$	$X_{t,2}$	$X_{t,3}$	$X_{t,4}$	$X_{t,5}$
2019	8218.480	5609.502	19737.35	53947.72	316849.8
2020	8218.476	5609.505	19737.28	53947.73	316850.0
2021	8218.477	5609.504	19737.29	53947.72	316850.0
t	$X_{t,6}$	$X_{t,7}$	$X_{t,8}$	$X_{t,9}$	$X_{t,10}$
2019	10172.37	53.64909	262064.9	97040.58	447580.9
2020	10172.34	53.64945	262064.8	97040.63	447581.8
2021	10172.35	53.64943	262064.8	97040.63	447581.8

المصدر: من اعداد الباحث باستخدام برنامج R

تم حساب مؤشر متوسط الخطأ المطلق MASE لمجموعة الاختبار من أجل كل سلسلة من السلاسل الأصلية، وحصلنا على النتائج الواردة في الجدول التالي:

الجدول (9): قيم MASE للسلاسل الاصلية باستخدام المركبات الاساسية

	MASE
Homs	0.3367804
Hama	1.2964086
Ghab	0.7495715
Idleb	1.0714943
Aleppo	0.5403437
Tartous	1.0798631
Lattakia	0.3490653
AlRaqqa	0.3489627
DairEzzor	0.3078831
.AlHassake	0.5288252
Average	0.66091979

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج R

2.13. الاستنتاجات:

سعيًا في هذا البحث إلى تسليط الضوء على هذه الطريقة كأحد الأساليب المهمة في تحليل البيانات التي تمدنا بها البحوث الزراعية. وقد توصلنا في هذا البحث إلى نتائج نظرية وأخرى تطبيقية:

- ففي الجانب النظري تم التوصل إلى النتائج التالية:
 - تسعى طريقة المركبات الأساسية إلى تلخيص المتغيرات إلى عدد قليل من العوامل لتفسر أكبر نسبة من التباين في مجموعة المتغيرات مع المحافظة على أكبر قدر ممكن من المعلومات.
 - تبرز لنا طريقة المركبات الأساسية مجموعة العناصر الكامنة التي يصعب الكشف عنها والتي يمكن أن يكون لها دور في تفسير العلاقات بين عدد كبير من المتغيرات. طبقت في هذه الدراسة تقنية الـ PCA على بيانات إنتاج عشر مدن سورية من القمح الطري، حيث تم اختصار هذه السلاسل عن طريق القيم والأشعة الذاتية.
 - واستناداً إلى الدراسة التطبيقية يمكن استخلاص أهم النتائج التالية:
 - جميع بيانات المتغيرات المدروسة تتبع التوزيع الطبيعي باستثناء بعض القيم الشاذة.
 - ملاءمة البيانات للتحليل العاملي نظراً لأن قيمة KMO قدرت بـ (0.465) وهي تساوي تقريباً (0.5).
 - تم باستخدام طريقة المركبات الأساسية تخفيض عدد سلاسل انتاج القمح الطري والحصول على ثلاث سلاسل مركبات وهي المركبات التي تتجاوز قيمتها الذاتية قيمة الواحد، تلك المركبات الأساسية الثلاث تمثل السلاسل الأصلية (10 سلاسل) أفضل تمثيل وتفسر النسبة الأكبر من تباينها الكلي (87.8%).
 - تعبر المركبة الأولى والثانية عن أهم المركبات التي تم استخلاصها وذلك نظراً لنسبة التباين التي تفسرها 76.81% وهي نسبة عالية أي أن هذا المستوى العاملي يعطي أحسن تفسير للمتغيرات. وتعتبر عن المناطق التي تتميز بمعدل انتاج مرتفع (المنطقة الشرقية والوسطى) من خلال ارتباطها القوي بمجموعة من السلاسل التي لها نفس الخصائص وتقع في تلك المناطق.
 - تضم المركبة الثالثة مجموعة من السلاسل لها نفس الخصائص وتقع في نفس المنطقة (الغربية) وتتميز بمعدلات انتاج منخفضة مقارنة مع بقية السلاسل.
 - تراوحت قيم الاشتراكات بين (0.80) و (0.95) والتي تمثل نسبة تباين المتغير التي يمكن تفسيرها بالمركبات المستخرجة.

14. التوصيات

على ضوء ما تقدم يمكننا أن نقدم مجموعة من التوصيات:

- بما أن المناطق الشرقية والوسطى والشمالية تعد المركب الأساسي الأول الذي يمثل سلاسل انتاج القمح الطري في المدن السورية أفضل تمثيل ويفسر (40%) من التباين الكلي، فيجب العمل على تكثيف الجهود لرفع انتاج القمح الطري في تلك المناطق عن طريق تحسين جودة التربة الزراعية واختيار أفضل أنواع البذار وتأمين المبيدات الجيدة والاهتمام باليد العاملة في تلك الأراضي.

- الاستفادة من البرامج الإحصائية الحديثة المستخدمة في التحليل العاملي وتطبيق طريقة المركبات الأساسية، وخاصة الإصدارات الحديثة كالبرنامج الاحصائي R نظراً للوقت والجهد الذي توفره بالإضافة إلى دقة النتائج التي يمكن الحصول عليها باستخدام تلك البرامج ووفرة الحزم الموجودة فيها.

15. المراجع

- [1] - بلبخاري سامي، 2009 - استخدام التحليل العاملي للمتغيرات في تحليل استبيانات التسويق، رسالة ماجستير، جامعة العقيد الحاج لخضر - باتنة، الجزائر. 119 صفحة.
- [2] - K. Alboukadel, 2011, Multivariate Analysis II Practical Guide to Principal Component Methods in R. STHDA, Edition1, 205pages.
- [3] أ.د. محمد طاهر عنان، 2008 - استخدام القيم الذاتية والأشعة الذاتية في تنبؤ مؤشرات الإنتاج النباتي، مجلة المؤتمر الدولي الأول للإحصاء الرياضي في جامعة حلب، سورية. ص 301-308.
- [4] أ.د. محمد طاهر عنان، 2014، سلاسل زمنية، جامعة حلب، سورية. 377 صفحة.
- [5] رند عنبر، 2014- استخدام الأشعة الذاتية والقيم الذاتية في بناء نموذج تنبؤ الحالة السكانية في سورية، رسالة دكتوراه، جامعة حلب، سورية، ص 84-132.
- [6] عبيد العبيد، 2014 - استخدام تحليل المركبات الأساسية في إيجاد أفضل نموذج اندثار متعدد، رسالة ماجستير، جامعة حلب ، سورية، ص 41-59.
- [7]-I.T. Jolliffe, 2002, Principal Component Analysis, Springer, Edition 2, Aberdeen, U. K. 519 pages.
- [8]-R. Emmanuel, H. Alfredo et C. Guy ,2004, Méthodes d'Analyses Factorielles ACp et AFCM, Séminaire, Université de Rennes 1, France.(28)
- [9]-K. Ali, S. El Jamali et M.Talbi, Analyse en composantes principales-Une méthode factorielle pour traiter les données didactiques, numéro 2, 2007, (18):13.
- [10] L. Ludovio , M. Alain, P. Marie, 1995, Statistique exploratoire multidimensionnelle , Dunod, Paris, France. 456 pages.
- [11] د.عبد الهادي الرفاعي، د.عبد الله حمادة، شروق بركات، 2011 - تحليل المؤشرات التعليمية الزوجية في المحافظات السورية باستخدام طريقة المركبات الأساسية، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم الاقتصادية والقانونية. سورية. المجلد(33): العدد (3)، صفحات 81-98.

- [12] د. ترقو محمد، التحليل متعدد الأبعاد للمتغيرات السياحية والبيئية باستخدام طريق المركبات الأساسية (PCA)، 2017- جامعة حسبية بن بو علي، الشلف، الجزائر، مجلة اقتصاديات شمال إفريقيا، العدد(17)، السداسي الثاني، صفحات 245-254.
- [13] أ.د.محمد طاهر عنان، 2018- برامج إحصائية متقدمة، جامعة حلب، سورية. 297 صفحة.
- [14] د.محمد بشر زينه، 2017- لغة البرمجة الإحصائية R، الإصدار الأول، جامعة حلب. سورية. 157 صفحة.
- [15] وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، (2006-2018) - المجموعة الإحصائية الزراعية. قسم الإحصاء، مديرية التخطيط والتعاون الدولي، دمشق، سورية.

تعميم خوارزمية شعاع الدعم الآلي الضبابية ذات نواة تشيبشيف لعدة أصناف

طالب الدراسات العليا: مرح قدورة كلية: العلوم – جامعة: دمشق

الدكتورة المشرفة: ريم القمحة

المخلص

نقدم في هذا البحث تعميماً لخوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية (Fuzzy Support Vector Machine) ذات نواة تشيبشيف المتعامدة (Orthogonal Chebyshev Kernel). تمكناً من تطوير الخوارزمية لتصبح قادرة على تصنيف أي عدد من الأصناف باستخدام تقنية فرق تسد (Divide and Conquer). نظراً لصعوبة حل مسألة التصنيف المتعدد قمنا بتبسيط المسألة وذلك بتقسيمها لعدة مسائل تصنيف ثنائي (Binary)، يتم في كل مسألة تحديد انتماء المدخلات لصنف معين أو عدم الانتماء له وذلك من خلال إيجاد دالة تصنيف خوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية لهذه المسألة تعرف هذه الطريقة بواحد مقابل الباقي (One-VS-Rest). بعد إيجاد دوال التصنيف لجميع المسائل يتم اختيار الانتماء لصنف المسألة التي أعطت دالة تصنيفها أعلى قيمة بالإضافة لإعطاء قيمة عضوية ضبابية تحدد درجة انتماء مدخل معين للصنف الناتج. قمنا بتوسيع مجال الدراسة في خوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية ذات نواة تشيبشيف المتعامدة على $[-1, +1]$ ليشمل أي مجال مُعطى وبذلك تمكنا من إزالة عوائق تطبيق الخوارزمية على المجالات المختلفة.

الكلمات المفتاحية: شعاع الدعم الآلي الضبابي، نواة تشيبشيف المتعامدة، تقنية فرق تسد، تصنيف ثنائي، طريقة (One-VS-Rest)، قيمة عضوية ضبابية.

Generalization of the Fuzzy Support Vector Machine Algorithm with Kernel Chebyshev Orthogonal for Multi Classes

Dr. Reema Al-Kamha

Marah Qadoura

ABSTRACT

In this paper, we introduce a generalization of an Fuzzy Support Vector Machine Algorithm with Kernel Chebyshev Orthogonal algorithm. We were able to develop the algorithm to classify any number of classes using the Divide and Conquer technique. Due to the difficulty of solving the multiple classification problem, we have simplified the problem by dividing it into several binary classification problems. In each problem, the belonging of inputs to a certain class or not is determined by finding the classification function of FSVM algorithm. This method is known as One-VS-Rest method. After finding all classification function for all problems, the belonging will be chosen to the classes problem whose classification function gave maximum value, in addition to giving a fuzzy membership value that determines the degree of belonging of the specific input to the resultant classification.

We have extended the domain of study in the FSVM algorithm with kernel chebyshev orthogonal algorithm on $[-1, +1]$ to include any given domain, Thus we were able to overcoming problems of applying the algorithm to the different domains.

Keywords: Fuzzy Support Vector Machine, Orthogonal Chebyshev Kernel, Divide and Conquer technique, Binary Classification, (One-VS-Rest) method, Fuzzy Membership Value.

1- مقدمة:

تُعد خوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية (Fuzzy Support Vector Machine) من أهم خوارزميات التصنيف الضبابي في التعليم الآلي، حيث اكتسبت خوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية شهرة كبيرة في عدة مجالات، منها تصنيف الصور (Image Classification)، وتمييز الأرقام المكتوبة بخط اليد (Handwritten Digits Recognition)، وتمييز الأنماط (Pattern Recognition) والكثير من التطبيقات في المجالات الصناعية والمكتبية والزراعية والطبية.

تتلخص خوارزميات التصنيف الضبابي في البحث عن أفضل دالة تصنيف $\Phi: X \rightarrow Y$ يصنف مجموعة المدخلات $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ لأحد الأصناف الموجودة مسبقاً في مجموعة المخرجات $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_r\}$ بالإضافة لمقدار انتماء ضبابي S يُحدد درجة انتماء المدخل x_i $i = 1, \dots, n$; للصف y_j $j = 1, \dots, r$ [2].

تُستخدم خوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية في مسائل التصنيف الثنائي (Binary Classification)، حيث تقوم بتصنيف المدخلات لصفين فقط. الهدف الأساسي لعمل الخوارزمية هو إيجاد أفضل سطح (Separating Hyperplane) يفصل بين الصنفين، حيث يوجد أكثر من مستوي فاصل يجب اختيار أفضل مستوي فاصل بين هذه المستويات [3].

تصنّف خوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية ذات نواة تشيبيشيف النقاط التي تملك سلوك مُنتظم، أي تتوزع قيمها العظمى والصغرى بشكل مُنتظم على المجال المدروس. من أهم ميزات هذه الخوارزمية أنها لا تحتاج لعدد كبير من متجهات الدعم مما يوفر الكثير من الوقت والذاكرة [4]، ولكنها تعاني من عدة مشاكل نذكر منها:

- يتم تصنيف النقاط لصفين فقط، وبالتالي لا يمكن استخدامها في المسائل التي تتطلب التصنيف لأكثر من صنفين.
- ينحصر استخدام خوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية ذات نواة تشيبيشيف المتعامدة على المجال $[-1, +1]$ ، وبالتالي لا تستطيع الخوارزمية حل مسائل التصنيف

على المجالات الأوسع.

درست العديد من الأبحاث تطوير خوارزمية شعاع الدعم الآلي لتتمكن من تصنيف النقاط لأكثر من صنفين وحل مشاكل التصنيف. قدم [5] طريقة لتبسيط مسألة تصنيف النقاط لعدة أصناف إلى مسائل شعاع دعم آلي جزئية متعددة كل منها تصنف النقاط لصنفين وذلك باستخدام دوال عضوية هرمية قطعية متعددة السطوح واختيار صنف المسألة التي نتج عنها أعلى قيمة. قدم [6] طريقة لتبسيط مسألة تصنيف النقاط في خوارزمية شعاع الدعم الآلي لعدة صفوف Multi-Class إلى مسائل جزئية متعددة كل منها تصنف النقاط إلى صف واحد Single-Class باستخدام بنية Kesler construction. قدم [7] أيضاً طريقة مبسطة جديدة لتصنيف النقاط لعدة صفوف تدعى الطريقة بـ Sim MSVM (Simplified Multi-Class SVM) استطاعت تخفيض حجم فضاء المسألة من بعدين إلى بعد واحد وتقليل خطأ التصنيف، بينت النتائج أن الخوارزمية تمكنت من تسريع عملية التدريب بشكل كبير مع الحفاظ على دقة التصنيف. قدم [8] طريقة لتصنيف النقاط لعدة أصناف ارتكزت هذه الطريقة على تقنية فرق تسد في خوارزمية شعاع الدعم الآلي سُميت الطريقة بـ DCSVM (Divide and Conquer Support Vector Machine) حيث درست النقاط المتناثرة في الفضاءات متعددة الأبعاد وقسمت مجموعة بيانات التدريب لمجموعات فرعية منفصلة لتسهّل عمل الخوارزمية.

2- هدف البحث:

نهدي في هذا البحث إلى تعميم التصنيف الثنائي (Binary Classification) في خوارزمية شعاع الدعم الآلي ذات نواة تشبيثيف إلى التصنيف لثلاث أصناف أو أكثر، وتوسيع مجال الدراسة من $[-1, +1]$ إلى أي مجال مُعطى، وذلك لحل المشاكل التي تعاني منها هذه الخوارزمية في التصنيف. تمكّننا من جعل الخوارزمية قادرة على التعامل مع أي مجال وبأي عدد من الأصناف وذلك بإرجاع المجال إلى $[-1, +1]$ وتدريب المدخلات على الانتماء إلى صنف من الأصناف المتعددة بالإضافة لمقدار انتماء ضبابي يعبر عن درجة انتماء الدخل لهذا الصنف.

3- أهم التعاريف والقوانين المستخدمة:

3-1- تعميم مجال الدراسة [1]:

يمكن إرجاع أي مجال $[a, b]$ حيث $a, b \in \mathbb{R}$ إلى المجال $[-1, +1]$ بإجراء التحويل التالي:

$$t = \frac{x - \frac{1}{2}(b+a)}{\frac{1}{2}(b-a)} \quad (1)$$

حيث $-1 \leq t \leq +1$ و $a \leq x \leq b$

بإجراء التحويل السابق على مدخلات الخوارزمية يتم إرجاع هذه المدخلات من أي مجال $[a, b]$ إلى المجال $[-1, +1]$ ، بالتالي يمكن تطبيق خوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية ذات نواة تشيبيشيف المتعامدة على أي مجال معطى من خلال إجراء تحويل الإرجاع للمجال $[-1, +1]$.

3-2- دالة الوزن [1]:

تكون الدالة $w(x)$ دالة وزن على المجال $[a, b]$ إذا وفقط إذا حقق ما يلي:

(1) الدالة w مستمر.

(2) $w(x)$ موجب تماماً.

(3) $\forall n \in \mathbb{N}; x \in [a, b] : \int_a^b w(x) |x^n| dx < +\infty$

3-3- الحدوديات المتعامدة [1]:

تكون مجموعة الدوال f_0, f_1, \dots, f_n متعامدة على المجال $[a, b]$ بالنسبة لدالة

الوزن $w(x)$ إذا تحقق ما يلي:

$$\int_a^b w(x) \cdot f_i(x) \cdot f_j(x) dx = \begin{cases} 0 & ; i \neq j \\ \text{عدد} & ; i = j \end{cases}$$

3-4- نواة تشيبيشيف Chebyshev Kernel [1]:

تُعرف حدوديات تشيبيشيف بأنها حدوديات متعامدة على المجال $[-1, +1]$

بدالة وزن $w(x) = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$ كما يلي:

$$T_n(x) = \cos(n \cdot \arccos x) ; n \geq 0 , -1 \leq x \leq +1$$

$$n = 0 \Rightarrow T_0(x) = \cos(0 \cdot \arccos x) = 1$$

$$n = 1 \Rightarrow T_1(x) = \cos(1. \text{arc cos } x) = x$$

بالاستفادة من الخواص المثلثية:

$$\theta = \text{arc cos } x \Rightarrow \cos \theta = x$$

$$\Rightarrow T_n(\cos \theta) = \cos(n. \theta)$$

$$\left. \begin{aligned} T_{n+1}(\cos \theta) &= \cos((n+1). \theta) = \cos n\theta . \cos \theta - \sin n\theta . \sin \theta \\ T_{n-1}(\cos \theta) &= \cos((n-1). \theta) = \cos n\theta . \cos \theta + \sin n\theta . \sin \theta \end{aligned} \right\} \text{بالجمع}$$

$$T_{n+1}(\cos \theta) + T_{n-1}(\cos \theta) = 2 \cos n\theta . \cos \theta$$

بتعويض $\cos \theta = x$

$$T_{n+1}(x) + T_{n-1}(x) = 2T_n(x). x$$

يتم الحصول على العلاقة التكرارية التالية التي تربط بين حدوديات تشبيشيف:

$$T_0(x) = 1$$

$$T_1(x) = x$$

$$T_{n+1}(x) = 2x T_n(x) - T_{n-1}(x) ; n \geq 1 \quad (2)$$

تُستخدم هذه العلاقة من أجل إيجاد حدوديات تقريب المربعات الصغرى من

الدرجة n والتي سنستخدمها كنواة لخوارزمية متجه الدعم الآلي، وتُكتب بالشكل:

$$\Phi(x) = c_0 T_0(x) + c_1 T_1(x) + \dots + c_n T_n(x) \quad (3)$$

لإيجاد حدوديات تقريب المربعات الصغرى للدالة $f(x)$ يتم تحديد المعاملات

c_0, c_1, \dots, c_n التي تجعل الخطأ أصغري، وهنا نميز حالتين:

(1) عندما تكون مجموعة النقاط مستمرة تُستخدم علاقة التعامد المستمر:

$$n, m \in N ; \int_{-1}^1 \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} T_n(x). T_m(x) dx = \begin{cases} 0 ; n \neq m \\ \frac{\pi}{2} ; n = m \neq 0 \\ \pi ; n = m = 0 \end{cases}$$

تُحسب المعاملات بالشكل:

$$c_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} T_0(x). f(x) dx$$

$$c_i = \frac{2}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} T_i(x). f(x) dx ; i = 1, \dots, n$$

(2) عندما تكون مجموعة النقاط منفصلة تُستخدم علاقة التعامد المنفصل:

$$n, m < N ; \sum_{k=1}^N T_n(x_k) \cdot T_m(x_k) = \begin{cases} 0 ; n \neq m \\ \frac{N}{2} ; n = m \neq 0 \\ N ; n = m = 0 \end{cases}$$

تُحسب المعاملات كالتالي:

$$c_0 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N T_0(x_k) \cdot f(x_k)$$

$$c_i = \frac{2}{N} \sum_{k=1}^N T_i(x_k) \cdot f(x_k) ; i = 1, \dots, n$$

3-5- دالة الانتماء (العضوية) في المنطق الضبابي [9]:

تُكتب دالة الانتماء (العضوية) الضبابية للمدخل $x \in X$ بالشكل:

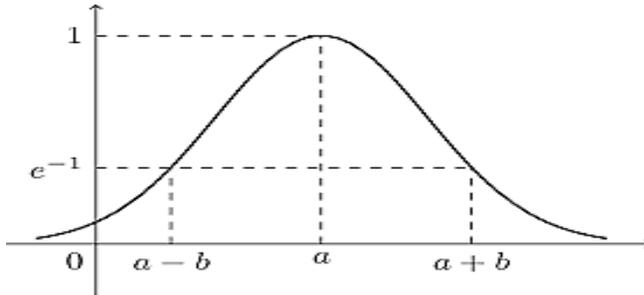
$$\mu: X \rightarrow [0,1]$$

حيث X المجموعة الشاملة التي تمثل كل القيم المحتملة للمدخل x .

تأخذ دوال العضوية عدة أشكال منها الدالة المثلثية (Triangular) ودالة شبه المنحرف (Trapezoidal) والدالة الجرسية أو الغاوسية (Gaussian) وهي الأكثر شهرةً لإمكانية تطبيقها على بيانات تتوزع بشكل عشوائي ومن أي طبيعة ممكنة، لذلك قمنا باستخدام الدالة الجرسية في هذا البحث، والتي تُعرف كما يلي:

$$G(x) = e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^2} \quad (4)$$

يبين الشكل (1) الدالة الجرسية أو الغاوسية بالوسيطين a, b .



الشكل (1) دالة غاوس

4- خوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية ذات نواة تشبيشيف المتعامدة [10]:

تُستخدم خوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية ذات نواة تشبيشيف المتعامدة لتصنيف المدخلات إلى صنفين، كل مدخل x_i حيث $x_i \in \mathbb{R}^m ; i = 1, \dots, n$ ينتمي إلى أحد الأصناف $\{-1, +1\}$ في حالة $y_i = +1$ فإن الدخل ينتمي للصنف الأول، وفي حالة $y_i = -1$ فإن الدخل ينتمي للصنف الثاني، بالإضافة لقيمة ضبابية S_i تحدد درجة انتماء كل مدخل x_i للصنف y_i . تُدرَّب الخوارزمية مجموعة النقاط $(x_1, y_1, S_1), (x_2, y_2, S_2), \dots, (x_n, y_n, S_n)$ في حالة التصنيف الخطي، أما في حالة التصنيف غير الخطي تطبق دالة النواة على المدخلات $\Phi: x \rightarrow \Phi(x)$ ، فتصبح مجموعة نقاط التدريب كما يلي:

$$(\Phi(x_1), y_1, S_1), (\Phi(x_2), y_2, S_2), \dots, (\Phi(x_n), y_n, S_n))$$

يتم اختيار دالة النواة حسب طبيعة النقاط المدروسة. قمنا في هذا البحث بتصنيف النقاط التي تتوزع بانتظام على المجال $[-1, +1]$ باستخدام تابع نواة تشبيشيف المتعامدة بتطبيق العلاقة (3) على المدخلات، حيث تمكنا من خلال هذه النواة تحقيق نتائج أكثر دقة بمتجه دعم أقل [4].

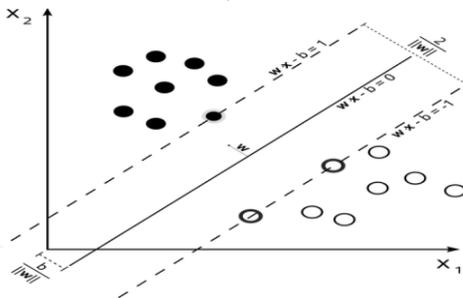
ترتكز فكرة خوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية في البحث عن أفضل فاصل بين النقاط يدعى الفاصل بالسطح الفائق، معرّف كما يلي:

$$w\Phi(x_i) + b = 0 \quad (5)$$

حيث $\Phi(x_i)$: ناتج تطبيق المدخل $x_i ; i = 1, \dots, n$ في العلاقة (3).

w و b : وسطاء دخل تقوم الخوارزمية بضبطها وأي تغيير فيها يؤثر على

مخرجات الخوارزمية حيث يتم البحث عن أفضل قيمة للثنائية (w, b) .



الشكل (2) تابع التصنيف الخطي لخوارزمية شعاع الدعم الآلي

تُصنّف نقاط المسألة لصنفين بحيث يفصل السطح الفائق بين الصنفين، أثناء عملية الفصل نأخذ أقرب نقطة إلى السطح الفائق من كل صنف من الصنفين ثم نبحت عن أكبر هامش Maximize the Margin، بحيث نقصد بالهامش بأنه المسافة بين المستوي الفائق وأقرب نقطة من الصنف والذي يمثل $\frac{b}{\|w\|}$ كما هو موضح في الشكل (2). لإيجاد أفضل سطح فائق علينا أن نبحت عن أفضل ثنائية لـ (w, b) باعتبار وجود خطأ في توضع النقاط تتشكل قيود الانتماء للأصناف كالتالي:

$$y_i(w \cdot \Phi(x_i) + b) \geq 1 - \epsilon_i \quad ; \quad i = 1, \dots, n$$

$$\epsilon_i \geq 0 \quad (6)$$

تؤول مسألة البحث عن أفضل هامش إلى المسألة الأمثلية التالية:

$$\min \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n S_i \epsilon_i \quad (7)$$

حيث C ثابت كفي.

تشكلت لدينا مسألة أمثلية (7) مقيدة بالقيود (6) ولحل هذه المسألة المقيدة من الضروري تحويلها لمسألة غير مقيدة، وذلك بضرب القيود بمضاريب لاغرانج α_i, β_i ، وإضافتها للمسألة:

$$L(w, b, \epsilon, \alpha, \beta) = \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n S_i \epsilon_i$$

$$- \sum_{i=1}^n \alpha_i (y_i(w \cdot \Phi(x_i) + b) - 1 + \epsilon_i) - \sum_{i=1}^n \beta_i \epsilon_i$$

للبحث عن الحل الأمثل يتم الاشتقاق بالنسبة لـ w, b, ϵ_i .

$$\frac{\partial L(w, b, \epsilon, \alpha, \beta)}{\partial w} = w - \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i \Phi(x_i) = 0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial L(w, b, \epsilon, \alpha, \beta)}{\partial b} = - \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i = 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial L(w, b, \epsilon, \alpha, \beta)}{\partial \epsilon_i} = S_i C - \alpha_i - \beta_i = 0 \quad (10)$$

بتعويض (8) و (9) و (10) في العلاقة (7) تصبح المسألة كالتالي:

$$\begin{aligned} \max W(\alpha) &= \sum_{i=1}^n \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(x_i, x_j) \\ \sum_{i=1}^l y_i \alpha_i &= 0 \quad \text{ضمن الشروط} \\ 0 \leq \alpha_i &\leq S_i C, \quad i = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (11)$$

يُطبق شرط Mercer [11] لحساب النواة $K(x, z)$ بين مدخلين متمايزين x, z من

مدخلات الخوارزمية كالتالي:

$$K(x, z) = \frac{\sum_{i=0}^n T_i(x) \cdot T_i(z)}{\sqrt{1 - x \cdot z}} \quad (12)$$

نلاحظ أن قيمة W مرتبطة بقيمة α . عند البحث عن قيمة α نستفيد من عبارة الخطأ ϵ ونطبق شروط كوهن توكر.

- عبارة الخطأ ϵ : هي الفرق بين الناتج المحسوب من (5) والناتج الفعلي y بالقيمة المطلقة:

$$\epsilon = |(w \cdot \Phi(x) + b) - y| \quad (13)$$

تُعوض العلاقة (8) في (13) فتتشكل عبارة الخطأ التالية:

$$\epsilon_i = \left| \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i y_i \Phi(x_i) \cdot \Phi(x_i) + b \right) - y_i \right|$$

- شروط كوهن توكر **Kuhn-Tucker**: بالاستفادة من العلاقة (6) و (11) تُكتب الشروط:

$$(S C - \alpha) \epsilon = 0 \quad \text{ومنه} \quad \epsilon \geq 0 \quad \text{و} \quad S C - \alpha \geq 0$$

وهنا يتم تمييز حالتين:

- إما $0 < \alpha < S C$ أي $\epsilon = 0$ أي لا يوجد خطأ في تصنيف شعاع الدعم.
- أو $S C - \alpha = 0$ أي $S C = \alpha$ أي $\epsilon > 0$ ويوجد خطأ في التصنيف أو النقطة تقع على الخط الهامش. حيث α مرتبطة بـ S و C .

ضبط وسطاء الخوارزمية:

1) البحث عن القيم المثلى w :

للبحث عن أفضل قيم w يتم إيجاد القيمة المثلى لـ α وحدودها، لذلك يتم اختيار قيمتين مختلفتين α_1, α_2 من مجموعة قيم α .

• حدود α :

1- إذا كان α_1, α_2 من صنفين مختلفين، أي $y_1 \neq y_2$ تكون الحدود:

$$low = \max(0, \alpha_2 - \alpha_1)$$

$$high = \min(C(S_2 - S_1), C(S_2 - S_1) + \alpha_2 - \alpha_1)$$

2- إذا كان α_1, α_2 من نفس الصنف، أي $y_1 = y_2$ تكون الحدود:

$$low = \max(0, \alpha_2 + \alpha_1 - C(S_2 + S_1))$$

$$high = \min(C(S_2 + S_1), \alpha_2 + \alpha_1)$$

• إيجاد القيمة المثلى لـ α_1, α_2 :

$$\eta = 2 \Phi(x_1) \cdot \Phi(x_2) - \Phi(x_1) \cdot \Phi(x_1) - \Phi(x_2) \cdot \Phi(x_2)$$

$$\alpha_2 = -\alpha_2 + \frac{y_2(\epsilon_1 - \epsilon_2)}{\eta}$$

$$\alpha_2 \text{ clipped} = \begin{cases} high & ; \text{if } high \leq \alpha_2 \\ \alpha_2 & ; \text{if } low < \alpha_2 < high \\ low & ; \text{if } \alpha_2 \leq low \end{cases}$$

$$\alpha_1 = \alpha_1 + y_1 \cdot y_2 (\alpha_2 - \alpha_2 \text{ clipped})$$

وهكذا يتم ضبط حدود α وإيجاد القيمة المثلى لها، وبالتالي ضبط w .

3- البحث عن أفضل قيم b :

يتم اختيار قيمتين مختلفتين b_1, b_2 من مجموعة قيم b مع الأخطاء المرافقة

لها ϵ_1, ϵ_2 على الترتيب. وانطلاقاً من (5) و (8) نكتب:

$$b_1 = b - \epsilon_1 - \alpha_1 y_1 \Phi(x_1) \cdot \Phi(x_1) - \alpha_2 y_2 \Phi(x_1) \cdot \Phi(x_2)$$

$$b_2 = b - \epsilon_2 - \alpha_1 y_1 \Phi(x_1) \cdot \Phi(x_2) - \alpha_2 y_2 \Phi(x_2) \cdot \Phi(x_2)$$

$$b = \begin{cases} b_1 & ; \text{if } 0 < \alpha_1 < CS_1 \\ b_2 & ; \text{if } 0 < \alpha_2 < CS_2 \\ \frac{b_1 + b_2}{2} & ; \text{other than} \end{cases}$$

بعد ضبط الوسطاء w و b تنتهي مرحلة تدريب الخوارزمية. من أجل تصنيف أي دخل جديد نقوم بالاختبار التالي:

$$\text{sign}(w\Phi(x) + b) = \begin{cases} \text{انتماء للصنف الأول } y = +1 & \text{الناتج} \geq 0 \\ \text{انتماء للصنف الثاني } y = -1 & \text{الناتج} < 0 \end{cases} \quad (14)$$

نحصل في النهاية على صنف كل مدخل بالإضافة إلى قيمة S ، حيث قيمة S هي قيمة الانتماء الضبابية إلى هذا الصنف. وبذلك نكون قد صنفنا الدخل إلى الخرج المناسب له، مع قيمة عضوية ضبابية.

5- الخوارزمية المعدلة:

نقدم في هذه الفقرة تعميماً لخوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية ذات نواة تشبيشيف المتعامدة على المجال $[-1, +1]$ والتي تصنف المدخلات لصنفين، حيث تمكنا من تصنيف النقاط لعدة أصناف ومن أجل أي مجال معطى.

لحل أي مسألة تصنيف يتم بداية بإرجاع المجال $[a, b]$ إلى المجال $[-1, +1]$ بتطبيق تحويل الإرجاع من القانون (1)، ثم تبسيط مسألة تصنيف النقاط إلى عدة أصناف التي يصعب حلها إلى مسائل جزئية متعددة كل منها تصنف النقاط إلى صنفين باستخدام خوارزمية شعاع الدعم الآلي الضبابية، تكون نتيجة التصنيف في النهاية لصنف المسألة الذي يعطي أعلى قيمة.

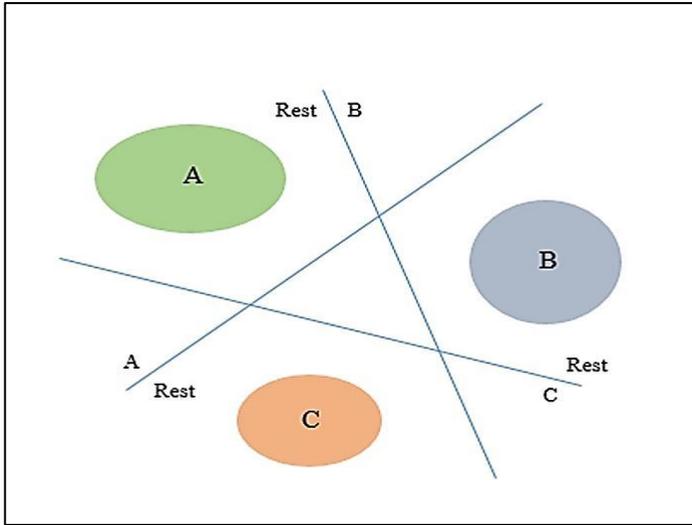
تُدرَّب الخوارزمية كل مدخل x_i (عدد المدخلات n وكل مدخل عبارة عن متجه له m مسقط أي $x_i \in \mathbb{R}^m$; $i = 1, \dots, n$) على الانتماء للصنف y_i (عدد الأصناف k التي قد تكون ثلاث أصناف أو أكثر أي $y_i \in \{3, 4, 5, \dots, k\}$; $i = 1, \dots, n$)، بالإضافة لقيمة ضبابية S_i تحدد درجة انتماء المدخل x_i للصنف y_i . بتطبيق دالة النواة على المدخلات $\Phi: x \rightarrow \Phi(x)$ ، تصبح مجموعة نقاط التدريب كما يلي:

$$(\Phi(x_1), y_1, S_1), (\Phi(x_2), y_2, S_2), \dots, (\Phi(x_n), y_n, S_n)$$

تُبسَّط مسألة تصنيف النقاط إلى عدة أصناف عن طريق تقسيمها إلى عدة مسائل جزئية كل منها تصنف النقاط إلى صنفين، تُعرف طريقة التقسيم هذه بتقنية فرق تسد

(Divide and Conquer)، ثم تُحل كل مسألة من هذه المسائل باستخدام طريقة واحد مقابل البقية (One-VS-Rest) [8].

يوضح الشكل (3) آلية عمل طريقة (One-VS-Rest) لتصنيف ثلاث أصناف A, B, C حيث يتم تبسيط مسألة التصنيف لثلاثة أصناف التي يصعب حلها بتقسيمها لثلاث مسائل تصنيف ثنائي وحل كل مسألة على حدى باستخدام خوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية ذات نواة تشبيخيف بحيث تبحث كل مسألة عن أمثل سطح فائق يفصل بين أحد الأصناف وباقي الأصناف، مثلاً من أجل الصنف A نقوم بالبحث عن أمثل سطح فائق يفصل بين مدخلات التي تنتمي للصنف A وباقي المدخلات وتكون نتيجة دالة التصنيف الثنائي لمسألة متجه الدعم الآلي الضبابية المتعلقة بالصنف A إما الانتماء للصنف A أو عدم الانتماء للصنف A ، بنفس الطريقة يتم إيجاد دالة التصنيف للصنف B و للصنف C وفي النهاية نقرر انتماء المدخل لصنف المسألة التي تعطي أكبر قيمة في دالة التصنيف، حيث يوجد ثلاث توابع تصنيف في هذا المثال وهي دالة تصنيف للصنف A ودالة التصنيف للصنف B ودالة التصنيف للصنف C .



الشكل (3) يبين طريقة واحد مقابل الباقي لتصنيف ثلاث أصناف A, B, C

نفترض في خوارزمتنا أنه لدينا k صنف وبالتالي نحن بحاجة لإيجاد k نموذج تصنيف أي حل k مسألة تصنيف، كل صنف $r = 3, \dots, k$ يمثل مسألة يتم

تدريب الخوارزمية في هذه المسألة لصفين الأول ينتمي للصف r والثاني لا ينتمي للصف r ، وهكذا تحولت مسألة التصنيف المتعدد إلى تصنيف لصفين، نكرر هذه العملية على k صف وفي النهاية نحصل على k دالة تصنيف، نقرر انتماء المدخل لصف الدالة الذي يعطي أكبر قيمة.

خطوات الخوارزمية المعدلة:

من أجل كل صف r نبحث عن أفضل سطح فائق يحقق:

$$w^r \Phi(x_i) + b^r = 0 \quad (15)$$

حيث $\Phi(x_i)$: ناتج تطبيق المدخل x_i ; $i = 1, \dots, n$ في العلاقة (3).

w^r و b^r : وسطاء دخل الصف r تقوم الخوارزمية بضبطها وأي تغيير فيها

يؤثر على مخرجات الخوارزمية.

تهدف الخوارزمية للبحث عن أفضل سطح فائق، وبالتالي البحث عن أفضل ثنائية

لـ (w^r, b^r) وباعتبار وجود خطأ في توضع النقاط تشكل القيود التالية:

$$w^r \cdot \Phi(x_i) + b^r \geq 1 - \epsilon_i^r \quad ; \text{ if } y_i = r \quad (r \text{ ينتمي للصف } r)$$

$$w^r \cdot \Phi(x_i) + b^r \leq -1 + \epsilon_i^r \quad ; \text{ if } y_i \neq r \quad (r \text{ لا ينتمي للصف } r)$$

$$\epsilon_i^r \geq 0 \quad ; i = 1, \dots, n \quad (16)$$

تؤول مسألة الأمثلة لمسألة تصغير كالتالي:

$$\min \frac{1}{2} \|w^r\|^2 + C \sum_{i=1}^n S_i \epsilon_i^r \quad (17)$$

لحل هذه المسألة المقيدة من الضروري تحويلها لمسألة غير مقيدة، وذلك بضرب

القيود بمضاريب لاغرانج α_i, β_i ، وإضافتها للمسألة:

$$L(w^r, b^r, \epsilon^r, \alpha, \beta) = \frac{1}{2} \|w^r\|^2 + C \sum_{i=1}^n S_i \epsilon_i^r - \sum_{i=1}^n \alpha_i (y_i (w^r \cdot \Phi(x_i) + b^r) - 1 + \epsilon_i^r) - \sum_{i=1}^n \beta_i \epsilon_i^r$$

للبحث عن الحل الأمثل يجب الاشتقاق بالنسبة لـ w^r, b^r, ϵ_i^r .

$$\frac{\partial L(w^r, b^r, \epsilon^r, \alpha, \beta)}{\partial w^r} = w^r - \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i \Phi(x_i) = 0 \quad (18)$$

$$\frac{\partial L(w^r, b^r, \epsilon^r, \alpha, \beta)}{\partial b^r} = - \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i = 0 \quad (19)$$

$$\frac{\partial L(w^r, b^r, \epsilon^r, \alpha, \beta)}{\partial \epsilon_i^r} = S_i C - \alpha_i - \beta_i = 0 \quad (20)$$

بتعويض (18) و (19) و (20) في العلاقة (17) تصبح المسألة كالتالي:

$$\max W^r(\alpha) = \sum_{i=1}^n \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(x_i, x_j)$$

$$\sum_{i=1}^l y_i \alpha_i = 0 \quad \text{ضمن الشروط}$$

$$0 \leq \alpha_i \leq S_i C, \quad i = 1, \dots, n \quad (21)$$

استخدمنا شرط Mercer من العلاقة (12) لحساب النواة $K(x_i, x_j)$.

نقوم بإتباع خطوات الخوارزمية الأصلية لحساب أفضل w^r و b^r . بعد ضبط الوسطاء

w^r و b^r نحصل على أمثل سطح فائق يحقق:

$$w^r \Phi(x_i) + b^r = 0$$

نقوم بحساب الوسطاء w^r و b^r من أجل k صنف فنتتهي مرحلة تدريب الخوارزمية.

من أجل اختبار أي مدخل جديد نحسب قيمته في جميع الأسطح الفائقة وفي النهاية

ينتمي المدخل لصنف السطح الفائق الذي يعطي أكبر قيمة ممكنة بين الأسطح الفائقة

وتحسب كما يلي:

$$\arg \left(\max_r (w^r \Phi(x_i) + b^r) \right); r = 1, \dots, k \quad (22)$$

مثال عددي للخوارزمية المعدلة:

قمنا بأخذ مجموعة البيانات من (UCI Machine Learning Repository)

مستودع بيانات التعلم الآلي بجامعة كاليفورنيا في ايرفين [12]، حيث قسمنا المجموعة

إلى مجموعتين الأولى لمرحلة التدريب والثانية لمرحلة الاختبار.

أولاً: مرحلة التدريب:

يبين الجدول (1) بيانات تدريب الخوارزمية المؤلفة من 20 متجه دخل وكل متجه له 4 مساقط $x_i = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ ويمثل y_i الخرج (الصنف) $y_i \in \{+1, +2, +3\}$.

الجدول (1) مجموعة بيانات التدريب للخوارزمية المعدلة

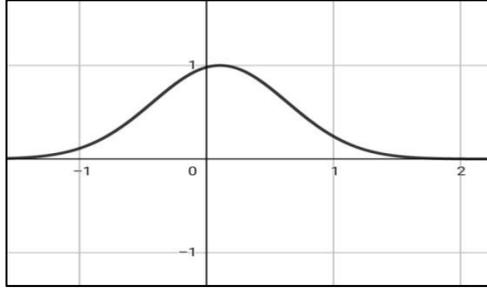
بيانات التدريب	x_1	x_2	x_3	x_4	y
1	1	1	2	3	+1
2	1	1	1	2	+1
3	1	1	1	3	+1
4	1	1	1	4	+1
5	1	1	1	5	+1
6	1	1	2	1	+1
7	1	1	2	2	+1
8	1	2	1	1	+2
9	1	5	1	1	+2
10	1	5	1	2	+2
11	1	5	1	3	+2
12	1	5	1	4	+2
13	1	5	2	1	+2
14	1	5	2	2	+2
15	1	2	1	2	+3
16	1	5	1	5	+3
17	2	1	2	1	+3
18	1	4	4	1	+3

19	1	4	1	4	+3
20	1	4	2	2	+3
21	1	3	3	1	+3

في البداية نقوم بإرجاع المجال من $[1,5]$ إلى $[-1,+1]$ باستخدام العلاقة (1). نعيين درجة انتماء المدخلات إلى الصنف الناتج وبما أنه لدينا ثلاثة أصناف بالتالي سنستخدم ثلاثة دوال انتماء $\mu: X \rightarrow [0,1]$.

(1) دالة الانتماء للصنف الأول وهي دالة غاوس كما يبين الشكل (4)، تعطى

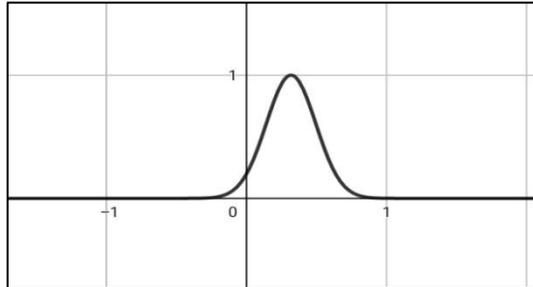
$$\mu = e^{-\left(\frac{x-0.1062}{-0.75}\right)^2} \quad \text{بالعلاقة:}$$



الشكل (4): دالة الانتماء الضبابي الغاوسية للصنف الأول.

(2) دالة الانتماء للصنف الثاني وهي دالة غاوس كما يبين الشكل (5)، تعطى

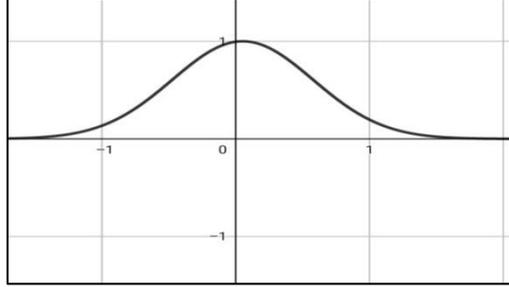
$$\mu = e^{-\left(\frac{x-0.3185}{0.25}\right)^2} \quad \text{بالعلاقة:}$$



الشكل (5): دالة الانتماء الضبابي الغاوسية للصنف الثاني.

(3) دالة الانتماء للصنف الثالث وهي دالة غاوس كما يبين الشكل (6)، تعطى

$$\mu = e^{-\left(\frac{x-0.05247}{-0.7428}\right)^2} \text{ بالعلاقة:}$$



الشكل (6): دالة الانتماء الضبابي الغاوسية للصنف الثالث.

نوجد حدوديات تقريب تشبيشيف من الدرجة الرابعة من العلاقة (3) للمدخلات،

فنحصل على مجموعة نقاط التدريب كما يلي:

$$(\Phi(x_1), y_1, S_1), (\Phi(x_2), y_2, S_2), \dots, (\Phi(x_n), y_n, S_n)$$

حيث $\Phi(x_i)$: ناتج تطبيق المدخل x_i في العلاقة (3).

$$y_i : \text{صنف المدخل } x_i ; i = 1, \dots, n$$

$$S_i : \text{مقدار الانتماء الضبابي للمدخل } x_i \text{ إلى الصنف } y_i ; i = 1, \dots, n$$

نقوم بحساب الوسطاء w^r, b^r من أجل كل صنف r حيث $r \in \{+1, +2, +3\}$

$$\text{وذلك لنوجد أمثل سطح فائق } w^r \cdot \Phi(x) + b^r = 0$$

نُشكّل تابع لاغرانج ونشتقه ونوجد المعادلات (18), (19), (20) حتى نصل

للمسألة التالية:

$$\max W^r(\alpha) = \sum_{i=1}^n \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(x_i, x_j)$$

حيث $K(x_i, x_j)$ نواة محسوبة من العلاقة (12).

نحتاج لبرنامج حاسوبي من أجل حل هذه المعادلة، لذلك قمنا باستخدام برنامج جافا.

الشكل (7) يبين إرجاع المجال من $[1,5]$ إلى $[-1, +1]$ لعينة من النقاط ومقدار

الانتماء الضبابي لصنفها الناتج.

Support Vector	label	alpha	fuzzy
[-1.0, -1.0, -0.5, 0.0]	1.0	1.0	[0.11355950142 , 0.113559501427 , 0.5203284644360027 , 0.9801491157]
[-1.0, -1.0, -1.0, -0.5]	1.0	1.0	[0.11355950142 , 0.113559501427 , 0.1135595014272237 , 0.5203284644360027]
[-1.0, -1.0, -1.0, 0.0]	1.0	1.0	[0.11355950142 , 0.113559501427 , 0.1135595014272237 , 0.9801491157146593]
[-1.0, -0.5, -1.0, -1.0]	2.0	1.0	[8.31890145055 , 2.211894669965 , 8.3189014505555 , 8.318901450555513E-13]
[-1.0, 1.0, -1.0, -1.0]	2.0	1.0	[8.31890145055 , 5.925495854105 , 8.31890145055551 , 8.318901450555513E-13]
[-1.0, 1.0, -1.0, -0.5]	2.0	1.0	[8.31890145055 , 5.925495854105 , 8.31890145055551 , 2.2118946699658903E-5]
[-1.0, -0.5, -1.0, -0.5]	3.0	1.0	[0.13431158136 , 0.575112793532 , 0.134311581364 , 0.5751127935325844]
[-1.0, 1.0, -1.0, 1.0]	3.0	1.0	[0.13431158136 , 0.196478053007 , 0.13431158136 , 0.19647805300724447]
[-0.5, -1.0, -0.5, -1.0]	3.0	1.0	[0.57511279353 , 0.134311581364 , 0.5751127935 , 0.1343115813647233]

الشكل (7): يبين إرجاع النقاط للمجال $[-1, +1]$ ومقدار الانتماء الضبابي لصفها الناتج في برنامج الجافا.

وحصلنا على أمثل w و b ، للصف الأول والثاني والثالث كما يلي:

w	b
$\langle -6.690476190, 95.547619048, -6.476190476, 7.357142857 \rangle$	1
$\langle -5.642857143, 11.214285714, 10.809523810, 18.500000000 \rangle$	1
$\langle -16.785714286, 49.214285714, 22.666666667, 6.452380952 \rangle$	1

ثانياً: مرحلة الاختبار:

بعد انتهاء مرحلة التدريب نتأكد من صحة عمل الخوارزمية باختبار بيانات جديدة من خلال الدالة (22). لنختبر مجموعة النقاط التالية:

- $\{\{1,1,3,3\}, \{+1\}\}$

نتائج الاختبار في البرنامج الحاسوبي هو:

```
> to classify new point x & y (or exit):
1 1 3 3
Array2DRowRealMatrix{{-1.0,-1.0,0.0,0.0}}
class : 1|fuzzy [0.11355950142722376 0.11355950142722376 0.9801491157146593 0.9801491157146593]
```

تبين النتائج أن الخوارزمية قامت بإرجاع النقطة إلى المجال $[-1, +1]$ وأن النقطة تنتمي للصنف $+1$ بالإضافة لقيمتها العضوية الضبابية.

- $\{\{1,4,2,1\}, \{+2\}\}$

نتائج الاختبار في البرنامج الحاسوبي هو:

```
> to classify new point x & y (or exit):
1 4 2 1
Array2DRowRealMatrix{{-1.0,0.5,-0.5,-1.0}}
class : 2|fuzzy [8.318901450555513E-13 0.5903285692842862 2.2118946699658903E-5 8.318901450555513E-13]
```

تبين النتائج أن الخوارزمية قامت بإرجاع النقطة إلى المجال $[-1, +1]$ وأن النقطة تنتمي للصنف $+2$ بالإضافة لقيمتها العضوية الضبابية.

- $\{\{4,3,3,4\}, \{+3\}\}$

نتائج الاختبار في البرنامج الحاسوبي هو:

```
> to classify new point x & y (or exit):
4 3 3 4
Array2DRowRealMatrix{{0.5,0.0,0.0,0.5}}
class : 3|fuzzy [0.6955899848889683 0.9950226832510499 0.9950226832510499 0.6955899848889683]
```

تبين النتائج أن الخوارزمية قامت بإرجاع النقطة إلى المجال $[-1, +1]$ وأن النقطة تنتمي للصنف $+3$ بالإضافة لقيمتها العضوية الضبابية.

6- النتائج ومناقشتها:

يوضح المثال السابق أن خوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية المعدلة سخّرت الخوارزمية الأصلية لحل كل مسألة من مسائل التصنيف الثلاثة وفي النهاية تم اختيار الانتماء لصنف المسألة التي تُعطي القيمة الأكبر، أي أن الخوارزمية المعدلة استطاعت تصنيف المدخلات لثلاثة أصناف أو أكثر. تبين النتائج مدى فعالية خوارزمتنا المعدلة، حيث كانت أشمل وأعم في التصنيف بالمقارنة مع الخوارزمية الأصلية التي تصنف المدخلات لصنفين فقط. وهكذا تكون الخوارزمية المعدلة قد حسنت من أداء خوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية ذات نواة تشبيشيف المتعامدة.

إن توسيع المجال المدروس من $[-1, +1]$ إلى $[a, b]$; $a, b \in \mathbb{R}$ أضاف إمكانية التعامل مع أي مجال مُعطى، وبالتالي ساهمت الخوارزمية المعدلة بتحسين أداء الخوارزمية الأصلية بشكل واضح، وحلت بعض مشاكل الخوارزمية الأصلية على نحو فعال بإعطاء نتائج أكثر واقعية وأكثر فعالية.

7- الاستنتاجات والتوصيات:

قدمنا في هذا البحث تحسناً لخوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية ذات نواة تشييفيشيف المتعامدة. تمكنا أيضاً من توسيع المجال من $[-1, +1]$ إلى أي مجال مُعطى $[a, b]$. قمنا بتعميم التصنيف في خوارزمية متجه الدعم الآلي الضبابية ذات نواة تشييفيشيف لتصنف المدخلات إلى ثلاث أصناف أو أكثر بدلاً من التصنيف لصنفين فقط. كانت نتائج خوارزمتنا المعدلة أكثر واقعية وتطبيقها أكثر فعالية واستطاعت أن تزيل عائق المجال المحدود وتحل مسائل أشمل وأعم من الخوارزمية الأصلية. بالإمكان العمل مستقبلاً بتحسين الخوارزمية المعدلة باستخدام الأنظمة الموزعة لتقسيم المسائل المتعددة وحلها بكلفة أقل أو تشكيل نواة مركبة مع نواة تشييفيشيف للتعامل مع طبيعة جديدة وسلوك جديد للنقاط والاستفادة من هذا التعديل.

8- المراجع:

- [1] MATIT. B, 2014- Numerical Analysis (2). Damascus: Syria .Damascus University Publications, Faculty of Science. (in Arabic)
- [2] FU LIN. C, DE WANG. S, 2002- Fuzzy Support Vector Machines. IEEE Transactions on neural networks, 13(2),464-471.
- [3] WESTON. J, WATKINS. C, 1998- Multi-Class Support Vector Machines. Technical Report CSD-TR-98-04, Department of Computer Science, Royal Holloway, University of London.
- [4] MOGHADDAM. VH, HAMIDZADEH. J, 2016- New Hermite Orthogonal Polynomial Kernel And Combined Kernel In Support Vector Machine Classifier. Pattern Recognition, 60 ,921-935.
- [5] ABE. S, INOUE. T, 2002- Fuzzy Support Vector Machines For Multiclass Problems. ESANN, 113-118.
- [6] FRANC. V, HLAVAC. V, 2002- Multi-Class Support Vector Machine. Object recognition supported by user interaction for service robots, 2, 236-239.
- [7] WANG. Z, XUE. X, 2014- Multi-Class Support Vector Machine. Support Vector Machines Applications, 23-48.
- [8] DON. R, PRASANNA W. D, 2018- Multiclass Classification Using Support Vector Machines. Electronic Theses and Dissertation, 1845.
- [9] GEORGE J. KLIR, Bo. YUAN, 2008- Fuzzy Sets And Fuzzy Logic Theory And Applications. ISSN 0-13-101171-5.

- [10] AI-KAMHA. R, QADOURA. M, 2021- Fuzzification Of A Support Vector Machine Algorithm With Kernel Chebyshev Orthogonal. Journal of albaath University for Applied Sciences, 43.
- [11] JAFARZADEH. SZ, AMINIAN. M, EFATTI. S, 2013- A Set of New Kernel Function For Support Vector Machines: An Approach Based On Chebyshev Polynomials. ICCKE 2013, 412-416.
- [12] DUA. D, GRAFF. C, 2019- UCI Machine Learning Repository. From [<http://archive.ics.uci.edu/ml>]. Irvine, CA: University Of California, School Of Information and Computer Science.
- [13] RAKOTOMALALA. R, 2017- SVM Support Vector Machine. Supervised Learning-Classification, 2, 48.
- [14] YE. N, SUN. R, LIU. Y, CAO. L, 2006- Support Vector Machine With Orthogonal Chebyshev Kernel. 18th International Conference on Pattern Recognition, (ICPR'06)2, 752-755.

اصطناع الجملة الثنائية $CdO-Cr_2O_3$ بطريقة الترسيب المشترك ودراسة خصائصها البنيوية

^a ياره بركات

^b أ.د.ابراهيم اسعد إسماعيل

ملخص البحث:

تم في هذا العمل اصطناع الجملة الثنائية $CdCr_2O_4$ بطريقة الترسيب المشترك وتم تحديد درجة حرارة الاصطناع $800^\circ C$ وبعد التأكد من تمام الاصطناع بواسطة تقنية انعراج الأشعة السينية. حسبت قرائن ميللر (hkl) للمركب الناتج وتبين أن المركب يتبلور وفق نمط السباينل ذو البنية البلورية المكعبية وكان ثابت الشبكة البلورية ($a = 8.5747 \text{ \AA}$) ويتمتع بمجموعة التناظر الفراغية $Fd3m$ وله عدد الصيغ في الخلية البلورية الواحدة $Z=8$. وتؤكد مطيافية تحت الأحمر FT-IR الحصول على المركب المطلوب من خلال القمم العائدة لاهتزازات الروابط $Cr-O$, $Cd-O$. كما تم دراسة السلوك الحراري للمركب وتبين وجود أربعة قمم حرارية ماصة للحرارة آخرها عند الدرجة $514.3^\circ C$ التي تدل على بداية تشكل المركب.

كلمات مفتاحية: كروميت الكادميوم، البنية البلورية، الترسيب المشترك، الاكاسيد المختلطة.

a : طالبة دكتوراه - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة البعث - حمص - سوريا .

b : أستاذ دكتور في قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة البعث - حمص - سوريا .

Synthesis of system CdO-Cr₂O₃ by a co-precipitation method and study its structural characteristics

^aYara barakat

^bD.Ibraheem Ismaeel**

Abstract

In this research, the compound (CdCr₂O₄) was synthesized by a co-precipitation method. The synthesized samples were characterized using X-ray powder diffraction technology (XRD). The temperature of synthesis was 800°C. Muller indexes (hkl) were calculated for the production, It was found that the compound prepared by the Sol-Gel method crystallizes according to the natural pattern of spinel crystallization, which crystallizes according to the cubic crystal structure and the crystal cell constant ($a = 8.5747 \text{ \AA}$) with the space group of symmetry Fd3m, Z=8. The IR spectroscopy encourage our results during the bonding vibrations of Cd-O, Cr-O. The thermal characteristic shows one endothermic effects and exothermic effects. The last one 514.3°C explain formation of the compound .

Key words: crystal structure, Cadmium Chromite, mixed oxides, co-precipitation method.

a) PHD student: Department of chemistry-Faculty of science-Albaath university-Homs Syria.

b) professor of inorganic chemistry, Department of chemistry-Faculty of science- Al-baath university Homs-Syria.

1- مقدمة:

تعتبر طرائق تأمين امدادات الطاقة النظيفة والموثوق بها من اهم الطرائق التي اهتم بها العلماء والباحثين في القرن 21 وذلك لاهميتها الكبيرة في حياتنا اليومية والبيئية و الاقتصادية وكذلك على صحة الانسان وبالرغم من ان مصادر الطاقة الحالية تلبى احتياجاتنا من الطاقة في المستقبل القريب الا انها تحتاج الى كلفة هائلة وتبعث غازات مضره بالصحة وهي مصادر ناضبة وبالتالي فإن النقص الشديد في مصادر هذه الطاقة دفع العلماء والمهندسين لايجاد تقنيات جديدة تعتمد على الطاقة المستدامة والنظيفة وذات كفاءة عالية .

تعتبر اكاسيد المعادن النقية واكاسيد المعادن المختلطة واحدة من اهم الفئات المستخدمة كمصدر لطاقة البديلة ، ونظرا لأهمية هذه الاكاسيد رأينا ان نهتم في بحثنا هذا بدراسة اصطناع هذه الاكاسيد ودراسة خصائصها البنيوية والتطبيقية ودراسة تأثير درجات الحرارة على عملية الاصطناع. وسنلقي الضوء في هذه الدراسة على الاكاسيد المختلطة من النمط السباينل في التبلور ذات الصيغة (AB_2O_4) والتي لاقت اهتماماً كبيراً في مجال التطبيقات المتنوعة لما لها من خصائص فيزيائية وكيميائية جيدة حيث تتمتع هذه الاكاسيد بثباتها الحراري العالي ومقاومتها للتآكل ونشاطها التحفيزي وخصائصها المغناطيسية المميزه [1,2,3].

على سبيل المثال تستخدم الاكاسيد (LiO_2-ZnO_2) كبطاريات قابلة للشحن ويستخدم الاكسيد (SnO_2) في صناعة الخلايا الشمسية [4] وتستخدم الاكاسيد $(MnCr_2O_4)$ $(NiCr_2O_4, CoCr_2O_4)$ كمحفزات للتخلص من ملوثات مياه الصرف الصحي عن طريق تفكك المواد العضوية الموجوده فيها، ويستخدم الاكسيد $(ZnCr_2O_4)$ كمحفز لتوليد الديزل الحيوي والتخلص من الميثان في محركات أجهزة الاستشعار، ويستخدم

الاكسيد (CuCr₂O₄) كمحفز للاكسدة التامة لأكسيد CO وزيادة معدل احتراق الوقود في الصواريخ الصلبة [5]. اما أكسيد كروميت الكاديوم ذو الصيغة CdCr₂O₄ له تطبيقات متعددة مثل اشباه النواقل وأجهزة الاستشعار عن بعد وهناك الكثير من الأبحاث اهتمت بدراسة خصائصه المغناطيسية [6,7,8,9,10].

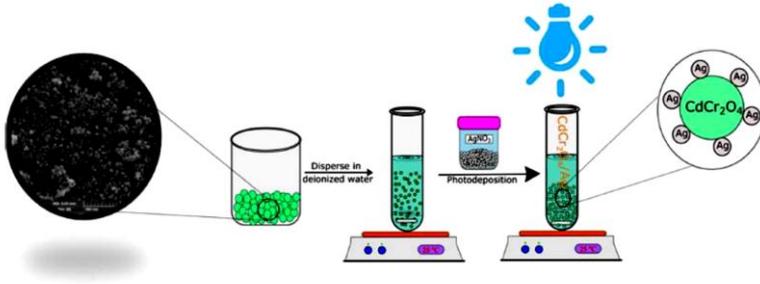
1- دراسة البنية البلورية لأكسيد كروميت الكادميوم :

ان أكسيد كروميت الكادميوم ينتمي الى نمط السباينل في التبلور الذي يتبلور وفق البنية البلورية المكعبة حيث تشغل الايونات Cd^{2+} مواقع رباعي الوجوه وأيونات Cr^{3+} مواقع ثماني الوجوه وقد ذكرت معظم المراجع ان ثابت الشبكة البلورية يقع ضمن المجال $a=8-8.7A$ ° وله مجموعة تناظر فراغية $Fd3m$ وعدد الصيغ في الخلية البلورية الواحدة $Z=8$ [11,12].

2- الدراسة المرجعية :

في احد المقالات المرجعية تم اصطناع الاكسيد المختلط $CdCr_2O_4$ و $Ag/CdCr_2O_4$ بالطريقة الهيدروحرارية للحصول على بلورات نانوية. بداية تم تحضير $CdCr_2O_4$ وذلك باخذ $2mmol$ من $Cd(NO_3)_2$ و $2mmol$ من $CrCl_3$ وتم حلها في $50ml$ من الماء المقطر ثم أضيف بالتنقيط عامل الترسيب $[(N(ET)_3, TETA)]$ الى المحلول المائي ووضع الخليط بالمجففة لمدة 11 ساعة عند الدرجة $180\text{ }^\circ C$ وبعدها تم غسل الراسب وتجفيفه وتكليسها لدرجة $800\text{ }^\circ C$ لمدة 3 ساعات.

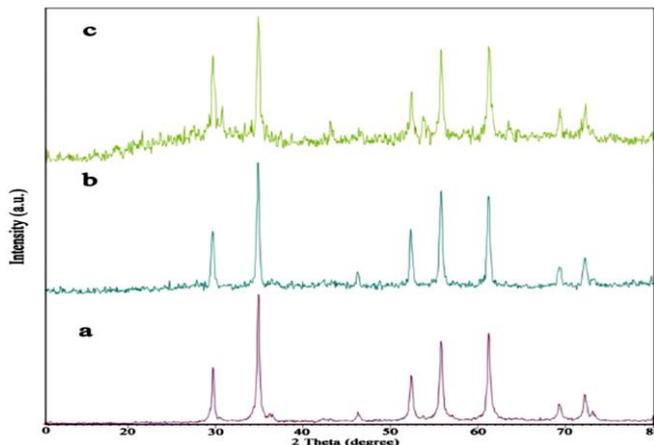
بعد ذلك تم تحضير المركب $Ag/CdCr_2O_4$ باذابة نترات الفضة في $50ml$ من الماء المقطر لنحصل على محلول تركيزه $0.1mM$ وأضيف اليه $0.1g$ من $CdCr_2O_4$ المحضر مسبقا ووضع المزيج في حمام مائي يعمل لمدة 30 دقيقة ومن ثم وضع المزيج في أنبوب من الكوارتز وتعريضه للاشعة فوق البنفسجية لمدة 3 ساعات وبعدها تم ترشيح الراسب وغسله



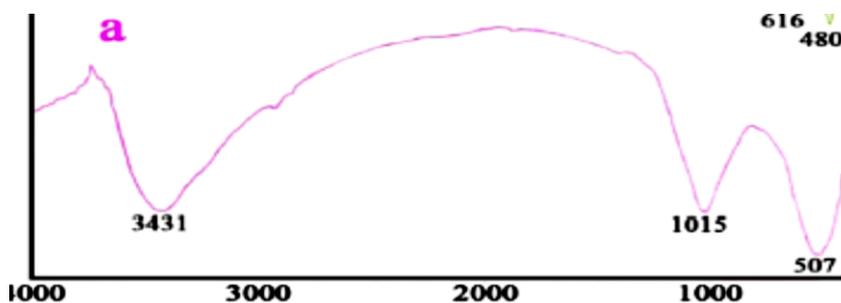
بعد ذلك تم دراسة النشاط التحفيزي للاكسيدين بواسطة مقدرته على تحليل الملوثات التالية (الرودامين B ، ازرق الميتلين ، الموركسيد) الموجوده بالماء بوجود الاشعة فوق البنفسجية حيث حُضِر المحلول الملوث بتركيز 10mg/l واخذ منه 50ml وأضيف ب 0.05g من المحفز حيث تم اجراء الاختبار في أنبوب قطره 6cm مصنوع من زجاج يسمح فقط بمرور ضوء من رتبة 420nm وكان المصباح الضوئي بقوة A400WXe وبعد 10 دقائق تم اخذ 5ml من المعلق وتم قياس الطيف الضوئي للاشعة فوق البنفسجية وتم حساب معدل التحلل من خلال تغير الكثافة

$$\frac{C_0 - c}{C_0} \cdot 100$$

تم توصيف المركب الناتج باستخدام تقنية انعراج الأشعة السينية XRD وبيين الشكل التالي النتائج التي تم الحصول عليها [13]:

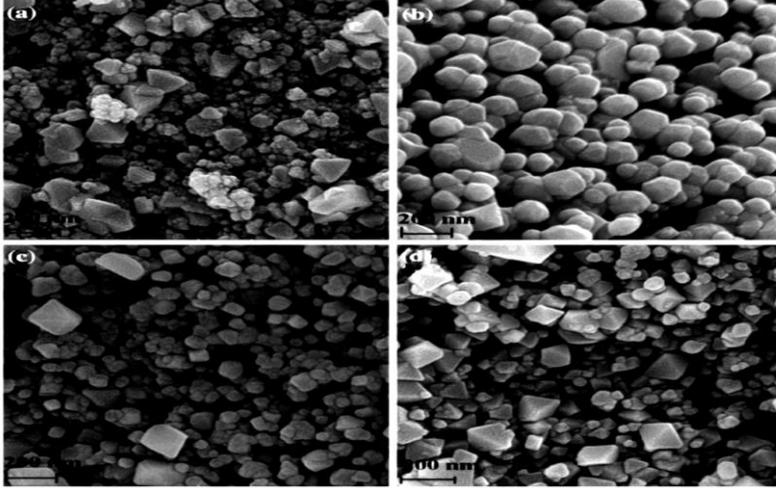


الشكل (1) مخطط انعراج الاشعة السينية للمركب $CdCr_2O_4$ المرمد عند درجات حرارة مختلفة



الشكل (2) مطيافية الأشعة تحت الحمراء للمركب $CdCr_2O_4$ المرمد عند الدرجة $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ وفي عام 2016 تم دراسة تأثير تغير عامل الترسيب وقيمة ال pH ودرجة حرارة التفاعل وعامل التثبيت على اصطناع أكسيد كروميت الكادميوم $CdCr_2O_4$ ، حيث تم تصنيع هذا الاكسيد بطريقة الترسيب المشترك عن طريق حل 0.005 mol من $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ و 0.01 mol من $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ بـ 25 ml من الماء المقطر وبعدها اضيف المحلول الناتج قطره قطره الى 50 ml من محلول هيدروكسيد الصوديوم مع التحريك المستمر والتسخين عند الدرجة $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ بعدها تم غسل الراسب بالايثانول وترميده لدرجة $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ لمدة 3 ساعات وقد حضرت عدة عينات بنفس الخطوات مع تغير شروط التفاعل وتغير عامل التثبيت.

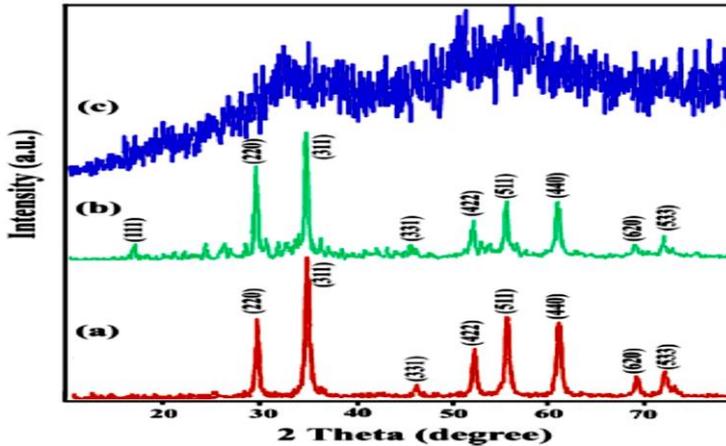
فعند تغيير عامل الترسيب $NH_3, NaOH$ ، ثنائي امين ايتلين (EDA)، دي امين البروبان (DAP) لوحظ تشكل البلورات بشكل مختلف وبينها الشكل التالي:



الشكل (3) صور المجهر الماسح الالكتروني للمركب $CdCr_2O_4$ المحضر باستخدام عوامل ترسيب مختلفة (a) NH_3 , (b)EDP, (c)DAP (d)NaOH

حيث نلاحظ عند استخدام عوامل ترسيب ثنائية القطب مثل EDA, DAP يمكن أن تحمي نوى البلورات المتشكلة من تكوين تجمعات بلورية متكتلة.

وبعدھا تم القيام بدراسة العينات بجهاز انعراج الاشعة السينية XRD [14].



الشكل (4) مخطط انعراج الاشعة السينية للمركب $CdCr_2O_4$

وفي احد المقالات المرجعية تم اصطناع أكسيد كروميت الكاديوم بطريقة الاصطناع الصلب حيث تم طحن كميات متكافئة من الاكسيدين CdO و Cr_2O_3 بوجود كمية من الاسيتون وبعدها رمدت العينة عند الدرجة 1100 ° لمدة ثلاثة أيام [15]

3- أهمية البحث واهدافه :

نظراً للدراسات المرجعية السابقة تم التوصل إلى أن تحضير أكاسيد كروميت الكاديوم بيدي أهمية كبيرة في المجالات التطبيقية مثل الخلايا الشمسية والحفازات الضوئية ويهدف البحث الى

- تحضير الجملة الثنائية : $CdO-Cr_2O_3$ بطريقة الترسيب المشترك ودراسة تأثير درجة الحرارة على عملية الاصطناع
- دراسة البنية البلورية للمركب الناتج بواسطة جهاز الاشعة السينية.
- تحليل العينات الناتجة بمطيافية FT-IR, DTA .

4- القسم العملي:

4-1- المواد اللازمة لاجراء البحث:

استخدمت مواد عالية النقاوة من :

الجدول (1) بعض الخصائص الفيزيائية للمواد الأولية المستخدمة بالاصطناع

اسم المركب	صيغة المركب	الكتلة الجزيئية g/mol	النقاوة %	الكثافة g/cm ³	الشركة
كبريتات الكاديوم المائية	$3CdSO_4 \cdot 8H_2O$	769.52	98.0%	3.08	Sigma-Aldrich
كلوريد الكروم المائي	$CrCl_3 \cdot 6H_2O$	266.45	96%	1.760	Sigma-Aldrich
هيدروكسيد الصوديوم	NaOH	40.0	98%	2.13	Sigma-Aldrich

4-2- التجهيزات والمواد الكيميائية المستخدمة:

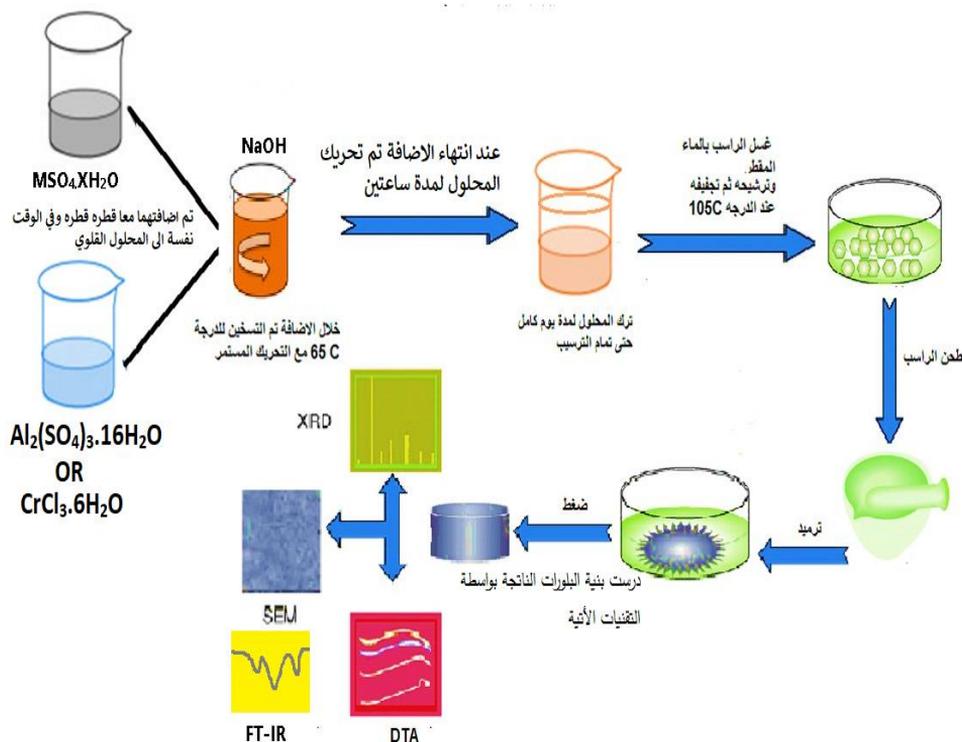
- ميزان تحليلي بدقة تصل إلى (0.0001 gr).
- مرمدة لحرق العينات وهي من نوع (Carbolite) يصل مجالها حتى الدرجة (1100 °C).
- مجفف لتجفيف العينات وهو من ماركة (memmert).
- جهاز انعراج الأشعة السينية للمساحيق X-Ray Powder Diffractometer من طراز Philips-PW-1840 والمجهز بعنصر الكوبالت كمصدر للأشعة (CoK α) في جامعة البعث كلية العلوم .
- جهاز التحليل الحراري التفاضلي لدراسة السلوك الحراري للعينات Differential Thermal Analysis (DTA) من نوع Chimadzu في جامعة حلب
- جهاز طيف ما تحت الأحمر IR-Spectrometer من نوع Jasco-FT/IR-4100 في جامعة البعث.
- أدوات زجاجية مختلفة.
- هاون عقيق لطحن العينات للحصول على مسحوق ناعم قدر الإمكان.
- بوتقات خزفية تتحمل درجات حرارة عالية حتى (1100 °C).

4-3- طريقة العمل

طريقة الترسيب المشترك :

في بحثنا هذا اعتمدنا طريقة الترسيب المشترك بغية الحصول على المركب المطلوب للبحث، كون هذه الطريقة تتميز بإعطائها مزيجا متجانسا وتحتاج لدرجات حرارة منخفضة

المخطط التالي يلخص خطوات العمل



الشكل (5) مخطط يوضح خطوات اصطناع الجملة الثنائية $CdCr_2O_4$

أولاً : تم حساب النسبة الاستكيومترية للاملاح المستخدمة من المعادله التالية



من المعادلة السابقة نستنتج ان النسبة الاستكيومترية للملحين $CrCl_3 \cdot 6H_2O / CdSO_4 \cdot 8H_2O$

هي 2:1 على التالي

ثانياً : تم حساب أوزان المواد الأولية المستخدمة بالاصطناع وذلك انطلاقاً من الأوزان المولية للمواد الأولية مع مراعاة النسبة الاستكيومترية لكل ملح وتحضير محاليلها المائية والجدول التالي يبين أوزان المواد الأولية المستخدمة والمحسوبة بدقة بعد تصحيح النقاوة لكل مركب وفق المعادلات السابقة ويبين أيضاً حجم الماء المقطر المضاف لتحضير المحاليل وفق التراكيز المذكورة.

الجدول (2) أوزان المواد الأولية المستخدمة في الاصطناع

	الأملاح المستخدمة	
	CrCl ₃ .6H ₂ O	CdSO ₄ .8H ₂ O
تركيز المحلول الملحي المحضر	0.2M	0.1M
نقاوة المركب المستخدم بالنسبة المئوية	96%	98%
كتلة الملح بعد تصحيح النقاوة (gr)	5.5510	2.6174
حجم الماء المقطر المضاف (ml)	100	100

ثالثاً: تم تحضير محلول المادة المرسيه NaOH وذات التركيز 0.8M وذلك عن طريق حل 3.2989g من هيدروكسيد الصوديوم ب 100ml من الماء المقطر .
رابعاً: تم تسخين محاليل الاملاح حتى الدرجة 65°C وتم تثبيت هذه الدرجة طوال فترة الاصطناع

خامساً: تم إضافة كل من محلول كلوريد الكروم و محلول كبريتات الكاديوم الثنائي معا قطره قطره وبالوقت نفسه الى محلول هيدروكسيد الصوديوم مع التحريك المستمر والسريع والتسخين لدرجة 65 °C . فكان لون الراسب الناتج عند تشكيل الجملة اخضر CdCr₂O₄

خامساً: عند الانتهاء من اضافة كامل المحلولين تم ترك المحلول معرضاً للتسخين عند الدرجة 65°C مع التحريك السريع لمدة ساعتين ، للحصول على أكبر نسبة من التجانس، و بعدها ترك المزيج ليستقر وإتمام الترسيب لمدة يوم كامل في درجة حرارة الغرفة.

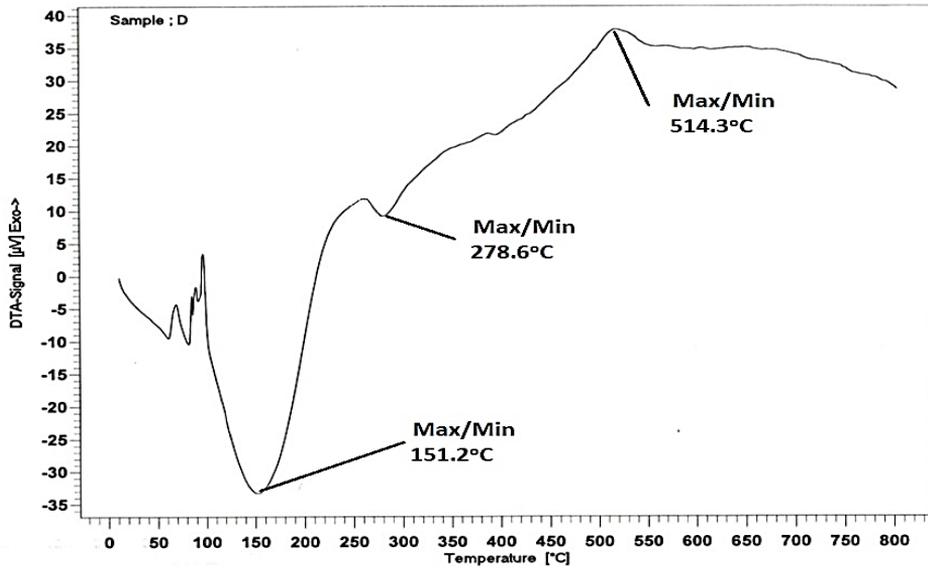
سادساً: تم ترشيح الراسب الناتج ، وغسله عدة مرات بالماء المقطر ، وذلك للتخلص من شوارد الكلور والكبريتات الفائضة ، و تجفيفه لمدة ساعتين عند الدرجة 105°C .
سابعاً :بعد التجفيف عملنا على ضغط العينات على شكل أقراص بأبعاد (قطر 5mm وسماكة 2mm) وذلك بواسطة آلة لضغط العينات .
بعد هذه الخطوة تم وضع العينات في بوتقات خزفية تتحمل درجات حراره حوالي 1100°C وذلك بمعدل ثلاث اقراص في كل بوتقة ، وبعدها تم حرق العينات بدرجات حرارة مختلفة ابتداء من الدرجة 200°C حتى الدرجة 1100°C وذلك اعتمادا على المراجع ، لمدة زمنية تتراوح من 6-10 ساعات ، وبعدها تمت معرفة الدرجة الأفضل للاصطناع عن طريق الحصول على مخططات انعراج الأشعة السينية للعينات ومن ثم تم دراسة خصائص المركب الناتج بالطرائق التقنية الآتية IR, DTA, X-Ray .

5- النتائج والمناقشة:

5-1- دراسة السلوك الحراري للعينة CdO-Cr₂O₃ المحضرة بطريقة الترسيب المشترك باستخدام جهاز التحليل الحراري التفاضلي:

من الضروري جدا قبل البدء بترميد العينة المحضرة القيام بدراسة السلوك الحراري للمركب وذلك بواسطة جهاز التحليل الحراري التفاضلي حيث تعطي دراسة المركب بهذه التقنية فكرة عن السلوك الحراري للمركب من خلال اظهار قمم تبين نوع التغيرات التي تخضع لها هذه المادة حيث تستند هذه التقنية على حقيقة أنه عندما يتم تسخين المركب فانه يخضع لتفاعلات وتغيرات كيميائية وفيزيائية التي تتطوي على تفاعلات ماصه و تفاعلات ناشره الحرارة.

والطيف التالي يوضح السلوك الحراري للعينة قبل ترميدها :



الشكل رقم (6) طيف DTA للعينة CdO-Cr₂O₃ المحضرة بطريقة الترسيب المشترك قبل الترميد

والجدول التالي يفسر امتصاصات طيف DTA لعينة من كروميت الكادميوم
الجدول (3) امتصاصات طيف DTA لعينة من كروميت الكادميوم $CdO-Cr_2O_3$ المحضرة بطريقة
الترسيب المشترك قبل الترميد

التفسير	نوعها	DTA Peak
نزع جزيئات الماء الفيزيائي	Endo	151.2 □
نزع جزيئات الماء الكيميائي	Endo	278.6 □
بداية تشكل الاكسيد $CdO-Cr_2O_3$	EXo	514.3 □

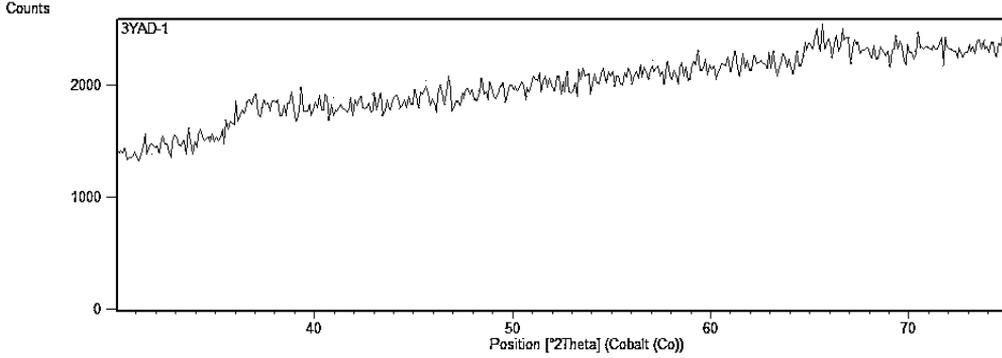
. وبذلك نتوقع ان المركب بدأ بتشكل عند الدرجة □ 514.3 تقريباً و ويبقى ثابت حتى
الدرجة □ 800 ولا ثبات النتائج ومعرفة معلومات اكثر نقوم بترميد العينة عند درجات
الحرارة مختلفة والقيام بالتحليل الطوري للعينات بالأشعة السينية .

5-2- التحليل الطوري للجملة الثنائية CdCr₂O₄ المحضره بطريقة

الترسيب المشترك باستخدام جهاز الاشعة السينية :

الشكل (7) يظهر مخطط انعراج الاشعة السينية للاصطناع غير المكتمل في الجملة

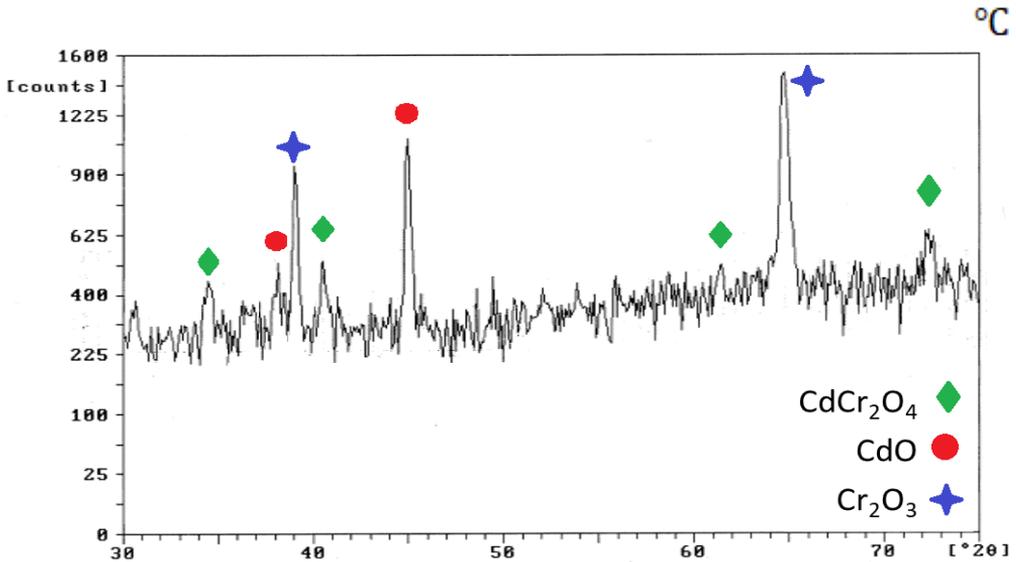
CdO-Cr₂O₃ عند الدرجة 200°C



الشكل (7) مخطط انعراج الاشعة السينية (المسحوب عند طول موجة CoK α =1.78896Å)

للعينة CdO-Cr₂O₃ المحضره بطريقة الترسيب المشترك عند الدرجة 200 °C

نلاحظ من المخطط ان جملة لم تتشكل عند هذه الدرجة فتم رفع درجة الحرارة للدرجة 600



الشكل (8) مخطط انعراج الاشعة السينية (المسحوب عند طول موجة CoK α =1.78896Å)

للعينة CdO-Cr₂O₃ المحضره بطريقة الترسيب المشترك عند الدرجة 600 °C

الجدول رقم (4) يوضح نتائج التحليل الطوري بواسطة الأشعة السينية لمخطط رقم (8)

حيث تم اعتماد البطاقات المرجعية التالية بتفسير النتائج :

البطاقة رقم PDF#38-1479 عائدة الى الأكسيد Cr_2O_3

البطاقة رقم PDF#05-0640 عائدة الى أكسيد CdO

البطاقة رقم PDF#17-0319 عائدة الى الاكسيد المختلط $CdCr_2O_4$

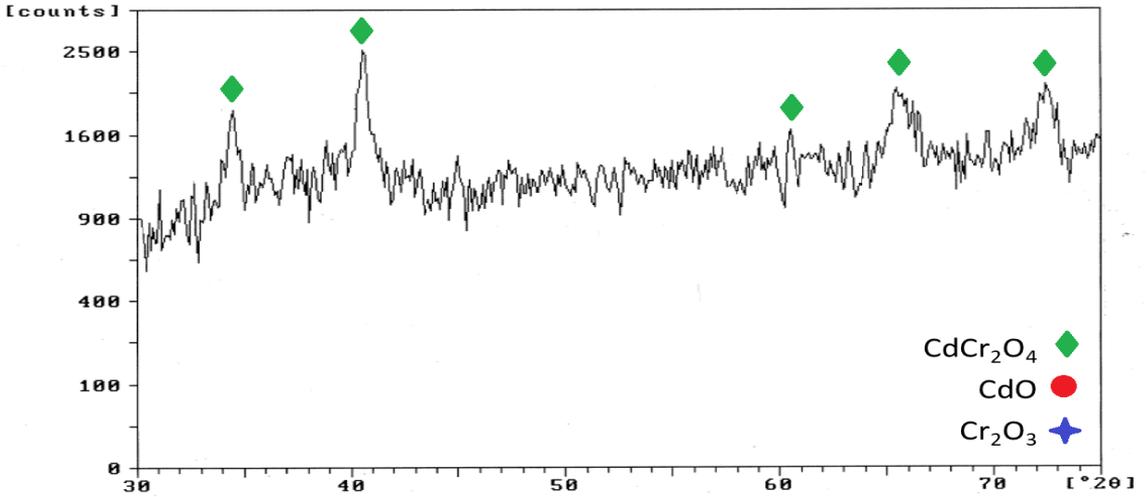
الجدول (4) قيم زوايا الانعراج للقمم الأعلى شدة في مخطط (X-Ray) للعينة $CdO-Cr_2O_3$ المحضرة بطريقة الترسيب المشترك عند الدرجة $600^\circ C$

الرقم	Peak	2θ المرجع	2θ المحضر	الشدة I/I ₀
1	$CdCr_2O_4$	34.7830	34.4102	20
2	CdO	38.5160	38.1540	20
3	Cr_2O_3	39.8000	39.0000	90
4	$CdCr_2O_4$	40.4240	40.5140	30
5	CdO	44.7660	44.9000	90
6	$CdCr_2O_4$	61.2850	61.2510	10
7	Cr_2O_3	64.6690	64.7000	100
8	$CdCr_2O_4$	72.4760	72.2140	30

نلاحظ من المخطط السابق ظهور قمم تعود للاكاسيد الأولية الداخلة بتركيب المركب المطلوب

وظهور قمم تعود للمركب المطلوب وبذلك نستنتج ان عند هذه الدرجة يبدأ المركب بالتشكل وكان هذا متوقع وذلك بناء على نتائج التحليل الحراري DTA وبعدها تم رفع درجة الحرارة الى $800^\circ C$

والشكل (9) يوضح مخطط انعراج الاشعة السينية للجلمة $CdO-Cr_2O_3$ عند الدرجة $800^\circ C$

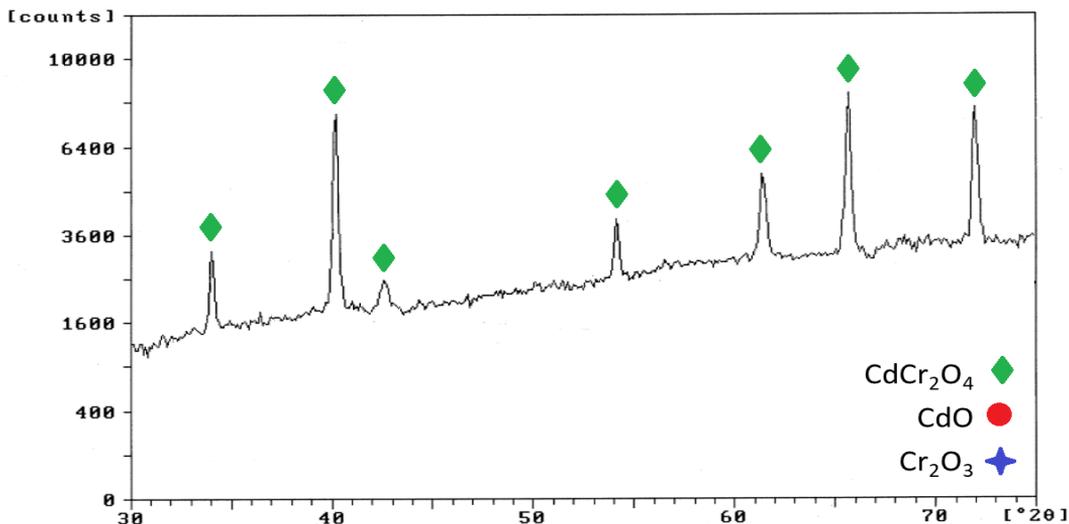


الشكل (9) مخطط انعراج الأشعة السينية (المسحوب عند طول موجة $(\text{CoK}\alpha=1.78896\text{\AA})$) للاكسيد المختلط CdCr₂O₄ المحضر بطريقة الترسيب المشترك عند الدرجة 800 °C

والجدول رقم (5) يوضح نتائج التحليل الطوري بواسطة الأشعة السينية لمخطط رقم (9) الجدول (5) قيم زوايا الانعراج والمسافات بين المستويات البلورية وقران ميلر للجلمة CdCr₂O₄ ذو البنية البلورية المكعبية المحضره بطريقة الترسيب المشترك عند الدرجة 800 °C

رقم القمة	Peak	2θ المرجع	2θ المحضر	الشدة I/I ₀	d (Å ^o)	1/d ²	hkl	a (Å ^o)
1	CdCr ₂ O ₄	34.2700	34.41	50	3.0239	0.1093	220	8.5529
2	CdCr ₂ O ₄	40.4240	40.51	100	2.5836	0.1498	311	8.5689
3	CdCr ₂ O ₄	61.2850	61.314	30	1.7541	0.3249	422	8.5936
4	CdCr ₂ O ₄	65.4760	65.5	40	1.6534	0.3657	511	8.5913
5	CdCr ₂ O ₄	72.1530	72.4	35	1.5144	0.4359	440	8.5670
a = 8.5747 Å ^o								
V = 630.4803 Å ³								

نلاحظ ظهور قمم تعود للمركب المطلوب وتطابق القمم الأعلى شدة في المخطط السابق مع القمم الأعلى شدة بالبطاقة المرجعية العائدة للجلمة CdCr₂O₄ وذلك دليل ان المركب عند هذه الدرجة تم اصطناعه بشكل تام ولدراسة مدى ثباتية المركب تم رفع درجة الحرارة الى 1100°C



الشكل (10) مخطط انعراج الاشعة السينية (المسحوب عند طول موجة 1.78896 \AA $\text{CoK}\alpha$) للاكسيد المختلط CdCr_2O_4 المحضر بطريقة الترسيب المشترك عند الدرجة 1100°C نلاحظ من المخطط السابق ان المركب بقي ثابت ولم يتفكك عند هذه الدرجة حيث نلاحظ بقاء ظهور القمم العائدة للمركب المطلوب بشكل واضح وازدياد عدد القمم وشدتها وحدتها مما يدل على تبلور الاكسيد بشكل جيد والجدول التالي يوضح قيم زوايا الانعراج لهذا المخطط وتفسيرها

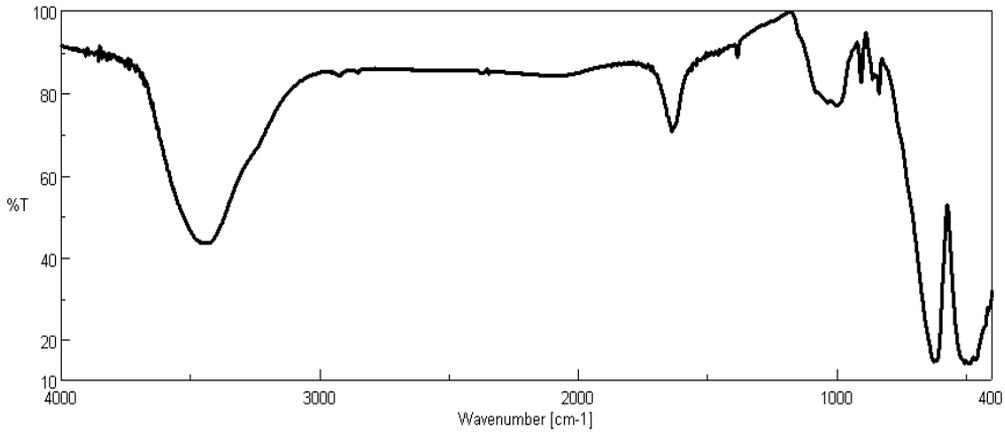
الجدول (6) قيم زوايا الانعراج والمسافات بين المستويات البلورية وقرانن ميلر للجملية CdCr_2O_4 ذو البنية البلورية المكعبية المحضر بطريقة الترسيب المشترك عند الدرجة 1100°C

رقم القمة	Peak	2θ المرجع	2θ المحضر	الشدّة I/I_0	d (A°)	$1/d^2$	hkl	a (A°)
1	CdCr_2O_4	34.2700	34.01	65	3.0584	0.1069	220	8.6505
2	CdCr_2O_4	40.4240	40.01	100	2.6145	0.1462	311	8.6715
3	CdCr_2O_4	42.2840	42.5	3.1	2.4678	0.1641	222	8.5489
4	CdCr_2O_4	53.9490	54.02	4	1.9695	0.2577	331	8.5849
5	CdCr_2O_4	61.2850	61.3	15.2	1.7545	0.3248	422	8.5954
6	CdCr_2O_4	65.4760	65.7	28	1.6489	0.3677	511	8.5681
7	CdCr_2O_4	34.2700	71.9	21	1.5235	0.4308	440	8.6185
$a = 8.6054 \text{ A}^\circ$								
$V = 637.2632 \text{ A}^{\circ 3}$								

ومما سبق نستنتج ان المركب بدأ بتشكل عند درجة الحرارة $550^{\circ}C$ واصبح طور واحد عند الدرجة $800^{\circ}C$ ونستدل على ذلك من تحول اللون من الأخضر المسود الى اللون الأخضر الساطع وبقي ثابت حتى الدرجة $1100^{\circ}C$ وذلك يتوافق مع نتائج تحليل ال DTA التي ذكرت سابقا

3-5- دراسة الاكسيد المختلط $CdCr_2O_4$ المحضر بطريقة الترسيب المشترك باستخدام طيف الأشعة تحت الحمراء:

ان الشكل رقم (11) يظهر طيف الأشعة تحت الحمراء لعينة كروميت الكادميوم التي تم حرقها عند الدرجة $800^{\circ}C$



الشكل (11) طيف الأشعة تحت الحمراء للاكسيد المختلط $CdCr_2O_4$ المحضر بطريقة الترسيب المشترك عند الدرجة $800^{\circ}C$

حيث يظهر الطيف أنه يوجد أربع قيم امتصاص، والجدول التالي يفسر النتائج.

الجدول (7) قيم الامتصاصات البارزة للاكسيد المختلط $CdCr_2O_4$ المحضر بطريقة الترسيب المشترك عند الدرجة $800^{\circ}C$

العدد الموجي cm^{-1}	نمط الاهتزاز
3435.56	اهتزاز امتطاط لرابطة O-H
1637.27	اهتزاز الحني لجزيئات الماء ضمن البنية البلورية
836.9-905.4-624.8	اهتزاز امتطاط لرابطة Cd-O
486.8	اهتزاز امتطاط لرابطة Cr-O

من خلال القمم العائدة لاهتزازات الروابط Cd-O, Cr-O الموجودة ضمن التنسيق البلوري CdO_4 , CrO_4 ، إنما تؤكد وجود المركب المطلوب وهو $CdCr_2O_4$

6- الخلاصة:

مما سبق يمكن أن نستنتج النتائج التالية:

- 1) تم اصطناع المركب $CdCr_2O_4$ بطريقة الترسيب المشترك وحددت درجة حرارة الاصطناع عند الدرجة $800^{\circ}C$.
- 2) تم التحكم بطريقة الاصطناع ومعرفة نتيجته باستخدام تقنية انعراج الأشعة السينية.
- 3) حسبت قرائن ميللر للمركب الناتج وتبين أن المركب يتبلور وفق نمط التبلور المكعبي للخلية الأساسية التي تتمتع بأبعاد ثابت الشبكة البلورية $a = 8.5747 \text{ \AA}$ وحجم $V = 630.4803 (\text{ \AA})^3$ ومجموعة تناظر فراغية $Fd3m$ و عدد الصيغ في الخلية البلورية الواحدة $Z=8$ وحده.
- 4) مخطط الطيف تحت الأحمر IR يؤكد الحصول على المركب المطلوب .
- 5) تمت دراسة السلوك الحراري للمركب وتبين وجود ثلاث آثار حرارية .

- 1- Gawande MB, Pandey RK, Jayaram RV. **Role of mixed metal oxides in catalysis science—versatile applications in organic synthesis.** Catalysis Science & Technology. 2012;2(6):1113-25.
- 2- Zakrzewska K. **Mixed oxides as gas sensors.** Thin solid films. 2001 Jul 16;391(2):229-38.
- 3- Hasin P, Koonsaeng N, Laobuthee A. **Nickel-aluminium complex: a simple and effective precursor for nickel aluminate (NiAl₂O₄) spinel.** Maejo International Journal of Science and Technology. 2008 Jan 1;2(1):140-9.
- 4- Yuan C, Wu HB, Xie Y, Lou XW. **Mixed transition-metal oxides: design, synthesis, and energy-related applications.** Angewandte Chemie International Edition. 2014 Feb 3;53(6):1488-504.
- 5- DURRANI, Shahid Khan, et al. **Hydrothermal synthesis and characterization of nanosized transition metal chromite spinels.** *Turkish Journal of Chemistry*, 2012, 36.1: 111-120.
- 6- Traversa, Gnappi.G, Montenero.A, Gusmano.G, **Ceramic Thin Films by Sol-Gel Processing as Novel Materials for Integrated Humidity Sensors, Sensors and Actuators B**, Vol. 31, No. 1-2, (1996), pp. 59-70.
- 7- SAWADA, Y., et al. **High-field optical spectroscopy of the chromium spinel CdCr₂O₄.** In: Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2014. p. 042028.
- 8- CHUNG, Jae-Ho, et al. **The Magnetic Phase Transition and Spin Fluctuations in the Geometrically Frustrated**

- Antiferromagnetic Spinel CdCr₂O₄: An Experiment Using the SPINS Triple-Axis Spectrometer.** 2007.
- 9- KOJIMA, E., et al. **Full-magnetization of geometrically frustrated CdCr₂O₄ determined by Faraday rotation measurements at magnetic fields up to 140 T.** Physical Review B, 2008, 77.21: 212408.
- 10- MATSUDA, Masaaki. **Magnetic structure of a frustrated antiferromagnetic spinel CdCr₂O₄ studied by spherical neutron polarimetry.** Physica B: Condensed Matter, 2007, 397.1-2: 7-10.
- 11- KIM, Jung-Hwa, et al. **Synchrotron x-ray study of lattice vibrations in CdCr₂O₄.** Journal of the Physical Society of Japan, 2011, 80.7: 073603.
- 12- BOLANDHEMAT, N.; RAHMANA, M.; SHUAIBUA, A. **Structural, Electronic and Magnetic Properties of Geometrically Frustrated Spinel CdCr₂O₄ from First-principles Based on Density Functional Theory.** J Material Sci Eng, 2016, 5.250: 2169-0022.1000250.
- 13- ABBASI, Ali, et al. **Normal spinel CdCr₂O₄ and CdCr₂O₄/Ag nanocomposite as novel photocatalysts, for degradation of water contaminates.** Separation and Purification Technology, 2018, 195: 37-49.
- 14- MOUSAVI, Zahra, et al. **Synthesis and characterization of hydrophilic and semiconductor cadmium chromite**

nanostructures. Journal of Electronic Materials, 2016, 45.11:
5739-5745.

- 15- ARÉVALO-LÓPEZ, Ángel M., et al. **Spinel to CaFe₂O₄ transformation: Mechanism and properties of β -CdCr₂O₄.** Inorganic chemistry, 2010, 49.6: 2827-2833.

المودولات الثنائية شبه المحلية

إيمان الخوجة¹ حمزة حاكمي² مجد فاخوري³

المخلص

يعد مفهوم الحلقة المحلية من المفاهيم الأساسية في نظرية الحلقات، حيث إن الحلقة تكون محلية إذا حوت مثالياً أعظماً واحداً فقط. لأجل ذلك تم نقل هذا المفهوم إلى المودولات الإسقاطية حيث نقول عن المودول الإسقاطي إنه محلي إذا حوى مودولاً جزئياً أعظماً واحداً فقط. في هذه الورقة العلمية سندرس المودول الثنائي شبه المحلي كتعميم لحلقة الإندومورفيزمات المحلية لمودول وكذلك المفهوم الثنائي له وهو المودول الثنائي شبه المحلي المرافق.

وقد أثبتنا أنه لأجل أي مودولين M, N فوق حلقة R فإن المودول الثنائي $[M, N]$ يكون شبه محلي عندما فقط عندما لأجل كل عنصر $\alpha \in [M, N]$ يحقق أن $Im(\alpha)$ ليس صغيراً في N فإن $Im(\alpha)$ حد مباشر في N . فضلاً عن ذلك، إذا كان المودول N شبه محلي، عندئذ فإنه لأجل أي مودول $M \in mod - R$ يكون المودول الثنائي $[M, N]$ شبه محلي وأن $\nabla[M, N] = [M, J(N)]$. وفي هذا السياق أثبتنا أنه إذا كان N هو e -مودول قابل للسحب ونصف إسقاطي فإن المودول N شبه محلي عندما فقط عندما الحلقة E_N شبه محلية يمينية رئيسية وإن $\nabla E_N = J(E_N)$.

الكلمات المفتاحية. الحلقات والمودولات شبه المحلية، المودولات القابلة للسحب ومرافقاتها، المودولات نصف الإسقاطية، المودولات نصف الأفقية.

رقم التصنيف العالمي للعام 2020: 16E50, 16E70, 16D40, 16D50.

¹ أستاذ مساعد قسم الرياضيات كلية العلوم جامعة البعث.

² أستاذ قسم الرياضيات كلية العلوم جامعة دمشق.

³ طالب دراسات عليا قسم الرياضيات كلية العلوم جامعة البعث.

QUASI-LOCAL Bi-MODULES

Eaman Al-Khouja¹ Hamza Hakmi² Magd Alfakhory³

Abstract

The concept of local ring is one of the essential concept in rings theory. Where a ring is local if it contains one maximal ideal only. For that it is extended to projective modules, so we call a projective module is local if it contains only one maximal submodule.

In this scientific paper we study the semi-local bi-module as a generalization for the local endomorphism ring of module. Also, its the dual concept, that is the dual semi-local of bi-module.

We prove that for any modules M, N over a ring R , the bi-module $[M, N]$ is semi-local if and only if for every element $\alpha \in [M, N]$ such that the submodule $Im(\alpha)$ is not small in N , $Im(\alpha)$ is a direct summand of N .

In addition to that, we prove that if N is semi-local, then for every module $M \in mod-R$, the bi-module $[M, N]$ is semi-local and $\nabla[M, N] = [M, J(N)]$.

Furthermore, in this paper, we prove that if N was e -retractable and semi-projective module, then the module is semi-local if and only if the ring endomorphism of N , E_N is principal right semi-local and $\nabla E_N = J(E_N)$.

Key Words: Quasi-local rings and modules, Retractable and co-retractable modules, Semi-projective modules, Semi-injective modules.

2020 Mathematical Subject Classification: 16E50, 16E70, 16D40, 16D50

¹ Professor, Department of Mathematics Al-Baath University.

² Professor, Department of Mathematics Damascus University.

³ Department of Mathematics Al-Baath University.

المقدمة.

يعد مفهوم الحلقة المحلية من المفاهيم الأساسية في نظرية الحلقات، حيث إن الحلقة تكون محلية إذا حوت مثالياً أعظماً واحداً فقط، [6]. لأجل ذلك تم نقل هذا المفهوم إلى المودولات الإسقاطية حيث نقول عن المودول الإسقاطي إنه محلي إذا حوى مودولاً جزئياً أعظماً واحداً فقط، [7].

في ورقة علمية سابقة درسنا المودولات شبه المحلية كتعميم للمودولات المحلية وفي هذه الورقة العلمية سندرس المودول الثنائي شبه المحلي وشبه المحلي المرافق. وقد أثبتنا أنه لأجل أي مودولين M, N فوق حلقة R فإن المودول الثنائي $[M, N]$ يكون شبه محلي عندما فقط عندما لأجل كل عنصر $\alpha \in [M, N]$ يحقق أن $Im(\alpha)$ ليس صغيراً في N فإن $Im(\alpha)$ حد مباشر في N . فضلاً عن ذلك، إذا كان المودول N شبه محلي، عندئذ فإنه لأجل أي مودول $M \in mod-R$ يكون المودول الثنائي $[M, N]$ شبه محلي وأن $\nabla[M, N] = [M, J(N)]$. وفي هذا السياق أثبتنا أنه إذا كان N هو e -مودول قابل للسحب ونصف إسقاطي فإن الشروط الآتية متكافئة:

- 1 - المودول N شبه محلي.
- 2 - لأجل أي مودول $M \in mod-R$ فإن المودول الثنائي $[M, N]$ شبه محلي.
- 3 - الحلقة E_N شبه محلية يمينية رئيسية وأن $\nabla E_N = J(E_N)$.

بعد ذلك قمنا بدراسة المودولات شبه المحلية المرافقة وقد أثبتنا أنه لأجل أي مودولين M, N فوق حلقة R فإن المودول الثنائي $[M, N]$ يكون شبه محلي مرافق عندما فقط عندما لأجل كل عنصر $\alpha \in [M, N]$ يحقق أن $Ker(\alpha)$ ليس كبيراً في M فإن $Ker(\alpha)$ حد مباشر في M . فضلاً عن ذلك، إذا كان المودول N شبه محلي مرافق، عندئذ فإنه لأجل أي مودول $N \in mod-R$ يكون المودول الثنائي $[M, N]$ شبه محلي مرافق وأن $\Delta[M, N] = J[M, N]$.

الهدف من البحث.

دراسة المودولات الثنائية شبه المحلية وشبه المحلية المرافقة وإيجاد العلاقة بينها وبين حلقة الإندومورفيزمات للمودولات شبه المحلية وشبه المحلية المرافقة.

1 - الدراسة المرجعية.

جميع الحلقات R التي سندرسها هي حلقات واحدة فيها $1 \neq 0$ والمودولات فوق هذه الحلقات هي مودولات يمينية وواحدية. حلقة التشاكلات لأي مودول M سنرمز لها E_M . ليكن M, N مودولين فوق حلقة R ، سنرمز $[M, N] = \text{hom}_R(M, N)$. إن المجموعة $[M, N]$ هي زمرة جمعية تبديلية [1]، وتشكل مودولاً يسارياً فوق الحلقة E_M وبمينياً فوق الحلقة E_N .

1-1. نقول عن المودول الجزئي A من المودول M إنه صغير في M إذا كان لأجل أي مودول جزئي آخر B في M يحقق $M = A + B$ ينتج أن $B = M$ ، [5].

2-1. نقول عن المودول الجزئي A إنه كبير في M ، إذا كان لأجل أي مودول جزئي آخر B في M يحقق $A \cap B = 0$ ينتج أن $B = 0$ ، [5].

3-1. نقول عن المودول M إنه $(-e)$ قابل للسحب إذا كان لأجل كل مودول جزئي مغاير للصفر N للمودول M يوجد تشاكل مودولات (غامر) $\alpha : M \rightarrow N$ بحيث $\alpha \neq 0$. بمعنى آخر، إذا كان لأجل كل مودول جزئي مغاير للصفر N للمودول M فإن المثالي اليميني $\text{Hom}_R(M, N) \neq 0$ ، [3].

4-1. نقول عن المودول M إنه قابل للسحب مرافق إذا كان لأجل كل مودول جزئي $N \neq M$ للمودول M يوجد تشاكل مودولات $\alpha : M \rightarrow M$ بحيث $\alpha \neq 0$ ويحقق $\alpha(N) = 0$. بمعنى آخر، إذا كان لأجل كل مودول جزئي $N \neq M$ للمودول M فإن المثالي اليساري $\ell_S(N) \neq 0$ ونرمز له أحياناً بالشكل $\text{Hom}_R(M/N, M) \neq 0$ ، [2].

5-1. لأجل أي مودولين M, N فإن:

- المجموعة $\nabla[M, N] = \{\alpha : \alpha \in [M, N]; \text{Im}(\alpha) \text{ is small in } N\}$ تشكل مودولاً جزئياً من المودول $[M, N]$ يسمى المودول الجزئي الشاذ، [4].

- المجموعة $\Delta[M, N] = \{\alpha : \alpha \in [M, N]; \text{Ker}(\alpha) \text{ is large in } M\}$ تشكل مودولاً جزئياً من المودول $[M, N]$ يسمى المودول الجزئي الشاذ الثنوي، [4].

6-1. نقول عن المودول N إنه M -نصف إسقاطي إذا حقق أحد الشرطين المتكافئين الآتيين:

$$1 - \text{لأجل كل } \alpha \in [M, N] \text{ فإن } \alpha[N, M] = [N, Im(\alpha)].$$

$$2 - \text{لأجل كل } \alpha \in [M, N] \text{ فإن:}$$

$$\alpha[N, M] = \{ f : f \in E_N; Im(f) \subseteq Im(\alpha) \}$$

ونقول عن المودول M إنه نصف إسقاطي إذا كان M -نصف إسقاطي، [3].

7-1. نقول عن المودول M إنه N -نصف أفقي إذا حقق أحد الشرطين المتكافئين الآتيين:

$$1 - \text{لأجل كل } \alpha \in [M, N] \text{ فإن } [N, M]\alpha = \ell_{E_M}(Ker(\alpha)).$$

$$2 - \text{لأجل كل } \alpha \in [M, N] \text{ فإن:}$$

$$[N, M]\alpha = \{ f : f \in E_M; Ker(\alpha) \subseteq Ker(f) \}$$

ونقول عن المودول M إنه نصف أفقي إذا كان N -نصف أفقي، [4].

8-1. تمهيدية. إذا كان M مودولاً نصف أفقي قابل للسحب مرافق وأن $S = End_R(M)$ ، وكان N مودولاً جزئياً كبيراً في M ، فعندئذ يكون المثالي اليساري $\ell_S(N)$ صغيراً في S ، [4].

2 - الدراسة البحثية.

المودولات شبه المحلية.

تعريف.

ليكن M, N مودولين فوق حلقة R . نقول عن المودول الثنائي $[M, N]$ إنه شبه محلي إذا كان لأجل كل $\alpha \in [M, N]$ بحيث $Im(\alpha)$ ليس صغيراً في N فإن $Im(\alpha)$ هو حد مباشر في N .

تمهيدية 2-1.

ليكن M, N مودولين فوق حلقة R . عندئذ الشرطان الآتيان متكافئان:

1 - المودول $[M, N]$ شبه محلي.

2 - لأجل كل $\alpha \in [M, N]$ بحيث $\alpha \notin \nabla[M, N]$ فإن $Im(\alpha)$ حد مباشر في N .
البرهان.

(1) \Leftrightarrow (2). ليكن $\alpha \in [M, N]$ بحيث $\alpha \notin \nabla[M, N]$ ، عندئذ فإن المودول الجزئي $Im(\alpha)$ ليس صغيراً في N وبحسب الفرض فإن $Im(\alpha)$ حد مباشر في N .
(2) \Leftrightarrow (1). ليكن $\alpha \in [M, N]$ بحيث إن $Im(\alpha)$ ليس صغيراً في N ، عندئذ فإن $\alpha \notin \nabla[M, N]$ وبحسب الفرض فإن $Im(\alpha)$ حد مباشر في N ، ومنه $[M, N]$ مودول شبه محلي.

تمهيدية 2-2.

ليكن M, N مودولين فوق حلقة R . إذا كان المودول $[M, N]$ شبه محلي، عندئذ لأجل أي حد مباشر A للمودول N فإن المودول الجزئي $[M, A]$ هو أيضاً شبه محلي.
البرهان.

لنفرض أن المودول $[M, N]$ شبه محلي وليكن A حد مباشر للمودول N ، عندئذ فإن $N = A \oplus B$ حيث B مودول جزئي في N . ليكن $\alpha \in [M, A]$ بحيث إن المودول الجزئي $Im(\alpha)$ ليس صغيراً في A ، لما كان $Im(\alpha) \subseteq A \subseteq N$ فإن $\alpha \in [M, N]$. لنبرهن على أن المودول الجزئي $Im(\alpha)$ ليس صغيراً في N . لنفرض جلاً أن $Im(\alpha)$ صغير في N . لما كان $Im(\alpha)$ ليس صغيراً في A فإنه يوجد في A مودول جزئي K بحيث $A = Im(\alpha) + K$ وأن $K \neq A$ ومنه فإن:

$$N = A \oplus B = (Im(\alpha) + K) \oplus B$$

ولكن وبحسب الفرض الجدلي فإن $Im(\alpha)$ صغير في N ومنه $N = K + B$ لما كان $K \subseteq A$ فإن $A \cap (K + B) = K + (A \cap B)$ ومنه $A \cap N = K$ وهذا غير ممكن. وبالتالي فإن المودول الجزئي $Im(\alpha)$ ليس صغيراً في N وبحسب الفرض فإن $Im(\alpha)$ حد مباشر في N ولما كان $Im(\alpha) \subseteq A$ نجد أن $Im(\alpha)$ حد مباشر في A . مما سبق نجد أن المودول الجزئي $[M, A]$ شبه محلي.

تمهيدية 2-3.

ليكن N مودولاً فوق حلقة R . إذا كان المودول N شبه محلي، عندئذ فإنه لأجل كل مودول $M \in \text{mod} - R$ يكون المودول الثنائي $[M, N]$ شبه محلي وأن:

$$\nabla[M, N] = [M, J(N)]$$

البرهان.

لنفرض أن المودول N شبه محلي وليكن $M \in \text{mod} - R$ وأن $\alpha \in [M, N]$ بحيث إن المودول الجزئي $Im(\alpha)$ ليس صغيراً في N وبحسب الفرض لما كان المودول N شبه محلي فإن $Im(\alpha)$ حد مباشر في N وبالتالي فإن المودول $[M, N]$ شبه محلي.

ليكن $\gamma \in \nabla[M, N]$ ، عندئذ $Im(\gamma)$ صغير في N ومنه $Im(\gamma) \subseteq J(N)$ وبالتالي نجد أن $\nabla[M, N] \subseteq [M, J(N)]$.

ليكن $\lambda \in [M, J(N)]$ ، عندئذ $Im(\lambda) \subseteq J(N)$ ولما كان المودول N شبه محلي فإن المودول الجزئي $J(N)$ صغير في N ومنه فإن المودول الجزئي $Im(\lambda)$ صغير في N وبالتالي فإن $\lambda \in \nabla[M, N]$ ومنه فإن $[M, J(N)] \subseteq \nabla[M, N]$. مما سبق نجد أن $\nabla[M, N] = [M, J(N)]$.

مبرهنة 2-4.

ليكن M, N مودولين فوق حلقة R وأن المودول N هو M -نصف إسقاطي. إذا كان المودول N شبه محلي، عندئذ يكون $J[M, N] = \nabla[M, N] = [M, J(N)]$.

البرهان.

لنفرض أن المودول N شبه محلي، عندئذ بحسب المبرهنة (2-3) فإن:

$$\nabla[M, N] = [M, J(N)]$$

لنبرهن الآن على أن $J[M, N] = [M, J(N)]$. ليكن $\alpha \in J[M, N]$ ولنفرض جدلاً أن $\alpha \notin [M, J(N)]$ ، عندئذ $Im(\alpha) \not\subseteq J(N)$ وبالتالي فإن المودول الجزئي $Im(\alpha)$ ليس صغيراً في N ، ولما كان المودول N شبه محلي فإن $Im(\alpha)$ حد مباشر في N وبالتالي يوجد عنصر جامد مغاير للصفر $e \in E_N$ بحيث إن $Im(\alpha) = Im(e)$ ولما كان المودول N هو M -نصف إسقاطي نجد أن $e \in \alpha[N, M] \subseteq J(E_N)$ وهذا يبين

أن $J[M, N] \subseteq [M, J(N)]$. ليكن $\alpha \in [M, J(N)]$ ، عندئذ فإن $\alpha \in \nabla[M, N]$ ومنه فإن المودول الجزئي $Im(\alpha)$ صغير في N ، ولما كان لأجل كل $\beta \in [N, M]$ فإن $1_N = \alpha\beta + (1_N - \alpha\beta)$ نجد أن:

$$N = Im(\alpha\beta) + Im(1_N - \alpha\beta) \subseteq Im(\alpha) + Im(1_N - \alpha\beta) \subseteq N$$

وبالتالي يكون $N = Im(\alpha) + Im(1_N - \alpha\beta)$ ولما كان $Im(\alpha)$ صغيراً في N نجد أن $N = Im(1_N - \alpha\beta)$ ولما كان:

$$Im(\alpha - \alpha\beta\alpha) = Im(\alpha) \cap Im(1_N - \alpha\beta) = Im(\alpha) \cap N = Im(\alpha)$$

ولكون المودول N هو M -نصف إسقاطي نجد أن:

$$\alpha[N, M] = [N, Im(\alpha)] = [N, Im(\alpha - \alpha\beta\alpha)] = (\alpha - \alpha\beta\alpha)[N, M]$$

ولما كان $(\alpha - \alpha\beta\alpha)[N, M] = \alpha[N, M] \cap (1_N - \alpha\beta)E_N$ نجد أن:

$$\alpha[N, M] = \alpha[N, M] \cap (1_N - \alpha\beta)E_N$$

ومنه فإن $\alpha[N, M] \subseteq (1_N - \alpha\beta)E_N$ ولما كان:

$$E_N = \alpha[N, M] + (1_N - \alpha\beta)E_N$$

نجد أن $E_N = (1_N - \alpha\beta)E_N$ ومنه فإن $\alpha \in J[M, N]$ وهكذا نجد أن:

$$[M, J(N)] \subseteq J[M, N]$$

ومنه يكون $J[M, N] = \nabla[M, N] = [M, J(N)]$.

مبرهنة 2-5.

ليكن N مودولاً e -قابلاً للسحب فوق حلقة R . عندئذ الشرطان الآتيان متكافئان:

1 - المودول N شبه محلي.

2 - لأجل أي مودول $M \in \text{mod} - R$ فإن المودول الثنائي $[M, N]$ شبه محلي.

البرهان.

$$(1) \Leftrightarrow (2) . \text{ينتج من المبرهنة (2-3)} .$$

(2) \Leftrightarrow (1) . ليكن A مودولاً جزئياً ليس صغيراً من المودول N ، عندئذ فإن $A \neq 0$ ولما

كان المودول N هو e -قابل للسحب فإن $hom_R(N, A) \neq 0$ وبالتالي يوجد تشاكل

مودولات غامر $f: N \rightarrow A$ ومنه فإن $E_N = [N, N] = f$ وبحسب الفرض فإن $Im(f) = A$ حد مباشر في N وهذا يبين أن المودول N شبه محلي.

مبرهنة 2-6.

ليكن N مودولاً e -قابلاً للسحب نصف إسقاطي فوق حلقة R . عندئذ الشروط الآتية متكافئة:

- 1 - المودول N شبه محلي.
- 2 - لأجل أي مودول $M \in mod - R$ فإن المودول الثنائي $[M, N]$ شبه محلي.
- 3 - الحلقة E_N شبه محلية يمينية رئيسية وأن $\nabla E_N = J(E_N)$.

البرهان.

(1) \Leftrightarrow (2). ينتج من المبرهنة (2-5).

(1) \Leftrightarrow (3). لنفرض أن المودول N شبه محلي وليكن $\alpha \in E_N$ بحيث إن المثالي اليميني αE_N ليس صغيراً في E_N ، عندئذ فإن المودول الجزئي $Im(\alpha)$ ليس صغيراً في N ، لأنه إذا كان $Im(\alpha)$ صغيراً في N ولما كان المودول N نصف إسقاطي يكون المثالي اليميني αE_N صغيراً في E_N وهذا يناقض الفرض. ومنه فإن $Im(\alpha)$ حد مباشر في N وبالتالي يوجد عنصر جامد مغاير للصفر $e \in E_N$ بحيث إن $Im(\alpha) = Im(e)$ ولما كان المودول N نصف إسقاطي ينتج أن:

$$\alpha E_N = hom_R(N, Im(\alpha)) = hom_R(N, Im(e)) = eE_N$$

وهذا يبين أن الحلقة E_N شبه محلية يمينية رئيسية. من جهة أخرى، لما كان المودول N شبه محلي ونصف إسقاطي فإن $\nabla E_N = J(E_N)$.

(3) \Leftrightarrow (1). لنفرض أن الحلقة E_N شبه محلية يمينية رئيسية وأن $\nabla E_N = J(E_N)$. ليكن A مودولاً جزئياً ليس صغيراً من المودول N ، عندئذ فإن $A \neq 0$ ولما كان المودول N هو e -قابلاً للسحب فإن $hom_R(N, A) \neq 0$ وبالتالي يوجد تشاكل مودولات غامر $g: N \rightarrow A$ ومنه فإن $E_N \in g$ وبحسب الفرض فإن $Im(g) = A$ مودول جزئي ليس صغيراً في N وبحسب الفرض فإن $\nabla E_N = J(E_N)$ ومنه فإن المثالي اليميني gE_N ليس صغيراً في E_N ولما كانت الحلقة E_N شبه محلية يمينية رئيسية فإنه يوجد

عنصر جامد $e \in E_N$ بحيث إن $gE_N = eE_N$ وبالتالي يوجد $\lambda, \mu \in E_N$ بحيث إن $g = e\lambda = ee\lambda = eg$ وأن $e = g\mu$ ومنه نجد أن $g = g\mu g$ وأن:

$$Im(g) = Im(g\mu g) \subseteq Im(g\mu) \subseteq Im(g)$$

وهذا يبين أن $A = Im(g) = Im(g\mu) = Im(e)$ ومنه A حد مباشر في N وبالتالي المودول N شبه محلي.

المودولات شبه المحلية المرافقة.

تعريف.

ليكن M, N مودولين فوق حلقة R . نقول عن المودول الثنائي $[M, N]$ إنه شبه محلي مرافق إذا كان لأجل كل $\alpha \in [M, N]$ بحيث $Ker(\alpha)$ ليس كبيراً في M فإن $Ker(\alpha)$ هو حد مباشر في M .

تمهيدية 2-7.

ليكن M, N مودولين فوق حلقة R . عندئذ الشرطان الآتيان متكافئان:

- 1 - المودول $[M, N]$ شبه محلي مرافق.
- 2 - لأجل كل $\alpha \in [M, N]$ بحيث $\alpha \notin \Delta[M, N]$ فإن $Ker(\alpha)$ حد مباشر في M .

البرهان.

(1) \Leftrightarrow (2). ليكن $\alpha \in [M, N]$ بحيث $\alpha \notin \Delta[M, N]$ ، عندئذ فإن المودول الجزئي

$Ker(\alpha)$ ليس كبيراً في M وبحسب الفرض فإن $Ker(\alpha)$ حد مباشر في M .

(2) \Leftrightarrow (1). ليكن $\alpha \in [M, N]$ بحيث إن $Ker(\alpha)$ ليس كبيراً في M ، عندئذ فإن

$\alpha \notin \Delta[M, N]$ وبحسب الفرض فإن $Ker(\alpha)$ حد مباشر في M ، ومنه المودول

$[M, N]$ شبه محلي مرافق.

تمهيدية 2-8.

ليكن M, N مودولين فوق حلقة R . إذا كان المودول $[M, N]$ شبه محلي مرافق،

عندئذ لأجل أي حد مباشر A للمودول M فإن المودول الجزئي $[A, N]$ هو أيضاً شبه

محلي مرافق.

البرهان.

لنفرض أن المودول $[M, N]$ شبه محلي مرافق وليكن A حداً مباشراً للمودول M ، عندئذ يوجد مودول جزئي B في M بحيث $M = A \oplus B$. إذا كان $A = M$ يتم المطلوب. لنفرض أن $A \neq M$ ، عندئذ فإن $B \neq 0$. ليكن $\alpha \in [A, N]$ بحيث إن المودول الجزئي $Ker(\alpha)$ ليس كبيراً في A ، لما كان $Ker(\alpha) \subseteq A \subseteq M$ فإن $Ker(\alpha) \cap B = 0$ وأن $B \neq 0$ ومنه فإن $Ker(\alpha)$ مودول جزئي في M وليس كبيراً في M . لنفرض أن $\pi: M \rightarrow A$ التشاكل الإسقاطي الغامر، عندئذ فإن $\alpha\pi \in [M, N]$. لنبرهن الآن على أن $Ker(\alpha) = Ker(\alpha\pi) \cap A$. لدينا $Ker(\alpha) \subseteq A$ ، ليكن $x \in Ker(\alpha)$ ، عندئذ $x \in A$ وأن $\alpha(x) = 0$ ومنه $\pi(x) = x$ وبالتالي $\alpha\pi(x) = \alpha(x) = 0$ وهكذا فإن $x \in Ker(\alpha\pi) \cap A$ ومنه فإن $Ker(\alpha) \subseteq Ker(\alpha\pi) \cap A$. ليكن $y \in Ker(\alpha\pi) \cap A$ ، عندئذ فإن $y \in A$ وأن $\pi(y) = y$ ومنه نجد أن:

$$\alpha\pi(y) = \alpha(y) = 0$$

ومنه $Ker(\alpha\pi) \cap A \subseteq Ker(\alpha)$. مما سبق نجد أن $Ker(\alpha) = Ker(\alpha\pi) \cap A$. ولما كان المودول الجزئي $Ker(\alpha)$ ليس كبيراً في A فإنه يوجد مودول جزئي مغاير للصفر K في A بحيث إن $Ker(\alpha) \cap K = 0$ ومنه نجد أن:

$$\begin{aligned} Ker(\alpha) \cap K &= (Ker(\alpha\pi) \cap A) \cap K = Ker(\alpha\pi) \cap (A \cap K) = \\ &= Ker(\alpha\pi) \cap K = 0 \end{aligned}$$

وهذا يبين أن المودول الجزئي $Ker(\alpha\pi)$ ليس كبيراً في M وبحسب الفرض فإن $Ker(\alpha\pi)$ حد مباشر في M وبالتالي فإن $M = Ker(\alpha\pi) \oplus D$ حيث D مودول جزئي في M . ليكن $y \in Ker(\alpha\pi)$ ، عندئذ $\alpha\pi(y) = 0$ ومنه فإن $\pi(y) \in Ker(\alpha)$ وبالتالي فإن $y \in \pi^{-1}(Ker(\alpha)) = Ker(\alpha\pi)$ وهذا يبين أن $Ker(\alpha\pi) \subseteq Ker(\alpha)$ ومنه $Ker(\alpha\pi) = Ker(\alpha)$ وهكذا نجد أن $A = Ker(\alpha) \oplus (A \cap D)$ ، أي إن $Ker(\alpha)$ حد مباشر في A وبالتالي المودول $[A, N]$ شبه محلي مرافق.

تمهيدية 2-9.

ليكن M مودولاً فوق حلقة R . إذا كان المودول M شبه محلي مرافق، عندئذٍ لأجل أي مودول $N \in \text{mod} - R$ فإن المودول الثنائي $[M, N]$ شبه محلي مرافق. البرهان.

لنفرض أن المودول M شبه محلي مرافق وليكن $N \in \text{mod} - R$ و $\alpha \in [M, N]$ بحيث إن المودول الجزئي $\text{Ker}(\alpha)$ ليس كبيراً في M ولما كان المودول M شبه محلي مرافق، عندئذٍ فإن المودول $\text{Ker}(\alpha)$ حد مباشر في M ومنه المودول $[M, N]$ شبه محلي مرافق.

مبرهنة 2-10.

ليكن M, N مودولين فوق حلقة R وأن المودول M هو N -نصف أفقي. إذا كان المودول M شبه محلي مرافق، عندئذٍ يكون $J[M, N] = \Delta[M, N]$. البرهان.

لنفرض أن المودول N شبه محلي مرافق وليكن $\alpha \in J[M, N]$. لنفرض جدلاً أن $\alpha \notin \Delta[M, N]$ ، عندئذٍ فإن المودول الجزئي $\text{Ker}(\alpha)$ ليس كبيراً في M ولما كان المودول M شبه محلي مرافق فإنه يوجد عنصر جامد مغاير للصفر $e \in E_M$ بحيث إن:

$$\text{Ker}(\alpha) = \text{Im}(e) = \text{Ker}(1_M - e)$$

ولما كان المودول M هو N -نصف أفقي نجد أن:

$$[N, M]\alpha = \ell_{E_M}(\text{Ker}(\alpha)) = \ell_{E_M}(\text{Im}(e)) = \ell_{E_M}(e) = E_M(1 - e)$$

من جهة أخرى، لما كان $\alpha \in J[M, N]$ فإن المثالي اليساري $[N, M]\alpha$ صغير في E_M ومنه فإن المثالي اليساري $E_M(1 - e)$ صغير في E_M وبالتالي $E_M = E_M e$ وهذا يبين أن $e = 1_M$ ومنه نجد أن $\text{Ker}(\alpha) = \text{Im}(e) = M$ ومنه فإن $\alpha = 0$ وهذا غير ممكن. مما سبق نجد أن $J[M, N] \subseteq \Delta[M, N]$.

ليكن $\alpha \in \Delta[M, N]$ ، عندئذٍ فإن المودول الجزئي $\text{Ker}(\alpha)$ كبير في M . من جهة أخرى، لما كان لأجل كل $\beta \in [N, M]$ فإن $\text{Ker}(1_M - \beta\alpha)$ مودول جزئي في M

ويحقق $Ker(\alpha) \cap Ker(1_M - \beta\alpha) = 0$ نجد أن $Ker(1_M - \beta\alpha) = 0$ وهذا يبين أن التشاكل $1_M - \beta\alpha$ متباين. أيضاً لما كان:

$$Ker(\alpha - \alpha\beta\alpha) = Ker(\alpha) + Ker(1_M - \beta\alpha) = Ker(\alpha)$$

نجد أن $\ell_{E_M}(Ker(\alpha - \alpha\beta\alpha)) = \ell_{E_M}(Ker(\alpha))$ ولما كان المودول M هو N -

نصف أفقي نجد أن $[N, M](\alpha - \alpha\beta\alpha) = [N, M]\alpha$ ولما كان:

$$[N, M](\alpha - \alpha\beta\alpha) = [N, M]\alpha \cap E_M(1_M - \beta\alpha)$$

نجد أن $[N, M]\alpha = [N, M]\alpha \cap E_M(1_M - \beta\alpha)$ وهذا يبين أن:

$$[N, M]\alpha \subseteq E_M(1_M - \beta\alpha)$$

ومنه فإن $E_M = [N, M]\alpha + E_M(1_M - \beta\alpha) = E_M(1_M - \beta\alpha)$ وذلك أيأ كان

$$\beta \in [N, M], \text{ ومنه نجد أن } \Delta[M, N] \subseteq J[M, N]$$

مما سبق نجد أن $J[M, N] = \Delta[M, N]$.

مبرهنة 2-11.

ليكن M مودولاً نصف أفقي فوق حلقة R . إذا كان M مودولاً شبه محلي مرافق،

عندئذ تكون الحلقة E_M شبه محلية يسارية رئيسية وتحقق $\Delta E_M = J(E_M)$.

البرهان.

لنفرض أن المودول M شبه محلي مرافق وليكن $\alpha \in E_M$ بحيث إن المثالي اليساري

$E_M\alpha$ ليس صغيراً في E_M ، عندئذ يكون المودول الجزئي $Ker(\alpha)$ ليس كبيراً في

M ، لأنه إذا كان المودول الجزئي $Ker(\alpha)$ كبيراً في M فإنه بحسب التمهيدية (1-

8) يكون المثالي اليساري $\ell_{E_M}(Ker(\alpha))$ صغيراً في E_M ولما كان المودول M نصف

أفقي فإن $E_M\alpha = \ell_{E_M}(Ker(\alpha))$ وهذا يبين أن المثالي اليساري $E_M\alpha$ صغير في

E_M وهذا يناقض الفرض. ومنه فإن $Ker(\alpha)$ حد مباشر في M وبالتالي يوجد

عنصر جامد مغاير للصفر $e \in E_M$ بحيث يكون:

$$Ker(\alpha) = Im(e) = Ker(1 - e)$$

ولما كان المودول M نصف أفقي نجد أن:

$$E_M\alpha = \ell_{E_M}(Ker(\alpha)) = \ell_{E_M}(Ker(1 - e)) = E_M(1 - e)$$

وهذا يبين أن الحلقة E_M شبه محلية يسارية رئيسية. ولما كان المودول M شبه محلي مرافق فإنه بحسب المبرهنة (2-10) ولأجل $M = N$ نجد أن $\Delta E_M = J(E_M)$.
ليكن P مودولاً إسقاطياً فوق حلقة R وأن $S = \text{End}_R(P)$. نعلم أنه لأجل أي عنصر $\alpha \in S$ فإن المودول الجزئي $\text{Im}(\alpha)$ صغير في P عندما فقط عندما يكون المثالي اليميني αS صغيراً في S ، [7، القضية 1.1].

بناءً على ذلك سنورد التمهيدية الآتية:

تمهيدية 2-12.

ليكن M مودولاً نصف إسقاطي شبه محلي مرافقاً فوق حلقة R وأن $S = \text{End}_R(M)$. عندئذ لأجل أي عنصر $\alpha \in S$ القضيتان الآتيتان متكافئتان:
1 - المثالي اليميني αS كبير في S .
2 - المودول الجزئي $\text{Im}(\alpha)$ كبير في M .
البرهان.

(1) \Leftrightarrow (2). لنفرض أن المثالي اليميني αS كبير في S . لنفرض جدلاً أن المودول الجزئي $\text{Im}(\alpha)$ ليس كبيراً في M ، عندئذ فإن $\text{Im}(\alpha) \neq M$ ولما كان المودول M شبه محلي مرافق فإن $\text{Im}(\alpha)$ حد مباشر في M وبالتالي يوجد عنصر جامد $e \in S$ بحيث $\text{Im}(\alpha) = \text{Im}(e)$ ولما كان $\text{Im}(\alpha) \neq M$ نجد أن $e \neq 1$. ولما كان المودول M نصف إسقاطي فإن:

$$\alpha S = \text{hom}_R(M, \text{Im}(\alpha)) = \text{hom}_R(M, \text{Im}(e)) = eS$$

ولما كان المثالي اليميني αS كبيراً في S نجد أن المثالي اليميني eS كبير في S ولما كان $eS \cap (1-e)S = 0$ نجد أن $(1-e)S = 0$ ومنه فإن $e = 1$ وهذا غير ممكن. مما سبق نجد أن المودول الجزئي $\text{Im}(\alpha)$ كبير في M .

(2) \Leftrightarrow (1). لنفرض أن المودول الجزئي $\text{Im}(\alpha)$ كبير في M وليكن K مثالياً يمينياً في S بحيث إن $\alpha S \cap K = 0$. لنفرض جدلاً أن $K \neq 0$ ، عندئذ يوجد $\beta \in K$ بحيث إن $\beta \neq 0$ ولما كان $\alpha S \cap \beta S = 0$ نجد أن $\alpha S \cap \beta S \subseteq \alpha S \cap K = 0$ ولما كان المودول M نصف إسقاطي نجد أن:

$$\begin{aligned} \text{hom}_R(M, \text{Im}(\alpha) \cap \text{Im}(\beta)) &= \text{hom}_R(M, \text{Im}(\alpha)) \cap \text{hom}_R(M, \text{Im}(\beta)) = \\ &= \alpha S \cap \beta S = 0 \end{aligned}$$

وهذا يبين أن $\text{Im}(\alpha) \cap \text{Im}(\beta) = 0$ ولما كان المودول الجزئي $\text{Im}(\alpha)$ كبيراً في M نجد أن $\text{Im}(\beta) = 0$ ومنه فإن $\beta = 0$ وهذا غير ممكن. مما سبق نجد أن $K = 0$ ، أي إن المثالي اليميني αS كبير في S .

ليكن Q مودولاً أفقياً فوق حلقة R وأن $S = \text{End}_R(Q)$. نعلم أنه لأجل أي عنصر $\alpha \in S$ فإن المودول الجزئي $\text{Ker}(\alpha)$ كبير في Q عندما فقط عندما يكون المثالي اليساري $S\alpha$ صغيراً في S ، [6، القضية 1].

تمهيدية 2-13.

ليكن M مودولاً نصف أفقياً شبه محلي فوق حلقة R وأن $S = \text{End}_R(M)$. عندئذ لأجل أي عنصر $\alpha \in S$ القضيتان الآتيتان متكافئتان:

- 1 - المثالي اليساري $S\alpha$ كبير في S .
- 2 - المودول الجزئي $\text{Ker}(\alpha)$ صغير في M .

البرهان.

(1) \Leftrightarrow (2). لنفرض أن المثالي اليساري $S\alpha$ كبير في S . لنفرض جدلاً أن المودول الجزئي $\text{Ker}(\alpha)$ ليس صغيراً في M ، عندئذ فإن $\text{Ker}(\alpha) \neq 0$ ، أي إن $\alpha \neq 1$ ولما كان المودول M شبه محلي فإن $\text{Ker}(\alpha)$ حد مباشر في M وبالتالي يوجد عنصر جامد $e \in S$ بحيث إن:

$$\text{Ker}(\alpha) = \text{Im}(e) = \text{Ker}(1-e)$$

ولما كان $\alpha \neq 1$ فإن $e \neq 1$. ولما كان المودول M نصف أفقي نجد أن:

$$S\alpha = \ell_S\{\text{Ker}(\alpha)\} = \ell_S\{\text{Ker}(1-e)\} = S(1-e)$$

ولما كان المثالي اليساري $S\alpha$ كبيراً في S نجد أن المثالي اليساري $S(1-e)$ كبير في S . ولما كان $S \cap S(1-e) = 0$ نجد أن $Se = 0$ ومنه نجد أن $e = 0$ ، أي إن:

$$\text{Ker}(\alpha) = \text{Im}(e) = 0$$

وهذا غير ممكن. مما سبق نجد أن المودول الجزئي $\text{Ker}(\alpha)$ صغير في M .

(2) \Leftarrow (1). لنفرض أن المودول الجزئي $Ker(\alpha)$ صغير في M ولنفرض جديلاً أن المثالي اليساري $S\alpha$ ليس كبيراً في S ، عندئذ يوجد مثالي يساري $K \neq 0$ في S يحقق أن $S\alpha \cap K = 0$ وبالتالي يوجد $\beta \in K$ بحيث إن $\beta \neq 0$ ولما كان:

$$S\alpha \cap S\beta \subseteq S\alpha \cap K = 0$$

نجد أن $S\alpha \cap S\beta = 0$ ولما كان المودول M نصف أفقي وبحسب التمهيدية (11-4-1) نجد أن:

$$\begin{aligned} S\alpha \cap S\beta &= \ell_S(Ker(\alpha)) \cap \ell_S(Ker(\beta)) = \\ &= \ell_S(Ker(\alpha) + Ker(\beta)) = 0 \end{aligned}$$

وهذا يبين أن $Ker(\alpha) + Ker(\beta) = M$ ولما كان المودول الجزئي $Ker(\alpha)$ صغير في M نجد أن $Ker(\beta) = M$ ومنه فإن $\beta = 0$ وهذا غير ممكن. مما سبق نجد أن $K = 0$ ، أي إن المثالي اليساري $S\alpha$ كبير في S . \diamond

المراجع العلمية.

- [1] – Anderson, F. W, & Fuller, K. R., " Rings and Categories of Modules ", New York. Springer (1973).
- [2] – Amini, B., & Ershad, M. Sharif, H. " Co-retractable Modules", J. Aust. Math. Soc., 86,. (2009), 289 – 304.
- [3] – Haghany, A., and Vedadi, M.R., "Study of semi-projective retractable modules", Algebra Colloq., (3) 14 (2007), 489-496.
- [4] – Hakmi Hamza., " Semi M –projective and semi N –injective modules", Kyungpook Math. J., Vol. 56, (2016), pp. 83 – 94.
- [5] – Kasch, F., " Modules and Rings ", London Math. Soc. Mono. 1982.
- [6] – Lambek, J., "Lectures on Rings and Modules", Blaisdell, Mass. 1966.
- [7] Ware, R., " Endomorphism Rings of Projective Modules ", Trans. Amer. Math. Soc. 155, p. 233 – 256. (1971).

دراسة تأثير درجة حرارة التلدين وحمض الآزوت على خصائص الأغشية الرقيقة من أوكسيد المغنيزيوم النانوي المحضرة بطريقة السول -جل.

مدلين أبو مدلين⁽¹⁾ أ.م.د. إبراهيم الغريبي⁽²⁾ د. مدلين عامر⁽³⁾.

الملخص:

حُضِرَت أغشية رقيقة نانوية البنية من أوكسيد المغنيزيوم (MgO-NPs) بطريقة السول -جل والغمس (Sol-Gel-dip coating) على شرائح زجاجية وكوارتز، باستخدام خللات المغنيزيوم المائية المذابة في الايثانول كمصدر لأيونات المغنيزيوم. أُدِنَت الأغشية المحضرة عند درجات حرارة مختلفة (400-500-600°C) لمدة ثلاث ساعات. وتبين ان العينة الملدنة عند درجة حرارة 500°C تتصف بخواص بنيوية وضوئية جيدة. لذلك دُرِس تأثير معامل إضافة حمض الآزوت (PH محلول الغمس) ونسبة (1:1) لخللات المغنيزيوم عند تلك الدرجة على الخصائص الفيزيائية للأغشية المحضرة. وصّفت طبوغرافيا السطح للأغشية المحضرة باستخدام مجهر القوة الذرية (AFM) والتحليل العنصري وبواسطة مطيافية تشتت الطاقة للأشعة السينية (EDX)، في حين جرى توصيفها ضوئياً بواسطة جهاز التحليل الطيفي (UV-Vis-NIR-IR spectrophotometer) ضمن مجال الطول الموجي 200-800 nm وبواسطة مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR) ومطيافية الأشعة السينية (X-Ray). بيّنت صور الـ AFM أنّ الحبيبات النانوية المتشكلة على سطح الأغشية المحضرة عند درجة حرارة تلدين 500°C ومع اضافة حمض تأخذ شكلاً كروياً متجانساً وبابعاد تصل الى 50nm. ويظهر طيف الاشعة السينية ان الحبيبات النانوية من MgO متبلورة وذات بنية بلورية مكعبية وبأبعاد 14nm، في حين يظهر طيف الـ EDX أن التركيب العنصري لتلك الحبيبات هو من المغنيزيوم والأكسجين وبنسبة ستوكيومترية متساوية. وبيّنت الدراسة

دراسة تأثير درجة حرارة التلدين وحمض الأزوت على خصائص الأغشية الرقيقة من أكسيد المغنيزيوم النانوي المحضرة بطريقة السول - جل.

الضوئية إنه مع إضافة الحمض تزداد قيم النفوذية الضوئية للأغشية في المجال المرئي من الطيف الضوئي وكذلك تزداد قيمة الفجوة الطاقية المباشرة المسموحة من 4.3eV إلى 5.4eV. كذلك أظهر التحليل الطيفي (FTIR) أن الذروة البارزة عند الطول الموجي (425cm^{-1}) مخصصة لاهتزاز الرابطة Mg-O.

الكلمات المفتاحية: sol-gel ، أكسيد المغنيزيوم MgO ، مجهر القوى الذرية AFM ، تحويلات فوربييه لمطيافية تحت الأحمر القريب FTIR ، مطيافية (المرئي- فوق البنفسجي UV-VIS) ، انعراج الأشعة السينية، تشتت الطاقة للأشعة السينية EDX .

(1) طالب ماجستير، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية. (2) أستاذ مساعد، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية. (3) دكتور، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.

The effect of annealing temperatures and nitric acid on the properties of nano magnesium oxide thin films prepared by sol-gel method

Madlen abumadian⁽¹⁾,Dr:Ibrahim al-ghoraibi⁽²⁾,Dr:Madyan amer⁽³⁾

Abstract

MgO nano thin films were deposited on glass substrates by sol-gel method and deposited on glass substrates using dip-coating apparatus. The MgO precursors were prepared by using magnesium acetate dehydrate and nitric acid have been dissolved in ethanol in a ratio of (1:1). The as-deposited films were per-heated at 100°C for 10 minutes and annealed at various temperatures 400°C 500°C and 600°C in air atmosphere for 3h. In the present work, the effect of nitric acid addition (pH of dipping solution) and annealing temperatures on the morphological, structural and optical properties of MgO films were studied. The deposited films were characterized using atomic force microscope (AFM), energy dispersive x-ray spectroscopy (EDX), X-ray diffraction (XRD), UV-Vis spectrophotometer at wavelength ranged from 200 to 800 nm and FTIR. AFM showed that the nanoparticles forming on the films after annealing and addition of nitric acid were spherical in shape with homogeneous dimensional distribution and the mean diameter decreases to reaches to 50nm and the energy gap values were varied from (4.3 eV) to (5.4 eV). The XRD results of MgO nanoparticles indicated the cubic structure with the crystallite size of 14 nm. Also spectroscopy (FTIR) showed that the prominent peak at (425 cm⁻¹) wavelength is specific to Mg-O vibration. The present study nominates MgO films to become a promising candidate as insulating layer improves the efficiency for solar cell as well as biological sensors.

Key Words: Nanoparticles magnesium oxide (MgO-NPs), Thin films, Sol-Gel method, Atomic Force Microscopy (AFM), X-ray diffraction (XRD),energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX), UV-Vis spectrophotometer, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR).

¹Master Student, Department of physics, Faculty of Sciences, Damascus University, ²Syria. Associate Professor, Department of physics, Faculty of Sciences, Damascus University, Syria. ³ Professor, Department of physics, Faculty of Sciences, Damascus University, Syria.

1. المقدمة :

يعد أكسيد المغنيزيوم من الأكاسيد المعدنية التي نالت اهتماماً كبيراً من قبل عدد من الباحثين في الآونة الأخيرة لما تتمتع به من خصائص فيزيائية وكيميائية مميزة. فهي مادة عازلة تتميز بفجوة طاقة مباشرة وعريضة [1][2] ونفاذية ضوئية كبيرة ضمن المجال المرئي من الطيف الضوئي مما يرشح استخدامها كطبقة بينية (interlayer) لتعزيز الاستقرار والأداء الداخلي في الخلايا الشمسية والحساسات البيولوجية [3][4]. كذلك تتمتع بتوصيل حراري [5] واستقرار ميكانيكي وكيميائي جيد وشفافية ضوئية عالية وخسارة ضوئية منخفضة بمعامل انكسار $(1.7 \sim)$ [6] [7] مما يجعلها كمادة واحدة في العديد من التطبيقات مثل التحفيز الضوئي [8][9] وأجهزة الاستشعار والأسمدة النانوية [10] والمواد السيراميكية [11] والموصلات الفائقة [12] والمواد الماصة لإزالة الأصباغ والمعادن الثقيلة من مياه الصرف الصحي [13] ومواد مضادة للبكتيريا [14][15]. يبين الجدول (1) بعض الثوابت الفيزيائية والكيميائية الخاصة بأوكسيد المغنيزيوم في درجة حرارة الغرفة.

الجدول (1) : الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأوكسيد المغنيزيوم بدرجة حرارة الغرفة

الثوابت	خصائص MgO
40.3044 g/mol	الكتلة المولية
3.58 g/cm ³	الكثافة
10.3	الحموضة (pK _a)

7.8 eV	فجوة الطاقة
1.736	معامل الانكسار
0.0086 g/100ml	الذوبانية في الماء

يمكن تحضير أكسيد المغنيزيوم النانوي بعدة أشكال كالألياف النانوية (Nanofibers) [16] والأسلاك النانوية (Nanowires) [17] والصفائح النانوية (nanoplates) [18] والمسامات النانوية (nanoporous) [19] والبودرة النانوية (nanopowder) [20] وكذلك الأغشية النانوية (nanofilms) [21] التي يمكن تصنيعها بطرائق عديدة مثل طريقة التوضيع بالحمام الكيميائي (CBD) [22] والتوضيع بالتبخير الكيميائي (CVD) [23][24] والتوضيع بالتبخير الكيميائي للمعادن العضوية الكيميائية (MOCVD) [25] والتوضيع بالليزر النبضي (PLD) [26] والتوضيع بالبخ الحراري (spray pyrolysis) [27] والسول-جل (sol-gel) التي تعتبر من أهم التقنيات في توضيع الأغشية كونها غير مُعقدة وتتميز عن الطرائق الأخرى بعدة صفات منها: إمكانية توضيع أغشية رقيقة على مساحات واسعة وبتكلفة منخفضة من حيث المواد والأجهزة المطلوبة لعملية التوضيع ولا تحتاج إلى درجات حرارة عالية أثناء التوضيع وكذلك لا تحتاج إلى منظومة تخلية، إضافةً لإمكانية التحكم بشروط التجربة وأمثلتها للحصول على خصائص مميزة وفريدة من نوعها [28][29]. في هذا العمل تم تحضير أغشية رقيقة من أكسيد المغنيزيوم النانوي المحضّر بطريقة الـ sol-gel من خلال دراسة معاملين أساسيين هما تركيز مصدر أيونات المغنيزيوم وتأثير PH المحلول على خصائصها البنوية والضوئية.

2. مواد البحث وطرائقه:

دراسة تأثير درجة حرارة التلدين وحمض الآزوت على خصائص الأغشية الرقيقة من أوكسيد المغنيزيوم النانوي المحضرة بطريقة السول - جل.

المواد المستخدمة: مصدر لأيونات المغنيزيوم (خلات المغنيزيوم المائية $(\text{Mg}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)، الإيثانول $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ كمذيب وحمض الآزوت HNO_3 كمحفز وثنائي أيتيل أمين DEA $(\text{HN}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_2)$ كعامل استقرار .

2.1. الأجهزة المستخدمة :

- 1- جهاز تنظيف بالأمواف فوق الصوتية مع مثبت لدرجة الحرارة طراز DSA100-GL-4.0L
- 2- خلطات مغناطيسية (magnetic stirrer) مع منظم للحرارة
- 3- مجففة ($0 - 250 \text{ C}^\circ$) من شركة MEMMERT
- 4- منظومة التغطية بالغمس Dip coating طراز HO-TH-01
- 5- فرن من طراز Carbolite TM CWF 1223 - 230 SN + & 02 - 3216 P1
- 6- مجهر القوة الذرية AFM صنع شركة Nanosurf السويسرية، طراز 2 easyScan
- 7- جهاز VIS-UV spectrophotometer طراز Varian carry 5000
- 8- جهاز Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

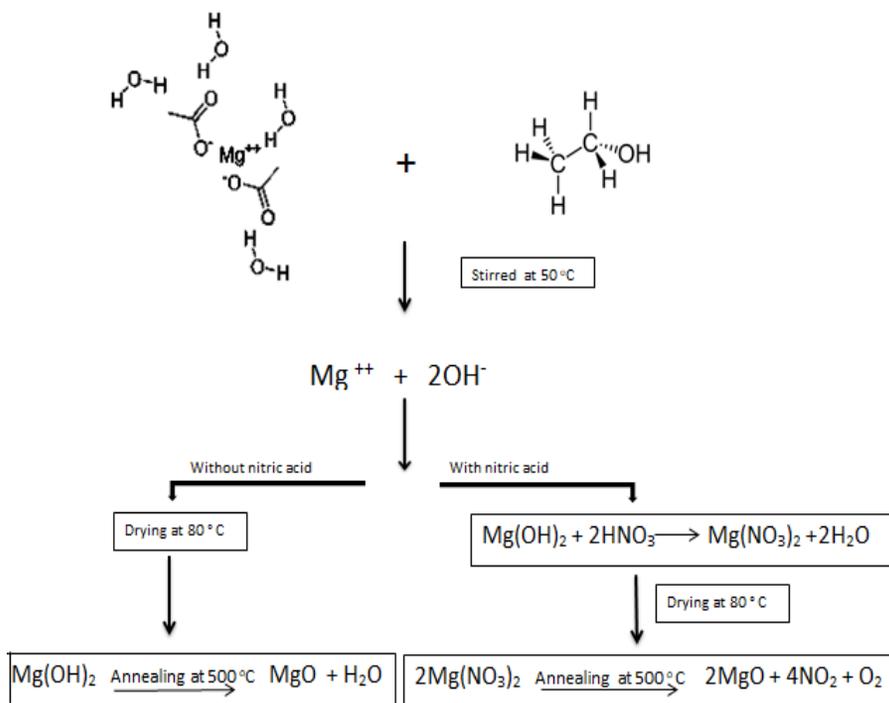
2.2. تنظيف الشرائح:

نُظفت الشرائح الزجاجية العادية بواسطة جهاز الأمواف فوق الصوتية عن طريق غمسها في بيشر زجاجي حاوي على الإيثانول لمدة 10 دقائق، ثم تكرر العملية ذاتها في وعاء

يحوي ماء مقطر ثم تجفف الشرائح في المجففة عند الدرجة 100°C لمدة 10 دقائق [30] [31] ثم توضع في عبوات حافظة لاستخدامها لاحقاً في عملية الغمس .

2.3. آلية تشكل أكسيد المغنيزيوم :

يشرح الشكل (1) آلية تشكل أكسيد المغنيزيوم بالتفاعلات الآتية [32][33] [34]، يتشكل الغشاء وفق آلية التوزيع أيون- أيون Ion by Ion حيث تتحل خلاص المغنيزيوم في الإيثانول لتعطي أيونات المغنيزيوم Mg^{++} وأيونات الهيدروكسيد OH^{-} وذلك باستمرار التحريك المغناطيسي بالدرجة 50°C وإضافة معامل التثبيت قطرة قطرة (يساعد على تسريع عملية التنوية) حتى يصبح المحلول شفافاً، وبعد عملية الغمس المتكرر التي يتخللها التجفيف بالدرجة 80°C يتم التلدين بالدرجة 500°C للحصول على أغشية رقيقة من أوكسيد المغنيزيوم النانوي.



الشكل (1) : مخطط توضيحي لآلية تشكل أكسيد المغنيزيوم

تحضّر عينة أخرى باتباع نفس الخطوات مع إضافة حمض الآزوت على المحلول المكون من خلات المغنيزيوم والإيثانول للتحكم بـ PH المحلول ليعطي نترات المغنيزيوم $Mg(NO_3)_2$ كما هو موضح في المخطط السابق .

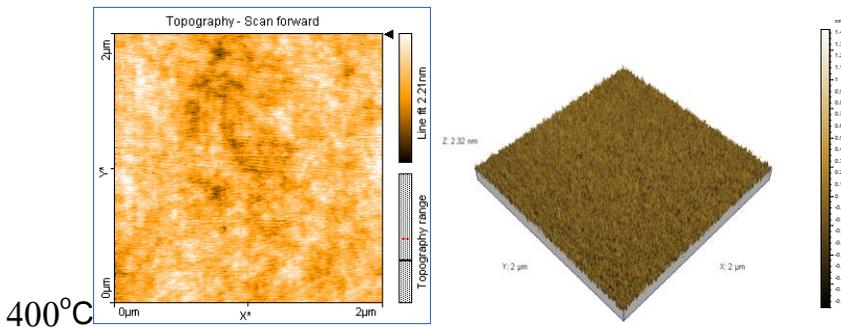
3. دراسة تأثير درجة حرارة التلدين :

لدراسة هذا المعامل تم توزيع ثلاث عينات بدرجات حرارة تلدين مختلفة (400-500-600°C) بعد تثبيت الشروط التجريبية المنتقاة لتحضير عينة مثالية والمدرسة في بحوث أخرى من (تركيز خلات المغنيزيوم (0.6M) و PH المحلول (5.5) ونوع المحل (الايثانول) و (DEA:0.2M) كعامل مثبت (stabilizer) ومحفز (catalyst) مع

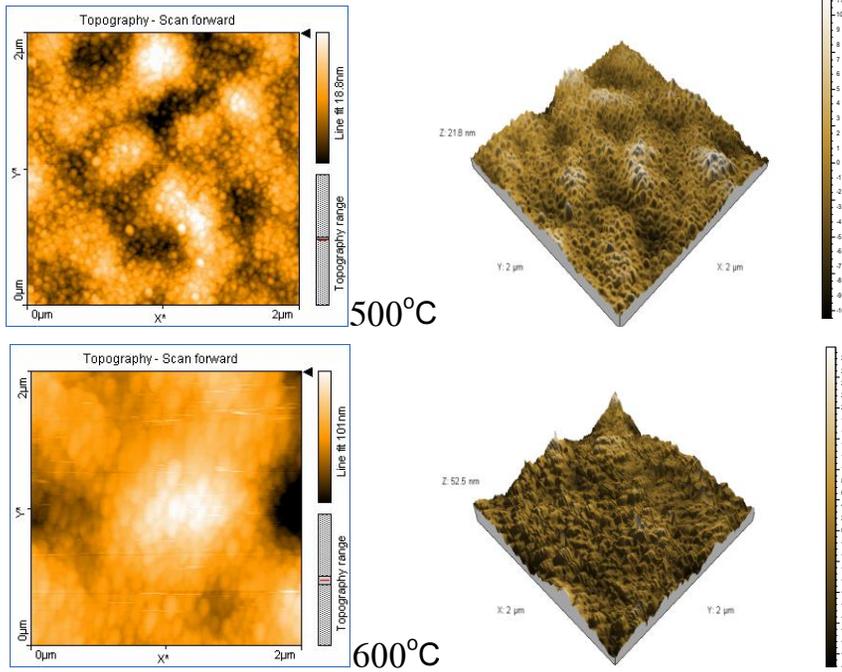
الاستمرار بالتحريك لمدة ساعة عند درجة الحرارة 50°C . غمست الركائز بالمحلول المحضّر بشكل عامودي باستخدام جهاز التوضيع بالغمس بسرعة سحب محددة (5mm/s)، وبعد انتهاء عملية التوضيع جففت الشرائح بالمجففة عند درجة الحرارة $T = 80^{\circ}\text{C}$ لمدة عشر دقائق، ثم كررت العمليات السابقة خمس مرات (غمس + تجفيف) ولدنت لمدة 3h .

3.1. توصيف العينات مورفولوجياً بواسطة مجهر القوة الذرية AFM

تبين صور الـ AFM ثنائية وثلاثية البعد ($2\ \mu\text{m} \times 2\ \mu\text{m}$) الموضحة في الشكل (2) طوبوغرافيا السطح للأغشية المحضّرة بدرجات تلدين مختلفة، نلاحظ عند درجة حرارة التلدين منخفضة 400°C بدء مرحلة التتوية وتشكل مراكز التتوية ثم تتجمع الحبيبات على هذه المراكز بشكل غير منتظم وبازدياد درجة الحرارة 500°C تبدأ مرحلة الانماء يتم من خلالها اعادة ترتيب الذرات وبدء تشكل الغشاء وتأخذ الحبيبات شكلاً كروياً منتظماً بأبعاد صغيرة 50nm، وبازدياد درجة الحرارة لتصل 600°C تبدأ مرحلة النضوج حيث تزداد أبعاد الحبيبات لتصل الى 73nm ويعزى ذلك لميل الحبيبات الصغيرة الى التجمع على الحبيبات الكبيرة لتكون أكثر استقراراً وفقاً لنموذج نضوج استوالد [35][36] (Ostwald ripening). ولايد من الاشارة الى أن التلدين عند الدرجة 600°C أدى لالتواء الركازة الزجاجية.



دراسة تأثير درجة حرارة التلدين وحمض الأزوت على خصائص الأغشية الرقيقة من أكسيد المغنيزيوم النانوي المحضرة بطريقة السول - جل.

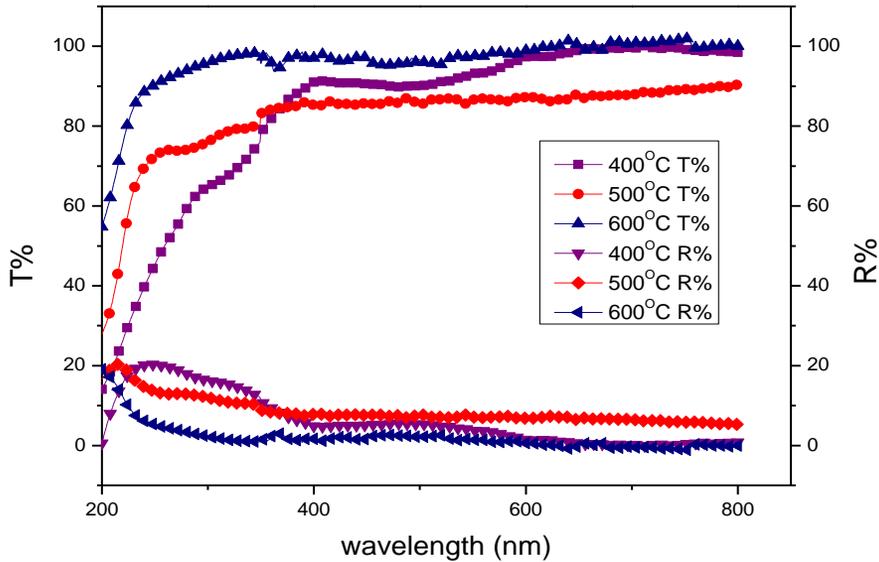


الشكل (2): صور (AFM) ثنائية وثلاثية البعد ($2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$) لأغشية أكسيد المغنيزيوم المحضرة بدرجات حرارة مختلفة.

3.2. الدراسة الضوئية للعينات بواسطة مطيافية (المرئي - فوق البنفسجي) (UV-VIS):

بعد إجراء الدراسة البنيوية للعينات المحضرة، قمنا بدراسة خصائصها الضوئية اعتماداً على طيف التَّفْؤِذِيَّة الضوئية الممتد من المجال فوق البنفسجي إلى المجال المرئي ($200\text{--}800\text{ nm}$) بعد توضع العينات على شريحة من الكوارتز عوضاً عن الزجاج كون حافة الامتصاص للزجاج تقع عند الطول الموجي 300nm في حين أن حافة

الامتصاص لأكسيد المغنيزيوم تقع ضمن المجال فوق البنفسجي (UV) القريب عند طول موجي يتراوح بين (230-250nm) الموضح في الشكل (3).



الشكل (3): طيف النفاذية T% والانعكاسية R% (UV-VIS) لأغشية أكسيد المغنيزيوم بتغيير درجة حرارة التلدين

نلاحظ أنّ النفاذية الضوئية عند الدرجة 400°C تصل إلى 99% يمكن أن يعزى ذلك أن درجة الحرارة هذه لم تكن كافية لتشكيل أكسيد المغنيزيوم وبالتالي تعزى النفاذية العالية لوجود نسبة من هيدروكسيد المغنيزيوم وهذا يتوافق مع الدراسات المرجعية السابقة [37]، لذلك تم مقارنة قيمة النفاذية والانعكاسية للعينتين المملدنتين عند درجات حرارة أعلى من 400°C حيث لوحظ أن قيمة النفاذية الضوئية في المجال المرئي تصل لـ 90% عند 500°C في حين تزداد مع زيادة درجة الحرارة لتصل إلى 99% عند 600°C وبقابلها تناقص في قيم الانعكاسية الضوئية مع زيادة درجة حرارة التلدين، تعزى تلك النتائج إلى انخفاض سماكة الأغشية مع زيادة درجة الحرارة نتيجة التدهور الحراري مما يسمح بانتقال الإشعاع من خلال الركيزة بشكل أكبر [38]. لحساب قيم الفجوة الطاقية

لانتقال المباشر المسموح للأغشية الموضّعة، قمنا في البداية بحساب معامل الامتصاص والذي يُعرّف بأنه التناقص الحاصل في شدة الإشعاع الساقط في وحدة الطول باتجاه انتشار الموجة الضوئية الواردة داخل الوسط، وهو يعتمد على كل من طاقة الفوتونات الساقطة والطول الموجي وطبيعة سطح الغشاء والفجوة الطاقية لأوكسيد المعدن.

الذي تم حسابه باستخدام العلاقة :

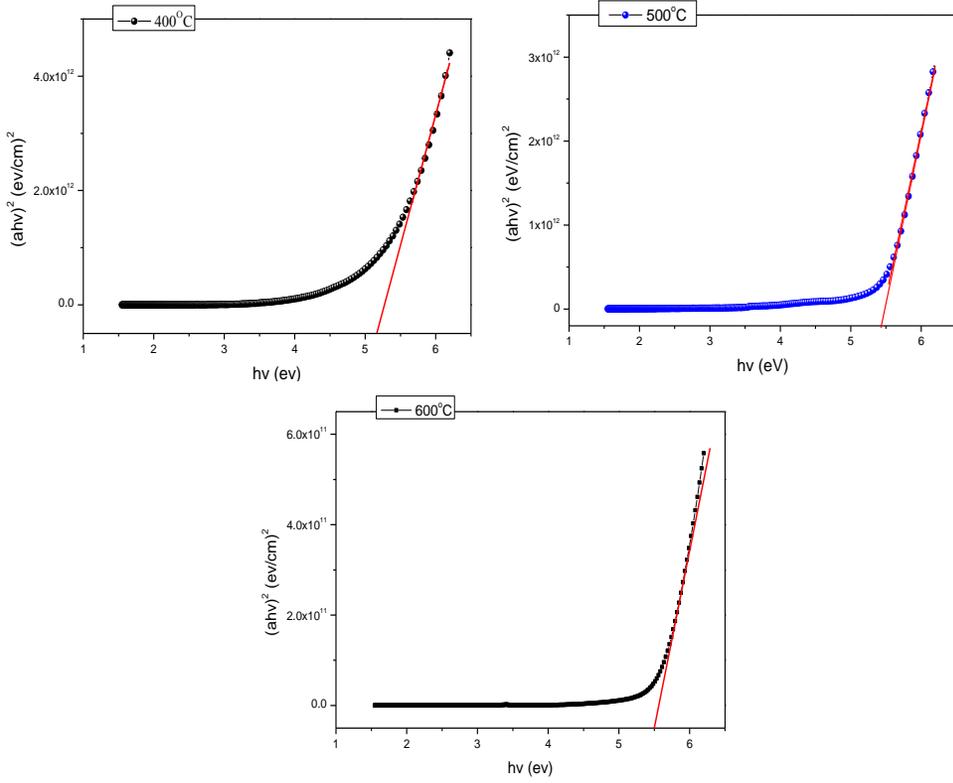
$$a = -10^7 \frac{\ln(T)}{t}$$

حيث T النفوذية الضوئية و t سماكة الأغشية. وقيست قيمة الفجوة الطاقية من العلاقة التي تربط معامل الامتصاص مع طاقة الفوتون:

$$ahv = (hv - E_g)^{1/2} \quad [47] \quad [46]$$

حيث α معامل الامتصاص، h ثابت بلانك، ν تردّد الشعاع الساقط، E_g الفجوة الطاقية. $r = 1/2$ من أجل الانتقال المباشر المسموح. قمنا برسم $(\alpha hv)^2$ بدلالة طاقة الفوتون $(hv = 1240/\lambda)$ ، كما هو مبين في الشكل (4). وُحددت قيمة الفجوة الطاقية من حافة الامتصاص حيث تبدأ الانتقالات الالكترونية من عصابة التكافؤ إلى عصابة النقل وذلك بتمديد الجزء المستقيم للمنحنيات المرسومة ليتقاطع مع محور الطاقة في نقطة $(ahv)^2 = 0$ التي تعبّر عن قيمة الفجوة الطاقية $(hv = E_g)$. نلاحظ ازدياد قيمتها من 5.25 eV إلى 5.5 eV بازدياد درجة حرارة التلدين من 400°C إلى 600°C.

[39].



الشكل (4): تغيّر $(ahv)^2$ بدلالة تغيّر طاقة الفوتون $(h\nu)$ لأغشية أكسيد المغنيزيوم بتغير درجة حرارة التلدين

وذلك لأن انخفاض سماكة الغشاء بازياد درجة حرارة التلدين يؤدي لتفعيل دور تأثير

التقييد الكمي في بعدين والذي يسبب زيادة الفجوة الطاقية في الأغشية المرسبة [38].

حيث قيست سماكة الأغشية المحضّرة بالطريقة الوزنية وذلك وفقاً للعلاقة التقريبية :

$$t = \frac{\Delta m/2}{\rho.s} = \frac{(m_2 - m_1)/2}{\rho.s}$$

دراسة تأثير درجة حرارة التلدين وحمض الآزوت على خصائص الأغشية الرقيقة من أكسيد المغنيزيوم النانوي المحضرة بطريقة السول - جل.

حيث: m_1 كتلة الغشاء قبل التوضيع و m_2 كتلة الغشاء بعد التوضيع، ρ الكتلة الحجمية للغشاء $\rho_{MgO} = 3.58 \text{ g/cm}^3$ ، S مساحة سطح الغشاء، وقد ادرجت سماكة الاغشية في الجدول (2).

جدول(2): تغير قيم الفجوة الطاقية بتغير سماكة الاغشية بدرجات حرارة تلدين مختلفة

400° C	500°C	600°C
$E_g=5.25\text{eV}$	$E_g= 5.4\text{eV}$	$E_g= 5.5 \text{ eV}$
$t= 55\text{nm}$	$t= 46\text{nm}$	$t= 36 \text{ nm}$

4. دراسة تأثير PH المحلول:

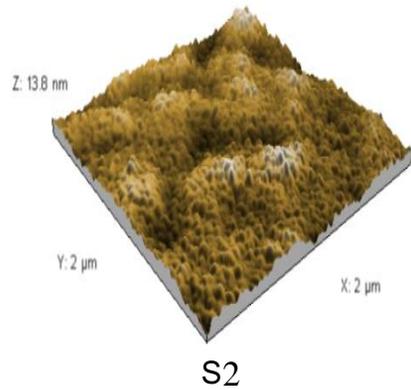
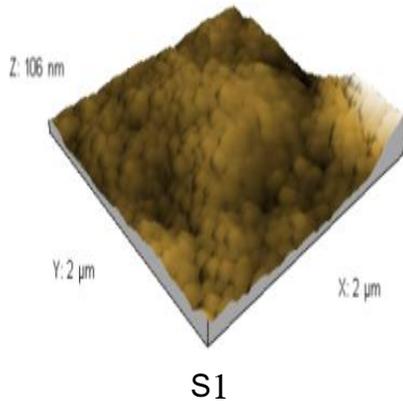
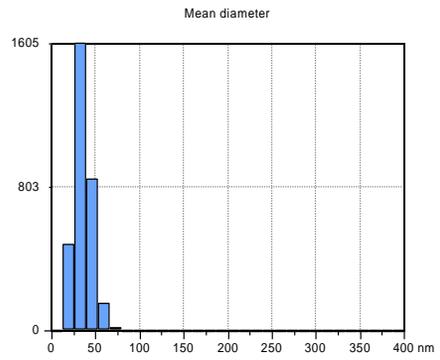
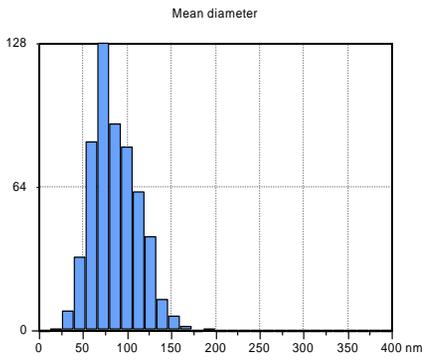
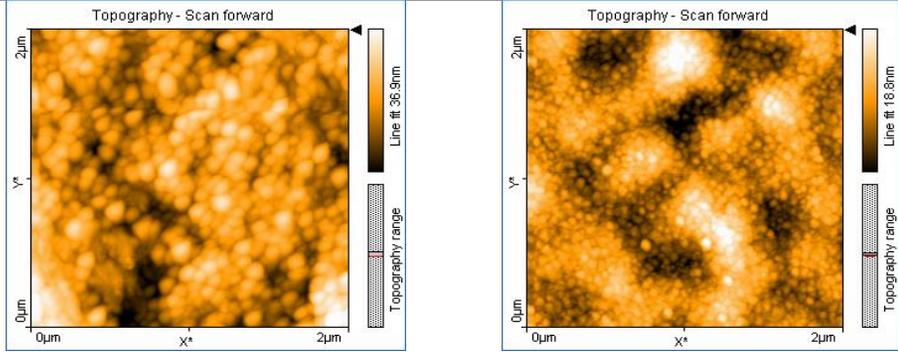
في بحث سابق قمنا بدراسة تأثير معامل تركيز مصدر أيونات المغنيزيوم (0.1-0.2-0.8M) على الخصائص البنيوية والضوئية لأغشية أكسيد المغنيزيوم النانوي المحضرة بطريقة السول . جل، وبعد انتقاء العينة المثلى من حيث الخصائص الفيزيائية تم تثبيت قيمة تركيز المبادرة عند القيمة 0.6M لدراسة تأثير PH المحلول على العينات المحضرة من خلال إضافة مصدر حمضي (حمض الآزوت) على الخصائص الفيزيائية لتلك الأغشية. قمنا بتحضير عينة مرجعية S1 بدون وجود حمض الآزوت بعد تثبيت عدد من المعاملات كتركيز خلات المغنيزيوم المائية كمصدر لأيونات المغنيزيوم (0.6M) واستخدام الإيثانول كمحل وإضافة (DEA:0.2M) ودرجة تجفيف 80°C ودرجة تلدين 500°C وزمن تلدين 3h، وتم إضافة حمض الآزوت HNO_3 بنسبة (1:1) مع تركيز خلات المغنيزيوم المائية للعينة الأخرى S2 [34][31].

4.1 توصيف العينات مورفولوجياً بواسطة مجهر القوة الذرية AFM

يُظهر الشكل (5) صور AFM ثنائية وثلاثية البعد ($2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$) لسطح الأغشية المتشكلة. تبيّن الصور طبوغرافيا السطح وشكل وكثافة الحبيبات المتوضّعة عليه. حيث نلاحظ تشكّل حبيبات كروية الشكل بأبعاد نانوية ومتجانسة في توزع الأبعاد لكلا العينتين. مع ملاحظة أنه عند إضافة حمض الآزوت تتناقص أبعاد الحبيبات بشكل واضح ويتوزع أبعاد متجانس وضيق مقارنةً مع العينة الأخرى المحضّرة بدون إضافة للحمض. ويعزى ذلك إلى أن التناقص في قيمة PH محلول الغمس وزيادة حمضية الوسط يؤدي لزيادة حركية الذوبان للجسيمات وبالتالي ازدياد في معدل مراكز التنوية التي تفقد بدورها لتشكل أنوية وحبيبات صغيرة من MgO أثناء عملية التوضيع. إضافةً إلى أنّ عملية حلمهة ملح الحمض الضعيف (خلات المغنيزيوم) في وسط حمضي قوي يؤدي لتقليل عملية تجمع حبيبات MgO وبالتالي تناقص في أبعادها. وباستخدام برنامج خاص ملحق بمجهر القوى الذرية تم معالجة الصور المأخوذة لتحديد بعض المعطيات الكمية كمتوسط الجذر التربيعي لخشونة السطح و القطر الوسطي [40][41] كما هو مدرج في الجدول (3).

القطر الوسطي (d nm)	الخشونة السطحية (Sq nm)	أغشية رقيقة من MgO
88	9.47	S1 بدون حمض الآزوت
50	2.79	S2 مع حمض الآزوت
الجدول (3) : قيم الجذر التربيعي للخشونة السطحية والقطر الوسطي لأغشية أوكسيد المغنيزيوم بإضافة حمض الآزوت وبدونه		

دراسة تأثير درجة حرارة التلدين وحمض الأزوت على خصائص الأغشية الرقيقة من أوكسيد المغنيزيوم النانوي المحضرة بطريقة السول - جل.

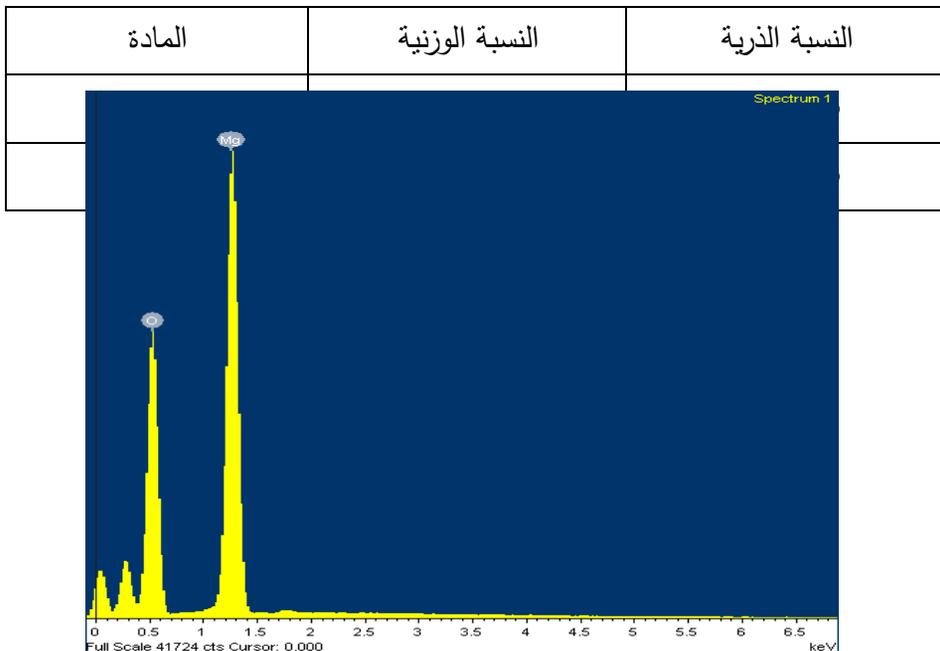


الشكل (5): صورة AFM (2D و D3) لأغشية رقيقة من أوكسيد المغنيزيوم، بدون إضافة حمض الأزوت S1، بإضافة حمض الأزوت S2

4.2. دراسة التركيب العنصري باستخدام الـ EDX:

يبين الشكل (6) التركيب العنصري للعينة الأولى، حيث تظهر قمة تدل على وجود المغنيزيوم (Mg) وقمة أخرى تدل على وجود الأوكسجين (O2) في الغشاء المحضر بنسب وزنية وذرية لكل من الاوكسجين والمغنيزيوم المدرجة بالجدول (4)، لقد جرى استبعاد نسبة الكربون الناتج عن الحامل المستخدم اثناء تحضير العينة للقياس بمقياس الـ EDX. نلاحظ من النسبة الوزنية والذرية لعنصري المغنيزيوم والاكسجين أن النسبة ستوكيومترية تساوي الواحد تقريباً وهذا يعتبر دليلاً واضحاً على تشكل غشاء من أكسيد المغنيزيوم.

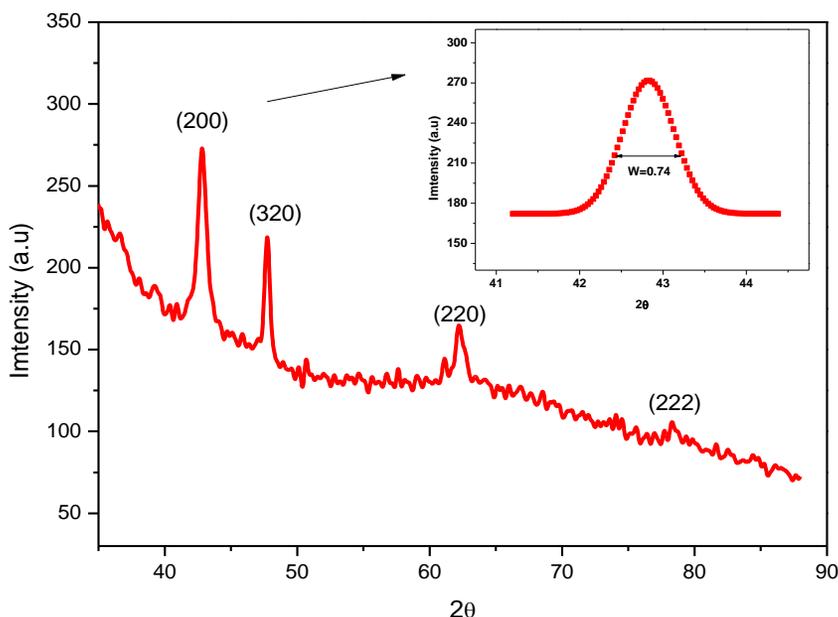
الجدول (4) النسبة الوزنية والذرية لغشاء أكسيد المغنيزيوم للعينة الاولى.



الشكل (6) : التركيب العنصري لعينة من أكسيد المغنيزيوم

4.3. توصيف العينات بنيوياً بواسطة جهاز انعراج الأشعة السينية :

قُمتُ بدراسة بنيوية باستخدام طيف انعراج الأشعة السينية للعينة المثلى وذلك ضمن المجال $2\theta = 35^{\circ} - 88^{\circ}$ بخطوة 0.01° كما هو مبين في الشكل (7) .



الشكل (7): طيف انعراج الأشعة السينية لأوكسيد المغنيزيوم مع تكبير للقمة السائدة

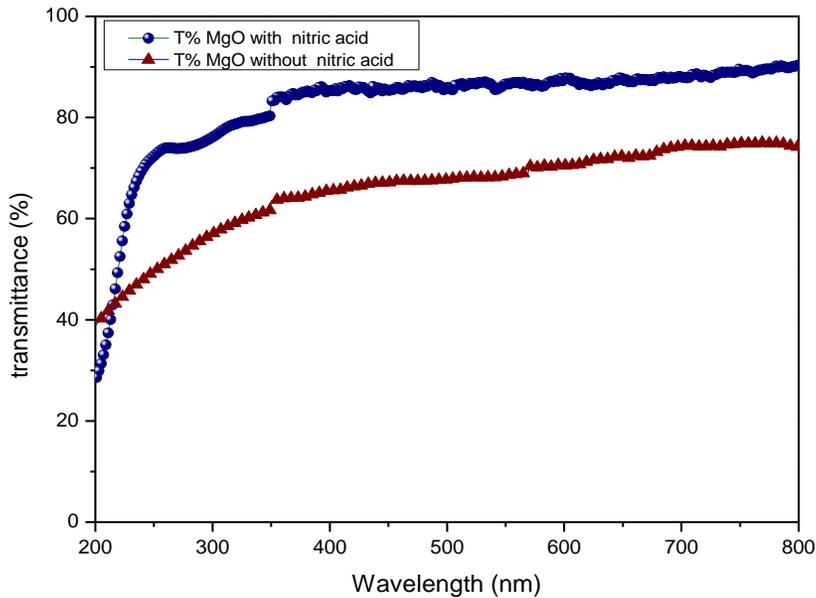
تبين صورة الـ (XRD) أن العينة المحضرة من أكسيد المغنيزيوم متبلورة ومتوافقة مع الطيف المرجعي الأساسي JCPDS وببطاقة ذات الرقم (75-1525). حيث نلاحظ وجود ثلاث قمم مميزة لـ MgO ((200)، (220)، (222)) الواقعة عند الزوايا 2θ (43° و 62.2° و 78.4°) على التوالي في حين تعود القمة الرابعة (320) للطور المتبلور من MgO الواقعة عند الزاوية 47.7° [42]. تم حساب حجم البلورة عند القمة

السائدة (222) باستخدام علاقة شرر $D = K\lambda/\beta\cos\theta$ والتي تبين أنها تساوي
[9] [43] .14nm

4.4. الدراسة الضوئية للعينات بواسطة مطيافية (المرئي - فوق البنفسجي

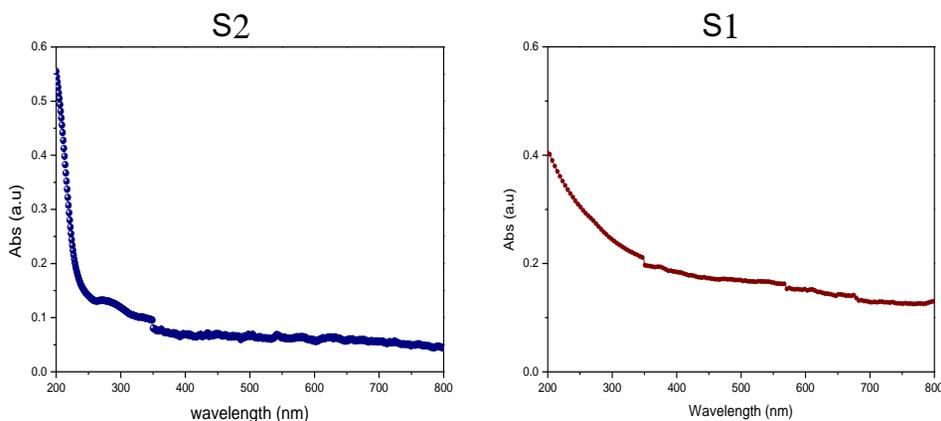
(UV-VIS):

يوضح الشكل (8) طيف النفوذية الضوئية الممتد من المجال فوق البنفسجي إلى المجال المرئي (200-800 nm) للأغشية المحضرة ،

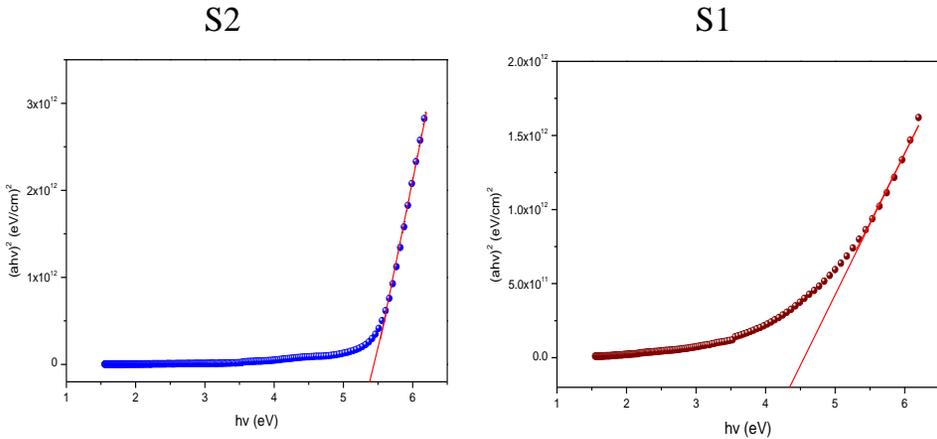


الشكل (8): طيف النفوذية (UV-VIS) لأغشية أكسيد المغنيزيوم بإضافة وبدون إضافة حمض الآزوت

حيث نلاحظ أنه عند إضافة حمض الآزوت زيادةً في النفاذية الضوئية وانخفاض للانعكاسية في المجال المرئي وذلك لأن الأغشية الموضّعة شفافة ومتجانسة بدون أي تقطيع وبتضاريس ملساء كما هو مبين من القيمة المنخفضة لتغير الارتفاع Z والمساوية 13.8 nm في صورة الـ AFM ثلاثية الأبعاد (انعكاس مرآتي). وهذا بدوره يقلل من العيوب البنيوية وبالتالي يخفض من عملية التبعثر الضوئي الذي يلعب دوراً أساسياً في تقليل النفاذية الضوئية للعينة المحضرة بدون إضافة حمض الآزوت نتيجة لزيادة في قيمة Z التي تصل إلى 106nm. كما يلاحظ أنّ حافة الامتصاص الضوئي للعينة S2 تقع ضمن المجال فوق البنفسجي (UV) القريب عند طول موجي يتراوح بين (220–250nm) تقريباً [44] [45] كما يبين الشكل (9S2). بينما أنّ حافة الامتصاص للعينة S1 عريضة وتمتد ضمن مجال الطول الموجي الذي يتراوح بين (280–330 nm) [41] كما هو مبين في الشكل (9S1) .



الشكل (9): طيف الامتصاصية (UV-VIS) لأغشية أكسيد المغنيزيوم بدون إضافة حمض الآزوت S1، بإضافة حمض الآزوت S2.



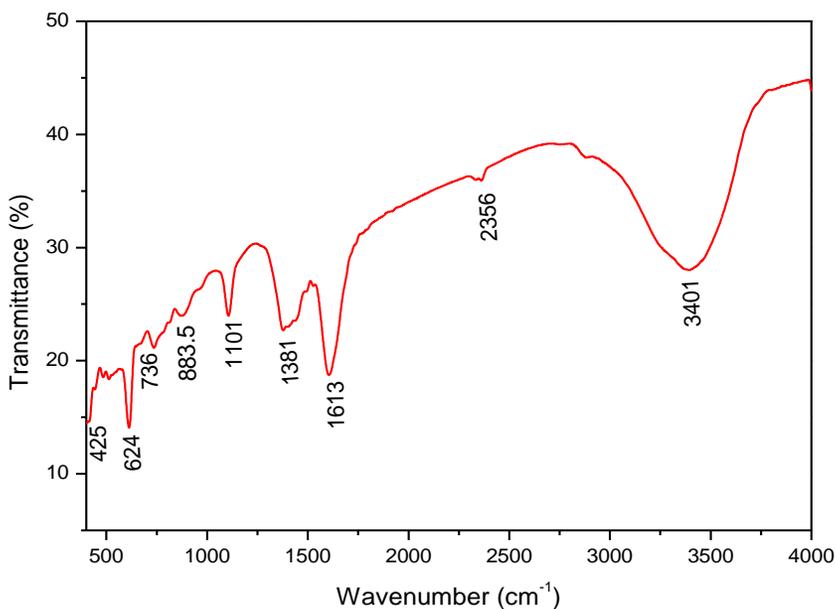
الشكل (10) : طيف (UV-VIS) لأغشية أكسيد المغنيزيوم تغير $(ahv)^2$ بدلالة طاقة الفوتون hv ، بإضافة حمض الازوت S2 ، بدون إضافة حمض الازوت S1

من الشكل (10) وجد أن قيمة فجوة الطاقة لكل من العينتين S1 و S2 تساوي $Eg_2 = 5.4\text{eV}$ و $Eg_1 = 4.3\text{eV}$ على التوالي وهذا يتوافق مع الدراسات المرجعية السابقة [47]، ويفسر الانزياح والازدياد في قيمة الفجوة الطاقية نحو الطول الموجي الأقصر للعيينة S2 نتيجة لتناقص أبعاد الحبيبات المشكّلة للفيلم الرقيق وازدياداً لأثر مفعول التقيّد الكمومي الذي يلعب دوراً هاماً عند الوصول إلى أبعاد نانومترية، حيث أنه كلما ازداد نصف قطر الحبيبات النانوية المتشكّلة تتناقص قيمة الفجوة الطاقية الموافقة لها. [48][49].

4.5. دراسة أطياف FTIR:

بعد دراسة خصائص السطح بال (AFM) والضوئية بواسطة (UV-VIS) للأغشية المحضّرة، تمت دراسة تركيب الروابط الكيميائية ضمن الغشاء باستخدام جهاز التحليل

الطيفي FTIR ضمن مجال تحت الأحمر من 400 cm^{-1} إلى 4000 cm^{-1} . يبين الشكل (11) طيف النفوذية الضوئية لأغشية MgO. لاحظنا وجود نطاق عريض عند 3401 cm^{-1} يُعزى إلى الاهتزاز بالتمدد للرابطة الهيدروجينية في مجموعة الهيدروكسيل [O-H] [50][51]، وشريط الامتصاص الضعيف عند 1381 cm^{-1} يُنسب إلى اهتزازات بالتمدد المتماثل وغير المتماثل لزمرة الكربوكسيل (O=C=O) [45]، والقمة عند 1625 cm^{-1} مرتبطة بالاهتزاز بالانحناء لـ $\text{Mg}(\text{OH})_2$ [52]، والقمة الضعيفة عند 883 cm^{-1} والقوية البارزة عند 425 cm^{-1} تشير إلى اهتزاز الرابطة Mg-O [53] [54]. وهذا الطيف يتوافق مع معظم الدراسات المرجعية .



الشكل (11) : طيف النفوذية (FTIR) لعينة من أكسيد المغنيزيوم

5. الخاتمة:

حُضِرَ في هذا البحث أغشية رقيقة من أكسيد المغنيزيوم النانوي وفقاً لتقنية sol-gel، كما حلت ودرست الاغشية المحضرة مورفولوجياً باستخدام الفحص المجهرى (AFM) والتركيب العنصري وفق (EDX) وضوئياً باستخدام مطيافية (UV-VIS) والتحليل الطيفي (FTIR). بينت الدراسة أنه بإضافة حمض الآزوت وتغير درجة حرارة التلدين تم الحصول على حبيبات بأبعاد صغيرة 50nm ويتوزع أبعاد متجانس وضيق وازدياد في قيمة النفوذية الضوئية في المجال المرئي وازدياد في قيمة فجوة الطاقة لتصل إلى القيمة 5.4 eV، ويعتبر معامل تغير PH المحلول ودرجة حرارة التلدين من العوامل الهامة التي يمكن من خلالها التحكم في قيمة الفجوة الطاقية وانزياحها بمجال واسع تصل الى 1eV تقريباً. وتعدّ هذه النتيجة واعدة لتطبيقات الاغشية النانوية من MgO كطبقة عازلة (buffer layer) تحسن عمل الخلايا الشمسية وكذلك الحساسات البيولوجية.

6. المراجع :

- [1] N. F. Chayed, N. Badar, R. Rusdi, N. Kamarudin, and N. Kamarulzaman, , 2011 "Optical band gap energies of magnesium oxide (MgO) thin film and spherical nanostructures," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1400, no. 2011, pp. 328–332.
- [2] M. Hussain *et al.*, 2020 "Controlling the non-linear optical properties of MgO by tailoring the electronic structure," *Appl. Phys. B Lasers Opt.*, vol. 126, no. 3, pp. 1–7,
- [3] X. Guo, H. Dong, W. Li, N. Li, and L. Wang, 2015 "Multifunctional MgO layer in perovskite solar cells," *ChemPhysChem*, vol. 16, no. 8, pp. 1727–1732,

- [4] M. Patel, V. V. Agrawal, B. D. Malhotra, and S. G. Ansari, 2014 “Nanostructured Magnesium Oxide: A Suitable Material for DNA Based Biosensors,” *Mater. Focus*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11,
- [5] S. Choudhary, A. Sachdeva, and P. Kumar, 2020 “Time-based assessment of thermal performance of flat plate solar collector using magnesium oxide nanofluid,” *Int. J. Sustain. Energy*, vol. 0, no. 0, pp. 1–17,
- [6] G. Mohammed, A. M. El Sayed, and W. M. Morsi, 2018 “Spectroscopic, thermal, and electrical properties of MgO/ polyvinyl pyrrolidone/ polyvinyl alcohol nanocomposites,” *J. Phys. Chem. Solids*, vol. 115, no. April 2017, pp. 238–247,
- [7] S. Kim *et al.*, 2012 “MgO nano-facet embedded silver-based dielectric / metal / dielectric transparent electrode,” no. January,
- [8] J. I. Di Cosimo, V. K. Díez, C. Ferretti, and C. R. Apesteguía, 2014 “Basic catalysis on MgO: Generation, characterization and catalytic properties of active sites,” *Catalysis*, vol. 26, no. January, pp. 1–28,
- [9] G. Balakrishnan, R. Velavan, K. Mujasam Batoo, and E. H. Raslan, 2020 “Microstructure, optical and photocatalytic properties of MgO nanoparticles,” *Results Phys.*, vol. 16, no. February, p. 103013,

- [10] A. O. Adekiya *et al.*, 2019 "MgO fertilizer sole and combined with organic and inorganic fertilizers: Effect on soil chemical properties, turmeric performance, and quality in a tropical alfisol," *Sci. World J.*, vol. 2019, no. June,
- [11] J. F. Lang, J. G. You, X. F. Zhang, X. D. Luo, and S. Y. Zheng, 2018 "Effect of MgO on thermal shock resistance of CaZrO₃ ceramic," *Ceram. Int.*, vol. 44, no. 18, pp. 22176–22180,
- [12] H. S. Cornejo, L. De Los Santos Valladares, C. H. W. Barnes, N. O. Moreno, and A. B. Domínguez, 2020 "Texture and magnetic anisotropy of YBa₂Cu₃O_{7-x} film on MgO substrate," *J. Mater. Sci. Mater. Electron.*,
- [13] M. Y. Nassar, T. Y. Mohamed, I. S. Ahmed, and I. Samir, 2017 "MgO nanostructure via a sol-gel combustion synthesis method using different fuels: An efficient nano-adsorbent for the removal of some anionic textile dyes," *J. Mol. Liq.*, vol. 225, pp. 730–740,
- [14] N. Y. T. Nguyen, N. Grelling, C. L. Wetteland, R. Rosario, and H. Liu, 2018 "Antimicrobial Activities and Mechanisms of Magnesium Oxide Nanoparticles (nMgO) against Pathogenic Bacteria, Yeasts, and Biofilms," *Sci. Rep.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–23,
- [15] Z. X. Tang and B. F. Lv, 2014 "MgO nanoparticles as

- antibacterial agent: Preparation and activity,” *Brazilian J. Chem. Eng.*, vol. 31, no. 3, pp. 591–601,
- [16] C. Xu *et al.*, 2017 “High-temperature stable electrospun MgO nanofibers, formation mechanism and thermal properties,” *Ceram. Int.*, vol. 43, no. 18, pp. 16210–16216,
- [17] G. Naguib, A. H. Hassan, and F. E. Al-hazmi, 2017. “Zein based magnesium oxide nanowires : Effect of anionic charge on size , release and stability zein based magnesium oxide nanowires : effect of anionic charge on size , release and stability Department of Conservative Dentistry , Faculty of Dentistry , K,” no. October,
- [18] T. H. Y. Duong *et al.*, 2019 “Synthesis of Magnesium Oxide Nanoplates and Their Application in Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide Adsorption,” *J. Chem.*, vol. 2019, no. 2,
- [19] X. X. Dong, M. Y. Li, N. N. Feng, Y. M. Sun, C. Yang, and Z. L. Xu, 2015 “A nanoporous MgO based nonenzymatic electrochemical sensor for rapid screening of hydrogen peroxide in milk,” *RSC Adv.*, vol. 5, no. 105, pp. 86485–86489,
- [20] B. Zaidi *et al.*, 2019 “Investigation of MgO powders synthesized by liquid-phase method,” *Metallofiz. i Noveishie Tekhnologii*, vol. 41, no. 8, pp. 1121–1126,

- [21] S. Tigunta, D. Sando, N. Chanlek, L. Supadee, and S. Pojprapai, 2020 "Effect of gas atmospheres on degradation of MgO thin film magnetic tunneling junctions by deionized water," *Thin Solid Films*, vol. 709, p. 138185,
- [22] C.-H. Huang, Y.-L. Jan, and W.-C. Lee, 2011 "Investigation of Mg(O,OH) Films Prepared by Chemical Bath Deposition as Buffer Layers for Cu(In,Ga)Se₂ Solar Cells," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 158, no. 9, p. H879,
- [23] G. Carta *et al.*, 2007 "CVD of MgO thin films from bis(methylcyclopentadienyl) magnesium," *Chem. Vap. Depos.*, vol. 13, no. 4, pp. 185–189,
- [24] W. B. Wang, Y. Yang, A. Yanguas-Gil, N. N. Chang, G. S. Girolami, and J. R. Abelson, 2013 "Highly conformal magnesium oxide thin films by low-temperature chemical vapor deposition from Mg(H₃BNMe₂BH₃)₂ and water," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 102, no. 10, pp. 3–7,
- [25] J. H. Boo, S. B. Lee, K. S. Yu, W. Koh, and Y. Kim, 1999 "Growth of magnesium oxide thin films using single molecular precursors by metal-organic chemical vapor deposition," *Thin Solid Films*, vol. 341, no. 1, pp. 63–67,
- [26] Z. A. Khaleefah, A. Z. Mohammed, and M. S. Hamza, , 2017 "Production Micro and Nano magnesium powder by Pulsed Laser Ablation," *Eng. Technol. J.*, vol. 35, no. 7, pp.

772–775.

- [27] O. V. Diachenko *et al.*, 2016 “Surface morphology, structural and optical properties of MgO films obtained by spray pyrolysis technique,” *Acta Phys. Pol. A*, vol. 130, no. 3, pp. 805–810,
- [28] S. P. Sajjadi, 2005 “Sol–gel process and its application in Nanotechnology,” *J. Polym. Eng. Technol.*, vol. 13, no. January, pp. 38–41,
- [29] A. Dehghanghadikolaei, J. Ansary, and R. Ghoreishi, 2018 “Sol–gel process applications: A mini–review,” *Proc. Nat. Res. Soc.*, vol. 2, pp. 1–11,
- [30] F. T. Ibrahim, , 2017 “Characterization of Pulsed–Laser Deposited CuO–Doped MgO Thin Films for Gas Sensing Applications,” no. September, pp. 13–17.
- [31] H. Zulkefle, L. N. Ismail, R. Abu Bakar, and M. R. Mahmood, 2011 “Molar concentration effect on MgO thin films properties,” *2011 IEEE Symp. Ind. Electron. Appl. ISIEA 2011*, pp. 468–471,
- [32] J. P. Singh, V. Singh, A. Sharma, G. Pandey, K. H. Chae, and S. Lee, 2020, “Approaches to synthesize MgO nanostructures for diverse applications,” *Heliyon*, vol. 6, no. 9, p. e04882,

- [33] O. Darčanova, M. Tamute, A. Beganskiene, and A. Kareiva, , 2016 “Synthesis of magnesium oxide nanoparticles via sol–gel method and hydrolysis and application for paper deacidification treatment,” *Chemija*, vol. 27, no. 3, pp. 170–178.
- [34] Z. Bazhan, F. E. Ghodsi, and J. Mazloom, 2013 “Effect of stabilizer on optical and structural properties of MgO thin films prepared by sol–gel method,” *Bull. Mater. Sci.*, vol. 36, no. 5, pp. 899–905,
- [35] S. Suriyarak and J. Weiss, 2014 “Cutoff Ostwald ripening stability of alkane–in–water emulsion loaded with eugenol,” *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 446, pp. 71–79,
- [36] D. Alloyeau *et al.*, 2010 “Ostwald ripening in nanoalloys: When thermodynamics drives a size–dependent particle composition,” *Phys. Rev. Lett.*, vol. 105, no. 25, pp. 1–4,
- [37] A. A. Pilarska, Ł. Klapiszewski, and T. Jesionowski, 2017 “Recent development in the synthesis, modification and application of Mg(OH)₂ and MgO: A review,” *Powder Technol.*, vol. 319, no. October, pp. 373–407,
- [38] N. C. Diamantopoulos *et al.*, 2020 “Band gap measurements of nano–meter sized rutile thin films,” *Nanomaterials*, vol. 10, no. 12, pp. 1–10,

- [39] R. Verma, K. Kumar Naik, J. Gangwar, and A. K. Srivastava, 2014 "Morphology, mechanism and optical properties of nanometer-sized MgO synthesized via facile wet chemical method," *Mater. Chem. Phys.*, vol. 148, no. 3, pp. 1064–1070,
- [40] A. Fedoročková and P. Raschman, 2008 "Effects of pH and acid anions on the dissolution kinetics of MgO," *Chem. Eng. J.*, vol. 143, no. 1–3, pp. 265–272,
- [41] J. Jeevanandam, Y. S. Chan, and M. K. Danquah, 2020 "Effect of pH variations on morphological transformation of biosynthesized MgO nanoparticles," *Part. Sci. Technol.*, vol. 38, no. 5, pp. 573–586,.
- [42] S. Saritaş, T. Çakici, G. M. Muğlu, M. Kundakci, and M. Yildirim, 2017 "A comparison study of Co and Cu doped MgO diluted magnetic thin films," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1815,
- [43] J. Hornak *et al.*, 2018 "Magnesium oxide nanoparticles: Dielectric properties, surface functionalization and improvement of epoxy-based composites insulating properties," *Nanomaterials*, vol. 8, no. 6, pp. 1–17,
- [44] S. M., G. D., and S. M., 2018 "Synthesis of nanostructured magnesium oxide by sol gel method and its characterization," *Int. J. Pharm. Sci. Res.*, vol. 9, no. 4, pp.

1576–1581,

- [45] A. Maurya and N. Bhatia, , 2017 “Microwave Assisted Sol Gel Synthesis of Magnesium Oxide (MgO),” *Int. J. Eng. Res. Dev.*, vol. 13, no. 8, pp. 1–6.
- [46] K. Mageshwari, S. S. Mali, R. Sathyamoorthy, and P. S. Patil, 2013 “Template–free synthesis of MgO nanoparticles for effective photocatalytic applications,” *Powder Technol.*, vol. 249, pp. 456–462,
- [47] M. R. Bindhu, M. Umadevi, M. Kavin Micheal, M. V. Arasu, and N. Abdullah Al–Dhabi, 2016 “Structural, morphological and optical properties of MgO nanoparticles for antibacterial applications,” *Mater. Lett.*, vol. 166, pp. 19–22,.
- [48] B. Gupta and M. Assemblies, 2015 “Facile synthesis of defect induced highly–luminescent pristine MgO nanostructures for promising solid state lighting applications,” no. January,
- [49] C. Abed, S. Fernández, and H. Elhouichet, 2020 “Studies of optical properties of ZnO:MgO thin films fabricated by sputtering from home–made stable oversize targets,” *Optik (Stuttg)*., vol. 216, no. June, p. 164934,
- [50] A. J. Noori and F. A. Kareem, 2019 “The effect of magnesium oxide nanoparticles on the antibacterial and antibiofilm properties of glass–ionomer cement,” *Heliyon*,

vol. 5, no. 10, p. e02568,

- [51] E. R. Essien, V. N. Atasié, A. O. Okeafor, and D. O. Nwude, 2020 "Biogenic synthesis of magnesium oxide nanoparticles using *Manihot esculenta* (Crantz) leaf extract," *Int. Nano Lett.*, vol. 10, no. 1, pp. 43–48,
- [52] C. G, T. Venkatesha, P. B M, and S. B.S., 2015 "Generation of Nanostructured MgO Particles by Solution Phase Method," *Res. J. Chem. Sci.*, vol. 5, no. May 2016, pp. 13–18,.
- [53] P. Bhattacharya, S. Swain, L. Giri, and S. Neogi, 2019 "Fabrication of magnesium oxide nanoparticles by solvent alteration and their bactericidal applications," *J. Mater. Chem. B*, vol. 7, no. 26, pp. 4141–4152,
- [54] I. W. Sutapa, A. W. Wahab, P. Taba, and N. La Nafie, 2019 "Synthesis and Structural Analysis of Magnesium Oxide Nanomaterial Using Ethanol as Polymerization Solvent," *Indones. J. Fundam. Appl. Chem.*, vol. 4, no. 2, pp. 82–90,