

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الأساسية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 8

1444 هـ - 2023 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

أ. د. محمود حديد	رئيس هيئة التحرير
أ. د. درغام سلوم	رئيس التحرير

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

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	عضو هيئة التحرير

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

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

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

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

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

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

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

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

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

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

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

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة . مثال على ذلك:

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

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

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

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (40000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (100000) ل.س مئة 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 (6000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
38-11	د. منتهج الحسن رامح ديب	تركيب الحلول النظامية لعملية Ignaczak الديناميكية لأجل الحالة المستوية، الأولى لانفعالات الجسم الصلب المرن دقيق الاستقطاب
58-39	د. رهنف الدكاك	النشر بسلاسل فورييه - تشبيثيف في بعض فضاءات التوابع مع تطبيقات
74-59	د. زياد هرموش د. كمال عفيصه زينب يوسف	تصميم وتنفيذ نظام مراقبة للحالة الفيزيولوجية لمرضى في مشفى باستخدام المتحكمات الميكروية
96-75	د. محمد حجوز	تحسين خوارزمية Apriori من خلال تقليل مسح قاعدة البيانات

116-97	د. ناديا خضر	التعرض للجسيمات العالقة في هواء البيئة الريفية
144-117	وردنان حمدو د. عبد الكريم عبد الله د. سامر البب	إعادة تدقيق ستراتغرافي لرسوبات قاعدة النيوجين في شمال السلسلة الساحلية رقع (الحفة، القرداحة واللاذقية)

تركيب الحلول النظامية لعملية Ignaczak الديناميكية لأجل الحالة المستوية، الأولى لانفعالات الجسم الصلب المرن دقيق الاستقطاب

منتجب الحسن[†] رامج رجب ديب¹

ملخص البحث:

يتعلق البحث بالنموذج الرياضي للحالة المستوية الأولى للانفعالات المرنة للجسم الصلب دقيق الاستقطاب، والمتجانس، والمتماثل المناحي، والمناقش رياضياً من خلال الباحثين Eringen [8] و Nowacki [7]، والذي يرمز له اختصاراً بـ $2D (E-N:5)$. في البحث، من أجل الجسم المعتبر، أولاً: سنعرض: (أ) الوصف التقليدي [3]، (ب) وصف Lamé [5]، (ج) وصف Ignaczak [1]، (د) طريقة متجه Schaefer [5.p.217] حل مسألة Lamé للجسم المعتبر. ثانياً: سنعمم طريقة متجه Schaefer لتشمل: (ا) الوصف التقليد للجسم المعتبر، (ا) وصف Ignaczak للجسم المعتبر. أخيراً سننهي البحث باقتراح عدد من المسائل للمناقشة.

[†] أستاذ في قسم الرياضيات - كلية العلوم - جامعة البعث.

[‡] طالب دكتوراه في قسم الرياضيات - كلية العلوم - جامعة البعث.

الكلمات المفتاحية: - طريقة التراكيب - العمليتان الديناميكيان، النظاميتين، الهوكية والمتممة - معادلات الحركة بالإجهادات من نمط Ignaczak - الجسم المرن دقيق الاستقطاب $2D (E-N:5)$ - الحالة المستوية الأولى لانفعالات المرنة.

Combining regular solutions of the Ignaczak dynamical process relating to the first plane state of elastic strain of the micropolar body

† Mountajab Al-Hasan & Rameh Rajab Deeb ‡

Abstract:

The paper relates to the mathematical model of the first plane state of small elastic strains of micropolar homogeneous and isotropic solid, mathematically proposed by Eringen [8] and Nowacki [7], and shortly called 2D (E-N:5).

In paper, for the 2D (E-N:5) considerable body, first we introduce: a) The Traditional Description, b) The Lamé Description, c) The Ignaczak Description [1], d) The Schaefer vector method [5.pp.217] in solving the Lamé problem for the considerable body.

Then, we generalize the Schaefer vector method to: I) The Traditional Description of the 2D (E-N:5) considerable body, II) The Ignaczak Description of the 2D (E-N:5) considerable body. Finally we end paper by suggesting some problems for discussing.

† Professor At Department of Mathematics–Faculty of Science–Al-Baath University, Homs-Syria.

‡ Ph.D . At Department of Mathematics–Faculty of Science–Al-Baath University, Homs-Syria.

Key words: The superposition Method -The Hooke and Complementary Dynamical processes of Ignaczak Type – The Micropolar Elastic Solid 2D (E-N:5) subjected - The first Plane State of Elastic Strain .

1. مقدمة:

في [5] استُخدمت طريقة متجه Schaefer، في حل مسائل القيم الحدية لمعادلات Lamé ضمن الحالة المستوية الأولى لانفعالات الجسم (E-N:5) ذلك انطلاقاً من متجه Schaefer: $\xi \equiv \left(0, 0, \frac{1}{2} \epsilon_{\alpha\beta} u_{\beta, \alpha}\right)$ ، $(\alpha, \beta = 1, 2)$ ، علماً أن: $\epsilon_{\alpha\beta}$ هو شبه تنسور Levi-Civita النسبي بالوزن $\frac{1}{2}$ ، على الفضاء الاقليدي ثنائي البعد R^2 . بعدها تم بنفس الطريقة، حل مسائل القيم الحدية لمعادلات Lamé للحالة ثنائية البعد، المتناظرة محورياً للانفعالات المرنة للجسم من النموذج (E-N:5)، (انظر مثلاً: [5,6])، كما أشار نفس الباحثين إلى إمكانية حل نفس هذه المسائل، أي مسائل القيم الحدية لمعادلات Lamé للحالة ثنائية البعد وكذلك الحالة ثلاثية البعد للانفعالات المرنة للجسم من النموذج (E-N:6)، بوجود حقل درجات حرارة، وبوجود حقل لدونة. وفي [6] أيضاً، قام الباحث Dyzlewicz باستخدام طريقة متجه Schaefer في حل مسائل القيم الحدية والابتدائية لمعادلات Lamé للحالة المستوية الأولى للانفعالات المرنة للجسم من نوع (E-N:6)، بما يتوافق مع الحالة الترموديناميكية غير متساوية الحرارة لهذا الجسم. هذا بالنسبة للتغطية المرجعية للطريقة. في عام 1963 وضع الباحث البولندي Ignaczak وصفاً جديداً لجسم Hooke الصلب المرن من خلال معادلة تنسورية واحدة بالإجهادات، مزودة بشروط حدية وبشروط ابتدائية مصاغة بطريقة معينة. بعدها قام نفس الباحث عام 1971 بتعميم ذلك إلى جسم صلب مرن أكثر تعقيداً [9]. بعدها، في الأعوام: 1991 و 2001 و 2004 و 2014 قام الباحث Dyzlewicz بتعميم ذلك إلى الجسم الصلب المرن من نوع (E-N) (اختصار لـ: Eringen-Nowacki)، الخاضع لحمول ديناميكية، لأجل الحالة الفراغية والحالة المستوية الأولى لانفعالات المرنة [1,5].

2. هدف وأهمية البحث:

1. يهدف البحث إلى تعميم طريقة متجه Schaefer لتشمل: (I) الوصف التقليدي للجسم (المعتبر، II) وصف Ignaczak للجسم المعتبر.

2. تكمن أهمية البحث بأنه يزودنا بطريقة تحليلية جديدة في حل معادلات Ignaczak التنسورية التي تصف الحالة الديناميكية المستوية للانفعالات المرنة للجسم الصلب المرن دقيق الاستقطاب والمتجانس والمتماثل المناحي، والمعين بـ 5 ثوابت مادية، ومن نوع Eringen-Nowacki، والذي نرسم له اختصاراً بالرمز: $2D(E-N:5)$ (الصفائح: الحديدية، النحاسية، الألمنيوم، الفولاذ، ... الخ)، وبالتالي يمكن أن تملك نتائج هذا البحث أهمية كبيرة في مقاومة المواد وفي مخبر المواد و في التصفيح والتسليح، ... الخ.

3. طرق البحث:

سنستخدم نتائج البحثين [5,6]، المتمثلة بطريقة متجه Schaefer في حل مسألة Lamé للجسم $2D(E-N:5)$ ، الخاضع لحرارة، ويشغل في لحظة البدء منطقة Ω بسيطة الترابط ومحدودة في المتنوعة الإقليدية R^2 ، وسوف نستخدم هذه النتائج من أجل تعميم طريقة متجه Schaefer إلى مسألة الوصف التقليدي (العام) للجسم $2D(E-N:5)$ ، الذي يشغل في لحظة البدء المنطقة Ω بسيطة الترابط في المتنوعة الإقليدية R^2 . بعدها باستخدام تعميم الأسلوب السابق، سنقوم باستنتاج طريقة متجه Schaefer من أجل معادلات Ignaczak بالإجهادات والتي تصف الجسم المعبر $2D(E-N:5)$.

بالتالي من أجل متطلبات البحث، نعرض فيما يلي ما يهمنا من نتائج البحثين [5,6].
3-1 مسألتنا الوصف التقليدي ووصف Lamé للحالة الترموديناميكية للجسم المرن $2D(E-N:5)$ ، المتجانس والمتماثل المناحي، ضمن الحالة المستوية الأولى لانفعالات المرنة، حيث يشغل الجسم في لحظة البدء المنطقة بسيطة الترابط Ω ، المحدودة في المتنوعة الإقليدية ثنائية البعد R^2 [5]:

توطئة: سنفترض أن كافة الأدلة اللاتينية \dots, k, j, i تأخذ القيم 1, 2, 3، وأن كافة الأدلة الإغريقية $\dots, \gamma, \beta, \alpha$ تأخذ القيم 1, 2. وسنعمد رموز Einstein في المتنوعة الإقليدية ثلاثية البعد R^3 وفي المتنوعة الإقليدية ثنائية البعد R^2 ، ولتكن $Ox_1x_2x_3$ جملة إحداثية ديكارتية قائمة، ومباشرة، وعطالية، وقاعدتها هي (e_1, e_2, e_3) . من أجل الحالة المستوية الأولى لانفعالات المرنة للجسم المدروس، تكون كافة الحقول التنسورية التي تحكم الحالة الديناميكية للجسم المعبر، تكون مستقلة عن الاحداثي الديكارتية الثالث x_3 ، حيث توصف العملية الديناميكية للجسم المعبر

المتجانس والتمائل المناحي من خلال الحقول التيسورية: $(\mathbf{u}, \boldsymbol{\varphi}, \boldsymbol{\sigma}, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\gamma}, \boldsymbol{\kappa})$ ، حيث أن: \mathbf{u} و $\boldsymbol{\varphi}$ حقلان متجهيان مستقلان، هما على الترتيب، حقل الإزاحات وحقل التوجهات. إضافةً إلى ماتقدم ذكره فإن: $\boldsymbol{\sigma}, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\gamma}, \boldsymbol{\kappa}$ ، حقول تنسورية من المرتبة الثانية، هي على الترتيب: حقل إجهادات القوة، و حقل إجهادات العزم، و حقل الانفعالات، و حقل الانفعالات دقيقة الاستقطاب. وإذا رمزنا بـ $[0, \infty[:= T^+$ ، و $[0, \infty[:= T$ ، فيمكن أن تمثل الحقول السابقة في $\Omega \times T^+$ وفي النظام الإحداثي الديكارتي \mathbf{e}_i ، على الشكل التالي:

$$\mathbf{u} \equiv (u_1, u_2, 0), \quad \boldsymbol{\varphi} \equiv (0, 0, \varphi_3) \quad (3.1)$$

$$\boldsymbol{\gamma} \equiv \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & 0 \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{\kappa} \equiv \begin{bmatrix} 0 & 0 & \kappa_{13} \\ 0 & 0 & \kappa_{23} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

$$\boldsymbol{\sigma} \equiv \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & 0 \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{33} \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{\mu} \equiv \begin{bmatrix} 0 & 0 & \mu_{13} \\ 0 & 0 & \mu_{23} \\ \mu_{31} & \mu_{32} & 0 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

حيث:

$$\sigma_{33} = \nu \sigma_{\alpha\alpha}, \quad \mu_{3\alpha} = \frac{\gamma - \varepsilon}{\gamma + \varepsilon} \mu_{\alpha 3} \quad (3.4)$$

كما أن: $\nu = \frac{\lambda}{2(\mu + \lambda)}$ تمثل نسبة Poisson، و $\mu, \lambda, \gamma, \varepsilon \in \mathbf{R}_+$ الثوابت مادية

للجسم المدروس، أخيراً ننوه إلى أن جميع المركبات الموجودة في العلاقات السابقة تتبع للموضع: $\mathbf{x} \equiv (x_1, x_2) \in \Omega$ وللزمن t .

أولاً الوصف التقليدي: يتألف الوصف التقليدي للحالة الديناميكية للجسم $2D (E-N:5)$ المتجانس والتمائل المناحي، ضمن الحالة المستوية الأولى للانفعالات المرنة، يتألف من المعادلات والعلاقات الأساسية والشروط الحدية والابتدائية التالية [5]:

معادلات الحركة، المحققة في $\Omega \times T^+$:

$$\sigma_{\beta\alpha, \beta} + X_\alpha = \rho \ddot{u}_\alpha, \quad \varepsilon_{\alpha\beta} \sigma_{\alpha\beta} + \mu_{\beta 3, \beta} + Y_3 = J \ddot{\varphi}_3 \quad (3.5)$$

علماء أن: J, ρ ، على الترتيب تمثلان الكثافة الحجمية والعتالة الدورانية للجسم
المعتبر و $\mathbf{X} \equiv (X_1, X_2, 0)$ يمثل حقل القوة الحجمية و $\mathbf{Y} \equiv (0, 0, Y_3)$ حقل
العزم الحجمي. نرمز بواسطة الفاصلة الدليلية للمشتق الجزئي بالنسبة
للموضع: $f_{,\beta} = \frac{\partial f}{\partial x_\beta}$ ، كما نرمز بالنقطة للمشتق الجزئي بالنسبة للزمن:

$\dot{f} \equiv \partial f / \partial t$. أخيراً الرموز $\epsilon_{\alpha\beta}$ تمثل المركبات الديكارتيّة لتتسور Levi-Civita،
النسبي، من المرتبة الثانية، مع الوزن: $w = \frac{1}{2}$.

معادلات انسجام الانفعالات، المحققة في $\Omega \times \mathbf{T}$:

$$\begin{aligned} \kappa_{23,1} - \kappa_{13,2} = 0, \quad \kappa_{13} - \gamma_{21,1} + \gamma_{11,2} = 0, \\ \kappa_{23} + \gamma_{12,2} - \gamma_{22,1} = 0 \end{aligned} \quad (3.6)$$

العلاقات الهندسية، المحققة في $\Omega \times \mathbf{T}^+$:

$$\gamma_{\alpha\beta} = u_{\beta,\alpha} + \epsilon_{\beta\alpha} \varphi_3, \quad \kappa_{\alpha 3} = \varphi_{3,\alpha} \quad (3.7)$$

العلاقات التأسيسية، المحققة في $\Omega \times \mathbf{T}$:

$$\begin{aligned} \sigma_{\alpha\beta} = (\mu + \alpha) \gamma_{\alpha\beta} + (\mu - \alpha) \gamma_{\beta\alpha} + \lambda e_1 \delta_{\alpha\beta}, \\ \mu_{\alpha 3} = (\gamma + \varepsilon) \kappa_{\alpha 3} \end{aligned} \quad (3.8)$$

حيث $\alpha \in R_+$ الثابت المادي الخامس للجسم و $e_1 = \gamma_{\varepsilon\varepsilon}$ أما $\delta_{\alpha\beta}$ فهو رمز دلتا كرونكيا،
الشروط الحدية المحققة على $\partial\Omega \times \mathbf{T}$:

$$\sigma_{\beta\alpha} n_\beta = p_\alpha, \quad \mu_{\beta 3} n_\beta = m_3 \quad (3.9)$$

حيث التوابع $[\partial\Omega \times \mathbf{T} \rightarrow R]: (p_\alpha, m_3)$ مفروضة، و $\partial\Omega$ تمثل الحدود الملساء
للمنطقة Ω ($\bar{\Omega} = \Omega \cup \partial\Omega$)، أما: $\mathbf{n} \equiv (n_1, n_2, 0)$ فهي المركبات الديكارتيّة لمتجه
واحدة ناظم $\partial\Omega$ والموجه نحو خارج Ω .

الشروط الابتدائية المحققة في $\Omega \times \{0\}$:

$$u_\alpha = f_\alpha, \quad \varphi_3 = f_3, \quad \dot{u}_\alpha = g_\alpha, \quad \dot{\varphi}_3 = g_3 \quad (3.10)$$

حيث التوابع $[\Omega \rightarrow R]: (f_\alpha, f_3, g_\alpha, g_3)$ مفروضة.

ثانياً) وصف *Lame*: يتألف وصف *Lame* للحالة الديناميكية للجسم 2D (E-N:5) المتجانس والتمائل المناحي، في الحالة المستوية الأولى للانفعالات المرنة، يتألف من المعادلات والعلاقات الأساسية والشروط الحدية والابتدائية التالية [1,5]:

معادلات *Lame* للحركة، المحققة في $\Omega \times T^+$:

$$\square_2 u_\alpha + (\lambda + \mu - \alpha) u_{\beta, \beta \alpha} + 2\alpha \epsilon_{\alpha \gamma} \varphi_{3, \gamma} + X_\alpha = 0 \quad (3.11)$$

$$\square_4 \varphi_3 + 2\alpha \epsilon_{\alpha \beta} u_{\beta, \alpha} + Y_3 = 0, \quad (3.12)$$

حيث: $\square_4 = (\gamma + \epsilon) \Delta_1 - 4\alpha - J \partial_t^2$ و $\square_2 = (\mu + \alpha) \Delta_1 - \rho \partial_t^2$

و Δ_1 هو مؤثر لابلاس الاشتقاقي السلمي ثنائي البعد: $(\Delta_1 = \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2})$ ، أما

$$\partial_t f = \dot{f} = \partial f / \partial t$$

العلاقات الهندسية، المحققة في $\Omega \times T^+$:

$$\gamma_{\alpha \beta} = u_{\beta, \alpha} + \epsilon_{\beta \alpha} \varphi_3, \quad \kappa_{\alpha 3} = \varphi_{3, \alpha} \quad (3.13)$$

العلاقات التي تعطي الإجهادات بدلالة الإزاحات والدورانات، والمحققة في

$\Omega \times T^+$

$$\sigma_{\alpha \beta} = (\mu + \alpha) u_{\beta, \alpha} + (\mu - \alpha) u_{\alpha, \beta} - 2\alpha \epsilon_{\alpha \beta} \varphi_3 + \lambda u_{\epsilon, \epsilon} \delta_{\alpha \beta}, \quad (3.14)$$

$$\mu_{\alpha 3} = (\gamma + \epsilon) \varphi_{3, \alpha} \quad (3.15)$$

الشروط الحدية المحققة على $\partial \Omega \times T$:

$$[(\mu + \alpha) u_{\alpha, \beta} + (\mu - \alpha) u_{\beta, \alpha} - 2\alpha \epsilon_{\beta \alpha} \varphi_3 + u_{\epsilon, \epsilon} \delta_{\alpha \beta}] n_\beta = p_\alpha, \quad (3.16)$$

$$(\gamma + \epsilon) \varphi_{3, \beta} n_\beta = m_3,$$

الشروط الابتدائية المحققة في $\Omega \times \{0\}$:

$$u_\alpha = f_\alpha, \quad \varphi_3 = f_3, \quad \dot{u}_\alpha = g_\alpha, \quad \dot{\varphi}_3 = g_3 \quad (3.17)$$

2-3 طريقة متجه Schaefer في حل مسألة *Lame* للجسم 2D(E-N:5) [5,6]:

نحصل على هذه الطريقة، باتباع الآتي:

بتعويض المركبة: $\zeta_3 = \frac{1}{2} \in_{\alpha\beta} u_{\beta, \alpha} - \varphi_3$ لمتجه Schaefer: $\zeta \equiv (0, 0, \zeta_3)$

في المعادلتين (3.11) و(3.12)، من ثم بالاستفادة من العلاقة:

$$\in_{\alpha\gamma} \in_{\varepsilon\delta} = \delta_{\alpha\varepsilon} \delta_{\gamma\delta} - \delta_{\alpha\delta} \delta_{\gamma\varepsilon} \quad (3.18)$$

نحصل على المعادلتين التاليتين المحققتين في $\Omega \times T^+$:

$$\square_2^* u_{\alpha} + (\lambda + \mu) u_{\beta, \beta \alpha} + X_{\alpha} = 2\alpha \in_{\alpha\gamma} \zeta_{3, \gamma} \quad (3.19)$$

$$\square_4^* \in_{\alpha\beta} u_{\beta, \alpha} + 2Y_3 = 2 \square_4^* \zeta_3 \quad (3.20)$$

حيث \square_2^* و \square_4^* ، على الترتيب هما \square_2 و \square_4 بعد تعويض $\alpha = 0$.

لنفترض الآن أن:

$$\begin{aligned} u_{\alpha} &= u_{\alpha}^0 + u'_{\alpha}, \quad \varphi_3 = \varphi_3^0 + \varphi'_3, \\ \zeta_3 &= \zeta_3^0 + \zeta'_3, \quad Y_3 = Y_3^0 + Y'_3, \end{aligned} \quad (3.21)$$

حيث المقاطع: $u_{\alpha}^0, \varphi_3^0$ تتعلق بجسم هوك ضمن المرنة التقليدية الديناميكية. عندئذٍ بوضع: $\zeta_i^0 = 0$ ، نصل إلى مسألة القيم الحدية-الابتدائية للجسم في إطار المرنة الخطية التقليدية الديناميكية ، حيث نحصل من المعادلة (3.19) على معادلات *Lame* التقليدية التالية المحققة في $\Omega \times T^+$:

$$\square_2^* u_{\alpha}^0 + (\lambda + \mu) u_{\beta, \beta \alpha}^0 + X_{\alpha} = 0 \quad (3.22)$$

إلى ذلك نضيف الشروط الحدية والابتدائية، التقليدية التالية، التي نحصل عليها من الشروط الحدية والابتدائية (3.16) و(3.17):

الشروط الحدية المحققة على $\partial\Omega \times T$:

$$\sigma_{\beta \alpha}^0 n_{\beta} = p_{\alpha} \quad (3.23)$$

حيث $\sigma_{\beta \alpha}^0$ هي المركبات الديكارتيّة لحقل الإجهادات التقليدي σ^0 .

الشروط الابتدائية المحققة في $\Omega \times \{0\}$:

$$u_\alpha^0 = f_\alpha, \quad \dot{u}_\alpha^0 = g_\alpha \quad (3.24)$$

الآن من المعادلة (3.20)، لأجل $(Y_3^0 = 0$ و $\zeta_3^0 = 0)$ ، تتفصل أو تخرج المعادلة التالية، المحققة في: $\Omega \times T^+$:

$$2 \square_2^* \varphi_3^0 + \epsilon_{\alpha\beta} X_{\beta,\alpha} = 0 \quad (3.25)$$

الناتجة عن المعادلة (3.22)، والعلاقة التقليدية:

$$2\varphi_3^0 = \epsilon_{\alpha\beta} u_{\beta,\alpha}^0 \quad (3.26)$$

من نظام المعادلات (3.19) و (3.22)، و (3.20) و (3.25) نحصل على جملة المعادلات التالية المحققة في $\Omega \times T^+$ لأجل u'_α, ζ_3 :

$$\square_2^* u'_\alpha + (\lambda + \mu) u'_{\beta,\beta\alpha} + \hat{X}_\alpha = 2\alpha \epsilon_{\alpha\gamma} \zeta_{3,\gamma}, \quad (3.27)$$

$$\begin{aligned} \square_4^* \epsilon_{\alpha\beta} u'_{\beta,\alpha} + 2\bar{Y}_3 - 2 \square_4 \zeta_3 &= \\ &= 2(\gamma + \epsilon) (c_4^{-2} - \hat{c}_2^{-2}) \ddot{\varphi}_3^0, \end{aligned} \quad (3.28)$$

حيث:

$$c_4^2 = \frac{\gamma + \epsilon}{J}, \quad \hat{c}_2^2 = \frac{\mu}{\rho}, \quad \hat{X}_\alpha = 0, \quad (3.29)$$

$$\bar{Y}_3 = Y_3 - \frac{\gamma + \epsilon}{2\mu} \epsilon_{\alpha\beta} X_{\beta,\alpha}$$

إلى جملة المعادلات (3.27) - (3.28) نضيف الشروط الحدية والابتدائية التالية:

الشروط الحدية المحققة على $\partial\Omega \times T$:

$$\sigma'_{\beta\alpha} n_\beta = 0, \quad \mu'_{\alpha 3} n_\alpha = m_3 - m_3^0 \quad (3.30)$$

الشروط الابتدائية، المحققة في $\Omega \times \{0\}$:

$$u'_\alpha = 0, \quad \varphi'_3 = f_3 - f_3^0, \quad \dot{u}'_\alpha = 0, \quad \dot{\varphi}'_3 = g_3 - g_3^0 \quad (3.31)$$

حيث المقادير: m_3^0 و f_3^0 و g_3^0 تنتج عن حل مسألة القيم الحدية والابتدائية التقليدية
(3.22)-(3.24) وعن العلاقات التقليدية:

$$\begin{aligned} \varphi_3^0 &= \frac{1}{2} \in_{\alpha\beta} u_{\beta,\alpha}^0, \quad \kappa_{\alpha 3}^0 = \varphi_{3,\alpha}^0, \\ \mu_{\alpha 3}^0 &= (\gamma + \varepsilon) \kappa_{\alpha 3}^0, \quad m_3^0 = \mu_{\alpha 3}^0 n_\alpha \end{aligned} \quad (3.32)$$

حيث:

$$f_3^0(\mathbf{x}) = \lim_{t \rightarrow 0} \varphi_3^0(\mathbf{x}, t), \quad g_3^0(\mathbf{x}) = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{\partial \varphi_3^0}{\partial t}(\mathbf{x}, t); \quad \mathbf{x} \in \Omega \quad (3.33)$$

إن المعادلات (3.22) و (3.27)-(3.28) مرتبطة ليس فقط عبر الشروط الحدية

والابتدائية (3.35)-(3.34)، وإنما أيضاً من خلال ظهور الدوران التقليدي:

$$\varphi_3^0 = \frac{1}{2} \in_{\alpha\beta} u_{\beta,\alpha}^0 \quad \text{أمام المؤثر: } \partial_t^2 (c_4^{-2} - \hat{c}_2^{-2}), \quad \text{في المعادلة (3.28).}$$

آلية حل المسألة: تتلخص آلية حل المسألة (3.10)-(3.1) بالخطوات الثلاث التالية:

أولاً: بحل مسألة القيم الحدية والابتدائية، التقليدية، نحصل على الإزاحات التقليدية u_α^0 .
باستخدام العلاقات $_{1,2}$ (3.32) نحصل على الدوران التقليدي φ_3^0 وعلى انفعال العزم

التقليدية $\kappa_{\alpha 3}^0$. باستخدام العلاقة $_3$ (3.32) نحصل على انفعالات العزم التقليدية $\mu_{\alpha 3}^0$.

أما باستخدام $_4$ (3.32) و (3.33) فنحصل، على الترتيب، على كل من m_3^0 و f_3^0 و g_3^0 .

أما باستخدام العلاقات الهندسية (3.7)₁، مكتوبةً بالنسبة للإزاحات التقليدية u_α^0

والانفعالات التقليدية $\varepsilon_{\alpha\beta}^0$ ، نحصل على الانفعالات التقليدية $\varepsilon_{\alpha\beta}^0$. وباستخدام العلاقة

$_1$ (3.8)، مكتوبةً بالنسبة للانفعالات التقليدية $\varepsilon_{\alpha\beta}^0$ والإجهادات التقليدية $\sigma_{\alpha\beta}^0$ ، نحصل

على الإجهادات التقليدية $\sigma_{\alpha\beta}^0$.

ثانياً: وبحل مسألة القيم الحدية الابتدائية المتممة (3.31)-(3.27)، نحصل على الحل

المتمم: φ'_3 ، u'_α . باستخدام العلاقات الهندسية (3.7) مكتوبةً بالنسبة للإزاحات

المتممة u'_α والدوران المتمم φ'_3 والانفعالات المتممة $\gamma'_{\alpha\beta}$ و $\kappa'_{\alpha 3}$ ، فإننا نحصل على

الانفعالات المتممة المذكورة. وباستخدام العلاقات التأسيسية (3.8)، مكتوبةً بالنسبة

للانفعالات المتممة $\gamma'_{\alpha\beta}$ و $\kappa'_{\alpha 3}$ ، و الإجهادات المتممة $\sigma'_{\alpha\beta}$ و $\mu'_{\alpha 3}$ ، فإننا نحصل على الإجهادات المتممة $\sigma'_{\alpha\beta}$ و $\mu'_{\alpha 3}$.

ثالثاً: بعد الحصول على جميع الحقول الفيزيائية التقليدية والمتممة ، نعوض في:

$$\begin{aligned} u_{\alpha} &= u_{\alpha}^0 + u'_{\alpha} , & \varphi_3 &= \varphi_3^0 + \varphi'_3 , \\ \gamma_{\alpha\beta} &= \varepsilon_{\alpha\beta}^0 + \gamma'_{\alpha\beta} , & \kappa_{\alpha 3} &= \kappa_{\alpha 3}^0 + \kappa'_{\alpha 3} , \\ \sigma_{\alpha\beta} &= \sigma_{\alpha\beta}^0 + \sigma'_{\alpha\beta} , & \mu_{\alpha 3} &= \mu_{\alpha 3}^0 + \mu'_{\alpha 3} \end{aligned} \quad (3.34)$$

ونستخدم العلاقة (3.4)، فنحصل على الحل $(\mathbf{u}, \boldsymbol{\varphi}, \boldsymbol{\sigma}, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\gamma}, \boldsymbol{\kappa})$ لمسألة القيم الحدية والابتدائية (3.10)-(3.1).

فيمايلي سنستنتج النظام المعادلاتي الاشتقاقي الجزئي لأجل المقاطع: φ'_3, u'_{α} ،

والذي لايحتوي الدوران التقليدي φ_3^0 . ولهذا الغرض نطبق المؤثر \square_2^* على طرفي

المعادلة (3.20)، فنحصل على المعادلة التالية المحققة في $\Omega \times T^+$:

$$\square_2^* (\square_4^* \varepsilon_{\alpha\beta} u_{\beta, \alpha} + 2Y_3 - 2\square_4^* \zeta_3) = 0 \quad (3.35)$$

الآن عن المعادلة (3.34)، لأجل $(Y_3^0 = 0$ و $\zeta_3^0 = 0)$ ، تنفصل أو تخرج المعادلة

التالية، المحققة في $\Omega \times T^+$:

$$\square_4^* (2\square_2^* \varphi_{3+}^0 + \varepsilon_{\alpha\beta} X_{\beta, \alpha}) = 0 \quad (3.36)$$

والمحققة على التطابق في $\Omega \times T^+$ ، وينتج ذلك من تحقق المعادلة (3.25) في $\Omega \times T^+$.

الآن، ينتج من المعادلات (3.19) و (3.35)، أن جملة المعادلات التالية محققة

في $\Omega \times T^+$ ، لأجل ζ_3, u'_{α} :

$$\square_2^* u'_{\alpha} + (\lambda + \mu) u'_{\beta, \beta \alpha} + \hat{X}_{\alpha} = 2\alpha \varepsilon_{\alpha\gamma} \zeta_{3, \gamma} , \quad (3.37)$$

$$\square_2^* (\square_4^* \varepsilon_{\alpha\beta} u'_{\beta, \alpha} - 2\square_4^* \zeta_3) + 2\hat{Y}_3 = 0 , \quad (3.38)$$

حيث:

$$\hat{Y}_3 = \square_2^* Y_3 - \frac{1}{2} \square_4^* \epsilon_{\alpha\beta} X_{\beta,\alpha} \quad (3.39)$$

ونلاحظ هنا اختفاء الدوران التقليدي φ_3^0 من جملة المعادلات السابقة. أخيراً باستخدام العلاقة:

$$\zeta_3 = \frac{1}{2} \epsilon_{\alpha\beta} u'_{\beta,\alpha} - \varphi'_3 \quad (3.40)$$

تأخذ جملة المعادلات (3.37)-(3.38) الشكل التالي في $\Omega \times T^+$ ، لأجل u'_α ، φ'_3 :

$$\square_2 u'_\alpha + (\lambda + \mu - \alpha) u'_{\beta,\beta\alpha} + 2\alpha \epsilon_{\alpha\gamma} \varphi'_{3,\gamma} + \hat{X}_\alpha = 0 \quad (3.41)$$

$$\square_2^* (\square_4 \varphi'_3 + 2\alpha \epsilon_{\alpha\beta} u'_{\beta,\alpha}) + \hat{Y}_3 = 0 \quad (3.42)$$

إلى جملة المعادلات السابقة نضيف الشروط الحدية والابتدائية (3.31)-(3.30).

كما يلزمنا أيضاً فيمايلي عرض نتائج البحث [1] المتضمن وصف Ignaczak بالإجهادات والحرارة للجسم 2D(E-N:5).

رابعاً) وصف Ignaczak بالإجهادات للجسم 2D(E-N:5): يتألف وصف Ignaczak للحالة الديناميكية للجسم 2D(E-N:5) المتجانس والمتمائل المناحي، ضمن الحالة المستوية الأولى للانفعالات المرنة، يتألف من المعادلات والعلاقات التيسورية الأساسية والشروط الحدية والابتدائية التالية [1]:

معادلات الحركة بالإجهادات، المحققة في $\Omega \times T^+$:

$$\rho^{-1} R_{\alpha,\beta} + J^{-1} \epsilon_{\alpha\beta} R_3 - \frac{1}{2\mu} \ddot{\sigma}_{(\alpha\beta)} + \frac{1}{2\alpha} \ddot{\sigma}_{[\alpha\beta]} + \frac{\lambda}{2\mu} \ddot{e}_1 \delta_{\alpha\beta} = 0, \quad (3.43)$$

$$c_4^2 R_{3,\alpha} - \ddot{\mu}_{\alpha 3} = 0, \quad (3.44)$$

حيث:

$$R_\alpha = \hat{R}_\alpha + X_\alpha, R_3 = \hat{R}_3 + Y_3, \hat{R}_\alpha = \sigma_{\beta\alpha,\beta},$$

$$\hat{R}_3 = \epsilon_{\alpha\beta} \sigma_{\alpha\beta} + \mu_{\beta 3,\beta}, \ddot{e}_1 = \frac{\ddot{\sigma}_{\epsilon\epsilon}}{2(\mu + \lambda)}, c_4 = \sqrt{\frac{\gamma + \epsilon}{J}},$$

أخيراً $\sigma_{(\alpha\beta)}$ و $\sigma_{[\alpha\beta]}$ ، على الترتيب، هي الجزء التناظري والجزء التناظري العكسي لـ

$$\sigma_{(\alpha\beta)} = \frac{1}{2} (\sigma_{\alpha\beta} + \sigma_{\beta\alpha}) , \quad \sigma_{[\alpha\beta]} = \frac{1}{2} (\sigma_{\alpha\beta} - \sigma_{\beta\alpha}) ; \quad \sigma_{\alpha\beta}$$

الشروط الحدية المحققة على $\partial\Omega \times T$:

$$\sigma_{\beta\alpha} n_{\beta} = p_{\alpha} , \quad \mu_{\beta 3} n_{\beta} = m_3 \quad (3.45)$$

الشروط الابتدائية المحققة في $\Omega \times \{0\}$:

$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma^{(0)} , \quad \mu = \mu^{(0)} , \\ \dot{\sigma} &= \dot{\sigma}^{(0)} , \quad \dot{\mu} = \dot{\mu}^{(0)} \end{aligned} \quad (3.46)$$

حيث:

$$\sigma^{(0)} \equiv \begin{bmatrix} \sigma_{11}^{(0)} & \sigma_{12}^{(0)} & 0 \\ \sigma_{21}^{(0)} & \sigma_{22}^{(0)} & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{33}^{(0)} \end{bmatrix} , \quad \mu^{(0)} \equiv \begin{bmatrix} 0 & 0 & \mu_{13}^{(0)} \\ 0 & 0 & \mu_{23}^{(0)} \\ \mu_{31}^{(0)} & \mu_{32}^{(0)} & 0 \end{bmatrix} , \quad (3.47)$$

$$\dot{\sigma}^{(0)} \equiv \begin{bmatrix} \dot{\sigma}_{11}^{(0)} & \dot{\sigma}_{12}^{(0)} & 0 \\ \dot{\sigma}_{21}^{(0)} & \dot{\sigma}_{22}^{(0)} & 0 \\ 0 & 0 & \dot{\sigma}_{33}^{(0)} \end{bmatrix} , \quad \dot{\mu}^{(0)} \equiv \begin{bmatrix} 0 & 0 & \dot{\mu}_{13}^{(0)} \\ 0 & 0 & \dot{\mu}_{23}^{(0)} \\ \dot{\mu}_{31}^{(0)} & \dot{\mu}_{32}^{(0)} & 0 \end{bmatrix} , \quad (3.48)$$

علماً أن:

$$\sigma_{33}^{(0)} = \nu \sigma_{\alpha\alpha}^{(0)} , \quad \mu_{3\alpha}^{(0)} = \frac{\gamma - \varepsilon}{\gamma + \varepsilon} \mu_{\alpha 3}^{(0)} , \quad (3.49)$$

$$\dot{\sigma}_{33}^{(0)} = \nu \dot{\sigma}_{\alpha\alpha}^{(0)} , \quad \dot{\mu}_{3\alpha}^{(0)} = \frac{\gamma - \varepsilon}{\gamma + \varepsilon} \dot{\mu}_{\alpha 3}^{(0)} \quad (3.50)$$

وأن:

$$\sigma_{\alpha\beta}^{(0)} = (\mu + \alpha) \gamma_{\alpha\beta}^{(0)} + (\mu - \alpha) \gamma_{\beta\alpha}^{(0)} + \lambda e_1^{(0)} \delta_{\alpha\beta} , \quad (3.51)$$

$$\mu_{\alpha 3}^{(0)} = (\gamma + \varepsilon) f_{3,\alpha} , \quad \gamma_{\alpha\beta}^{(0)} = f_{\beta,\alpha} - \epsilon_{\alpha\beta} f_3 , \quad e_1^{(0)} = f_{\varepsilon,\varepsilon} ,$$

وأن:

$$\dot{\sigma}_{\alpha\beta}^{(0)} = (\mu + \alpha) \dot{\gamma}_{\alpha\beta}^{(0)} + (\mu - \alpha) \dot{\gamma}_{\beta\alpha}^{(0)} + \lambda \dot{e}_1^{(0)} \delta_{\alpha\beta} , \quad (3.52)$$

$$\dot{\mu}_{\alpha 3}^{(0)} = (\gamma + \varepsilon) g_{3,\alpha} , \quad \dot{\gamma}_{\alpha\beta}^{(0)} = g_{\beta,\alpha} - \epsilon_{\alpha\beta} g_3 , \quad \dot{e}_1^{(0)} = g_{\varepsilon,\varepsilon} ,$$

العلاقات التأسيسية العكسية، المحققة في $\Omega \times T$:

$$\gamma_{\alpha\beta} = \frac{1}{2\mu} \sigma_{(\alpha\beta)} + \frac{1}{2\alpha} \sigma_{[\alpha\beta]} - \frac{\lambda}{2\mu} e_1 \delta_{\alpha\beta}, \quad (3.53)$$

$$\kappa_{\alpha 3} = \frac{1}{\gamma + \varepsilon} \mu_{\alpha 3}, \quad e_1 = \frac{\sigma_{\varepsilon\varepsilon}}{2(\mu + \lambda)},$$

العلاقات التي الإزاحات والدورانات بدلالة الإجهادات، والمحققة في $\bar{\Omega} \times T$:

$$u_\alpha = g_\alpha t + f_\alpha + \rho^{-1}(t * R_\alpha), \quad (3.54)$$

$$\varphi_3 = g_3 t + f_3 + J^{-1}(t * R_3), \quad (3.55)$$

حيث النجمة * تعني الطي [10]: $t * f(\mathbf{x}; t) = \int_0^t (t - \tau) f(\mathbf{x}; \tau) d\tau$

آلية حل مسألة Ignaczak: بحل مسألة القيم الحدية والابتدائية (3.52) - (3.43) والأخذ بعين الاعتبار العلاقات (3.4) نحصل على الإجهادات: (σ, μ) . وإذا عوضنا الحل: (σ, μ) في العلاقات التأسيسية العكسية (3.53) نحصل على الانفعالات: (γ, κ) . أما إذا عوضنا الحل: (σ, μ) في العلاقات (3.54) و (3.55) فنحصل على الإزاحات والدورانات: (\mathbf{u}, φ) .

4. النتائج والمناقشة:

في كلٍ من الوصف التقليدي (3.10) - (3.1)، و وصف Ignaczak

(3.55) - (3.43) للجسم المعتبر $2D(E-N:5)$ ، سنفرض فيه أن:

$$\begin{aligned} \mathbf{u} &= \mathbf{u}^0 + \mathbf{u}', & \varphi &= \varphi^0 + \varphi', \\ \sigma &= \sigma^0 + \sigma', & \mu &= \mu^0 + \mu', & \gamma &= \varepsilon^0 + \gamma', \\ \kappa &= \kappa^0 + \kappa', & \mathbf{Y} &= \mathbf{Y}^0 + \mathbf{Y}', \end{aligned} \quad (4.1)$$

حيث الحقول $(\mathbf{u}^0, \varphi^0, \sigma^0, \mu^0, \varepsilon^0, \kappa^0)$ و \mathbf{Y}^0 ، تتعلّق بالمرونة الخطية، الكلاسيكية والديناميكية (موديل Hooke المتساوي درجات الحرارة) ضمن الحالة المستوية الأولى لانفعالات المرنة لهذا الجسم، أما الحقول $(\mathbf{u}', \varphi', \sigma', \mu', \gamma', \kappa')$ و \mathbf{Y}' فهي الحقول المتممة، أو الزائدة عن حقول الجسم Hooke متساوي درجات الحرارة.

1-4-1 تعميم طريقة متجه *Schaefer* إلى حل مسألة الوصف التقليدي (العام) للجسم $:2D(E-N:6)$

1-1-4-1 مسألة القيم الحدية والابتدائية المتعلقة بالحقول $(\mathbf{u}^0, \boldsymbol{\varphi}^0, \boldsymbol{\sigma}^0, \boldsymbol{\mu}^0, \boldsymbol{\varepsilon}^0, \boldsymbol{\kappa}^0)$:
نحصل عليها باتباع ما يلي.

من المعادلتين $(3.5)_1$ ، نحصل على:

معادلات الحركة، المحققة في $\Omega \times T^+$:

$$\sigma_{\beta\alpha,\beta}^0 + X_\alpha = \rho \ddot{u}_\alpha^0, \quad (4.2)$$

من معادلات توافق الانفعالات (3.6) ، نحصل على المعادلات التالية المحققة في $\Omega \times T$:

$$\begin{aligned} \kappa_{23,1}^0 - \kappa_{13,2}^0 = 0, \quad \kappa_{13}^0 - \varepsilon_{21,1}^0 + \varepsilon_{11,2}^0 = 0, \\ \kappa_{23}^0 + \varepsilon_{12,2}^0 - \varepsilon_{22,1}^0 = 0, \end{aligned} \quad (4.3)_1$$

التي إذا حذفنا منها انفعالات العزم، الكلاسيكية، فإننا نحصل فقط على معادلة واحدة؛ هي:

معادلة توافق الانفعالات التقليدية، المحققة في $\Omega \times T$

$$\varepsilon_{11,22}^0 + \varepsilon_{22,11}^0 - 2\varepsilon_{12,12}^0 = 0, \quad (4.3)_2$$

ومن العلاقات الهندسية (3.7) ، نحصل على العلاقات الهندسية الكلاسيكية التالية،

المحققة في $\Omega \times T^+$:

$$\varepsilon_{\alpha\beta}^0 = u_{\beta,\alpha}^0 + \varepsilon_{\beta\alpha} \varphi_3^0, \quad \kappa_{\alpha 3}^0 = \varphi_{3,\alpha}^0 \quad (4.4)_1$$

التي اعتمادا على تعريف الدوران الكلاسيكي $(\varphi_3^0 = \frac{1}{2} \varepsilon_{\alpha\beta} u_{\beta,\alpha}^0)$ ، وبمساعدة

العلاقة: $\varepsilon_{\alpha\gamma} \varepsilon_{\varepsilon\delta} = \delta_{\alpha\varepsilon} \delta_{\gamma\delta} - \delta_{\alpha\delta} \delta_{\gamma\varepsilon}$ ، فإن العلاقة الأولى منها (أي من $(4.4)_1$)

تعطينا:

العلاقات الهندسية الكلاسيكية، المحققة في $\Omega \times T^+$:

$$\varepsilon_{\alpha\beta}^0 = \frac{1}{2} (u_{\alpha,\beta}^0 + u_{\beta,\alpha}^0), \quad (4.4)_2$$

وهنا يتضح تناظر حقل الانفعالات التناظري، الكلاسيكي $(\varepsilon_{\alpha\beta}^0 = \varepsilon_{\beta\alpha}^0)$ ،

من العلاقات التأسيسية (3.8) ، نحصل على العلاقات التأسيسية الكلاسيكية التالية،

المحققة في $\Omega \times T$

$$\begin{aligned}\sigma_{\alpha\beta}^0 &= (\mu + \alpha) \varepsilon_{\alpha\beta}^0 + (\mu - \alpha) \varepsilon_{\beta\alpha}^0 + \lambda e_1^0 \delta_{\alpha\beta}, \\ \mu_{\alpha 3}^0 &= (\gamma + \varepsilon) \kappa_{\alpha 3}^0\end{aligned}\quad (4.5)_1$$

حيث: $e_1^0 = \varepsilon_{\alpha\alpha}^0$

وكون أن تتسور الانفعالات الكلاسيكية $\varepsilon_{\alpha\beta}^0$ متناظر ، فإن العلاقة الأولى من العلاقات السابقة تعطينا:

العلاقات التأسيسية الكلاسيكية التالية، المحققة في $\Omega \times T$:

$$\sigma_{\alpha\beta}^0 = 2\mu \varepsilon_{\alpha\beta}^0 + \lambda e_1^0 \delta_{\alpha\beta}, \quad (4.5)_2$$

حيث: $e_1^0 = \varepsilon_{\alpha\alpha}^0$

من الشروط الحدية (3.9)، نحصل على:

الشروط الحدية الكلاسيكية المحققة على $\partial\Omega \times T$:

$$\sigma_{\beta\alpha}^0 n_{\beta} = p_{\alpha} \quad (4.6)$$

ومن الشروط الابتدائية (3.10) ، نحصل على:

الشروط الابتدائية الكلاسيكية المحققة في $\Omega \times \{0\}$:

$$u_{\alpha}^0 = f_{\alpha}, \quad \theta^0 = \ell, \quad \dot{u}_{\alpha}^0 = g_{\alpha} \quad (4.7)$$

تمثل المسألة (4.7)-(4.2) بالمسألة الكلاسيكية للجسم $2D(E-N:5)$.

4-1-2 مسألة القيم الحدية والابتدائية للحقول المتممة $(\mathbf{u}', \boldsymbol{\varphi}', \boldsymbol{\sigma}', \boldsymbol{\mu}', \boldsymbol{\gamma}', \boldsymbol{\kappa}')$ (الزائدة):

نحصل عليها باتباع ما يلي.

بدايةً نلزمنا المعادلة المساعدة التالية:

$$\square_2^* \mu_{\alpha 3, \alpha}^0 + \frac{1}{2} \square_4^* \varepsilon_{\alpha\beta} X_{\beta, \alpha} = J \square_2^* \dot{\varphi}_3^0 \quad (4.8)$$

المحققة في $\Omega \times T^+$. بسهولة يمكن ملاحظة أن هذه المعادلة تنتج عن المعادلة (3.25)

وعن العلاقة الهندسية الثانية في (4.4)₁ وعن العلاقة التأسيسية الثانية في (4.5)₁.

للحصول، الآن، على المعادلات للحقول المتممة $(\mathbf{u}', \boldsymbol{\varphi}', \boldsymbol{\sigma}', \boldsymbol{\mu}', \boldsymbol{\gamma}', \boldsymbol{\kappa}')$ (الزائدة) نتبع الآتي. تطبيق المؤثر \square_2^* على طرفي المعادلة (3.5)₂ فنحصل بذلك على المعادلة التالية (في: $\Omega \times T^+$):

$$\square_2^* (\epsilon_{\alpha\beta} \sigma_{\alpha\beta} + \mu_{\beta 3, \beta}) + \hat{Y}_3 + \frac{1}{2} \square_4^* \epsilon_{\alpha\beta} X_{\beta, \alpha} = J \square_2^* \ddot{\varphi}_3 \quad (4.9)$$

ينتج الآن عن (4.9) و(4.8) وعن المعادلة (3.5)₁، أن مجموعة الحقول المتممة $(\mathbf{u}', \boldsymbol{\varphi}', \boldsymbol{\sigma}', \boldsymbol{\mu}', \boldsymbol{\gamma}', \boldsymbol{\kappa}')$ يحقق نظام المعادلات، المتمم (الزائد)، التالي في $\Omega \times T^+$:

$$\sigma'_{\beta\alpha, \beta} + \hat{X}_\alpha = \rho \ddot{u}'_\alpha, \quad (4.10)$$

$$\square_2^* (\epsilon_{\alpha\beta} \sigma'_{\alpha\beta} + \mu'_{\beta 3, \beta}) + \hat{Y}_3 = J \square_2^* \ddot{\varphi}'_3,$$

من معادلات توافق الانفعالات (3.6)، نحصل على:

$$\begin{aligned} \text{معادلات توافق الانفعالات، المتممة، التالية، المحققة في } \Omega \times T: \\ \kappa'_{23, 1} - \kappa'_{13, 2} = 0, \quad \kappa'_{13} - \gamma'_{21, 1} + \gamma'_{11, 2} = 0, \\ \kappa'_{23} + \gamma'_{12, 2} - \gamma'_{22, 1} = 0 \end{aligned} \quad (4.11)$$

ومن العلاقات الهندسية (3.7)، نحصل على:

العلاقات الهندسية، المتممة، المحققة في $\Omega \times T^+$:

$$\gamma'_{\alpha\beta} = u'_{\beta, \alpha} + \epsilon_{\beta\alpha} \varphi'_3, \quad \kappa'_{\alpha 3} = \varphi'_{3, \alpha} \quad (4.12)$$

ومن العلاقات التأسيسية (3.8)، نحصل على:

العلاقات التأسيسية، المتممة، المحققة في $\Omega \times T$:

$$\begin{aligned} \sigma'_{\alpha\beta} &= (\mu + \alpha) \gamma'_{\alpha\beta} + (\mu - \alpha) \gamma'_{\beta\alpha} + \lambda e'_{1\epsilon} \delta_{\alpha\beta}, \\ \mu'_{\alpha 3} &= (\gamma + \epsilon) \kappa'_{\alpha 3} \end{aligned} \quad (4.13)$$

حيث: $e'_{1\epsilon} = \gamma'_{\epsilon\epsilon}$,

إلى معادلات الحقل والعلاقات (4.13)-(4.10) نضيف الشروط الحدية والابتدائية، التالية:

الشروط الحدية، المتممة (على $\partial\Omega \times T$):

$$\sigma'_{\beta\alpha} n_{\beta} = 0, \quad \mu'_{\alpha 3} n_{\alpha} = m_3 - m_3^0 \quad (4.14)$$

الشروط الابتدائية، المتممة، المحققة في $\Omega \times \{0\}$:

$$u'_{\alpha} = 0, \quad \varphi'_3 = f_3 - f_3^0, \quad \dot{u}'_{\alpha} = 0, \quad \dot{\varphi}'_3 = g_3 - g_3^0 \quad (4.15)$$

حيث المقادير: m_3^0 و f_3^0 و g_3^0 هي نفسها المقادير الواردة في نهاية الفقرة الثالثة، ضمن طرق وأدوات البحث.

تمثل المسألة (4.15)-(4.10) بالمسألة المتممة (الزائدة) للجسم 2D(E-N:5).

آلية حل مسألة الوصف التقليدي الجسم 2D(E-N:5) بطريقة متجه Schafer المعممة:

بحل مسألة القيم الحدية والابتدائية الكلاسيكية (4.7)-(4.2)، نحصل على الحقول

الكلاسيكية $(u_{\alpha}^0, \varphi_3^0, \varepsilon_{\alpha\beta}^0, \sigma_{\alpha\beta}^0)$. بعدها وبمساعدة العلاقات الهندسية التي تربط بين

φ_3^0 و $\kappa_{\alpha 3}^0$ نحصل على $\kappa_{\alpha 3}^0$. بعدها باستخدام العلاقات التأسيسية التي تربط بين $\kappa_{\alpha 3}^0$

و $\mu_{\alpha 3}^0$ نحصل $\mu_{\alpha 3}^0$.

ويحل مسألة القيم الحدية والابتدائية، المتممة (الزائدة) (4.15)-(4.10) نحصل

على الحقول المتممة $(u'_{\alpha}, \varphi'_3, \sigma'_{\alpha\beta}, \mu'_{\alpha 3}, \gamma'_{\alpha\beta}, \kappa'_{\alpha 3})$. أخيراً باستخدام العلاقات

(3.4) و (4.1)، نحصل على الحل $(\mathbf{u}, \boldsymbol{\varphi}, \boldsymbol{\sigma}, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\gamma}, \boldsymbol{\kappa})$ لمسألة القيم الحدية والابتدائية

الأصلية (3.10)-(3.1).

4-2 تعميم طريقة متجه Schafer إلى وصف Ignaczak للجسم 2D (E-N:5):

4-2-1 مسألة Ignaczak للقيم الحدية والابتدائية للحقول $(\mathbf{u}^0, \boldsymbol{\varphi}^0, \boldsymbol{\sigma}^0, \boldsymbol{\mu}^0, \boldsymbol{\varepsilon}^0, \boldsymbol{\kappa}^0)$:

نحصل على هذه المسألة باتباع ما يلي. بدايةً، لنسمي:

$$\zeta_{\alpha\beta} = \frac{1}{2} \rho^{-1} (R_{\alpha,\beta} + R_{\beta,\alpha}) - \frac{1}{2\mu} \ddot{\sigma}_{(\alpha\beta)} + \frac{\lambda}{2\mu} \ddot{e}_{\delta\alpha\beta} \quad (4.16)$$

بحقل Schafer التتسوري، والذي هو حقل تتسوري من المرتبة الثانية، ومتناظر.

نلاحظ، الآن، أن معادلة Ignaczak التنسورية (3.43) تكتب في $\Omega \times T^+$ ، بالشكل²:

$$\zeta_{\alpha\beta} + \frac{1}{2\alpha} \ddot{\sigma}_{[\alpha\beta]} + \frac{1}{2} \rho^{-1} (R_{\alpha,\beta} - R_{\beta,\alpha}) + J^{-1} \epsilon_{\alpha\beta} R_3 = 0 \quad (4.17)$$

فإذا كتبنا:

$$\zeta_{\alpha\beta} = \zeta_{\alpha\beta}^0 + \zeta'_{\alpha\beta} \quad (4.18)$$

حيث $\zeta_{\alpha\beta}^0$ هو الجزء الكلاسيكي و $\zeta'_{\alpha\beta}$ الجزء المتم لحقل Schafer التنسوري $\zeta_{\alpha\beta}$.

نحصل، الآن، على معادلات Ignaczak الكلاسيكية بالتتابع المجهولة الكلاسيكية:

$$\sigma_{\alpha\beta}^0 = 0 \text{، بوضع } \zeta_{\alpha\beta}^0 = 0 \text{ في المعادلة (4.16)، فنحصل على:}$$

معادلة Ignaczak الكلاسيكية، الحركة، والمحققة في $\Omega \times T^+$:

$$\hat{c}_2^2 (R_{\alpha,\beta}^0 + R_{\beta,\alpha}^0) - \ddot{\sigma}_{\alpha\beta}^0 + \lambda \ddot{e}_1^0 \delta_{\alpha\beta} = 0 \text{،} \quad (4.19)$$

حيث:

$$R_{\alpha}^0 = \hat{R}_{\alpha}^0 + X_{\alpha} \text{،} \quad \hat{R}_{\alpha}^0 = \sigma_{\beta\alpha,\beta}^0 \text{،} \quad \ddot{e}_1^0 = \frac{\ddot{\sigma}_{\epsilon\epsilon}^0}{2(\mu + \lambda)} \text{،}$$

من الشروط الحدية (3.45)، نحصل على الشروط الحدية التالية، لأجل المعادلة

التنسورية (4.19):

الشروط الحدية، الكلاسيكية، المحققة على $\partial\Omega \times T$:

$$\sigma_{\beta\alpha}^0 n_{\beta} = p_{\alpha} \quad (4.20)$$

ومن الشروط الابتدائية (3.52) - (3.46)، نحصل على الشروط، الابتدائية،

الكلاسيكية، التالية لأجل حقل الإجهادات الكلاسيكية σ^0 المحقق للمعادلة التنسورية (4.19):

$$\sigma^0 = \text{sym } \sigma^{(0)} \text{،} \quad \dot{\sigma}^0 = \text{sym } \dot{\sigma}^{(0)} \text{،} \quad (4.21)$$

² إن المعادلة التنسورية (3.43)، تملك الشكل: $L_{\alpha\beta} = 0$ ، ومن أجل الحصول على المعادلات الكلاسيكية، كتبنا

بالشكل: $L_{(\alpha\beta)} + L_{[\alpha\beta]} = 0$ (حيث هنا: $L_{(\alpha\beta)} = \zeta_{\alpha\beta}$)، وذلك بهدف تخصيص الجزء: $L_{(\alpha\beta)} = 0$ ليصف

الحقول الكلاسيكية. هذا بدوره ينتج عن حقيقة أن معادلات الإجهادات، الكلاسيكية، لا يتغير طرفها الأيسر باستبدال كل $\beta \rightarrow \alpha$ وكل $\alpha \rightarrow \beta$.

حيث الرمز $\text{sym } \mathbf{A}$ يدل على الجزء التناظري؛ $\text{sym } \mathbf{A} = \frac{1}{2}(\mathbf{A} + \mathbf{A}^T) = A_{(ij)} \mathbf{e}_i \otimes \mathbf{e}_j$ ؛

بالتالي تأخذ الشروط الابتدائية السابقة الشكل الديكارتي التالي في $\Omega \times \{0\}$:

$$\begin{aligned} \sigma_{\alpha\beta}^0 &= \sigma_{(\alpha\beta)}^0, \quad \sigma_{33}^0 = \sigma_{33}^0, \\ \dot{\sigma}_{\alpha\beta}^0 &= \dot{\sigma}_{(\alpha\beta)}^0, \quad \dot{\sigma}_{33}^0 = \dot{\sigma}_{33}^0, \end{aligned} \quad (4.22)$$

حيث هنا:

$$\begin{aligned} \sigma_{(\alpha\beta)}^{(0)} &= 2\mu \varepsilon_{\alpha\beta}^{(0)} + \lambda e_1^{(0)} \delta_{\alpha\beta}, \quad \sigma_{33}^{(0)} = \nu \sigma_{\alpha\alpha}^{(0)}, \\ \varepsilon_{\alpha\beta}^{(0)} &= \frac{1}{2}(f_{\alpha,\beta} + f_{\beta,\alpha}), \quad e_1^{(0)} = f_{\varepsilon,\varepsilon}, \end{aligned} \quad (4.23)$$

و:

$$\begin{aligned} \dot{\sigma}_{(\alpha\beta)}^{(0)} &= 2\mu \dot{\varepsilon}_{\alpha\beta}^{(0)} + \lambda \dot{e}_1^{(0)} \delta_{\alpha\beta}, \quad \dot{\sigma}_{33}^{(0)} = \nu \dot{\sigma}_{\alpha\alpha}^{(0)}, \\ \dot{\varepsilon}_{\alpha\beta}^{(0)} &= \frac{1}{2}(g_{\alpha,\beta} + g_{\beta,\alpha}), \quad \dot{e}_1^{(0)} = g_{\varepsilon,\varepsilon}, \end{aligned} \quad (4.24)$$

من العلاقات (3.53)₁، نحصل على:

العلاقات التأسيسية الكلاسيكية محلولةً بالنسبة للانفعالات الكلاسيكية ε^0 ، المحققة في $\Omega \times \mathbf{T}$:

$$2\mu \varepsilon_{\alpha\beta}^0 = \sigma_{\alpha\beta}^0 - \lambda e_1^0 \delta_{\alpha\beta}, \quad (4.25)$$

$$\text{حيث: } e_1^0 = \frac{\sigma_{\varepsilon\varepsilon}^0}{2(\mu + \lambda)}$$

كما نحصل من العلاقات (3.53)₂، على العلاقات التأسيسية محلولةً بالنسبة لانفعالات

العزم، الكلاسيكية (في $\Omega \times \mathbf{T}$):

$$\kappa_{\alpha 3}^0 = \frac{1}{\gamma + \varepsilon} \mu_{\alpha 3}^0, \quad (4.26)$$

من العلاقات (3.54) ومن تعريف الدوران الكلاسيكي $\varphi_3^0 = \frac{1}{2} \varepsilon_{\alpha\beta} u_{\beta,\alpha}^0$ ، نجد:

العلاقات التالية التي تعطينا الإزاحة الكلاسيكية \mathbf{u}^0 والدوران الكلاسيكية $\boldsymbol{\varphi}^0$ في $\bar{\Omega} \times \mathbf{T}$

وفقاً لوصف Ignaczak

$$u_{\alpha}^0 = g_{\alpha} t + f_{\alpha} + \rho^{-1}(t * R_{\alpha}^0), \quad (4.27)$$

$$\varphi_3^0 = \frac{1}{2} \in_{\alpha\beta} [g_\beta t + f_\beta + \rho^{-1}(t * R_\beta^0)],_\alpha \quad (4.28)$$

نعيّن انفعالات العزم، الكلاسيكية κ_{ji}^0 من العلاقة التالية (في $\bar{\Omega} \times T$):

$$\kappa_{\alpha 3}^0 = \frac{1}{2} \in_{\gamma\varepsilon} [g_\varepsilon t + f_\varepsilon + \rho^{-1}(t * R_\varepsilon^0)],_{\alpha\gamma} \quad (4.29)$$

إن معادلة الحركة بالإجهادات (4.19) تملك الشكل التكاملي-الفاضلي التالي (في $\Omega \times T$):

$$\hat{c}_2^2(t * R_{\alpha, \beta}^0 + t * R_{\beta, \alpha}^0) - \sigma_{\alpha\beta}^0 + \lambda e_1^0 \delta_{\alpha\beta} = -\mu [(g_{\alpha, \beta} + g_{\beta, \alpha}) t + (f_{\alpha, \beta} + f_{\beta, \alpha})], \quad (4.30)$$

$$.e_1^0 = \frac{\sigma_{\varepsilon\varepsilon}^0}{2(\mu + \lambda)} \text{ حيث:}$$

بسهولة يمكن التأكد من أن المعادلة السابقة (4.30) تكافئ مسألة القيم الابتدائية (4.19) و (4.21).

بهدف إيجاد معادلات الحقول الزائدة $(\mathbf{u}', \boldsymbol{\varphi}', \boldsymbol{\sigma}', \boldsymbol{\mu}', \boldsymbol{\gamma}', \boldsymbol{\kappa}')$ تلزما المبرهنة المساعدة التالية: مبرهنة مساعدة:

ينتج من المعادلات الكلاسيكية، التكاملية-الفاضلية (4.30) وعن العلاقات (4.29) و (4.26) و (3.18) أن الحقول الكلاسيكية $(\mathbf{u}^0, \boldsymbol{\varphi}^0, \boldsymbol{\sigma}^0, \boldsymbol{\mu}^0, \boldsymbol{\varepsilon}^0, \boldsymbol{\kappa}^0)$ ، تحقق المعادلات التالية:

1. المعادلة التالية في $\Omega \times T$:

$$\square_2^* \in_{\alpha\beta} [g_\beta t + f_\beta + \rho^{-1}(t * R_\beta^0)],_\alpha + \in_{\alpha\beta} X_{\beta, \alpha} = 0, \quad (4.31)$$

2. المعادلة التالية في $\Omega \times T^+$:

$$J^{-1} \square_2^* \hat{R}_3^0 + \frac{1}{2} J^{-1} \square_4^* \in_{\alpha\beta} X_{\beta, \alpha} = \frac{1}{2} \square_2^* \in_{\alpha\beta} \rho^{-1} R_{\beta, \alpha}^0 \quad (4.32)$$

$$\text{حيث: } \hat{R}_3^0 = \mu_{\beta 3, \beta}^0$$

3. المعادلة التالية في $\Omega \times T^+$:

$$\frac{1}{2} \square_2^* \rho^{-1} (R_{\alpha, \beta}^0 - R_{\beta, \alpha}^0) - \square_2^* \in_{\beta \alpha} J^{-1} \hat{R}_3^0 = \frac{1}{2} J^{-1} \in_{\beta \alpha} \square_4^* \in_{\gamma \varepsilon} X_{\varepsilon, \gamma} \quad (4.33)$$

4. المعادلة التالية في $\Omega \times T^+$:

$$\square_2^* (c_4^2 R_{3, \alpha}^0 - \ddot{\mu}_{\alpha 3}^0) + \frac{1}{2} c_4^2 \square_4^* \in_{\gamma \varepsilon} X_{\varepsilon, \gamma \alpha} = 0 \quad (4.34)$$

البرهان:

1. باستبدال كل α بـ β وكل β بـ γ في المعادلة (4.30)، من ثم باشتقاق طرفي المعادلة الناتجة، جزئياً بالنسبة لـ x_γ ، نحصل بعد الاختصار والتبسيط مباشرةً على المعادلة (4.31)،

2. في المعادلة (4.31)، باستبدال كل α بـ γ وكل β بـ ε ، من ثم باشتقاق المعادلة الناتجة جزئياً بالنسبة لـ x_γ ، وبالاستفادة من (4.29)، نحصل مباشرةً على:

$$2 \square_2^* \kappa_{\alpha 3} + \in_{\gamma \varepsilon} X_{\varepsilon, \gamma \alpha} = 0, \quad (4.35)$$

الآن، بتعويض العلاقة (4.26)، نحصل على المعادلة:

$$\square_2^* \mu_{\alpha 3}^0 + \frac{1}{2} (\gamma + \varepsilon) \in_{\gamma \varepsilon} X_{\varepsilon, \gamma} = 0, \quad (4.36)$$

وباشتقاق الطرفين جزئياً بالنسبة لـ x_α ، من ثم بالاستفادة مرةً أخرى من المعادلة (4.31)، نحصل على المعادلة المطلوبة (4.32)،

3. في (4.32) نستبدل كل α بـ γ وكل β بـ ε ، من ثم نضرب طرفي العلاقة الناتجة بـ $\in_{\beta \alpha}$ ، ومن ثم نستفيد من العلاقة (3.18)، فنحصل مباشرةً على العلاقة المطلوبة (4.33)،

4. في (4.32) أيضاً، نستبدل كل α بـ γ وكل β بـ ε ، من ثم نشق المعادلة الناتجة بالنسبة لـ x_α ، فنجد:

$$J^{-1} \square_2^* \hat{R}_{3,\alpha}^0 + \frac{1}{2} J^{-1} \square_4^* \in_{\gamma\varepsilon} X_{\varepsilon,\gamma\alpha} = \frac{1}{2} \square_2^* \in_{\gamma\varepsilon} \rho^{-1} R_{\varepsilon,\gamma\alpha}^0 \quad (4.37)$$

الآن، باستخدام العلاقتين (4.29) و(4.26)، نحصل من المعادلة (4.37)، على المعادلة المطلوبة (4.34).

2-2-4 مسألة Ignaczak للقيم الحدية والابتدائية للحقول المتممة (الزائدة):
 $(\mathbf{u}', \boldsymbol{\varphi}', \boldsymbol{\sigma}', \boldsymbol{\mu}', \boldsymbol{\gamma}', \boldsymbol{\kappa}')$

من أجل الحصول على معادلات Ignaczak للحركة بلغة الإجهادات المتممة $\sigma'_{\alpha\beta}, \mu'_{\alpha 3}$

نطبق المؤثر \square_2^* على طرفي المعادلة (3.43) (بعد كتابتها بالشكل (4.17))، وعلى طرفي المعادلة (3.44)، فنحصل على المعادلتين التاليتين (المحققتين في $\Omega \times \mathbb{T}^+$):

$$\square_2^* \left\{ \zeta_{\alpha\beta} + \frac{1}{2\alpha} \ddot{\sigma}_{[\alpha\beta]} + \frac{1}{2} \rho^{-1} (R_{\alpha,\beta} - R_{\beta,\alpha}) + J^{-1} \in_{\alpha\beta} R_3 \right\} = 0, \quad (4.38)$$

$$\square_2^* (c_4^2 R_{3,\alpha} - \ddot{\mu}_{\alpha 3}) = 0, \quad (4.39)$$

ونلاحظ الآن، أنه: أولاً: المعادلة (4.38) بمساعدة المعادلتين (4.19) و(4.33)، ثانياً: المعادلة (4.39) بمساعدة المعادلة (4.34)، تعطينا جميعاً:

معادلات Ignaczak للحركة بلغة الإجهادات المتممة، والمحققة في $\Omega \times \mathbb{T}^+$:

$$\square_2^* \rho^{-1} R'_{\alpha,\beta} + J^{-1} \in_{\alpha\beta} \mathcal{R}'_3 - \square_2^* \left\{ \frac{1}{2\mu} \ddot{\sigma}'_{(\beta\alpha)} + \frac{1}{2\alpha} \ddot{\sigma}'_{[\beta\alpha]} - \frac{\lambda}{2\mu} \ddot{e}'_1 \delta_{\alpha\beta} \right\} = 0, \quad (4.40)$$

$$c_4^2 \mathcal{R}'_{3,\alpha} - \square_2^* \ddot{\mu}'_{\alpha 3} = 0, \quad (4.41)$$

$$R'_\alpha = \hat{R}'_\alpha + \hat{X}'_\alpha, \quad \hat{R}'_\alpha = \sigma'_{\beta\alpha,\beta}, \quad \hat{X}'_\alpha \equiv 0, \quad \text{حيث:}$$

$$\mathcal{R}'_3 = \hat{\mathcal{R}}'_3 + \hat{Y}'_3, \quad \hat{\mathcal{R}}'_3 = \square_2^* \hat{R}'_3, \quad \hat{R}'_3 = \in_{\alpha\beta} \sigma'_{\alpha\beta} + \mu'_{\beta 3,\beta} \quad \text{و}$$

$$\hat{Y}_3 = \square_2^* Y_3 - \frac{1}{2} \square_4^* \epsilon_{\alpha\beta} X_{\beta,\alpha}, \quad \hat{Q} = 0 \quad \text{و}$$

$$\text{أما: } \ddot{e}'_1 = \frac{\ddot{\sigma}'_{\epsilon\epsilon}}{2(\mu + \lambda)}$$

من الشروط الحدية (3.45) ، نحصل على:

الشروط الحدية، المتممة، والمحققة على $\partial\Omega \times \mathbf{T}$:

$$\sigma'_{\beta\alpha} n_\beta = 0, \quad \mu'_{\alpha 3} n_\alpha = m_3 - m_3^0 \quad (4.42)$$

حيث أن: $m_3^0 = \mu_{\alpha 3}^0 n_\alpha$ ، والتي فيها تنتج $\mu_{\alpha 3}^0$ عن العلاقة (4.29) وعن العلاقة التأسيسية الكلاسيكية (4.26) ،

ومن الشروط الابتدائية (3.52) - (3.46) ، نحصل على:

الشروط الابتدائية، المتممة، التالية لأجل الحقول المتممة (σ', μ', θ') (في $\Omega \times \{0\}$):

$$\begin{aligned} \sigma' &= \text{skew } \sigma^{(0)}, \quad \mu' = \mu^{(0)} - \mu^{0(0)}, \\ \dot{\sigma}' &= \text{skew } \dot{\sigma}^{(0)}, \quad \dot{\mu}' = \dot{\mu}^{(0)} - \dot{\mu}^{0(0)}, \end{aligned} \quad (4.43)$$

حيث الرمز skew يدل على الجزء التناظري العكسي؛ $\text{skew } \mathbf{A} = \frac{1}{2}(\mathbf{A} - \mathbf{A}^T) = A_{[ij]} \mathbf{e}_i \otimes \mathbf{e}_j$ ؛

بالتالي تأخذ الشروط الإبتدائية السابقة الشكل الديكارتي التالي في $\Omega \times \{0\}$:

$$\begin{aligned} \sigma'_{\alpha\beta} &= \sigma_{[\alpha\beta]}^{(0)}, \quad \sigma'_{33} = 0, \\ \mu'_{\alpha 3} &= \mu_{\alpha 3}^{(0)} - \mu_{\alpha 3}^{0(0)}, \quad \mu'_{3\alpha} = \frac{\gamma - \epsilon}{\gamma + \epsilon} [\mu_{\alpha 3}^{(0)} - \mu_{\alpha 3}^{0(0)}], \\ \dot{\sigma}'_{\alpha\beta} &= \dot{\sigma}_{[\alpha\beta]}^{(0)}, \quad \dot{\sigma}'_{33} = 0, \quad \dot{\mu}'_{\alpha 3} = \dot{\mu}_{\alpha 3}^{(0)} - \dot{\mu}_{\alpha 3}^{0(0)}, \\ \dot{\mu}'_{3\alpha} &= \frac{\gamma - \epsilon}{\gamma + \epsilon} [\dot{\mu}_{\alpha 3}^{(0)} - \dot{\mu}_{\alpha 3}^{0(0)}], \end{aligned} \quad (4.44)$$

علماً أن:

$$\begin{aligned} \sigma_{[\alpha\beta]}^{(0)} &= -2\alpha [\omega_{\alpha\beta}^{(0)} + \epsilon_{\alpha\beta} f_3], \\ \omega_{\alpha\beta}^{(0)} &= \frac{1}{2}(f_{\alpha,\beta} - f_{\beta,\alpha}), \end{aligned} \quad (4.45)$$

و تنتج $\mu_{\alpha 3}^{0(0)}$ ، عن وضع $t = 0$ ، في عبارة الانفعالات الكلاسيكية $\mu_{\alpha 3}^0$ ، الناتجة

عن دمج العلاقتين (4.29) و (4.26) ، حيث ينتج لدينا:

$$\mu_{\alpha 3}^{0(0)} = \frac{1}{2} (\gamma + \varepsilon) \in_{\gamma \varepsilon} f_{\varepsilon, \gamma \alpha} \quad (4.46)$$

كما أن:

$$\begin{aligned} \sigma_{[\alpha \beta]}^{(0)} &= -2\alpha [\dot{\omega}_{\alpha \beta}^{(0)} + \varepsilon_{\alpha \beta} g_3] , \\ \dot{\omega}_{\alpha \beta}^{(0)} &= \frac{1}{2} (g_{\alpha, \beta} - g_{\beta, \alpha}) , \end{aligned} \quad (4.47)$$

وتنتج $\mu_{\alpha 3}^{0(0)}$ ، عن وضع $t = 0$ في عبارة المشتقات الجزئية الزمنية للانفعالات الكلاسيكية: $\mu_{\alpha 3}^0$ ، والناجئة بدورها عن دمج المشتقات الجزئية الزمنية للعلاقتين (4.29) و (4.26) ، فينتج:

$$\dot{\mu}_{\alpha 3}^{0(0)} = \frac{1}{2} (\gamma + \varepsilon) \in_{\gamma \varepsilon} g_{\varepsilon, \gamma \alpha} \quad (4.48)$$

الآن من العلاقات التأسيسية (3.53) ، نحصل على:

العلاقات التأسيسية العكسية، المتممة، المحققة في $\Omega \times T$:

$$\gamma'_{\alpha \beta} = \frac{1}{2\mu} \sigma'_{(\alpha \beta)} + \frac{1}{2\alpha} \sigma'_{[\alpha \beta]} - \frac{\lambda}{2\mu} e'_1 \delta_{\alpha \beta} , \quad (4.49)$$

$$\kappa'_{\alpha 3} = \frac{1}{\gamma + \varepsilon} \mu'_{\alpha 3} , \quad e'_1 = \frac{\sigma'_{\varepsilon \varepsilon}}{2(\mu + \lambda)} ,$$

أخيراً ، من العلاقات (3.54) و (3.55) و (4.28) نحصل على:

العلاقات التي تعطي الإزاحات والدورانات، المتممة بدلالة الإجهادات المتممة،

والمحققة في $\bar{\Omega} \times T$:

$$u'_\alpha = \rho^{-1} (t * R'_\alpha) , \quad (4.50)$$

$$\begin{aligned} \phi'_3 &= (g_3 - \frac{1}{2} \varepsilon_{\alpha \beta} g_{\beta, \alpha}) + (f_3 - \frac{1}{2} \varepsilon_{\alpha \beta} f_{\beta, \alpha}) + \\ &+ J^{-1} [t * (\hat{R}'_3 + Y_3)] + J^{-1} (t * \hat{R}_3^0) - \frac{1}{2} \varepsilon_{\alpha \beta} \rho^{-1} (t * R_{\beta, \alpha}^0) \end{aligned} \quad (4.51)$$

آلية حل مسألة وصف Ignaczak الجسم 2D(E-N:5) بطريقة متجه Schafer المعممة:

بحل مسألة الوصف الإجهادي ، الكلاسيكي (4.29) - (4.19) ، نحصل على الحقول

الكلاسيكية $(\mathbf{u}^0, \boldsymbol{\varphi}^0, \boldsymbol{\sigma}^0, \boldsymbol{\mu}^0, \boldsymbol{\varepsilon}^0, \boldsymbol{\kappa}^0)$. بعدها بحل مسألة الوصف الإجهادي - الحراري،

المتتم (4.40) - (4.51) ، نحصل على الحقول الفيزيائية المتممة $(\mathbf{u}', \boldsymbol{\varphi}', \boldsymbol{\sigma}', \boldsymbol{\mu}', \boldsymbol{\gamma}', \boldsymbol{\kappa}')$.

أخيراً ، بالتعويض في العلاقات (4.1)، نحصل على الحل $(\mathbf{u}, \varphi, \sigma, \mu, \gamma, \kappa)$ ، لمسألة الوصف الإجهادي، الأصلية (3.55) - (3.43).

5. الاستنتاجات والمقترحات:

أولاً) الاستنتاجات: في البحث، لأجل الجسم الصلب المرن دقيق الاستقطاب: $2D(E-N:5)$ متساوي درجات حرارة، وضمن الحالة المستوية الأولى للانفعالات المرنة له، ناقشنا ما يلي:

1. تعميم طريقة متجه Schafer إلى مسألة الوصف التقليدي العام لهذا الجسم؛
2. تعميم طريقة متجه Schafer إلى مسألة وصف Ignaczak لهذا الجسم.

ثانياً) المقترحات (التوصيات): يمكن أن نوصي بمناقشة المسائل الآتية:

مسألة 1: إعادة الدراسة السابقة فيما لو كان الجسم يخضع لحقل حراري وحمول تيرموميكانيكية،

مسألة 2: إذا كان الجسم $2D(E-N:5)$ غير محدود، يطلب إثبات أن عملية Schaefer-Ignaczak الترموديناميكية، المتممة، هي عملية متساوية الحرارة (Isothermal)، أي أن: $\theta' \equiv 0$ ،

مسألة 3: تعميم طريقة متجه Schafer إلى المرونة الخطية دقيقة الاستقطاب، وثنائية الأبعاد، ضمن الترموديناميك المعمم بزمن استرخاء واحد [4]:
(Generalized thermodynamics of one relax time)

مسألة 4: تعميم طريقة متجه Schafer إلى المرونة الخطية دقيقة الاستقطاب، وثنائية الأبعاد، ضمن الترموديناميك المعمم بزمني استرخاء [4]:
(Generalized thermodynamics of two relax times)

المراجع References

- [1] Al-Hasan M., Dyszlewicz J. (2014) Coupled Dynamic Micropolar Problems of Thermoelasticity: Stress–Temperature Equations of Motion of Ignaczak Type. In: Hetnarski R.B. (eds) Encyclopedia of Thermal Stresses. Springer, Dordrecht, p.740–753.
- [2]- Hetnarski, R.B., Ignaczak, J., Eslami, M.R., Noda, N., Sumi, N., and Tanigawa, Y., 2013 - Theory of Elasticity and Thermal Stresses, Springer Science+Business Media Dordrecht.
- [3] – Hetnarski, R.B., and Ignaczak, J., 2011 - The Mathematical Theory of Elasticity , Second Edition , CRC Press, Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487-2742.
- [4]- Ignaczak, J., Starzewski, M.O., 2010 - Thermoelasticity with Finite Wave Speeds, Oxford University Press Inc., New York.
- [5]- Dyszlewicz , J, **2004** - Micropolar Theory of Elasticity , in : Series Lectures. Notes in Applied and Computational Mechanics, Vol.15, 356 p, Springer .
- [6]–Dyszlewicz , J ,**1996** - Selected problems of linear asymmetrical thermoelasticity, Journal of Thermal Stresses, 19, 185-206.
- [7] –Nowacki, W , **1986** - Theory of Asymmetric Elasticity , Warsaw , PWN.

- [8] – Eringen , A . C , **1966** - Linear theory of micropolar elasticity, J.Math. Mech., 15 , 909 – 930.
- [9] - Ignaczak , J , 1971 - Tensorial equations of motion for elastic materials with microstructure , in : Trends of Elasticity and Thermoelasticity, Witold Nowacki Ann.Volume , Wolters-Noordhoff Groningen , 90 – 111;
- [10] – Debnath, L& Bhatta, D , **2007** – Integral Transforms and their Applications, (Second Edition), CRC Press, Boca Raton, Florida.

النشر بسلاسل فورييه – تشيبيشيف في بعض فضاءات التوابع مع تطبيقات

د. رهدف الدكاك (1)

ملخص البحث

في هذا البحث نريد توسيع عملية النشر بسلسلة فورييه وفق توابع تشيبيشيف من النوع الأول لتوابع الفضاءات L_p من أجل جميع قيم p . ولكن للوصول إلى هدفنا المنشود فإننا نحتاج لفضاء خطي جزئي من الفضاء L_2 يتمتع ببعض الصفات البسيطة سنرمز له بـ \mathcal{D} ونسميه فضاء الاختبار، ومن ثم نوجد الفضاء التثوي له \mathcal{D}' (أي فضاء الداليات الخطية المحدودة) والذي بدوره يتألف من سلاسل فورييه التي تحقق خواص محددة، وهذا الفضاء يحوي كل الفضاءات L_p كفضاءات جزئية منه. في الحقيقة يمكن اختيار الفضاء \mathcal{D} بعدة طرائق حسب الهدف المنشود، وسنختاره هنا بحيث تكون عوامل فورييه لعناصره متناقصة بسرعة. سوف نستفيد من النتائج التي حصلنا عليها لحل بعض المسائل في الفضاءات المشكلة.

الكلمات المفتاحية :

سلاسل فورييه، التوابع الخاصة، كثيرات حدود تشيبيشيف، النشر المتعامد، المؤثرات التفاضلية، النظرية الطيفية

(1) د. رهدف الدكاك – قسم العلوم الأساسية – كلية الهندسة - الجامعة العربية الدولية .

Expansions in Fourier – Chebyshev Series in some Function Spaces with Applications

Dr. Rahaf Al- Dakkak (1)

Abstract

In this paper we generalize the expansions in Fourier series with respect to Chebyshev polynomials of the first kind in some function spaces including the spaces L_p . To obtain the desired we need a linear subspace in L_2 having some simple properties, it is denoted by \mathfrak{D} and called the test space, then we construct its dual space, denote it by \mathfrak{D}' and then proof that its elements are Fourier series satisfying some conditions, which we use to develop the expansions in the spaces L_p . Then we use the results to solve some problems in several function spaces.

Key Words,

Fourier Series, Special Functions, Chebyshev Polynomials,
Orthogonal Expansions, Differential Operators, Spectral Theory.

(1) Dr. Rahaf Al- Dakkak – Department of Basic Science,
Engineering Faculty – Arab International University (AIU).

1- مقدمة:

بداية نذكر بتعريف الفضاءات L_p والنشر بسلسلة فورييه في الفضاء L_2 ، [10]، [8]

من أجل $1 \leq p < \infty$ يرمز بـ $L_p = L_p(a, b)$ لفضاء باناخ المؤلف من التتابع من الشكل: $f: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ القبوسة والكمولة على المجال $[a, b]$ بالأس p مع التنظيم

$$\|f\|_p = \left(\int_a^b |f(x)|^p dx \right)^{\frac{1}{p}} \quad (1.1)$$

(حيث التكامل مأخوذ بمفهوم لوبيغ):

كما نرمز بـ $C = C[a, b]$ لفضاء التتابع المستمرة $f: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ المزودة بالتنظيم:

$$\|f\|_\infty = \sup_{x \in [a, b]} |f(x)| \quad (1.2)$$

ومن المعلوم (في الحالة الخاصة $p = 2$) أن L_2 فضاء هيلبرت مع الجداء الداخلي:

$$\langle f, g \rangle = \int_a^b f(x) \cdot g(x) dx \quad (1.3)$$

إذا كانت $\{u_n(x)\}_{n=0}^\infty$ جملة متعامدة ومنظمة وتامة في الفضاء L_2 فعندئذ يمكن نشر كل تابع من هذا الفضاء بسلسلة فورييه من الشكل:

$$f(x) = \sum_{n=0}^\infty \langle f, u_n \rangle u_n(x) \quad (1.4)$$

مقارنة من $f(x)$ نفسه في الفضاء L_2 .

نسمي الأعداد $\langle f, u_n \rangle$ عوامل فورييه للتابع f بالنسبة للجملة $\{u_n(x)\}_{n=0}^\infty$.

ربما النشر (1.4) لن يكون صحيحاً في الفضاءات L_p عندما $p \neq 2$ (قد يصح لأجل

بعض قيم p وليس جميعها) ولكن في هذا البحث سنحاول إيجاد نشر مشابه لـ (1.4)

من أجل جميع قيم p . وبما أن الجملة تامة فتصح مساواة باريسفال:

$$\|f\|_2^2 = \sum_{n=0}^\infty |\langle f, u_n \rangle|^2 \quad ; \quad f \in L_2 \quad (1.5)$$

سنحتاج أيضاً لبعض الفرضيات الإضافية حول الجملة $\{u_n(x)\}_{n=0}^\infty$ ، وهذه بدورها

محققة من أجل معظم التتابع الخاصة الكلاسيكية بما فيها كثيرات حدود تشيبيتشيف التي

سنتعامل معها:

(1) نعتبر أن التوابع $u_n(x)$ تنتمي إلى الفضاءات C و L_p حيث $1 \leq p < \infty$

، ونعرّف عوامل فورييه للتابع $f(x)$ في هذا الفضاء بالشكل المألوف:

$$a_n(f) = \int_a^b f(x)u_n(x) dx \quad (1.6)$$

فيكون للتابع $f(x)$ سلسلة فورييه شكلية (تسمى أيضاً: النشر الشكلي):

$$f(x) \sim \sum_{n=0}^{\infty} a_n(f)u_n(x) \quad (1.7)$$

هذه السلسلة قد تتقارب من f نفسه وقد لا تتقارب. (التقارب مؤكد في حالة $p = 2$

(كما ذكرنا قبل قليل).

(2) نعتبر أن الجملة $\{u_n(x)\}_{n=0}^{\infty}$ تحقق الشروط الثلاثة الآتية:

أولاً: كلية (Total)، هذا يعني أنه إذا كان $a_n(f) = 0$ من أجل $n = 0, 1, 2, \dots$

فينتج أن $f = 0$.

ثانياً: أساسية (Fundamental)، أي أن مجموعة كل التراكيب الخطية للتوابع $u_n(x)$

تشكل مجموعة كثيفة في الفضاء المذكور.

ثالثاً: من أجل أي عدد طبيعي k تكون السلسلة العددية $\sum_{n=1}^{\infty} n^{-2k} \|u_n\|_p^2$ متقاربة.

2 - فضاء الاختبار \mathcal{D}

نعرّف الآن فضاء الاختبار \mathcal{D} الذي هو فضاء جزئي من الفضاء L_2 ، وسوف نثبت

لاحقاً أنه جزئي من كل الفضاءات L_p حيث $1 \leq p < \infty$ أو C . نشير هنا أنه يمكن

تشكيل الفضاء بعدة طرائق، انظر مثلاً: [2]، [3]، [9]، وقد شكلناه هنا اعتماداً

على عوامل فورييه لعناصره التي يجب أن تكون متناقصة بسرعة.

(1-2) تعريف: نرمز بـ \mathcal{D} لمجموعة جميع التوابع $\varphi \in L_2$ والتي تحقق:

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{2k} |\langle \varphi, u_n \rangle|^2 < \infty ; \forall k = 0, 1, 2, \dots$$

ونسمي \mathcal{D} فضاء الاختبار.

(2-2) ملاحظة: (أ) المجموعة \mathcal{D} ليست خالية فهي تحوي (على الأقل) التوابع $u_n(x)$.

ينتج ذلك من كون الجملة $\{u_n(x)\}_{n=0}^{\infty}$ متعامدة ومنظمة، و من أجل كل m مثبت

يكون لدينا:

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{2k} |\langle u_m, u_n \rangle|^2 = m^{2k} ; (m = 0, 1, 2, \dots).$$

أكثر من ذلك فإن \mathcal{D} يحوي جميع التراكيب الخطية للتوابع $u_n(x)$.

(ب) إذا عرّفنا الأعداد $\|\varphi\|_k$ بالشكل:

$$\|\varphi\|_k^2 = \sum_{n=1}^{\infty} n^{2k} |\langle \varphi, u_n \rangle|^2 ; k = 0, 1, 2, \dots \quad (2.1)$$

نحصل على أسرة من أنصاف النظم $\{\|\varphi\|_k\}_{k=0}^{\infty}$ على \mathfrak{D} وتحقق:

$$\|\varphi\|_0 \leq \|\varphi\|_1 \leq \|\varphi\|_2 \leq \dots ; \varphi \in \mathfrak{D} \quad (2.2)$$

أي أنّ \mathfrak{D} فضاء متعدد أنصاف النظم (multi – subnormed space).

(3-2) تعريف: نقول عن متتالية $\{\varphi_n\}$ من \mathfrak{D} إنها متقاربة من التابع φ إذا كان:

$$\|\varphi_N - \varphi\|_k \rightarrow 0 ; N \rightarrow \infty , \forall k = 0, 1, 2, \dots$$

والآن نوجد أهم خواص الفضاء \mathfrak{D} .

(4-2) مبرهنة: \mathfrak{D} فضاء تام مع أسرة أنصاف النظم (2.1).

الإثبات: لتكن $\{\varphi_n\}$ متتالية كوشي في \mathfrak{D} . هذا يعني:

$$\|f_M - f_N\|_k < \varepsilon ; N > M > N_0(\varepsilon) , k = 0, 1, 2, \dots (\varepsilon > 0).$$

بما أنّ التتابع φ_n تنتمي للفضاء L_2 فيكون لدينا بحسب مساواة بارسيفال (1.5):

$$\begin{aligned} \|\varphi_N - \varphi_M\|_2^2 &= \sum_{n=0}^{\infty} |\langle \varphi_N - \varphi_M, u_n \rangle|^2 \\ &\leq \sum_{n=0}^{\infty} n^{2k} |\langle \varphi_N - \varphi_M, u_n \rangle|^2 < \varepsilon^2 ; N > M > N_0(\varepsilon) . \end{aligned}$$

وبالتالي المتتالية $\{\varphi_n\}$ متقاربة في الفضاء L_2 ، ولنضع $\lim_{N \rightarrow \infty} \varphi_N = \varphi_0$

الآن ليكن K عدداً طبيعياً مثبتاً، ولنكتب:

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^K n^{2k} |\langle \varphi_0 - \varphi_N, u_n \rangle|^2 &= \\ &= \sum_{n=1}^K n^{2k} |\langle (\varphi_0 - \varphi_M) + (\varphi_M - \varphi_N), u_n \rangle|^2 \\ &\leq 2(\sum_{n=1}^K n^{2k} |\langle (\varphi_0 - \varphi_M), u_n \rangle|^2 + \sum_{n=1}^K n^{2k} |\langle (\varphi_M - \varphi_N), u_n \rangle|^2) . \end{aligned}$$

بحسب الفرضيات فإنّ الحد الثاني في الطرف الأيمن أصغر من ε^2 ويمكن جعل الحد الأول أصغر من ε^2 باختيار M كبير بشكل كاف وبشكل مستقل عن K . لذلك يكون:

$$\sum_{n=1}^K n^{2k} |\langle (\varphi_0 - \varphi_M), u_n \rangle|^2 \leq 4\varepsilon^2 ; N > N_0(\varepsilon) .$$

وبما أنّ الطرف الأيمن مستقل عن K فيمكن جعل $K \rightarrow \infty$ لنجد $(\varphi_0 - \varphi_M) \in \mathfrak{D}$

، وبالتالي: $\varphi_0 = (\varphi_0 - \varphi_M) + \varphi_M \in \mathfrak{D}$. ومنه نحصل على المطلوب.

(5-2) مبرهنة: (1) يمكن نشر كل تابع $\varphi \in \mathcal{D}$ بسلسلة فورييه من الشكل :

$$\varphi = \sum_{n=0}^{\infty} \langle \varphi, u_n \rangle u_n \quad (2.3)$$

وهذه السلسلة متقاربة في \mathcal{D} من نفسه.

(2) كل سلسلة من الشكل $\sum_{n=0}^{\infty} a_n u_n$ ، حيث $a_n \in \mathbb{R}$ ، تكون متقاربة في \mathcal{D} إذا وفقط وإذا تحقق الشرط الآتي:

لأجل كل عدد صحيح غير سالب k تكون السلسلة العددية $\sum_{n=0}^{\infty} n^{2k} |a_n|^2$ متقاربة. فإذا تحقق هذا الشرط ورمزنا بـ φ لمجموعها، فعندئذ يكون: $a_n = \langle \varphi, u_n \rangle$.
الإثبات:

(1) ليكن $\varphi \in \mathcal{D}$ ، عندئذ يكون $\varphi \in L_2$ ، وبالتالي له السلسلة:

$$\varphi = \sum_{n=0}^{\infty} \langle \varphi, u_n \rangle u_n \quad (L_2 \text{ في التقارب}).$$

لنضع الآن:

$$\varphi_N = \sum_{n=0}^N \langle \varphi, u_n \rangle u_n ; \quad N = 1, 2, \dots$$

ف نجد أنّ $\varphi_N \in \mathcal{D}$ من أجل كل N ، كما أن:

$$\varphi - \varphi_N = \sum_{j=N+1}^{\infty} \langle \varphi, u_j \rangle u_j$$

ويكون لدينا:

$$\begin{aligned} \|\varphi - \varphi_N\|_k^2 &= \sum_{n=0}^{\infty} n^{2k} |\langle \varphi - \varphi_N, u_n \rangle|^2 \\ &= \sum_{n=N+1}^{\infty} n^{2k} |\langle \varphi, u_n \rangle|^2 \xrightarrow{N \rightarrow \infty} 0. \end{aligned}$$

أي أنّ $\{\varphi_N\}$ متقاربة في \mathcal{D} من التابع φ وبالتالي (2.3) صحيحة.

(2) لنفرض أنّ السلسلة $\sum_{n=0}^{\infty} a_n u_n$ متقاربة في \mathcal{D} ولنرمز لمجموعها بـ φ ، فيكون:

$$\langle \varphi, u_n \rangle = \langle \sum_{j=0}^{\infty} a_j u_j, u_n \rangle = \sum_{j=1}^{\infty} a_j |\langle u_j, u_n \rangle|^2 = a_n .$$

من ناحية ثانية لدينا:

$$\sum_{n=0}^{\infty} n^{2k} |\langle \sum_{j=0}^{\infty} a_j u_j, u_n \rangle|^2 = \sum_{n=0}^{\infty} n^{2k} |a_n|^2 .$$

ومنه نحصل على المطلوب.

(6-2) مبرهنة: الطمر المستمر (C أو L_p) $\mathcal{D} \hookrightarrow L_p$ محقق من أجل $1 \leq p < \infty$.

الإثبات: بحسب ماسبق، من الواضح أنّ المبرهنة صحيحة في حالة $p = 2$.

ليكن $\varphi \in \mathcal{D}$ ، ولنضع:

$$\varphi_N = \sum_{n=0}^N \langle \varphi, u_n \rangle u_n ; N = 1, 2, 3, \dots$$

ف نجد أنّ $\varphi_N \in L_p$ من أجل $1 \leq p < \infty$ ، ولدينا من أجل $N_0(\varepsilon) > M > N$:

$$\begin{aligned} \|\varphi_N - \varphi_M\|_p &= \left\| \sum_{n=M+1}^N \langle \varphi, u_n \rangle u_n \right\|_p \\ &\leq \sum_{n=M+1}^N |\langle \varphi, u_n \rangle| \cdot \|u_n\|_p = \\ &= \sum_{n=M+1}^N n^k |\langle \varphi, u_n \rangle| \cdot n^{-k} \cdot \|u_n\|_p \\ &\leq \left(\sum_{n=M+1}^N n^{2k} |\langle \varphi, u_n \rangle|^2 \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\sum_{n=M+1}^N n^{-2k} \cdot \|u_n\|_p^2 \right)^{\frac{1}{2}} \\ &\leq \|\varphi\|_k \cdot \varepsilon . \end{aligned}$$

لذلك فإنّ $\{\varphi_N\}$ متتالية كوشي في L_p ، فهي متقاربة ولنفرض أنّ:

$$g = \lim_{N \rightarrow \infty} \varphi_N = \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{n=0}^N \langle \varphi, u_n \rangle u_n = \sum_{n=0}^{\infty} \langle \varphi, u_n \rangle u_n .$$

من ناحية ثانية: لدينا من أجل $m = 0, 1, 2, \dots$

$$\langle g, u_m \rangle = \sum_{n=0}^{\infty} \langle \varphi, u_n \rangle \langle u_n, u_m \rangle = \langle \varphi, u_m \rangle .$$

من ذلك ينتج أنّ: $\varphi = g$ وبالتالي $\mathcal{D} \subset L_p$.

لدينا الآن بحسب (2.3) من أجل $\varphi \in \mathcal{D}$ (وبحسب متراجحة شفارتز):

$$\begin{aligned} \|\varphi\|_p &\leq \sum_{n=1}^{\infty} n^k |\langle \varphi, u_n \rangle| \cdot n^{-k} \cdot \|u_n\|_p \\ &\leq \left(\sum_{n=1}^{\infty} n^{2k} |\langle \varphi, u_n \rangle|^2 \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\sum_{n=1}^{\infty} n^{-2k} \cdot \|u_n\|_p^2 \right)^{\frac{1}{2}} \\ &\leq \|\varphi\|_k \cdot C . \end{aligned} \quad (2.4)$$

ومنه ينتج الطمر المستمر $L_p \hookrightarrow \mathcal{D}$. بشكل مشابه نثبت ان $\mathcal{D} \hookrightarrow C$.

3- فضاء التوزيعات \mathcal{D}' :

كما هو مألوف، نرمز بـ \mathcal{D}' للفضاء الثنوي للفضاء \mathcal{D} (وهو فضاء الداليات الخطية المستمرة على \mathcal{D}) وسوف نرمز لعناصره بأحرف كبيرة F, G, \dots ونسميها توزيعات، ولكل منها الشكل:

$$F: \mathcal{D} \longrightarrow \mathbb{R} ; \varphi \longmapsto F(\varphi).$$

نقول عن توزيعين $F, G \in \mathcal{D}'$ إنهما متساويان، ونكتب $F = G$ ، إذا كان:

$$F(\varphi) = G(\varphi) \quad ; \quad \forall \varphi \in \mathcal{D}.$$

وبشكل خاص: إذا كان $F(\varphi) = 0$ من أجل كل $\varphi \in \mathcal{D}$ فنكتب $F = 0$ ونسميه التوزيع الصفرى.

نقول عن متتالية توزيعات $\{F_N\}$ إنَّها متقاربة من التوزيع F إذا كان:

$$F_N(\varphi) \xrightarrow{N \rightarrow \infty} F(\varphi) \quad ; \quad \forall \varphi \in \mathcal{D}.$$

من أجل التوزيع $F \in \mathcal{D}$ نسمي الأعداد $F(u_n)$ عوامل فورييه للتوزيع F ونكتب:

$$a_n(F) = F(u_n) \quad ; \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (3.1)$$

لدينا الآن الاختبار الآتي:

(3-1) مبرهنة: إذا كان $F: \mathcal{D} \rightarrow \mathbb{R}$ دالياً خطياً، فيكون الشرطان الآتيان متكافئان:

$$F \in \mathcal{D}' \quad (1)$$

(2) يوجد عدد طبيعي k وعدد ثابت موجب c بحيث إن:

$$|F(\varphi)| \leq c \cdot \|\varphi\|_k \quad ; \quad \forall \varphi \in \mathcal{D} \quad (3.2)$$

الإثبات:

(2) \Leftrightarrow (1) لدينا F دالي خطي فرضاً ولنثبت أنه مستمر.

لتكن $\{\varphi_N\}$ متتالية من عناصر \mathcal{D} ومتقاربة من φ عندئذ:

$$|F(\varphi_N) - F(\varphi)| = |F(\varphi_N - \varphi)| \leq c \cdot \|\varphi_N - \varphi\|_k \xrightarrow{N \rightarrow \infty} 0.$$

(1) \Leftrightarrow (2) نفرض جدلاً عدم وجود العددين c و k بحيث تتحقق المتراجحة (3.2).

عندئذ توجد في \mathcal{D} متتالية $\{\varphi_N\}$ بحيث يكون $|F(\varphi_N)| = 1$ ، كما أن:

$$1 = |F(\varphi_N)| > N \cdot \|\varphi_N\|_N \quad ; \quad N = 1, 2, \dots$$

ولكن من أجل $k < N$ يكون لدينا حسب (2.2):

$$\|\varphi_N\|_k \leq \|\varphi_N\|_N < \frac{1}{N} \xrightarrow{N \rightarrow \infty} 0.$$

ومنه ينتج أن $\varphi_N \xrightarrow{N \rightarrow \infty} 0$ في \mathcal{D} ، وهذا يخالف الفرض. وبذلك يتم المطلوب.

(3-2) ملاحظة: تفيد المبرهنة السابقة في إثبات أن \mathcal{D}' يحوي جميع الفضاءات L_p

ويتم ذلك كما يلي:

من أجل كل $f \in L_p$ (مثبت) نعرّف دالياً خطياً $\mathbb{R} : \mathcal{D} \rightarrow \mathbb{R}$ بالشكل:

$$F_f(\varphi) = \int_a^b f(x)\varphi(x) dx ; \varphi \in \mathcal{D}. \quad (3.3)$$

بحسب مترابحة هولدر للتكاملات و (2.4) يكون لدينا من أجل أي $\varphi \in \mathcal{D}$:

$$|F_f(\varphi)| \leq \|f\|_p \cdot \|\varphi\|_q \leq c \cdot \|f\|_p \cdot \|\varphi\|_k ; \left(\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1\right) \quad (3.4)$$

وبحسب المبرهنة (1-3) يكون $F_f(\varphi) \in \mathcal{D}'$.

الآن: ليكن $f, g \in L_p$ وليكن $F_f, F_g \in \mathcal{D}'$ التوزيعين الموافقين لهما.

إذا كان $F_f = F_g$ فيكون:

$$\int_a^b [f(x) - g(x)]\varphi(x) dx = 0 ; \varphi \in \mathcal{D}.$$

وبما أنّ \mathcal{D} كثيفة في L_p ينتج أنّ $f(x) - g(x) = 0$ وبالتالي $f = g$ في L_p .

والآن نشكل التطبيق:

$$\Phi : L_p \rightarrow \mathcal{D}' ; f \mapsto \Phi(f) = F_f$$

ف نجد أنّه متباين، وبالتالي تصح المطابقة: $L_p \ni f \leftrightarrow F_f \in \mathcal{D}'$.

بحسب (3.1) تكون عوامل فورييه للتوزيع F_f هي:

$$a_n(F_f) = F_f(u_n) = \int_a^b f(x)u_n(x) dx = a_n(f) ; \varphi \in \mathcal{D}.$$

وهي نفسها عوامل فورييه للتابع f المذكورة في (1.6).

بناءً على المطابقة السابقة يمكن اعتبار أنّ كل تابع $f \in L_p$ يمثل توزيعاً F_f من \mathcal{D}' ,

ويمكن أن نرمز بـ f لهذا التوزيع. لذلك يمكن كتابة (3.3) بالشكل:

$$f(\varphi) = \int_a^b f(x)\varphi(x) dx ; \varphi \in \mathcal{D}, f \in L_p. \quad (3.5)$$

وهنا لدينا الحالات الآتية:

- من أجل $\varphi = u_n$ يكون:

$$f(u_n) = \int_a^b f(x)u_n(x) dx = a_n(f). \quad (3.6)$$

- من أجل $f = u_n$ يكون:

$$u_n(\varphi) = \int_a^b u_n(x)\varphi(x) dx = \langle \varphi, u_n \rangle \quad (3.7)$$

- ومن أجل $f = u_n$ و $\varphi = u_m$ يكون:

$$u_n(u_m) = \int_a^b u_n(x)u_m(x) dx = \langle u_n, u_m \rangle = \delta_{n,m} \quad (3.8)$$

- يمكن أيضاً كتابة (3.4) بالشكل:

$$|F_f(\varphi)| \leq c \cdot \|f\|_p \cdot \|\varphi\|_k ; \varphi \in \mathcal{D}. \quad (3.9)$$

وبذلك نحصل على الطمر المستمر $\mathcal{D}' \hookrightarrow L_p$.

لدينا الآن المبرهنة الهامة الآتية:

(3-3) مبرهنة: (1) كل توزيع $F \in \mathcal{D}'$ يمكن نشره بسلسلة من الشكل:

$$F = \sum_{n=0}^{\infty} a_n(F) u_n \quad (3.10)$$

(2) السلسلة $\sum_{n=0}^{\infty} a_n u_n$ ، حيث $a_n \in \mathbb{R}$ ، تكون متقاربة في \mathcal{D}' إذا وفقط إذا تحقق الشرط الآتي:

يوجد عدد طبيعي k بحيث تكون السلسلة العددية $\sum_{n=1}^{\infty} n^{-2k} |a_n|^2$ متقاربة. فإذا تحقق ذلك ورمزنا بـ F لمجموع السلسلة فيكون: $a_n = a_n(F)$.

الإثبات:

(1) ليكن $F \in \mathcal{D}$. عندئذ: من أجل كل $\varphi \in \mathcal{D}$ يكون لدينا بحسب (2.7) و (3.7):

$$\begin{aligned} F(\varphi) &= F(\sum_{n=0}^{\infty} \langle \varphi, u_n \rangle u_n) = \sum_{n=0}^{\infty} \langle \varphi, u_n \rangle F(u_n) = \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} u_n(\varphi) a_n(F) = (\sum_{n=0}^{\infty} a_n(F) u_n)(\varphi). \end{aligned}$$

ومنه نحصل على (3.10).

(1) لنأخذ متتالية المجاميع الجزئية للسلسلة $\sum_{n=0}^{\infty} a_n u_n$ وهي:

$$\sum_{n=0}^N a_n u_n ; N = 1, 2, \dots$$

عندئذ من أجل أي $\varphi \in \mathcal{D}$ يكون:

$$\begin{aligned} |(\sum_{n=0}^N a_n u_n)(\varphi)| &= |\sum_{n=0}^N a_n u_n(\varphi)| = |\sum_{n=0}^N a_n \langle \varphi, u_n \rangle| \\ &\leq (\sum_{n=0}^N n^{-2k} |a_n|^2)^{\frac{1}{2}} (\sum_{n=0}^N n^{2k} \cdot |\langle \varphi, u_n \rangle|^2)^{\frac{1}{2}}. \end{aligned}$$

فإذا كانت السلسلة العددية $\sum_{n=0}^{\infty} n^{-2k} |a_n|^2$ متقاربة ومجموعها c نجد أن:

$$|(\sum_{n=0}^N a_n u_n)(\varphi)| \leq c \|\varphi\|_k ; \varphi \in \mathcal{D}.$$

بجعل $N \rightarrow \infty$ نحصل على المطلوب بحسب المبرهنة (3.1).

(3-4) نتيجة: ليكن $f \in L_p$ وليكن $F_f \in \mathcal{D}'$ التوزيع الموافق ، عندئذ يكون:

$$F_f = \sum_{n=0}^{\infty} a_n(F_f) u_n = \sum_{n=0}^{\infty} a_n(f) u_n = f.$$

حيث يكون التقارب في \mathcal{D}' . بذلك نحصل على نشر توزيعي (معمم) لكل تابع $f \in L_p$.

4- النشر بتوابع تشيبيشيف من النوع الأول:

تُعرّف كثيرات حدود تشيبيشيف من النوع الأول $T_n(x)$ بالعلاقات التالية (للمزيد عن توابع تشيبيشيف من النوع الأول والثاني والثالث والرابع يمكن العودة إلى [4] , [6] , [7]):

$$T_0(x) = 1 , T_n(x) = \cos(n \arccos x) ; n = 1, 2, 3, \dots \quad (4.1)$$

أو بصيغة رودريج (حيث $n = 1, 2, \dots$):

$$T_0(x) = 1 , T_n(x) = \frac{(-2)^n n!}{(2n)!} \sqrt{1-x^2} \frac{d^n}{dx^n} \left[(1-x^2)^{n-\frac{1}{2}} \right].$$

هذه التوابع تشكل جملة متعامدة على المجال $[-1, 1]$ مع الوزن $w(x) = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$. للتأكد من ذلك وحساب النظيم نفرض $x = \cos \theta$ (أي $\theta = \arccos x$) فتأخذ الجملة (4.1) الشكل:

$$T_0(x) = T_0(\cos \theta) = 1 , T_n(x) = T_n(\cos \theta) = \cos(n \theta). \quad (4.2)$$

حيث إن $0 \leq \theta \leq \pi$. لذلك يكون لدينا:

$$\begin{aligned} \langle T_n, T_m \rangle &= \int_{-1}^{+1} \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} T_n(x) T_m(x) dx = \int_0^\pi \cos n\theta \cos m\theta d\theta = \\ &= \begin{cases} 0 & ; n \neq m. \\ \pi & ; n = m = 0 \\ \frac{\pi}{2} & ; n = m \neq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

وبذلك يمكن الحصول على جملة متعامدة منظمة على المجال $[0, \pi]$ هي:

$$\begin{cases} \tau_0(x) = \tau_0(\cos \theta) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \\ \tau_n(x) = \tau_n(\cos \theta) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cos(n\theta) ; n = 1, 2, \dots \end{cases} \quad (4.3)$$

هذه الجملة تنتمي إلى الفضاءات $C[0, \pi]$ و $L_p[0, \pi]$ ونظائرها هي:

$$\|\tau_0\|_\infty = \frac{1}{\sqrt{\pi}} , \quad \|\tau_n\|_\infty = \sqrt{\frac{2}{\pi}} , \quad \|\tau_n\|_2 = 1 ; \quad n = 0,1,2, \dots$$

لحساب النظيم في الفضاءات L_p نستفيد من توابع غاما وبيتا المعروفين وهما :

$$\Gamma(a) = \int_0^\infty t^{a-1} e^{-t} dt ; \quad a > 0.$$

$$B(a, b) = 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} (\cos t)^{2a-1} (\sin t)^{2b-1} dt ; \quad a > 0, b > 0$$

للمزيد انظر [7] ، [1] ، ومن أجل $1 \leq p < \infty$ يكون :

$$\|\tau_0\|_p^p = \int_0^\pi \left(\frac{1}{\sqrt{p}}\right)^p d\theta = \left(\frac{1}{\sqrt{p}}\right)^p \pi \Rightarrow \|\tau_0\|_p = \pi^{\frac{1}{p}-\frac{1}{2}} .$$

$$\|\tau_n\|_p^p = \int_0^\pi \left(\sqrt{\frac{2}{\pi}}\right)^p |\cos(n\theta)|^p d\theta ; \quad n = 1,2, \dots$$

$$= \left(\sqrt{\frac{2}{\pi}}\right)^p 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} (\cos(n\theta))^{2\left(\frac{p+1}{2}\right)-1} (\sin(n\theta))^{2\left(\frac{1}{2}\right)-1} \frac{d(n\theta)}{n}$$

$$= \frac{1}{n} \left(\sqrt{\frac{2}{\pi}}\right)^p B\left(\frac{p+1}{2}, \frac{1}{2}\right).$$

$$\|\tau_n\|_p = \left(\frac{1}{n}\right)^{\frac{1}{p}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left[B\left(\frac{p+1}{2}, \frac{1}{2}\right)\right]^{\frac{1}{p}} := n^{-\frac{1}{p}} B_p . \quad \text{لذلك يكون:}$$

نضيف أيضاً بأن كثيرات حدود تشيبيشيف $T_n(x)$ هي توابع ذاتية للمؤثر التفاضلي:

$$A = -(1-x^2) \frac{d^2}{dx^2} + x \frac{d}{dx} + 1 \quad (4.4)'$$

(يسمى مؤثر تشيبيشيف التفاضلي):

وعند إجراء التحويل $x = \cos \theta$ يتحول هذا المؤثر إلى الشكل [7]:

$$A = -\frac{d^2}{dx^2} + 1 \quad (4.4)''$$

والقيم الذاتية الموافقة لهذا المؤثر هي :

$$\lambda_n = n^2 + 1 ; \quad n = 0,1,2, \dots$$

بما أن A مؤثر موجب فله جذر تربيعي، سنرمز له بـ $T = A^{\frac{1}{2}}$ ، توابعه الذاتية هي

$$\cdot \mu_n = \sqrt{\lambda_n} = \sqrt{n^2 + 1} \text{ هي } T_n(x) \text{ نفسها والقيم الذاتية الموافقة هي}$$

بحسب [8] تكون مجموعة تعريف المؤثر T هي:

$$D(T) = \{f \in L_2 : \sum_{n=0}^\infty \mu_n^2 |\langle f, \tau_n \rangle|^2 < \infty\}.$$

كما أنّ:

$$Tf = \sum_{n=0}^{\infty} \mu_n \langle f, \tau_n \rangle \tau_n ; f \in D(T) ,$$

حيث إنّ $\langle f, \tau_n \rangle$ هي عوامل فورييه للتابع f ولها الشكل:

$$\langle f, \tau_0 \rangle = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\pi} f(x) dx .$$

$$\langle f, \tau_n \rangle = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^{\pi} f(x) \cos(n\theta) d\theta ; n = 1, 2, \dots$$

نعرف القوى الصحيحة للمؤثر T بالشكل:

$$T^0 = I \text{ (المؤثر المماثل) } , T^1 = T , T^m = T(T^{m-1}) ; m = 2, 3, \dots$$

ف نجد أنّ:

$$D(T^m) = \{f \in L_2 : \sum_{n=0}^{\infty} \mu_n^{2m} |\langle f, \tau_n \rangle|^2 < \infty\} ; k = 0, 1, 2, \dots$$

كما أنّ:

$$T^m f = \sum_{n=0}^{\infty} \mu_n^m \langle f, \tau_n \rangle \tau_n ; f \in D(T^m) .$$

بملاحظة أنّ:

$$n^2 \leq \lambda_n = n^2 + 1 \leq 2n^2 ; n = 1, 2, \dots .$$

فإنّ $\lambda_n \sim n^2$ من أجل $n = 1, 2, \dots$.

من ناحية ثانية لدينا بحسب تعريف (1-2):

$$\varphi \in \mathfrak{D} \Leftrightarrow \sum_{n=1}^{\infty} n^{2k} |\langle \varphi, \tau_n \rangle|^2 < \infty ; k = 0, 1, 2, \dots$$

من ناحية ثانية لدينا من أجل $m = 0, 1, 2, \dots$

$$f \in D(T^m) \Leftrightarrow \sum_{n=0}^{\infty} \mu_n^{2m} |\langle f, \tau_n \rangle|^2 < \infty ; m = 0, 1, 2, \dots$$

$$\Leftrightarrow |\langle f, \tau_0 \rangle|^2 + \sum_{n=1}^{\infty} \mu_n^{2m} |\langle f, \tau_n \rangle|^2 < \infty$$

$$\Leftrightarrow \sum_{n=1}^{\infty} \mu_n^{2m} |\langle f, \tau_n \rangle|^2 < \infty .$$

$$\Leftrightarrow \sum_{n=1}^{\infty} n^{2k} |\langle f, \tau_n \rangle|^2 < \infty .$$

$$\Leftrightarrow f \in \mathfrak{D} .$$

من ذلك ينتج أنّ : $\mathfrak{D} = \bigcap_{m=0}^{\infty} D(T^m)$

يمكننا الآن تعريف المؤثر T^m على الفضاء \mathfrak{D} بالشكل:

$$T^m \varphi = \sum_{n=0}^{\infty} \mu_n^m \langle \varphi, \tau_n \rangle \tau_n ; \varphi \in \mathcal{D} , m = 0, 1, 2, \dots$$

ف نجد اعتماداً على المبرهنة (5-2) أنّ $T^m \varphi \in \mathcal{D}$ من أجل كل $\varphi \in \mathcal{D}$ ، كما أنّ:

$$\|T^m \varphi\|_k \sim \|\varphi\|_{k+m} ; \varphi \in \mathcal{D}.$$

ويمكن التمديد إلى \mathcal{D}' من خلال وضع:

$$(T^m F)(\varphi) = F(T^m \varphi) ; \varphi \in \mathcal{D} , (F \in \mathcal{D}').$$

فيكون لدينا حسب المبرهنة (3-3) : $T^m F \in \mathcal{D}'$ ، كما أنّ :

$$T^m F = \sum_{n=0}^{\infty} \mu_n^m a_n(F) \tau_n ; F \in \mathcal{D}'.$$

وبما أنّ كل تابع $f \in L_p$ يمثل توزيعاً من \mathcal{D}' فيمكن تعريف المؤثر T^m على الفضاء L_p بالشكل:

$$T^m f = \sum_{n=0}^{\infty} \mu_n^m a_n(f) \tau_n ; f \in L_p \hookrightarrow \mathcal{D}'.$$

بشكل خاص يمكن تعريف المؤثر $(T - \lambda I)$ من أجل كل عدد λ ، وذلك في كل من الفضاءات \mathcal{D} و \mathcal{D}' و L_p ، لنجد:

$$(T - \lambda I)f = \sum_{n=0}^{\infty} (\lambda_n - \lambda) a_n(f) \tau_n . \quad (4.5)$$

وهذا بدوره يمكننا من حل معادلات من الشكل $(T - \lambda I)f = g$ ، حيث g تابع مفروض من الفضاء \mathcal{D} أو \mathcal{D}' أو L_p وذلك بإيجاد المؤثر الحلال $(T - \lambda I)^{-1}$.

5- تطبيقات:

يمكن استخدام نتائج المقطع السابق لحل معادلات بالمؤثر T ، نستعرض بعضها الآن.

التطبيق الأول: نحل المعادلة $(T - \lambda I)f = g$ ، حيث من العلاقة (4.5) نجد من

أجل عدد λ بحيث $\lambda \neq \mu_n$:

$$f = (T - \lambda I)^{-1} g = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n(g)}{\mu_n - \lambda} \tau_n ; \lambda \neq \mu_n . \quad (5.1)$$

وفي الحقيقة يمكن حل مسائل أكثر تعقيداً من قبيل $p(T)f = g$ حيث $p(T)$ كثيرة حدود مؤثراتية نعرّفها بالشكل الآتي:

من أجل كثيرة حدود جبرية :

$$p(t) = a_m t^m + a_{m-1} t^{m-1} + \dots + a_1 t + a_0$$

نعرف كثيرة الحدود المؤثراتية $P(T)$ بالشكل:

$$P(A) = a_m T^m + a_{m-1} T^{m-1} + \dots + a_1 T + a_0 I, \quad (I \text{ المؤثر المطابق}).$$

فيكون النشر التالي في الفضاءات \mathcal{D} أو \mathcal{D}' أو L_p حسبما يكون f من هذه الفضاءات:

$$P(A)f = \sum_{n=0}^{\infty} P(\mu_n) a_n(f) \tau_n.$$

و إذا أردنا حل المعادلة $P(A)f = g$ حيث g تابع معطى (و f مجهول) فيكون:

$$\sum_{n=0}^{\infty} P(\lambda_n) a_n(f) \tau_n = \sum_{n=0}^{\infty} a_n(g) \tau_n. \quad (5.2)$$

وهنا نميز الحالات الآتية:

(1) إذا كان $P(\lambda_n) \neq 0$ من أجل $n = 0, 1, 2, \dots$ فيكون للمسألة حل وحيد هو :

$$f = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n(g)}{P(\lambda_n)} \tau_n. \quad (5.3)$$

(2) إذا كان $P(\lambda_n) = 0$ من أجل بعض قيم n ، مثلاً: $n = n_1, n_2, \dots, n_{j_0}$ يكون

للمسألة حل إذا وفقط إذا كان $a_n(g) = 0$ من أجل $n = n_1, n_2, \dots, n_{j_0}$ ،

فإن تحقق ذلك نحصل على الحل الخاص:

$$f_s = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n(g)}{P(\lambda_n)} \tau_n ; n \neq n_1, n_2, \dots, n_{j_0}.$$

وهذا الحل ليس وحيداً، حيث يمكن أن نضيف أي حل متمم من الشكل:

$$f_c = \sum_{i=1}^{j_0} b_i \tau_i ; b_i \in \mathbb{R}.$$

ويكون الحل العام للمسألة هو: $f = f_s + f_c$.

التطبيق الثاني: نحل معادلة شرودينغر، وهي معادلة شهيرة جداً في الفيزياء

والميكانيك الكوانتي، ولها الشكل:

$$\begin{cases} i \frac{\partial u}{\partial t} = -\Delta u \\ u(x, 0) = f(x). \end{cases} \quad (5.4)$$

حيث f تابع مفروض و $u(x, t)$ تابع مطلوب و Δ مؤثر لابلاس $\Delta = \sum_{i=1}^n \frac{\partial^2}{\partial x_i^2}$ ،

وحل هذه المعادلة هو: $u(x, t) = e^{it\Delta} f(x)$.

ولكن ومنذ تسعينات القرن العشرين بدأت تظهر دراسات و أعمال حول هذه المعادلة مع استبدال مؤثر لابلاس Δ بمؤثر تفاضلي آخر، وهنا نأخذ مؤثر تشيبيشيف T المدرس أعلاه للحصول على حل للمعادلة التالية:

$$\begin{cases} i \frac{\partial u}{\partial t} = Tu \\ u(x, 0) = f(x) \end{cases} \quad (5.5)$$

تجدر الإشارة أن دراسة هذه المسألة في حالة فضاء هيلبرت L_2 تكون أسهل نسبياً (يتوضح ذلك من كون المؤثر واحدياً ، كما سنبين بعد قليل). أما في حالة فضاء باناخ L_p فالمسألة أصعب بكثير عندما $p \neq 2$. ولكن لإيجاد الحلول المناسبة يتوجب علينا دراسة المؤثر e^{-itT} ، حيث $t \in \mathbb{R}$ ، وسوف نعتمد كثيراً على النظرية الطيفية .

(5-1) تعريف: نعرف المؤثر e^{-itT} في الفضاءات L_2 و \mathcal{D} و \mathcal{D}' و L_p كالآتي:

$$e^{-itT} f = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-it\mu_n} \langle f, \tau_n \rangle \tau_n ; \quad f \in L_2. \quad (5.6)$$

$$e^{-itT} \varphi = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-it\mu_n} \langle \varphi, \tau_n \rangle \tau_n ; \quad \varphi \in \mathcal{D}. \quad (5.7)$$

$$e^{-itT} F = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-it\mu_n} a_n(F) \tau_n ; \quad F \in \mathcal{D}'. \quad (5.8)$$

$$e^{-itT} f = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-it\mu_n} a_n(f) \tau_n ; \quad f \in L_p \hookrightarrow \mathcal{D}'. \quad (5.9)$$

(5-2) ملاحظة: بما أن: $e^{-it} = e^{-i(t+2\pi)}$ من أجل $t \in \mathbb{R}$ فينتج أن المؤثر e^{-itT}

دوري وله الدور 2π ، ويمكن أن نكتب أيضاً: $e^{-itT} = \cos tT + i \sin tT$.

والآن لندرس الخواص الأولية للمؤثر .

(5-3) مبرهنة: المؤثر e^{-itT} واحدي في الفضاء L_2 .

الإثبات : من أجل أي $f \in L_2$ لدينا بحسب مساواة بارسيفال (1.5):

$$\|e^{-itH} f\|_2^2 = \sum_{n=0}^{\infty} |e^{-it\mu_n} \langle f, \tau_n \rangle|^2 = \sum_{n=0}^{\infty} |\langle f, \tau_n \rangle|^2 = \|f\|_2^2 .$$

لذلك يكون المؤثر e^{-itT} إيزومتري في الفضاء L_2 ، كما أن $D(e^{-itH}) = L_2$.

إضافة لذلك يكون المؤثر العكسي موجوداً وله الشكل :

$$(e^{-itT})^{-1} = e^{itT} : R(e^{-itT}) \longrightarrow D(e^{itT}) = L_2.$$

ولكن من التعريف ينتج فوراً :

$$e^{itT} e^{-itT} = e^{-itT} e^{itT} = I \quad ; \quad (I \text{ مؤثر المطابقة})$$

لذلك يكون : $R(e^{-itT}) = L_2$. و بذلك يتم المطلوب .

(4-5) نتيجة: بما أن المؤثر $e^{-itH} : L_2(\mathbb{R}^n) \longrightarrow L_2(\mathbb{R}^n)$ واحدي فإنه من

أجل كل تابع مفروض $g \in L_2$ يوجد للمعادلة $e^{-itT} f = g$ حل وحيد $f \in L_2$ وهو:

$$f = \sum_{n=0}^{\infty} e^{it\mu_n} \langle g, \tau_n \rangle \tau_n. \quad (5.10)$$

(5-5) نتيجة: بما أن $L_2 \hookrightarrow \mathcal{D}$ فنجد بشكل مشابه لما تقدم أنه يوجد في \mathcal{D} حل وحيد

للمعادلة $e^{-itT} \varphi = \psi$ وله الشكل:

$$\varphi = \sum_{n=0}^{\infty} e^{it\mu_n} \langle \psi, \tau_n \rangle \tau_n.$$

بهذا الصدد، واعتماداً على المبرهنتين (5-2) و (3-3) يمكننا بحسابات عادية إثبات

أن:

$$e^{-itT} \varphi \in \mathcal{D} \quad ; \quad \forall \varphi \in \mathcal{D}.$$

واضافة لذلك يكون: $\|e^{-itT} \varphi\|_k = \|\varphi\|_k$ ، وكذلك :

$$e^{-itT} F \in \mathcal{D}' \quad ; \quad \forall F \in \mathcal{D}' ,$$

وهذا بدوره يمكننا من حل معادلات من الشكل: $e^{-itT} F = G$ ، حيث نجد الحل:

$$F = \sum_{n=0}^{\infty} e^{it\mu_n} a_n(G) \tau_n.$$

وبحسب الطمر $L_p \hookrightarrow \mathcal{D}'$ يمكننا الحصول على حلول توزيعية لمعادلات من الشكل

$e^{-itT} f = g$ ، حيث $g \in L_p$ تابع معطى، لنجد الحل:

$$f = \sum_{n=0}^{\infty} e^{it\mu_n} \langle g, \tau_n \rangle \tau_n.$$

(6-5) ملاحظة: بالعودة للمعادلة (5.5) نجد أن لها الحل (الشكلي):

$$u(x, t) = e^{-itT} f(x). \quad (5.11)$$

ولنبين فيما يلي أن الحل في فضاء هيلبرت L_2 له نفس هذا الشكل ومن ثم نبحت عن

الحل في الفضاءات L_p من أجل قيم $p \neq 2$. وهنا نحتاج لإيجاد مشتق

تابع $h(t) \mapsto t$ يأخذ قيمه في فضاء باناخ X . وفي الحقيقة يعرف مشتق هكذا تابع بشكل مشابه لتعريف المشتق الكلاسيكي. وهنا نأخذ بمثابة فضاء باناخ فضاء المؤثرات الخطية المحدودة $\mathcal{L}(L_2, L_2)$ ، والتابع $h(t) = e^{-itH}$ ، حيث المؤثر e^{-itH} ينتمي لهذا الفضاء بحسب المبرهنة (3-5).

(5-7) مبرهنة مساعدة: في الفضاء $\mathcal{L}(L_2, L_2)$ يكون $\frac{\partial}{\partial t}(e^{-itT}) = -iT e^{-itT}$

الإثبات: بحسب المفهوم المؤلف للمشتق يكون:

$$\frac{\partial}{\partial t}(e^{-itT}) = \lim_{\gamma \rightarrow 0} \frac{e^{-i(t+\gamma)T} - e^{-itHT}}{\gamma}$$

لدينا الآن من أجل أي $f \in D(e^{-itH}) = L_2$

$$\begin{aligned} D &:= \left\| \frac{1}{\gamma} [e^{-i(t+\gamma)T} f - e^{-itT} f] + iT e^{-itT} f \right\|_2^2 \\ &= \left\| \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{\gamma} [e^{-i(t+\gamma)\mu_n} - e^{-it\mu_n}] \langle f, \tau_n \rangle \tau_n + i \sum_{n=0}^{\infty} \mu_n e^{-it\mu_n} \langle f, \tau_n \rangle \tau_n \right\|_2^2 \\ &= \left\| \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ \frac{1}{\gamma} [e^{-i(t+\gamma)\mu_n} - e^{-it\mu_n}] + i \mu_n e^{-it\mu_n} \right\} \langle f, \tau_n \rangle \tau_n \right\|_2^2 \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} \left| \frac{1}{\gamma} [e^{-i(t+\gamma)\mu_n} - e^{-it\mu_n}] + i \mu_n e^{-it\mu_n} \right|^2 |\langle f, \tau_n \rangle|^2. \end{aligned}$$

وبالاستفادة من مبرهنة التقارب الراجح (مأخوذة على المجموع) التي يمكن تطبيقها هنا لأن: $\left| [e^{-i(t+\gamma)\mu_n} - e^{-it\mu_n}] + i \mu_n e^{-it\mu_n} \right|$ مقدار محدود كتابع لـ γ (ينتج ذلك من مبرهنة التزايديات المحدودة) لذلك نجد ما يلي:

$$\begin{aligned} D &\leq \sup_n \left| \frac{1}{\gamma} [e^{-i(t+\gamma)\mu_n} - e^{-it\mu_n}] + i \mu_n e^{-it\mu_n} \right|^2 \|f\|_2^2 \\ &\xrightarrow{\gamma \rightarrow 0} \sup_n |(e^{-it\mu_n})' + i \mu_n e^{-it\mu_n}|^2 \|f\|_2^2 = 0. \end{aligned}$$

هنا اعتبرنا أن التابع العددي $\varphi(t) = e^{-it\mu_n}$ مستمر وقابل للاشتقاق بالنسبة لـ t وأن ما داخل القيمة المطلقة مقدار محدود دوماً. بذلك يتم الإثبات.

(8-5) **مبرهنة:** من أجل كل $f \in L_2$ يوجد للمعادلة (5.5) حل وحيد وله الشكل (5.11). ومن أجل كل $t \in \mathbb{R}$ يكون: $\|u\|_2 = \|f\|_2$.

الإثبات:

لنضع $u(x, t) = e^{-itH} f(x)$ فنجد بحسب المبرهنة السابقة :

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} (e^{-itT} f) = -i T e^{-itT} f.$$

بضرب الطرفين بـ i نجد:

$$i \frac{\partial u}{\partial t} = T e^{-itT} f = T u.$$

وهذا يعني أن u حل للمعادلة . أما وحدانية هذا الحل فنتتج من تمام الجملة $\{\tau_n\}$.

في بداية إثبات المبرهنة (3-5) وجدنا أن: $\|e^{-itH} f\|_2^2 = \|f\|_2^2$. ومنه نحصل على المطلوب.

(9-5) **ملاحظة:** بشكل مشابه لما تقدم يمكننا حل مسائل رياضية وفيزيائية وخاصة حل مسائل قيم حدية في الفضاءات المذكورة أعلاه، ولكن حتى لا يطول البحث أكثر ربما تكون في أبحاث قادمة.

المراجع

- [1] **L. C. Andrews** (1998): Special Functions of Mathematical Physics.
Oxford University Press.
- [2] **Ibrahim, I.** (2002): On Eigenfunction Sxpansions of the Hermite
Differential Operator on \mathbb{R}^n .
Int. Trans. Spec. Funct Vol(13), pp 555-574.
- [3] **W. Lamp ; D. F. McGhee** (2004): Eigenfunction Expansions
for Generalized Functions of Several Variables.
Int. Trans. Special Func. Vol. 15, pp. 239–249.
- [4] **M. C. Mason ; D. C. Handscomb** (2003): Chebyshev Polynomials.
Chapman & Hall/CRC press LLC.
- [5] **A.M. Mathai ; H. Haubold** (2008): Special Functions for Applied
Scientists.
Springer Science+Business Media, LLC
- [6] **M.H. Mudde** (2017): Chebyshev approximation,
Diss. University of Groningen,
- [7] **N. M. Temme** (1996): Special Functions. An Introduction to the
Classical Functions of Mathematical Physics.
John Wiley & Sons, New York.
- [8] **Triebel, H.** (1992): Higher Analysis.
Johann Ambrosius Barth, Leipzig, Berlin.
- [9] **A. H. Zemanian** (1968): Generalized Integral Transformatins.
John Wiley & Sons, Inc.
- [10] **E. Kreyszig** (1978):Introductory Functional Analysis with
Applications.
John Wiley & Sons, Inc.

تصميم وتنفيذ نظام مراقبة للحالة الفيزيولوجية لمرضى في مشفى باستخدام المتحكمات الميكروية

د. كمال محمود عفيصه (1) د. زياد محمد هرموش (2) زينب علي يوسف (3)

□ ملخص □

يقدم البحث نظام مراقبة إلكتروني لمرضى المقيمين في المشافي حيث يستطيع مراقبة ضربات قلب ودرجة حرارة ومعدل التأكسج لمرضى معينين يتطلب منا المراقبة الدقيقة لهم، وذلك باستخدام حساسات خاصة مرتبطة بمتحكم ميكروي من النوع 16f877A حيث يقوم هذا النظام بمراقبة القيم المحددة وإعطاء إنذار في حال حصول أي تغير طارئ على القيم وإرساله إلى غرفة الأطباء المناوبين.

الكلمات المفتاحية: RS232، المتحكم الميكروي، MAX30100 حساس ضربات القلب، LM35

-
- (1) أستاذ مساعد - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا
(2) أستاذ - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا
(3) طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا

Design and implementation of a monitoring system for patients residing in hospital using microcontrollers

Dr. Kamal Mahmoud Ofeisa ⁽¹⁾
Dr. Ziad Mohammad Harmoush ⁽²⁾
Zainab Ali Yousef ⁽³⁾

□ ABSTRACT □

The research presents an electronic monitoring system for patients residing in hospital, where it can monitor the heartbeat, temperature and oxygen rate for specific patients, Which requires us to closely monitor them, using special sensors connected to a microcontroller of the type 16f877A

Where this system monitors the specified values and gives a warning in the event of any emergency change in the values and sends it to the room of the doctors on duty

Keywords: RS232, Microcontroller, MAX30100, Pulse Sensor, LM35

⁽¹⁾ Assistant Professor- Department Of Physics –Faculty of Science-Tishreen University-Lattakia-Syria

⁽²⁾ Professor-Department of Electrical Power Engineering-Faculty of Mechanical and Electrical Engineering -Tishreen University-Lattakia-Syria

⁽³⁾ Postgraduate Student(Master)- Department of Physics –Faculty of Science-Tishreen University-Lattakia-Syria

1-مقدمة:

تعتبر عملية المراقبة المستمرة والدقيقة للبارامترات الفيزيولوجية المرتبطة بالحالات الخطرة لمرضى مقيمين في مشفى، مسألة هامة جداً [1] ، وتم مؤخراً استخدام بعض الأنظمة المؤتمتة لإتمام عملية المراقبة للمرضى باستخدام بعض العناصر الإلكترونية والمتحكم الميكروي [2] ، يقدم البحث نظام إلكتروني سهل وسريع في تحقيق المراقبة وإرسال إنذار لعرفة الأطباء المقيمين مع تحديد التغيرات الطارئة المرتبطة بالحالة.

2-هدف البحث:

إنشاء نظام إلكتروني يعطينا القيم المحددة للبارامترات الفيزيولوجية للمرضى المتطلب مراقبتهم بشكل دائم ضمن المشفى. حيث يتكون النظام من عدد من الدارات الفرعية تسمى Slave والتي تقيس قيم البارامترات (درجة الحرارة، معدل ضربات القلب، معدل التأكسج) للمريض ومن ثم إرسال البيانات إلى دارة مركزية تسمى Master. وتستخدم الدارات المذكورة سابقاً للتراسل فيما بينها بروتوكول RS232 ستقتصر في دارستنا على مراقبة ثلاث مرضى فقط، وذلك بسبب الكلفة الكبيرة لإنشاء مثل هذه الأنظمة.

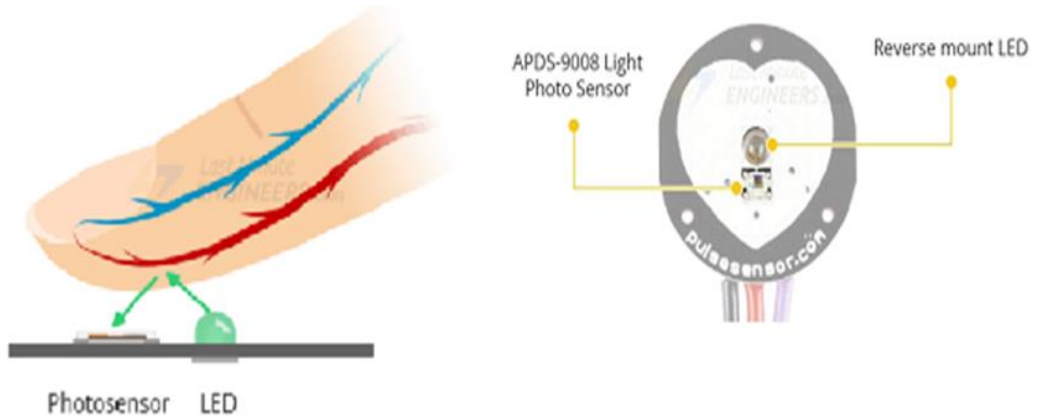
3-مواد وطرق البحث:

تم هذا البحث في سياق دراسة لطالبة دراسات عليا في كلية العلوم قسم الفيزياء. يهتم بحثنا في اظهار أهمية استخدام مثل هذه البروتوكولات في الاتصالات المرتبطة بالمتحكمات الميكروية والتي تساهم في انشاء أنظمة المراقبة في المشافي. استخدمنا عدد من المتحكمات الميكروية مع بعض العناصر الالكترونية التي شكلت موارد البحث واستخدامنا برنامج Proteus في محاكاة الدارة وبعدها تم اختبار الدارة عملياً على أرض الواقع من أجل الحصول على النتائج المطلوبة.

الشكل (1) حساس الحرارة LM35

حساس ضربات القلب pulse sensor:

هو عبارة عن حساس ضوئي يربط على الاصبع يستخدم الإشارة الضوئية المستقبلية من الاصبع في حساب ضربات القلب [4] كما هو موضح بالشكل (2) ولهذا الحساس مواصفات نذكرها في الجدول (1)



الشكل (2) حساس ضربات القلب

الجدول (1) مواصفات حساس ضربات القلب

Maximum Ratings	V_{CC}	(3 – 5.5) V
	I_{Max} (Maximum Current Draw)	< 4 mA
	V_{out} (Output Voltage Range)	0.3V To V_{CC}
Wavelength	LED Output	565 nm
	Sensor Input	525 nm

Dimensions	L×W (PCB)	15.8 mm(0.625")
	Lead Length	20 cm (7.8")

كما تبين من خلال الدراسات إن الضوء الممتص من قبل الأصبع عبارة عن :

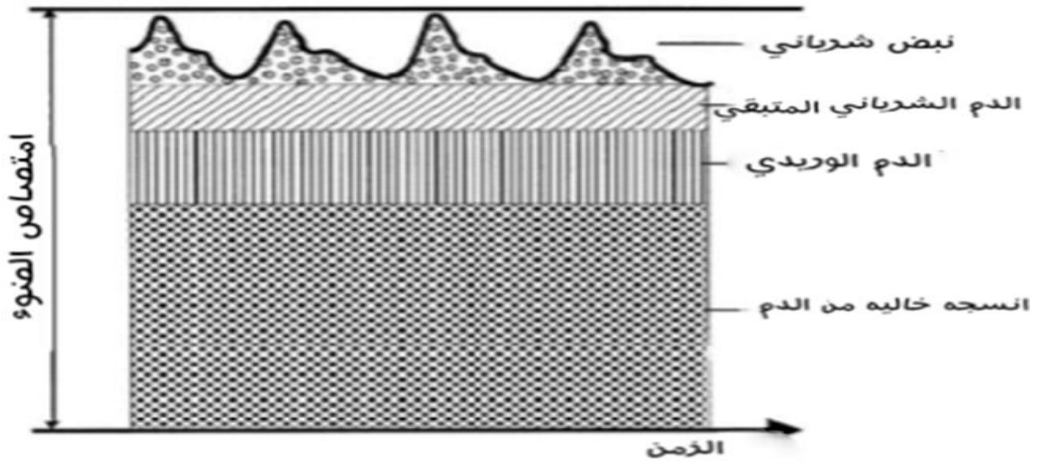
-ضوء ممتص من الأنسجة غير الميتة

-ضوء ممتص من الدم الوريدي

-ضوء ممتص من الدم الشرياني

وأن تغير حجم الدم الشرياني مع النبض يسبب تغير امتصاص الضوء. كما هو مبين في

الشكل (3)



الشكل (3) يبين امتصاص الضوء حسب نوع الأنسجة

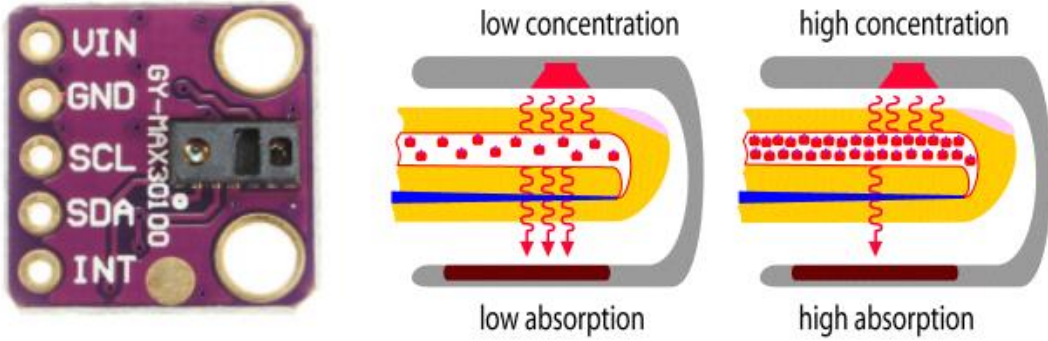
حيث يلتقط كاشف الضوء إشارة DC كبيرة تمثل الدم الشرياني المتبقي والدم الوريدي والأنسجة الخالية من الدم.

وإشارة AC تمثل النبض الشرياني، (جزء صغير من الإشارة المكتشفة 1%) [5]

حساس التأكسج MAX30100:

هو عبارة عن حساس يستخدم الأمواج غير المرئية (اشعة تحت الحمراء) بطولين مختلفين في حساب نسبة الاوكسجين في الدم الشكل (4) يجمع الحساس بين اثنين من LED ،

وكاشف ضوئي ، ومعالج الإشارات التناظرية منخفضة الضوضاء [6] لاكتشاف إشارات النبض ومعدل ضربات القلب. يعمل بمصادر طاقة 1.8 فولت و 3.3 فولت



الشكل (4) يبين حساس يستخدم الأمواج غير المرئية في حساب نسبة الاوكسجين

يستخدم في مقاييس نسبة الاوكسجين في الدم زوج من الثنائيات الباعثة للضوء (الأحمر وتحت الأحمر)، يصدر الضوء الأحمر وتحت الأحمر بشكل متناوب إذا استخدم كاشف واحد لكلاهما [5].

حيث يوجد نوعين من المقاييس حسب مكان توضع زوج من الثنائيات الباعثة للضوء والكاشف كما هو مبين في الشكل (5)

- يتوضع الزوج من الثنائيات الضوئية مقابل للكاشف الضوئي المستخدم
- يتوضع الزوج من الثنائيات الباعثة الضوئية والكاشف الضوئي المستخدم في جهة واحدة

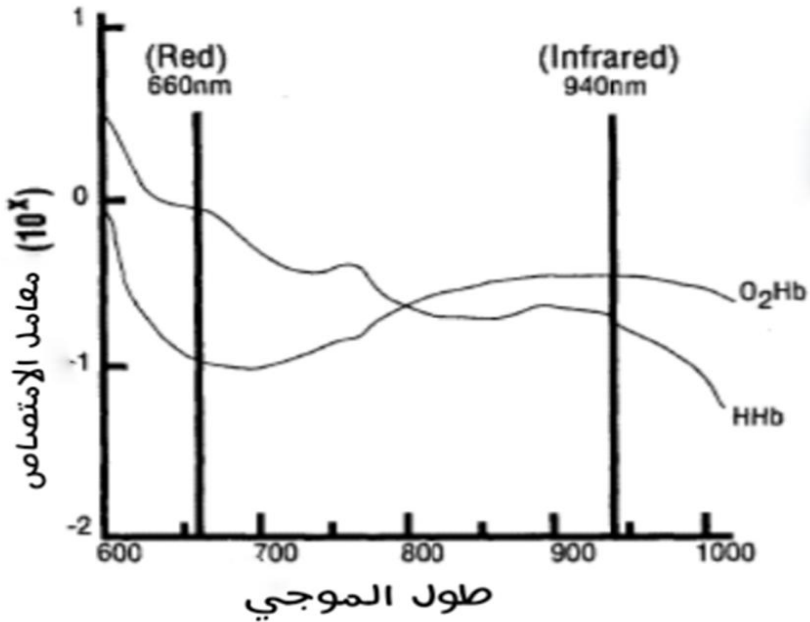


الشكل (5) يبين توضع زوج الثنائيات الباعثة للضوء والكاشف

و من خلال القياسات المعروفة للضوء الأحمر وتحت الأحمر بالإمكان تقدير نسبة الهيموغلوبين المؤكسج HbO_2 والهيموغلوبين غير المؤكسج Hb (عندما يرتبط الهيموغلوبين Hb بأربع جزيئات من الأوكسجين فإنه يعتبر مؤكسد HbO_2 وعندما يرتبط بأقل من ذلك فهو غير مؤكسد Hb) ، يختلف امتصاص الضوء من قبل الهيموغلوبين عندما يكون المؤكسد وغير المؤكسد، وهذه الحقيقة هي أساس حساس التأكسج وبناءً على منحنيات الامتصاص المبينة في الشكل (6) عند اطوال موجية مختلفة من الضوء (يمتص Hb حوالي عشرة أضعاف الضوء التي يمتصها HbO_2) يمكن حساب قيمة SpO_2 من العلاقة :

$$SpO_2 = \frac{HbO_2}{Hb + HbO_2}$$

بحيث أن HbO_2 يمتص الأشعة تحت الحمراء أكثر من Hb ، بينما Hb يمتص الضوء الأحمر أكثر و يسمح للأشعة تحت الحمراء بالنفاذ. [7]



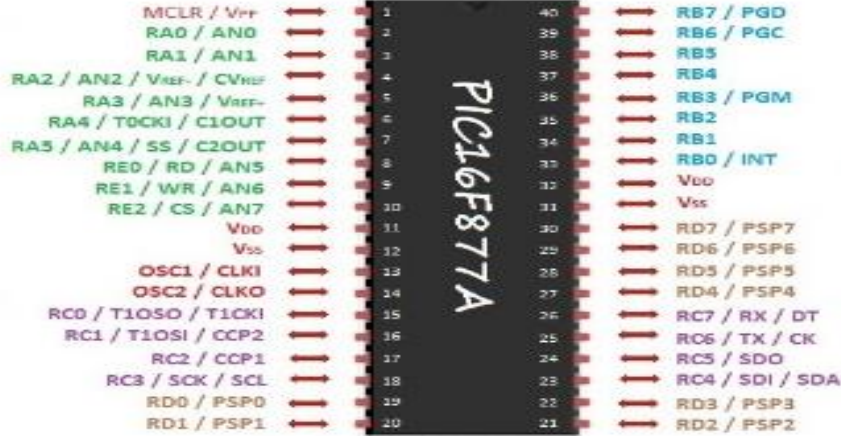
الشكل (6) يبين معامل امتصاص الضوء الناتج عن Hb و HbO₂

2- قسم المعالجة الخاص بالنظام:

المتحكم الميكروي PIC16F877A:

ينتمي هذا النوع من المتحكمات إلى عائلة المجال الوسطي PIC16CXX (mid-range family) ويتضمن هذا النوع عدد من الشرائح بنقاط توصيل يتراوح عددها من 18 نقطة توصيل وحتى 68 نقطة توصيل [8] وذلك تبعاً لعدد الخدمات المحيطة المتوفرة في كل منها وعدد نقاط توصيل الدخل / الخرج بحيث تناسب جميع التطبيقات الصغيرة والمتوسطة والكبيرة [4]. تتميز كلمة البرنامج في هذه العائلة بأنها ذات عرض 14-bit من أجل كل تعليمة، كما وتتميز شرائح هذه العائلة بوجود مكدس (stack) بعمق ثمانية مستويات بالإضافة إلى إمكانية معالجة المقاطعات، والميزة الهامة لمثل هذه المتحكمات احتوائها على محولات تماثلية - رقمية (ADCs) بأداء عالي، إضافة إلى وجود مقارنات (comparators) ونوافذ التسلسلية وقنوات تعديل نبضي عرضي (PWM) ودارات قيادة الشاشات الكريستالية (LCD) وبروتوكولات للربط مع التجهيزات المحيطة الأخرى

PIC16F877A ، SPI،I2C ، RS232 كما هو مبين في الشكل (7)



الشكل (7) المتحكم الميكروي PIC16F877A

بروتوكول التواصل بين المتحكمات:

قد نحتاج في كثير من التطبيقات إلى ربط جهاز رقمي مع جهاز رقمي آخر من أجل تبادل المعلومات بين هذه الأجهزة. إن أي اتصال رقمي يحتاج إلى فهم كيفية إجراء هذه الاتصالات والقدرة على اختيار نوع الاتصال الملائم تبعاً لمتطلبات التطبيق المطلوب. من أجل إنشاء النظام تم اختيار منظومة اتصال قائمة [9] على بروتوكول الاتصال التسلسلي RS232 حيث يقدم البروتوكول المزايا التالية:

- 1- البروتوكول غير متزامن وهذا يعني عدم استخدام الخط المخصص لنقل إشارات الساعة.
- 2- إطار الاتصال أو صيغة الاتصال تتألف من Start bit، Data bits، Stop bit والبيانات تتألف من (8-9). [9].
- 3- يوجد خطين: واحد للإرسال وواحد للاستقبال.
- 4- السرعات الممكنة: 300 bps, 1200bps, 2400 bps, 9600 bps

5- العرض الزمني للبت يساوي مقلوب معدل الاتصال وعرض الإطار يساوي عدد بتات الإطار مضروباً بعرض البت الواحد.

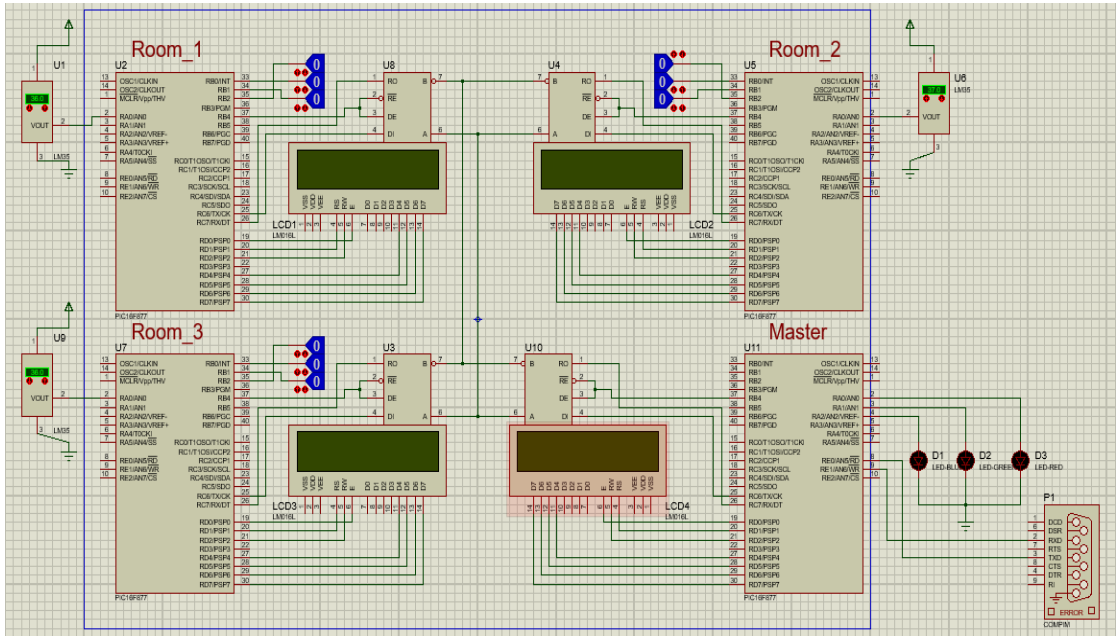
6- يحتوي PIC على قناة اتصال تسلسلي من نوع USART والتي عن طريقها يقوم بالاتصال التسلسلي مع مختلف الأجهزة بما في ذلك الحاسب.

7- قناة الاتصال التسلسلي USART هي قناة للاستقبال وإرسال البيانات (TX-RX) حيث يمكن إعدادها كقناة اتصال ذو اتجاهين Half-duplex OR Full-duplex.

8- أطراف قناة الاتصال التسلسلي هي RC6 (TX/ CK) & RC7 (RX/DT).

3-آلية عمل الدارة:

يوضح الشكل (8) التصميم العام للنظام حيث يحوي النظام على ثلاث متحكمات تابع slaves ومتحكم مركزي master



الشكل (8) التصميم العام للنظام

خوارزمية عمل المتحكم المركزي Master:

- 1- يقوم المتحكم المركزي بإرسال المحارف عبر بروتوكول الاتصال RS232.
- 2- تصل المحارف إلى التتابع ويكون لكل تابع محرف خاص به وهي كالتالي A for 1st, B for 2nd, C for 3rd
- 3- عندما يصل المحرف للتتابع يقوم التابع بفحص حالة الحساسات ومن ثم يقوم بإرسال الرد بناءً على حالة الخلل.
- 4- يعمل المتحكم المركزي وفق الخطوات التالية:
 - إرسال محرف لمتحكمات الخوادم وهي على الشكل التالي
 - محرف A للتواصل مع المتحكم الموجود في الغرفة الأولى
 - محرف B للتواصل مع المتحكم الموجود في الغرفة الثانية
 - محرف C للتواصل مع المتحكم الموجود في الغرفة الثالثة
 - انتظار وصول رد من قبل المتحكمات الخوادم
 - عند وصول بيانات يتم قراءة البيانات عبر بروتوكول RS232 ومن ثم يتم القيام بالعمليات يعطي حالة الخلل حسب الجدول (2) التالي :

Room3	Room2	Room1	الخلل
N	T	T	حساس الحرارة
M	H	H	حساس القلب
Q	C	C	طلب من الغرفة
K	O	O	حساس التأكسج
R	E	E	كلا الحساسين

Y	G	G	الحالة جيدة
---	---	---	-------------

خوارزمية ال slave

يستقبل كل متحكم محرف من المتحكم المركزي ومن ثم يقوم بقراءة حالة الحساسات ويرسل حالة الغرفة للمتحكم المركزي

4- النتائج ومناقشتها:

سنقوم بتحليل النتائج بأسلوبين الأول اختبار دقة قيم الحساسات بالمقارنة مع دقة الأجهزة الطبية الشائعة الاستخدام أما الأسلوب الثاني فسيكون للتأخير الزمني في الإرسال والاستقبال .

نتائج مقارنة نتائج الحساسات مع الأجهزة الطبية الجدول (3):

الحساس	قراءة حساس النظام	قراءة الجهاز الطبي
حساس الحرارة C	37.5	37.2
حساس ضربات القلب	72	73
حساس التأكسج	97	96

من خلال النتائج السابقة نلاحظ أن خطأ حساسات النظام قد وصلت لنسبة % 1 وهي قيمة مقبولة وقريبة من قياسات الأجهزة الطبية مما يجعل الحساسات قابلة للاستخدام في الأنظمة الطبية.

نتائج التأخير الزمني الجدول (4):

جزء النظام	التأخير الزمني
من الحساسات لدارة slave	1.6 S
من دارة slave إلى الـ Master	3.7 S

نلاحظ أن قيم التأخير صغيرة جداً مما يجعل النظام قابل للاستخدام في تطبيقات المراقبة بشكل جيد

5-الاستنتاجات والتوصيات:

- 1-قدم هذا البحث نظام تحكم قادر على استخدام عدد من الحساسات لمتابعة بعض البارامترات الفيزيولوجية لمرضى مقيم في مشفى يتطلب مراقبته الصحية وارسال جميع البيانات الخاصة به إلى دارة مركزية موجودة في غرفة الأطباء.
- 2- نقترح إضافة حساسات أخرى للنظام بحيث يمكن قراءة بارامترات عديدة أخرى
- 3- يمكن ربط النظام المستخدم بتطبيق (Android) يكون موجود مع الأطباء عن طريق إضافة شرائح انترنت الأشياء IOT مع النظام .

6-References:

- [1] W. Yi, O. Sarkar, S. Mathavan and J. Saniie,(2014), **Wearable sensor data fusion for remote health assessment and fall detection**, IEEE International Conference on Electro/Information Technology, pp: 303-307
- [2] H. Patil,2018, **Patient Monitoring System**, international journal of advanced research in science and engineering, vol.7, No. 3, pp: 26-33
- [3] Data Sheet for LM35, 2016.
www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/524103/LM35
- [4]D.Bahbry,E.Alshutbi,(2021)**Heart Rate Monitoring System using Pulse Sensor and Arduino**, Biomedical Engineering Department, Imam Abdurrahman Bin Faisal University, Kingdom of Saudi Arabia
- [5] Kudma.Petr. (2017), **Pulse Oximeter Controlled By Microprocessor**, faculty of biomedical engineering department of biomedical technology
- [6] F.Dai1, H.Wen, J .Zhao, H.Hao1, Q.Zhang(2021), **Design of an Instrument for Measuring Heart Rate and Blood Oxygen Based on Arduino** ,Journal of Robotics, Networking and Artificial Life,vol.7,No.4,PP:275-278

[7] Yitzhak. Mendelson.(2006), **Pulse Oximetry**, Wiley

Encyclopedia of Biomedical Engineering,pp:10-13

[8] Data Sheet for pic16f877A, 2019.

www.microchip.com/datasheet-pdf/pdf/pic16f877A

[9] T. Sharma,(2018), **RS232 Serial Communication Protocol:**

Basics, Working Specifications, Semicon Media,

<https://circuitdigest.com/>

تحسين خوارزمية Apriori من خلال تقليل

مسح قاعدة البيانات

الباحث: د. محمد حجوز

المدرس في كلية العلوم الثانية بجامعة البعث

M.Hajjouz@gmail.com

0955552683, 0312121979

الملخص:

تعتمد خوارزمية قواعد الارتباط في تقنية التنقيب في البيانات على إيجاد علاقات مثيرة للاهتمام وارتباطات ملحوظة بين العناصر المختلفة في مجموعة كبيرة من البيانات. ومن الأمثلة الشهيرة عن التنقيب في البيانات باستخدام تقنية قواعد الارتباط هو تحليل سلة السوق. حيث تعتبر خوارزمية Apriori هي أول خوارزميات قواعد الارتباط. إلا أن هذه الخوارزمية تحتوي على مشكلتين في عملية التنقيب في البيانات: الأولى هي أنها تحتاج إلى الكثير من الوقت لمسح كامل قاعدة البيانات والثانية هي أنه ينتج عددًا كبيرًا من المجموعات المرشحة غير ذات الصلة والتي تشغل ذاكرة النظام. نقدم في هذا البحث خوارزمية محسنة عن هذه الخوارزمية لحل هاتين المشكلتين. ستعمل خوارزمية Apriori المحسنة على تقليل عدد مرات مسح قاعدة بيانات بالكامل من خلال تقليل التوليد الزائد للعناصر الفرعية حتى نحصل في الأخير على واحدة من مجموعات العناصر المرشحة توافق الدعم الأدنى minsup . لتحقيق هذه الأهداف سنستخدم مفهوم المجموعة الرئيسية العامة وأمثلة قواعد البيانات. تعمل خوارزمية Apriori المحسنة على تقليل استهلاك موارد النظام وتحسين كفاءته.

الكلمات المفتاحية: استخراج البيانات، المجموعة الرئيسية العامة، المجموعة الرئيسية

المحلية، خوارزمية Apriori، مجموعات العناصر التكرارية.

Enhanced of the Apriori algorithm by reducing database scanning

Abstract:

Data mining with association rules technique is the process of finding interesting relationships and remarkable correlations between different elements in a large set of data elements. A famous example of data capturing using correlation rules technique is market basket analysis. The Apriori algorithm is the first association rule algorithm. However, this classic algorithm has two problems with data mining. The first is that it will take a lot of time to scan the database, and the second is that it will generate a large number of irrelevant candidate groups that occupy the system memory. In this paper, we present an improved algorithm to solve these two problems. The improved Apriori algorithm will reduce the number of times to scan an entire database by reducing the over generation of sub-items until we finally have one of the minimum support matching candidate item sets. To achieve these goals, we will use the general energy concept and database examples. The improved Apriori algorithm reduces system resources occupied and improves system efficiency

Key words: Data mining, Global power set, Local power set, Apriori algorithm, Frequent itemsets.

1. المقدمة

يسمى عصرنا الحالي بعصر الانفجار المعلوماتي لما يحتوي من بيانات ضخمة في جميع المجالات والتي تزداد يوماً بعد يوم، وينتج عنه ما يسمى بقواعد البيانات الضخمة، وأصبحت الحاجة ملحة لاستخراج معلومات مخفية وذات مغزى من هذه القواعد. ومن المستحيل العثور على معلومات مفيدة ومخفية بالطرق التقليدية. مما أدى إلى ظهور تقنيات التنقيب في البيانات وما لديها من قواعد ارتباطات وعلاقات ارتباط مثيرة للاهتمام بين مجموعة كبيرة من عناصر البيانات. تعرض قواعد الارتباط شروط قيمة السمات التي تحدث معاً بشكل متكرر في مجموعة بيانات معينة. توفر قواعد الارتباط معلومات من هذا النوع في شكل عبارات "if-then". يتم حساب هذه القواعد من البيانات، وعلى عكس قواعد المنطق الشرطية، فإن قواعد الارتباط هي احتمالية بطبيعتها. وتحتوي على رقمين يعبران عن درجة عدم اليقين بشأن القاعدة. ويستخدم في قواعد الارتباط عاملين أساسيين هما:^[1]

- **الدعم:** وهو عدد المعاملات التي تشمل جميع العناصر في الأجزاء السابقة واللاحقة من القاعدة. (يتم التعبير عنه أحياناً كنسبة مئوية من إجمالي عدد السجلات في قاعدة البيانات)
- **الثقة:** وهي نسبة عدد المعاملات التي تشمل جميع العناصر اللاحقة والسابقة (أي الدعم) إلى عدد المعاملات التي تشمل جميع العناصر السابقة.

2. مشكلة البحث وأهميته:

نسعى في هذا البحث إلى تحسين خوارزمية Apriori وذلك بتخفيض عدد مرات مسح كامل قاعدة البيانات من أجل الحصول على المجموعات التكرارية وذلك من خلال تجاهل المجموعات المرشحة غير ذات الصلة من المجموعات التكرارية والتي تشغل ذاكرة النظام وتزيد مساحة التخزين.

3. خوارزمية Apriori العادية:^[1]

تفيد خوارزمية Apriori العادية من خلال استخدام قواعد الارتباط في تحديد العناصر المرتبطة مع بعضها، فمثلاً في المتاجر الكبيرة (Supermarkets) بأمريكا يلجأ أصحابها إلى دراسة تحليل السوق والسلل الشرائية لمعرفة البضائع التي تشتري مع بعضها لوضعها أمام أنظار الزبون بجانب بعضها لكي لا ينسى أي غرضٍ منها وحتى يكسبه المتجر كعميل مخلص، وتعتمد هذه الخوارزمية على حساب عاملين أساسيين هما: عامل الدعم Support وبحسب عن طريق الاحتمالات، وعامل الثقة Confidence. يقوم الخبير في المؤسسة بوضع عتبة الدعم الصغرى Minimum Support Threshold، وعتبة الثقة الصغرى Minimum Confidence Threshold وكل من يتجاوز هاتين العتبتين يكون دعمه وثقته كبيرين ومن ثم تكون القاعدة قوية. فيما يلي مثال عن قاعدتين:^[2]

- Buys(x, "Milk") \Rightarrow Buys(x, "Bread") [0.5%, 60%]
- Student(x, "CS") \wedge takes(x, "DB") \Rightarrow grade(x, "A") [1%, 75%]

تفيد القاعدة الأولى في معرفة هل الزبون x الذي اشترى الحليب سيشتري الخبز معه؟ وتمثل القيمة 0.5% عامل الدعم، والقيمة 60% عامل الثقة. وتكون قوة القاعدة 60%. تفيد القاعدة الثانية في معرفة هل الطالب x الذي سجّل على مقرر مهارات الحاسوب CS ومقرر قواعد البيانات DB سيحصل على التقدير "A". تملك هذه القاعدة عامل دعم بنسبة 1% وعامل ثقة بنسبة 75%. أي 75 بالمئة من الطلاب حققوا هذا التقدير لهذا نُعدُّ هذه القاعدة قاعدة قوية نوعاً ما. يستفيد المشرف الأكاديمي من هذه المعرفة في اتخاذ قرار بتوجيه الطلاب على هذه القاعدة وكذلك الأمر بالنسبة لبقية المقررات.

لتوضيح عمل الخوارزمية، سنأخذ خمسة سجلات من المشتريات التي يقوم بها الزبائن لسته أغراض كما في الجدول(1):

TID	Items
1	Bread, Milk
2	Bread, Diaper, Beer, Eggs
3	Milk, Diaper, Beer, Coke
4	Bread, Milk, Diaper, Beer
5	Bread, Milk, Diaper, Coke

الجدول(1) سجلات المشتريات لسته أغراض يقوم بها خمسة زبائن

ونريد التحقق من القاعدة التي تقول: هل كل الزبائن الذين اشتروا الحليب Milk وحفاض الأطفال Diaper سيشترون البيرة Beer:

$$\{\text{Milk, Diaper}\} \Rightarrow \text{Beer}$$

للتحقق من ذلك، يجب حساب عامل الدعم S وذلك بتقسيم عدد الزبائن الذين اشتروا الأغراض الثلاثة Milk, Diaper, Beer مع بعضهم وعددهم 2 على عدد الزبائن الكلي |T| وهو 5 كالآتي.

$$s = \frac{\sigma(\text{Milk, Diaper, Beer})}{|T|} = \frac{2}{5} = 0.4$$

وحساب عامل الثقة C، وذلك بتقسيم عدد الأشخاص الذين اشتروا الأغراض الثلاثة Milk, Diaper, Beer مع بعضهم وعددهم 2 على عدد الأشخاص الذين اشتروا Milk, Diaper مع بعضهم مع أو بدون أغراض أخرى وهم 3.

$$c = \frac{\sigma(\text{Milk, Diaper, Beer})}{\sigma(\text{Milk, Diaper})} = \frac{2}{3} = 0.67$$

لفهم عمل هذه الخوارزمية، سنُعرف بعض المصطلحات الآتية:

▪ **K-Itemset** مجموعة الأغراض المشتراة مع بعضها وعددها K، وهي في

مثالنا هذا تمثل الأغراض {Milk, Bread, Diaper}.

▪ **Support count** عدد السلل الشرائية نرمر له (σ)، ويمثل في مثالنا هذا عدد السلل التي تم فيها شراء الأغراض مع بعضها $\sigma(\{Milk, Bread, Diaper\})=2$.

▪ **Support** عامل الدعم وينتج من تقسيم عدد السلل الشرائية للأغراض التي تُشترى مع بعضها على عدد الزبائن الكلي $s(\{Milk, Bread, Diaper\})=2/5$.

▪ **Frequent Itemset** المجموعات التكرارية التي يكون عامل الدعم فيها أكبر أو يساوي عتبة الدعم الصغرى $minsup$ التي يضعها الخبير. يتم في هذه الخوارزمية مقارنة عامل الدعم وعامل الثقة مع عتبة الدعم الصغرى $minsup$ وعتبة الثقة الصغرى $minconf$ التي يضعها الخبير في المؤسسة لكل قواعد الارتباط المستنتجة، ويجب أن يحقق ما يلي:

1- أن يكون عامل الدعم أكبر أو يساوي عتبة الدعم الصغرى التي يضعها الخبير أي:

$$\text{Support} \geq \text{minsup threshold}$$

2- أن يكون عامل الثقة أكبر أو يساوي عتبة الثقة الصغرى التي يضعها الخبير أي:

$$\text{Confidence} \geq \text{minconf threshold}$$

يتم في خوارزمية قواعد الارتباط مراعاة الأمور الآتية:

- 1- إيجاد كل قواعد الارتباط الممكنة.
- 2- حساب عامل الدعم والثقة لكل قاعدة.
- 3- إهمال القواعد التي يكون معدل الدعم فيها أقل من عتبة $minsup$ وعامل الثقة

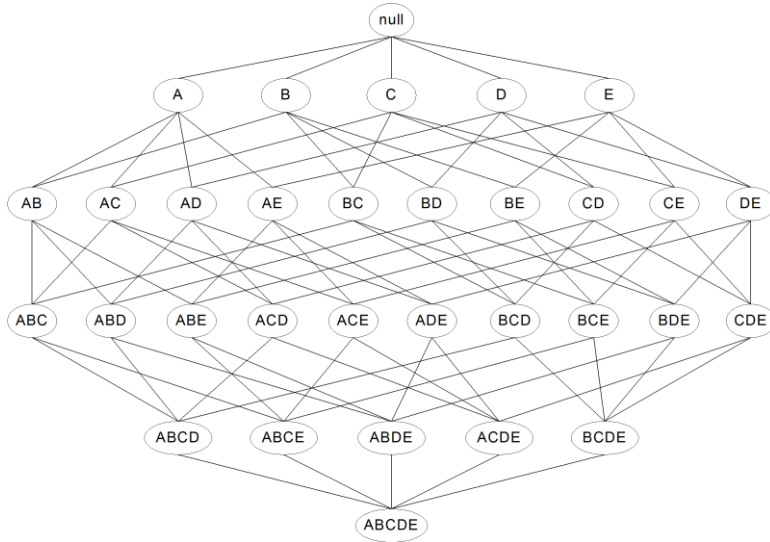
أقل من عتبة minconf.

من الجدول (1) تم استنتاج جميع قواعد الارتباط الممكنة من البيانات المتوفرة وفق الآتي:

- {Milk,Diaper} → {Beer} (s=0.4, c=0.67)
- {Milk,Beer} → {Diaper} (s=0.4, c=1.0)
- {Diaper,Beer} → {Milk} (s=0.4, c=0.67)
- {Beer} → {Milk,Diaper} (s=0.4, c=0.67)
- {Diaper} → {Milk,Beer} (s=0.4, c=0.5)
- {Milk} → {Diaper,Beer} (s=0.4, c=0.5)

يُحسب عامل الدعم والثقة في هذه القواعد وفق الآتي:

في القاعدة الأولى: يُحسب عامل الدعم بتقسيم عدد التكرارات التي يتم فيها شراء مجموعة الأغراض {Milk, Diaper, Beer} (أي عدد الزبائن الذين اشتروا هذه الأغراض مع بعضها) وهم 2 (السجلان الثالث والرابع في الجدول (1)) على عدد الزبائن الكلي وهو 5 بالتالي $s=2/5=0.4$. ويُحسب عامل الثقة بتقسيم عدد تكرارات المجموعة نفسها وهو 2 على مجموع الزبائن الذين اشتروا أغراض من ضمنها يجب أن تكون المجموعة {Milk, Diaper} وهم 3 (السجلات 3 و4 و5 في الجدول (1)) بالتالي $c=2/3=0.67$. وهكذا بالنسبة لبقية القواعد.



الشكل (1) المجموعات المُولدة من خمسة أغراض.

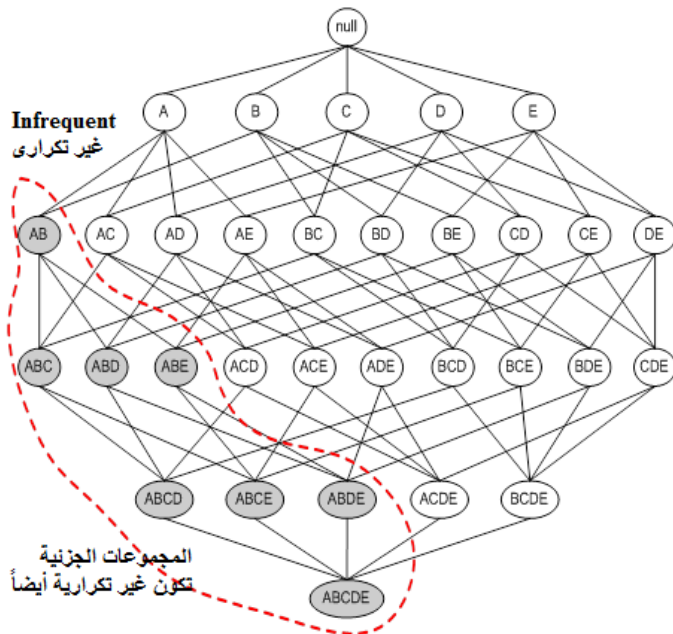
نلاحظ أن عامل الدعم في القواعد السابقة لمجموعة البيانات نفسها مع اختلاف القاعدة متساوٍ وهو 0.4، أما عامل الثقة فيختلف من قاعدة لأخرى وسنوضح السبب لاحقاً. [3]

يتم توليد المجموعات التكرارية لخمسة أغراض A, B, C, D, E على سبيل المثال، كما في الشكل (1) ونلاحظ أن عدد المجموعات ينتج من (عدد الأغراض) $2^5 = 32$ أي مجموعة مرشحة بما فيها عند عدم شراء أي غرض Null. وهذا العدد سيزداد كثيراً عند وجود عدد كبير من الأغراض.

الآن نريد تحديد المجموعات التكرارية المرشحة Candidates وغير التكرارية من بين هذه المجموعات لتحديد أي المجموعات الأكثر شراءً باستخدام خوارزمية Apriori التي تعمل وفق المبدأ الآتي:

❖ عند وجود مجموعة itemset تكرارية فإن جميع المجموعات الجزئية التابعة لها

يجب أن تكون تكرارية أيضاً. والعكس صحيح أي عند وجود مجموعة غير تكرارية لا داعي لتوليد المجموعات الجزئية التابعة لها لأنها لن تكون تكرارية أيضاً. إذا اعتبرنا من الشكل (2) المجموعة AB غير تكرارية أي حسبنا عامل الدعم لها فوجدناه أقل من minsup الذي يضعه الخبير، ومن ثم فإن جميع المجموعات التابعة لها في مستوى الأبناء والأحفاد والأدنى منها تكون غير تكرارية أيضاً لهذا تُحذف.



الشكل (2) استثناء المجموعات الجزئية التي تكون مجموعتها الأساسية غير تكرارية

مثال تطبيقي عن عمل خوارزمية Apriori العادية:

بفرض أنه يوجد خمسة زبائن يريدون شراء مجموعة من الأغراض مؤلفة من ستة أشياء هي: الخبز والحليب وحفائض الأطفال والكولا والبيزا والبيض {Bread, Milk, Diaper, Coke, Beer, Eggs}، والمطلوب معرفة الثلاثيات (الأغراض الثلاثة) التي تُشترى مع بعضها؟. أعطى الخبير الحد الأدنى للدعم Minimum Support بمقدار

3، وهؤلاء الزبائن الخمسة يمكن أن يشتروا مجموعة من هذه الأغراض أو لا يشتروا أي شيء. الآن لنبحث عن المجموعات التكرارية باستخدام خوارزمية Apriori. يتم تطبيق الخوارزمية على الجدول (1)، ونلاحظ من خلاله أن الزبون الأول اشترى خبزاً وحليباً والثاني اشترى خبزاً وحفاضاً وبيراً وبيضاً وهكذا لبقية الزبائن. بمسح كامل لقاعدة البيانات يمكن معرفة عدد المرات التي أُشترى فيها كل غرض من الأغراض كما هو موضَّح في الجدول (2):^[4]

Item	Count
Bread	4
Coke	2
Milk	4
Beer	3
Diaper	4
Eggs	1

الجدول (2) عدد مشتريات كل غرض

نلاحظ من الجدول (2)، أن عدد مشتريات الكولا Coke بلغت 2 ومشتريات البيض Eggs بلغت 1، وهي أقل من $\text{minsup}=3$. إذن فإن كل المبيعات المرشحة الثنائية 2-itemsets Candidates اللاحقة لا يتم توليدها باستخدام الكولا والبيض (يشير العدد 2 في 2-itemsets إلى المجموعات الثنائية)، من ثم ستؤد هذه الثنائيات المرشحة من 4 أغراض فيكون عددها 6 ثنائيات مرشحة. يوضح الجدول (3) هذه الثنائيات. يحتوي العمود Count عدد تكرار مجموعات المشتريات، فمثلاً المجموعة الثنائية {Bread, Milk} تكرر شراؤها من قبل الزبون الأول والرابع والخامس 3 مرات وهكذا بالنسبة لبقية المجموعات كما في الجدول (3). ويبقى لدينا 4 ثنائيات مرشحة وهي: $\{\text{Milk, Diaper}\}, \{\text{Bread, Diaper}\}, \{\text{Bread, Milk}\}, \{\text{Beer, Diaper}\}$.

Itemset	Count
{Bread,Milk}	3
{Bread,Beer}	2
{Bread,Diaper}	3
{Milk,Beer}	2
{Milk,Diaper}	3
{Beer,Diaper}	3

الجدول (3) توليد المرشحات الثنائية

ستولد ثلاثيات مرشحة 3-itemset من هذه الثنائيات الأربعة. لاحظ أنه لا يوجد سوى ثلاثية واحدة مرشحة يمكن تشكيلها وهي {Bread,Milk,Diaper} وقد تكررت مرتين في الجدول(4)، وما تبقى من الثلاثيات ليست تكرارية لأن عامل الدعم فيها أقل من عتبة الدعم الصغرى، كما موضح في الجدول(4):

Itemset	Count
{Bread,Milk,Diaper}	2

الجدول(4) توليد المرشحات الثلاثية

نلاحظ أن الخوارزمية Apriori قللت من عدد المجموعات المرشحة نوعاً ما، حيث بلغ في المثال السابق 13 مجموعة وهي ناتجة عن جمع {6+6+1=13}، إذ تمثل 6 الأولى مجموع المرشحات في الجدول(2) وتمثل 6 الثانية مجموع المرشحات في الجدول(3) ويمثل الواحد مجموع المرشحات في الجدول(4). إذ قللت هذه الخوارزمية عدد المرشحات كثيراً فبدلاً من أن تكون $2^6=64$ أصبحت 13 مجموعة مرشحة.

في نهاية الخوارزمية يُحسب عامل الثقة للمجموعة الأخيرة حسب القاعدة $\{Bread,Milk\} \Rightarrow Diaper$ ، فنجد أن عدد الأشخاص الذين اشترى الأغراض {Bread,Milk} مع بعضهم 3 من ثم يكون عامل الثقة $c=2/3=0.67$ أي احتمال

شراء الحفاض عند شراء كل من الحليب والخبز بلغ 67% أما العكس: أي ما هو عامل الثقة للزبائن الذين اشتروا الحفاض أولاً ثم اشتروا الخبز والحليب $\{Bread, Milk\} \Rightarrow Diaper$. بالحساب نستنتج أن عامل الثقة هو $c=2/4=50\%$ حيث تمثل القيمة 4 عدد الزبائن الذين اشتروا الحفاض وهو مختلف عن السابق. كما نلاحظ أن عامل الثقة لم يكن كبيراً بشكل كافٍ لاتخاذ قرار بوضع الثلاثية $\{Bread, Milk, Diaper\}$ مع بعضها بعضاً على الرغم من أنه مقبول.

خطوات خوارزمية Apriori العادية:

تعمل خوارزمية Apriori على مبدأ توليد عدد K من المرشحات ثم ربطها مع نفسها لتشكيل L_{k-1} من التكرارات. والاعتماد على المبدأ الأساسي لهذه الخوارزمية الذي يقول: إن أية مجموعة مرشحة itemset غير تكرارية فإن كل المجموعات الجزئية الناتجة عنها تكون غير تكرارية.

الخطوات:

C_k : المجموعة المرشحة من المجموعات K .

L_k : المجموعة التكرارية من المجموعات K .

$L I = \{\text{الأغراض التكرارية}\}$

for ($k = 1$; $L_k \neq \emptyset$; $k++$) **do**

{

المرشحات من المجموعات التكرارية $C_{k+1} = L_k$

for each (D) في قاعدة البيانات t مناقلة **do**

زيادة عدد كل المرشحات في C_{k+1} المحتواة في t

المرشحات في C_{k+1} بأقل دعم $\min_support$

}

Return $\cup_k L_k$

رغم أن هذه الخوارزمية خففت عدد المرشحات لكن بقي تعقيدها عالياً نسبياً بسبب وجود الأس 2^d ، لأنها تقوم بمسح كامل قاعدة البيانات في كل مرة يتم فيها توليد المرشحات مما يُشغل نظام الذاكرة وتتطلب زمن طويل لتنفيذها.^[5]

4. الدراسات المرجعية:

- قام الباحث يوبو جيا yubo jia^[6] بتحسين خوارزمية Apriori المحسنة اعتماداً على تقسيم البيانات وعدد مجموعات العناصر الديناميكية، حيث قام أولاً بتقسيم قاعدة بيانات المعاملات D إلى n جزء لا تتقاطع مع بعضها البعض، وإذا كان الحد الأدنى للدعم هو minsup لقاعدة البيانات D، فسيكون الحد الأدنى للدعم لكل جزء من قاعدة البيانات هو (minsup * num_of_transaction_of_partition). تعمل هذه الخوارزمية أولاً على مسح قاعدة البيانات والبحث عن جميع المجموعات التكرارية لكل قسم. يطلق عليه المجموعات المحلية التكرارية. سيتم استخدام بنية بيانات خاصة للاحتفاظ بهذه المجموعات التكرارية المحلية، ويتم استخدام TID الخاص بسجل المعاملات لتتبع هذه المجموعات التكرارية المحلية. يمكن العثور على جميع مجموعات عناصر k المحلية التكرارية بمسح واحد لقاعدة البيانات $k=1,2,\dots$ ثم يتم جمع كل المجموعات المحلية التكرارية لإنشاء مجموعات العناصر المرشحة للمجموعات التكرارية في قاعدة البيانات بأكملها D. ثم مسح قاعدة البيانات مرة أخرى للحصول على minsup لجميع مجموعات العناصر المرشحة، ثم في النهاية يتم تحديد مجموعات العناصر التكرارية العامة، إلا أن هذه الخوارزمية تكرر عملية مسح قاعدة البيانات لمرات عديدة.
- أما الباحث روي تشانغ Rui Chang^[7] فقدم خوارزمية تحسين جديدة تسمى Apriori-Improvement تستخدم هذه الخوارزمية بنية من النوع المختلط، يتم فيها

تخزين العلامات TID وعناصر مكملة للعناصر الأصلية إذا كانت العلامة صحيحة. ويوفر هذا الاستخدام مساحة التخزين، إلا أنه بقي تعقيد الخوارزمية عالٍ.

- استخدم الباحث شيلا أ. عباية Sheila A. Abaya [8] الحجم المحدد وتردد المقاس المحدد للسمة لتحسين أداء خوارزمية Apriori. يشير الحجم المحدد إلى عدد العناصر لكل معاملة ويشير تردد الحجم المحدد إلى عدد المعاملات التي تحتوي على عناصر حجم معين على الأقل. يتم في هذه الخوارزمية أولاً حساب الحجم المحدد لكل المعاملات ثم عدد تردد الحجم المحدد. وبعدها يتم تحديد جميع المعاملات التي لديها الحد الأدنى لتكرار الحجم المحدد. ثم يتم إنشاء مجموعات ذات حجم معين. المجموعات ذات التردد الأقل من الحد الأدنى من الدعم minsup يتم إزالتها. وتستمر هذه العملية حتى يتم العثور على مجموعة العناصر النهائية. إلا أن هذه الخوارزمية ستكون بطيئة إذا لم يتم تصميم وظيفة الدمج بشكل جيد.

5. خوارزمية Apriori المحسنة:

1.5 خطوات تحسين خوارزمية Apriori:

من أجل تعزيز كفاءة إنتاج مجموعات العناصر التكرارية في خوارزمية Apriori، نقوم بحل مشكلتين في هذه الخوارزمية. الأولى: هي أنه يتطلب مسح قاعدة البيانات عدة مرات، والثانية: هي توليد مجموعات عناصر مرشحة كبيرة، مما يزيد من تعقيد الخوارزمية. للتغلب على هاتين المشكلتين نقوم أولاً بمسح قاعدة البيانات بحثاً عن مجموعة العناصر التكرارية الأولى، ثم توليد مجموعة رئيسة واحدة ونضع عندها عداد مجموعة العناصر يساوي الصفر $\text{Count}=0$ ونسمي هذه المجموعة بالمجموعة الرئيسية العامة.

عندما نقوم بفحص قاعدة البيانات بحثاً عن عدد مجموعة العناصر، نقوم أولاً بحذف العناصر غير الموجودة في قائمة مجموعة العناصر التكرارية الأولى من

المعاملة، ستعمل هذه الخطوة على تقليل التوليد الإضافي لمجموعات العناصر المرشحة. وبعد عملية الحذف نقوم بإنشاء مجموعة رئيسة محلية من العناصر المتبقية من المعاملة ومقارنتها مع المجموعة الرئيسية العامة، وعند وجود زيادة نضيف لعدد مجموعة العناصر واحد. ستعمل هذه الخطوة على تقليل المسح المتعدد لقاعدة البيانات بالتالي تزداد كفاءة الخوارزمية.

2.5 خطوات تحسين خوارزمية Apriori:

• الإدخالات (Input):

1. قاعدة البيانات D بالتنسيق (Tid ، مجموعة العناصر) ، حيث يكون Tid هو معرف العمل ومجموعة العناصر هي مجموعة عناصر العمل.
2. الحد الأدنى للدعم minsup.

• المخرجات (Output): L_i مجموعة العناصر التكرارية في قاعدة البيانات D: وفيما يلي خطوات الخوارزمية:

- (1) ضع L_1 يساوي مجموعة العناصر التكرارية الأولى في قاعدة البيانات (D).
- (2) قم بتوليد المجموعة الرئيسية من L_1 ($(D) \text{ Frequency_one_itemset}$) وضع عداد مجموعة العناصر يساوي صفر $\text{Count}=0$ وسميها المجموعة الرئيسية العامة.
- (3) امسح قاعدة البيانات D حتى النهاية:

1. اقرأ مجموعة العناصر من المعاملة واحذف العناصر غير الموجودة في L_1 ثم قم بإنشاء مجموعة رئيسة محلية من العناصر المتبقية في المعاملة.
2. قارن المجموعة الرئيسية المحلية مع المجموعة الرئيسية العامة واحدة تلو الأخرى، وإذا كانت مجموعة العناصر متطابقة فقم بإضافة واحد للعداد. قم بالاحتفاظ بمجموعة العناصر المرشحة التي تم الحصول عليها.

4) امسح المجموعة الرئيسة العامة واختبر كل عدد مجموعات العناصر مع مجموعة العناصر المرشحة.

1. إذا كان عدد مجموعة العناصر من مجموعة العناصر المرشحة أقل من minsup، قم بحذف مجموعة العناصر من المجموعة الرئيسة العامة.

7) العناصر المتبقية من مجموعة الرئيسة العامة ستكون مجموعة العناصر التكرارية المطلوبة.

6. التطبيق العملي لخوارزمية Apriori المحسنة:

يتم في هذا التطبيق استخدام مجموعة عناصر العمل الموضحة بالجدول (5):

Tid	Itemset	Tid	Itemset
1	I3,I4	6	I2
2	I1,I2,I3,I4	7	I1,I3
3	I1,I3	8	I1,I3
4	I2,I3	9	I1,I2
5	I1,I2,I3	10	I2

الجدول (5) مجموعات عناصر العمل في قاعدة البيانات D

تتكون مجموعة عناصر العمل من Tid {1 إلى 10} ، وتتكون مجموعات عناصر قاعدة البيانات من مجموعة العناصر {I1، I2، I3، I4}، ويفرض أن عتبة الدعم الصغرى التي يضعها الخبير هي ثلاثة (minsup=3) وبتنفيذ الخطوات الآتية:

الخطوة 1: يتم توليد مجموعة تكرارية واحدة من قاعدة البيانات D. كما في الجدول (6):

Items	Frequency of item
I1	6
I2	6
I3	7

الجدول (6) مجموعة عناصر التكرارية

تم حذف العنصر I4 لأن عدد مرات تكراره 2 وهو أقل من minsup.

الخطوة 2: يتم توليد المجموعة الرئيسية العامة ووضع count=0، كما في الجدول (7)

Candidate 1 Itemset	I1	I2	I3
1-Count	0	0	0
Candidate 2 Itemset	I1,I2	I1,I3	I2,I3
2-Count	0	0	0
Candidate 3 Itemset	I1,I2,I3		
3-count	0		

الجدول (7) ايجاد المجموعة الرئيسية العامة

الخطوة 3: مسح قاعدة البيانات مناقلة مناقلة.

يتم توضيح هذه الخطوة بالنسبة للمعاملة Tid = 1، والتي تحتوي العناصر {I3، I4}.

ويتم حذف العنصر الغير موجود في L1 (أي I4)، وبعد الحذف من المعاملة Tid = 1

يكون هناك عنصر واحد فقط.

إذا كانت المعاملة بعد الحذف تحتوي على أكثر من عنصر واحد، يتم توليد مجموعة رئيسية محلية واحدة من هذه العناصر ومقارنتها مع المجموعة الرئيسية العامة. في نهاية المسح الكامل لقاعدة البيانات، يتم تخزين البيانات الموضحة في الجدول (8) بالمجموعة الرئيسية العامة.

Candidate 1 Itemset	I1	I2	I3
1-Count	6	6	7
Candidate 2 Itemset	I1,I2	I1,I3	I2,I3
2-Count	3	5	3
Candidate 3 Itemset	I1,I2,I3		
3-count	2		

الجدول (8) إحصائيات مجموعات العناصر التكرارية المرشحة

الخطوة 4: بناءً على كل مجموعة عناصر مرشحة تم الحصول عليها من الجدول (8) ووفقاً لعدد مجموعة العناصر من مجموعة العناصر المرشحة ومقارنته مع minsup ، يتم حذف مجموعات العناصر المرشحة التي يكون عددها أقل من عتبة الدعم الصغرى.

كما هو مبين في الجدول (9):

Candidate 1 Itemset	I1	I2	I3
1-Count	6	6	7
Candidate 2 Itemset	I1,I2	I1,I3	I2,I3
2-Count	3	5	3
Candidate 3 Itemset	I1,I2,I3		
3-Count	2		

الجدول (9) حذف مجموعات العناصر المرشحة التي عددها أقل من درجة الدعم الصغرى

الخطوة 5: بعد خطوة الحذف يتم عرض مجموعات العناصر التكرارية النهائية كما في الجدول (10):

Candidate 1 Itemset	I1	I2	I3
1-Count	6	6	7
Candidate 2 Itemset	I1,I2	I1,I3	I2,I3
2-Count	3	5	3

الجدول (10) المجموعات التكرارية

من الجدول (10) وتحليل بياناته نستنتج أن أكبر مجموعة عناصر مستخرجة من قاعدة بيانات العمل هو مجموعتي عناصر تكرارية فقط هي (Candidate 1 Itemset, Candidate 2 Itemset).

7. الخلاصة

تولد خوارزمية Apriori المحسنة أقصى عدد من مجموعات العناصر التكرارية، وتحتاج فقط إلى مسح لقاعدة البيانات لتوليد أقصى عدد من مجموعات العناصر التكرارية. يتم في المسح الأول إيجاد مجموعة العناصر التكرارية (L1) فقط. والهدف الرئيسي من هذه الخطوة هو إنشاء مجموعة رئيسة عامة، والتي ستقلل من توليد مجموعات عناصر مرشحة غير ملائمة. ويتم في المسح الثاني قراءة المعاملة واحدة تلو الأخرى وحذف عناصر المعاملة الغير موجودة في القائمة (L1). وبهذا يتم تحسين الخوارزمية من خلال تقليل مسح قاعدة البيانات لمرات كثيرة وبالتالي تحقق فعالية عالية ونتائج سريعة.

وبمقارنة خوارزمية Apriori العادية مع المحسنة، نستنتج من خلال البحث أن الخوارزمية المحسنة تقلل من وقت مسح قاعدة البيانات، وبالتالي تحسين كفاءة وجودة استخراج البيانات، وتقليل استهلاك موارد النظام وتحسين أدائه بشكل كبير.

8. المراجع:

1. Zifeng.X, Chen.C,2009–ONTOLOGY-BASED WEB MINING Computer Applications and software, Maebashi, Japan, 380p.
2. Agrawal.R,1993–Fast Algorithms for Mining Association Rules in Large Databases, Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference Management of Data, Washington, p216.
3. Agrawal.R; Imielinski.T,1993–Swami.A; Mining Association rules between Sets of Items in large Databases,p283
4. Sheng.C, Jia.Y; Yang.C,2007–The Research of Improved Apriori Algorithm for Mining Association Rules, Service System and Service Management, International Conference on, Vol.no.pp 1–4.
5. Wanjun.Y, Xiaochun.W, Erkang.W, BowenC,2008–The research of improved apriori algorithm for mining association rules, Communication Technology, 2008. ICCT 11th IEEE International Conference on, vol., no., pp.513–516,
6. Yubo.J, Guanghu.X, Hongdan.F, Qian.Z, Xu.L,2012–An Improved Apriori Alogirhm Based on Association Analysis, Third International conference on networking and distributed computing, Vol,no,pp.208–211.
7. Rui.C, Zhiyi.L,2017–"An improved apriori algorithm,"

Electronics and Optoelectronics (ICEOE), International Conference on, vol.1, no., pp.V1-476-V1-478.

8. Sheila.A, Abaya.A,2019–Association rule mining based on apriori algorithm in minimizing candidate generation, International journal of scientific and engineering research volume3, issue 7.

التعرض للجسيمات العالقة في هواء البيئة الريفية

الباحثة: د. ناديا خضر

مشرف على الأعمال ، قسم الفيزياء ، كلية العلوم ، جامعة البعث

ملخص

حظي التعرض للجسيمات الصلبة (PM) particulate matter في الهواء المحيط مؤخراً باهتمام ملحوظ نتيجة للاستنتاجات الوبائية التي أظهرت الارتباط بين تركيز الجسيمات في الهواء المحيط ومعدل الوفيات، وتشير الدراسات الحديثة إلى أن الجسيمات الصلبة الناعمة ذات القطر الأصغر من $2.5\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$) يمكن أن ترتبط أيضاً بزيادة معدل الوفيات والتأثيرات السلبية الأخرى في الصحة.

تم في هذا البحث رصد مستويات الجسيمات العالقة في هواء بيئة سكنية في الريف الغربي من محافظة حمص ، وتم قياس PM_{10} و $\text{PM}_{2.5}$ في داخل أحد المنازل وخارجه على مدى أربعة أشهر ، شهران منها في الصيف وشهران في الشتاء ، وتم حساب النسبة $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ للقياسات في داخل المنزل وخارجه .

تبين من خلال هذا البحث أن حالة الهواء في المنطقة الريفية المدروسة ليست جيدة . وأن مستويات الجسيمات تكون في الطقس الرطب أعلى من الطقس الجاف وأن النسبة $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ تكون في الطقس الجاف أعلى في الخارج من الداخل ، وفي الطقس الرطب تكون على العكس في الداخل أعلى من الخارج ، وأن عمليات التدفئة تسهم بصورة كبيرة في زيادة مستويات الجسيمات في الهواء المحيط والهواء الداخلي .

وبناء على ذلك تم تقديم عدد من التوصيات التي من شأنها أن تساعد في تحسين جودة الهواء في المناطق الريفية المحلية.

كلمات مفتاحية : جسيمات صلبة ، جودة الهواء ، البيئة الريفية

Exposure to airborne particulate matter in rural area

Dr. Nadia Khedr , Teaching Assistant, Department of Physics, Faculty of Science, Al-Baath University

Abstract

The exposure to airborne particles in ambient air have a significant concern in recent years. The epidemical conclusions showed the correlation between the particles concentration in ambient air and mortality. The recent studies indicated that the fine particles $PM_{2.5}$ may increase the mortality and other health effects.

In this research the levels of airborne particles were measured in both indoor and outdoor air in west Homs countryside, The concentration levels of PM_{10} and $PM_{2.5}$ were measured during four months in summer and winter, also the ratio $PM_{2.5}/PM_{10}$ was calculated. It was clear that the air quality is bad in the studied area and the particles concentrations in the wet weather were higher than the dry weather.

The ratio $PM_{2.5}/PM_{10}$ in the dry weather was higher in outdoor air while in the wet weather was higher in the indoor air. But this ratio in the dry weather higher in both cases (indoor and outdoor air).

In conclusion some recommendations were done to improve air quality in the local rural areas.

Keywords : particulate matter, air quality, rural area.

1- المقدمة

حظي التعرض للجسيمات الصلبة (PM) particulate matter في الهواء المحيط مؤخراً باهتمام ملحوظ نتيجة للاستنتاجات الوبائية التي أظهرت الارتباط بين تركيز الجسيمات في الهواء المحيط ومعدل الوفيات، وقد تم توضيح هذا الارتباط في البداية بالنسبة للجسيمات الكلية المعلقة (TSP) total suspended particles والجسيمات ذات القطر الأصغر من $10\mu\text{m}$ (PM_{10}) ، و تشير الدراسات الحديثة إلى أن الجسيمات الصلبة الناعمة ذات القطر الأصغر من $2.5\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$) يمكن أن ترتبط أيضاً بزيادة معدل الوفيات والتأثيرات السلبية الأخرى في الصحة.

وتتأثر تراكيز الجسيمات في الهواء الداخلي بعدد كبير من المصادر الداخلية، بما في ذلك التدفئة والطهي والتدخين، وبالإضافة إلى الهواء الخارجي وجد في عدة دراسات أن التدخين هو المصدر الأكثر أهمية للجسيمات $\text{PM}_{2.5}$ في الهواء الداخلي. وقد تم ربط عدد من التأثيرات الصحية بالتعرض للجسيمات المحمولة بالهواء، و تتضمن قصور الوظيفة الرئوية وزيادة أعراض الجهاز التنفسي مثل السعال وضيق التنفس وهجمات الربو بالإضافة إلى الأمراض الرئوية المزمنة وأمراض الأوعية الدموية وسرطان الرئة.

والجسيمات ذات القطر الأيروديناميكي الأكبر من $30\mu\text{m}$ تترسب عموماً على شكل غبار، بينما الجسيمات الأصغر من ذلك تشكل حوالي 10% من الغبار المنزلي، [1]. ويمكن أن تحوي الجسيمات مئات المركبات الكيميائية المختلفة التي توجد في الهواء، وعند ظروف معينة تحظى الخصائص البيولوجية للجسيمات بالاهتمام الأعظم.

ومع شح مصادر الطاقة في المجتمع المحلي لجأ الناس إلى استخدام الأخشاب والحطب في أغراض التدفئة والطهي وبخاصة في المناطق الريفية ، وفي كثير من الحالات تكون هذه المواد سبباً للتدهور الصحي بسبب طبيعتها ومحتوى الرطوبة فيها .

يهدف هذا البحث إلى رصد مستوى الجسيمات العالقة في هواء المجتمع الريفي ، وتم تطبيق الدراسة على منزل في الريف الغربي من محافظة حمص .

2- دراسة مرجعية

تضمنت عمليات قياس النسبة $PM_{2.5} / PM_{10}$ في مدن متنوعة في العالم ما يأتي:

- النسبة المتوسطة المقاسة بالقرب من الطرق المكتظة في بلدة Arnhem غير الصناعية في هولندا ، كانت النسبة $0.21 - 0.55$ (SD 0.13 , range [2] 0.79).

- سجلت قيمة مشابهة في مدينة Birmingham في ولاية Alabama في الولايات المتحدة ، حيث كانت قيم $PM_{2.5}$ المتوسطة ومجالاتها تقريباً نصف تراكيز PM_{10} [3].

- سجلت في مدينة Baltimore في ولاية Maryland قيم أعلى من النسب المتوسطة اليومية لـ $PM_{2.5} / PM_{10}$ [4] ، حيث كانت 0.83 ، وكان الارتباط بين التراكيز الوزنية اليومية لـ $PM_{2.5} / PM_{10}$ عالياً ($r=0.99$) ، و كان مكافئ الارتباط 0.81 فيما يخص الكسور $PM_{2.5}$ و $PM_{2.5-10}$ ، و بمقارنة التراكيز اليومية $PM_{2.5-10}/PM_{10}$ التي أعطت نسبة متوسطة 0.18 هي أيضاً على توافق جيد ($r=0.88$) .

- درست العلاقة بين $PM_{2.5}$ و PM_{10} في داخل وخارج 13 مكاناً سكنياً [5] في مدينة Coachella Valley في ولاية California ، و تم تحديد $PM_{2.5}$ قياساً لتراكيز PM_{10} في الهواء الخارجي فكانت $61.3 (\pm 13.1)\%$ ، بينما كان إسهامها في الهواء الداخلي بالمتوسط $74.3 (\pm 11.0)\%$.

- كانت القيم الدنيا لنسبة $PM_{2.5} / PM_{10}$ في الساحل الغربي [6] لمدينة Riverside في ولاية California ، حيث بلغت (0.42) .

وبوجود المصادر الداخلية العاملة فإن النسب بين الداخلية والخارجية سوف تختلف كثيراً، إذ أشارت إحدى الدراسات إلى أن نسبة PM_{10} الخارجية في هونغ كونغ بحدود 50-

70% من التركيز الوزني لمستوى الجسيمات الصلبة المعلقة الكلية TSP ، مع أن نسب PM_{10} الداخلية المقاسة في ثمانية مباني سكنية قياساً إلى TSP تراوحت بين 81.9 إلى 97.7% [7] .

وفي دراسة أخرى لوحظت زيادة كبيرة في عدد الجسيمات الأصغر من $1 \mu m$ ، التي انبعثت في أثناء المعالجة الحرارية للغبار الداخلي في مجال درجة الحرارة $50-100^{\circ}C$ ، وقد أظهر كل من القياس والشكل ومساحة السطح النوعي اختلافات قليلة عن الغبار غير المسخن [8].

3- الإطار النظري

3-1- تصنيف الجسيمات

تستخدم مصطلحات متنوعة فيما يخص تصنيف الجسيمات المحمولة بالهواء، إذ يمكن تصنيفها بناء على حجمها، ويمكن تصنيفها بناء على العمليات التي تتشكل فيها كما يمكن تصنيفها بناء على إمكانية دخولها جهاز التنفس لدى الإنسان، وفيما يأتي تلخيص لهذه المصطلحات [9,10].

التصنيف تبعاً لموضع الترسب في الرئة

- الجزء المستنشق inhalable fraction : يعتمد هذا الجزء بصورة أساسية على سرعة واتجاه حركة الهواء المتناسبة مع الضغط ومعدل التنفس.
- الجزء الصدري thoracic fraction : يعبر عن ذلك بالجسيمات ذات القطر الأصغر من $10 \mu m (PM_{10})$ ، وهو النسبة المئوية من الجسيمات المستنشقة التي تستنتج من منحنى التوزع اللوغاريتمي الطبيعي التراكمي ذي الوسيط $11.64 \mu m$ median .
- الجزء ما قبل الصدري extrathoracic fraction : هو ذلك الجزء من الجسيمات المستنشقة التي لا تتمكن من تجاوز الحنجرة .

- الجزء المتنفس respirable fraction : هو الجزء من الجسيمات المستنشقة inhaled التي تصل إلى منافذ الهواء غير المهدبة unciliated airways ، وهو شديد الخطورة بالنسبة للسكان.

3-2- مصادر الجسيمات و خصائص المصادر

تشكل انبعاثات المركبات في البيئة الخارجية في المدن المصدر الأكثر أهمية لكل الملوثات بما في ذلك الجسيمات المحمولة في الهواء. والمصادر الأكثر أهمية في البيئة الداخلية هي التدخين وعمليات الطهي والتنظيف والأنشطة الفيزيائية للقاطنين، والمصدر الرئيس للجسيمات الناعمة في البيئة الداخلية بالإضافة إلى التدخين هو الطهي وبخاصة القلي والشواء، بينما المصادر المهمة للجسيمات الناعمة جداً هي مصابيح وأفران الغاز والمحمصات الكهربائية [11] .

وفي غياب المصادر الداخلية الفعالة تصبح الجسيمات المتشكلة في المصادر الخارجية والتي تنفذ إلى الداخل المكون الرئيس للجسيمات الداخلية، و تعتمد الأهمية النسبية لهذه المصادر على البيئة و نمط معيشة السكان، ويكون إسهام مصادر الاحتراق الداخلية قليلاً في البيئة الداخلية التي لا تتطلب التسخين، عندما يتم الطهي باستخدام المواقد الكهربائية، وعندما لا يكون هناك تدخين. ويمثل الحرق في النار المكشوفة مشكلة حادة بصورة خاصة في البلدان النامية حيث تكون في كثير من الأماكن الطريقة الوحيدة المتاحة للطهي.

وتتكون بصمة المصدر من الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية أو كليهما معاً للانبعثات الخاصة بالمصدر، وإن توافر مثل هذه البصمات أساسي لتحديد إسهامات المصادر المعنية، والتي بدورها تمكن من تصنيف بيانات الانبعاث. والتعقيد المتعلق بتوزيع حصة المصدر ينبثق من حقيقة كون الهواء المحيط يحوي خليطاً متحركاً من

الملوثات المنبعثة من مصادر مختلفة، والخليط يخضع لتغير مستمر مع الزمن بفعل التأثير المتبادل الذي يحدث بين الملوثات .

3-3- توضع الجسيمات في جهاز التنفس

الآلية الرئيسة لتلقي intake الجسيمات المحمولة بالهواء من قبل جسم الإنسان تأتي من خلال استنشاق الجسيمات وتوضعها في مجرى التنفس، ويمكن تصنيف العوامل التي تؤثر في توضع الجسيمات المستنشقة في ثلاث مجموعات:

- كيمياء فيزيائية المعلقات.

- تشريح جهاز التنفس.

- نماذج تدفق الهواء في المسالك الهوائية ضمن الرئة.

العامل الأول هو كيمياء فيزيائية المعلقات و القوى المؤثرة في الجسيمات و خصائصها الفيزيائية والكيميائية مثل المقاس أو توزع المقاس والكثافة والشكل وامتصاص الرطوبة أو النفور من الماء والفاعلية الكيميائية تؤثر أيضاً في التوضع، والمؤشرات المهمة فيما يخص تشريح جهاز التنفس هي الأقطار والأطوال وزوايا التشعب في أجزاء المسلك الهوائي، وتتضمن العوامل الفيزيولوجية أنماط تدفق الهواء والتنفس [12] .

وتتوضع الجسيمات الكبيرة أساساً في الجزء العلوي من جهاز التنفس بسبب التصادم والاعتراض والترسب بالجاذبية والتبعثر المضطرب، ومن المحتمل جداً أن تتوضع الجسيمات الناعمة - جداً كتلك التي تتشكل في عمليات الاحتراق - في الأجزاء الأكثر عمقاً في جهاز التنفس بسبب الانتشارية.

وإن فهم آليات توضع الجسيمات في جهاز التنفس لدى الناس ومقدرة التقدير الكمي للتوضع في أجزاء معينة في جهاز التنفس مهمة جداً لتقدير استنشاق الجسيمات ومن ثم تقدير الخطر، وخلال العقود الثلاثة الماضية أجريت دراسات كثيرة حول ترسب

الجسيمات في جهاز التنفس لدى الناس، وفي عدد كبير منها تم التركيز على النمذجة النظرية أكثر من العمل المخبري لتحديد التوضع [13].

دخول الهواء الخارجي للمنازل

يدخل الهواء الخارجي المنازل أو يغادرها بثلاث طرق: الارتشاح infiltration و التهوية الطبيعية natural ventilation و التهوية القسرية (أو الميكانيكية)، إذ يشير الارتشاح إلى تبادل الهواء الذي يحدث عندما تكون النوافذ والأبواب مغلقة، فيتسرب الهواء عبر الشقوق ووصلات و الفتحات الموجودة في الجدار الخارجي و سقف البناء، و يحدث الارتشاح عموماً بمعدل (ach ; air changes per 0.5-4 ach hour). وتتميز الأبنية الحديثة بمعدلات قريبة من الحد الأدنى، بينما تتميز الأبنية القديمة بمعدلات قريبة من الحد الأعلى، والمعدل 1 ach يعني أن الهواء في كامل المنزل يجري تبديله بالمتوسط خلال ساعة واحدة. ويجري ضياع مقدار كبير من الطاقة بسبب الارتشاح، ويمكن تخفيض معدلات الارتشاح أو ضبطها باستخدام الطرق المناسبة في البناء والعزل، مما يؤدي إلى توفير الطاقة في الأبنية الحديثة. و بالمقابل فإن معدلات الارتشاح المنخفضة تقاوم المشاكل المتعلقة بجودة الهواء الداخلي [14].

وفي التهوية الطبيعية يجري تدوير الهواء عبر النوافذ والأبواب المفتوحة، وتحدث التهوية الطبيعية والارتشاح بفعل الفرق في درجات الحرارة بين الهواء الداخلي والخارجي وكذلك الريح، وتكون معدلات التهوية الطبيعية أعلى من الارتشاح عند ظروف درجة الحرارة والريح ذاتها.

وتجري التهوية القسرية باستخدام المراوح و الشفافات، وهي تؤمن المعدلات الأعلى من تبادل الهواء، و يمكن أن تكون التهوية القسرية متقطعة أو مستمرة، ففي النمط المتقطع يسحب الهواء من حجرة واحدة كالمطبخ مثلاً، وفي النمط المستمر يسحب الهواء من المنزل بكامله، ويحل محله هواء مرشح ومكيف.

ويعمل الارتشاح والتهوية على تمديد ملوثات الهواء الداخلي، أو يزيلها، و عندما يكون الارتشاح و التهوية الطبيعية و القسرية غير كافية، تصبح معدلات تبادل الهواء منخفضة، وتزداد مستويات الملوثات في الهواء الداخلي، وفي بعض الحالات يفيد استخدام أجهزة تنقية الهواء بصورة فعالة في إزالة الجسيمات الصلبة من بين الملوثات.

3-4- دور المصادر الداخلية

أظهرت دراسات [15, 16, 17] أجريت في تسعينات القرن الماضي (1996 ، 1995 ، 1992) أن الناس يقضون من 80% إلى أكثر من 90% من وقتهم في البيئة الداخلية في العمل والمنازل والمؤسسات التعليمية، ومن هذه الملاحظة انبثق السؤال حول دور المصادر الداخلية في تعرض الناس، وبالإضافة إلى فحص تأثيرات الجسيمات المتشكلة في البيئة الداخلية، و من المهم أيضاً فهم كيفية تضاؤل تراكيز الجسيمات الخارجية عند عبورها إلى الداخل، و التعرض الناتج لجسيمات الهواء المحيط مثل $PM_{2.5}$ و PM_{10} يتأثر مباشرة بمستوى الحماية أو التضاؤل الذي تؤمنه خصائص البناء، والمؤشرات المميزة للبناء مثل الحجم ومعدل التهوية وكفاءة مرشحات تكييف الهواء ومواد السطوح وأنماط استخدام الغرف كل ذلك يؤثر في التركيز التراكمي للجسيمات، وإن زيادة معدل تبادل الهواء يسرع تمديد تراكيز الجسيمات من المصادر الداخلية مثل التدخين أو الطهي، ولكنها أيضاً تزيد اختراق الجسيمات الخارجية مما يزيد من المستويات الإجمالية للجسيمات الداخلية.

وبعض مؤشرات هذا النموذج مثل تركيز الجسيمات الداخلية والخارجية وحجم المنزل وعدد السجائر وزمن الطهي وفترة الاعتيان يمكن قياسها أو تحديدها مباشرة .

في المنازل التي يقطنها المدخنون يتولد من التدخين حوالي 30% من كتلة الجسيمات $PM_{2.5}$ و 24% من كتلة الجسيمات PM_{10} ، وفي المنازل التي لا يدخن فيها قدر أن 25% من الجسيمات $PM_{2.5}$ يأتي من الطهي، وأدت هذه النتائج إلى

دراسات لاحقة لإصدارات الطهي في المنازل التي أكدت بدورها التأثير الكبير لطرق طهي معينة في مستويات الجسيمات في البيئة الداخلية والمتعلقة بالأشخاص، وإن حرق الأخشاب والبخور و صواعق الحشرات تعد من مصادر الاحتراق لجسيمات البيئة الداخلية السكنية وبخاصة لمجال المقاس الأصغر من $2.5 \mu\text{m}$.

ويعتمد توزيع مقاسات الجسيمات ومستويات تركيزها في البيئة الداخلية على نمط الأنشطة الداخلية ومعدلات تبادل الهواء، فمعدلات تبادل الهواء المنخفضة (أقل من 1 بالساعة) تؤدي إلى زيادة زمن مكث أطول للهواء وزمن أطول لتراكم الجسيمات من المصادر الداخلية، وعندما تكون معدلات تبادل الهواء أعلى من ذلك (أكثر من 1 بالساعة) يكون تأثير المصادر الداخلية أقل تأكيداً نظراً لأن التراكيز الداخلية تكون قريبة من التراكيز الخارجية، وفي غياب تكييف الهواء تحدث معدلات تبادل أعلى للهواء في الطقس الدافئ بسبب زمن إبقاء النوافذ و الأبواب مفتوحة.

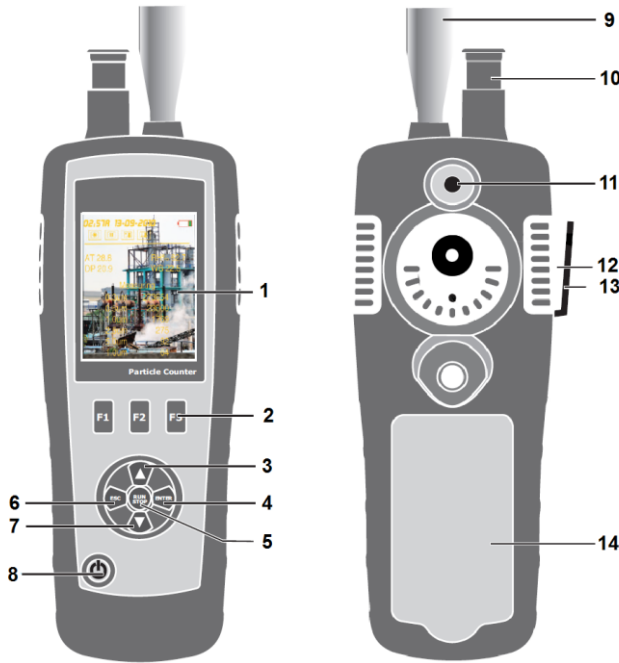
3-5- دور المصادر الخارجية في تراكيز الجسيمات الداخلية

يسهم ارتشاح الجسيمات من الوسط المحيط إلى الداخل بالتراكيز الإجمالية للجسيمات، إذ قدرت دراسة أجريت في مدينة فريسنو تقدير التعرض الكلي للجسيمات بأنه من كتلة الجسيمات الداخلية الكلية تسهم الجسيمات الخارجية بحوالي 76% من كتلة $PM_{2.5}$ و 66% من كتلة PM_{10} ، [19,18] .

4- هدف البحث وطريقته

يهدف هذا البحث إلى رصد الجسيمات العالقة في هواء البيئة السكنية الريفية ، واعتمدت لأجل ذلك الطريقة التجريبية القائمة على القياسات المباشرة لتركيز الجسيمات العالقة في الهواء ذات الاهتمام البيئي PM_{10} والصحي $PM_{2.5}$ ، وجرت عملية الرصد في الهواء المحيط بمنزل سكني وضمن المنزل .

استخدم في هذا البحث لرصد الجسيمات المحمولة في الهواء جهاز عداد الجسيمات PCE-PCO 1 ، وهو يقيس الجسيمات في ستة أفضية مختلفة هي : 0.3 ، 0.5 ، 1.0 ، 2.5 ، 5.0 ، 10.0 μm ، وبالإضافة إلى ذلك فإن الجهاز يقيس درجة الحرارة والرطوبة النسبية ، ويمكن استخدام هذا الجهاز في رصد الجسيمات في مجالات كل من الصحة المهنية والتطبيقات الصناعية .



الشكل 1 : صورة توضيحية لمكونات الجهاز عداد الجسيمات .

- 1- شاشة العرض ، 2- أزرار الوظائف ، 3- زر الانتقال إلى الأعلى ، 4- زر الإدخال ،
- 5- زر الإقلاع والتوقف ، 6- زر التنقل بين الوظائف ، 7- زر الانتقال إلى الأدنى ، 8-
- زر التشغيل والتوقيف ، 9- حساس الجسيمات ، 10- حساس درجة الحرارة والرطوبة النسبية ،
- 11- حساس الكاميرا ، 12- مأخذ وصلة USB ، 13- وصلة التيار المتناوب والمستمر ،
- 14- حجرة البطارية .

منهجية القياس

جرت عمليات قياس تركيز جسيمات $PM_{2.5}$ و PM_{10} في منزل ريفي من ريف محافظة حمص الغربي في داخل المنزل المدروس وخارجه خلال أشهر أيلول وتشرين الأول ، وهي تمثل الطقس الجاف ، وأشهر كانون الأول وكانون الثاني ، وهي تمثل الطقس الرطب، وذلك بمعدل يوم واحد في الأسبوع على مدى الأسابيع الأربعة من الشهر .

5- النتائج والمناقشة

يبين الجدول 1 نتائج القياس في شهر أيلول ، ويبين الجدول 2 نتائج القياس في شهر تشرين الأول ، ويبين الجدول 3 نتائج القياس في شهر كانون الأول ، ويبين الجدول 4 نتائج القياس في شهر كانون الثاني . وتم تمثيل نتائج القياس بيانياً في الشكل 2 .

الجدول 1 : نتائج القياس في شهر أيلول

PM _{2.5} /PM ₁₀ ratio		PM ₁₀		PM _{2.5}		القياس
indoor	outdoor	indoor	outdoor	indoor	outdoor	
0.352	0.471	125	146	44	66	الأول
0.440	0.460	118	152	52	70	الثاني
0.404	0.435	94	124	38	54	الثالث
0.372	0.366	86	112	32	41	الرابع

الجدول 2 : نتائج القياس في شهر تشرين الأول

PM _{2.5} /PM ₁₀ ratio		PM ₁₀		PM _{2.5}		القياس
indoor	outdoor	indoor	outdoor	indoor	outdoor	
0.385	0.444	135	162	52	72	الأول
0.460	0.459	126	170	58	78	الثاني
0.388	0.438	108	137	42	60	الثالث
0.387	0.397	98	126	38	50	الرابع

الجدول 3 : نتائج القياس في شهر كانون الأول

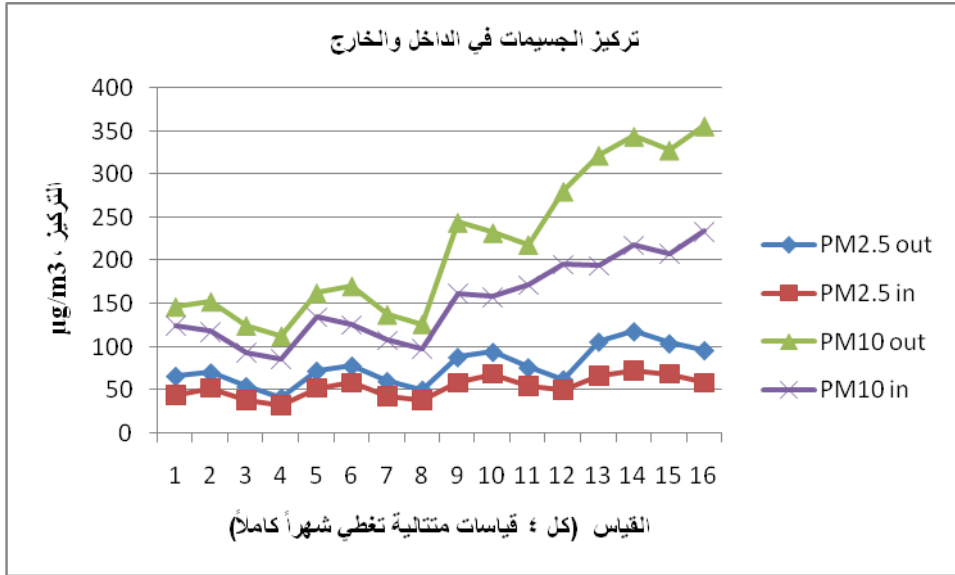
PM _{2.5} /PM ₁₀ ratio		PM ₁₀		PM _{2.5}		القياس
indoor	outdoor	indoor	outdoor	indoor	outdoor	
0.358	0.360	162	244	58	88	الأول
0.430	0.405	158	232	68	94	الثاني
313	0.348	172	218	54	76	الثالث
0.255	0.221	196	280	50	62	الرابع

الجدول 4 : نتائج القياس في شهر كانون الثاني

PM _{2.5} /PM ₁₀ ratio		PM ₁₀		PM _{2.5}		القياس
indoor	outdoor	indoor	outdoor	indoor	outdoor	
0.340	0.329	194	322	66	106	الأول
0.330	0.343	218	344	72	118	الثاني
0.327	0.207	208	328	68	104	الثالث
0.248	0.163	234	356	58	96	الرابع

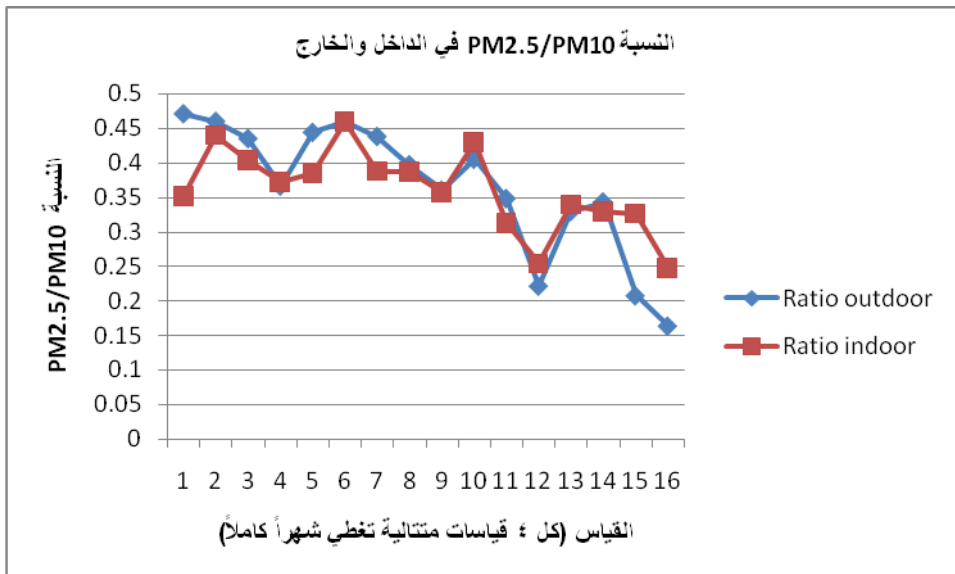
يتبين من الجدول 1 أن مستويات الجسيمات العالقة في الهواء خلال الأسابيع الأولى ، وهي تمثل شهري أيلول وتشرين الأول، كانت متقاربة ، ويعود هذا إلى محدودية مصادر الانبعاث وتشابه ظروف الطقس ، حيث يتم حرق الحطب والأخشاب لأجل عمليات الطهي بالدرجة الأولى . بينما كانت المستويات متزايدة في الأسابيع الأخيرة ، وهي تمثل شهري كانون الأول وكانون الثاني ، ويعود هذا إلى تنوع مصادر الانبعاث ورطوبة الجو المرتفعة نسبياً ، إذ إنه في فصل الشتاء يجري حرق الحطب والأخشاب لأجل التدفئة بالإضافة إلى عمليات الطهي .

وتم حساب نسبة الجسيمات PM_{2.5}/PM₁₀ في الهواء المحيط (خارج المنزل) وفي الهواء الداخلي (ضمن المنزل) ، وتم تمثيل ذلك بيانياً في الشكل 3 .



الشكل 2 : نتائج قياس الجسيمات خلال فترة الدراسة :

القياسات 4-1 تمثل شهر أيلول ، القياسات 8-5 تمثل شهر تشرين الأول ، القياسات 9-12 تمثل شهر كانون الأول ، القياسات 13-16 تمثل شهر كانون الثاني .



الشكل 3 : النسبة PM_{2.5}/PM₁₀ في الداخل والخارج خلال فترة الدراسة :

القياسات 1-4 تمثل شهر أيلول ، القياسات 5-8 تمثل شهر تشرين الأول ، القياسات 9-12 تمثل شهر كانون الأول ، القياسات 13-16 تمثل شهر كانون الثاني .

يتبين من الشكل 3 أن النسبة $PM_{2.5}/PM_{10}$ كانت هي الأعلى في خارج المنزل في الطقس الجاف ، بينما كانت هي الأقل في الطقس الرطب ، وهذا يعود إلى نمط التهوية السائد عموماً في البيئة الريفية وإلى تأثير الرطوبة في داخل المنزل .

يبين الجدول 5 الحدود القصوى المسموح بها للجسيمات في عدد من دول العالم ، ويبين الجدول 6 القيم الحدية للجسيمات الصلبة في المعايير الوطنية لجودة الهواء في سورية .

الجدول 5 : الحدود القصوى المسموح بها للجسيمات في عدد من دول العالم ، $\mu g/m^3$

عدد التجاوزات في العام		معدل $PM_{2.5}$		معدل PM_{10}		البلد
$PM_{2.5}$	PM_{10}	يومي	سنوي	يومي	سنوي	
لا يسمح	لا يسمح	25	-	50	-	أستراليا
لا يسمح	لا يسمح	30	-	-	-	كندا
لا يسمح	لا يسمح	75	35	150	70	الصين
لا يسمح	35	-	25	50	40	الاتحاد الأوروبي
لا يسمح	لا يسمح	35	15	100	-	اليابان
لا يسمح	1	35	15	150	-	الولايات المتحدة
9	9	75	35	100	50	هونغ كونغ

الجدول 6 : القيم الحدية للجسيمات الصلبة في المعايير الوطنية لجودة الهواء في سورية [20]

العوالق القابلة للاستنشاق $\mu g/m^3$ ، (PM_{10})	العوالق الكلية $\mu g/m^3$ ، (TSP)	
100	240	متوسط يومي (24 ساعة)
50	150	متوسط سنوي

وبمقارنة الجدول 6 مع الجدول 5 يظهر جلياً أن المعايير السورية لم تلحظ مستويات الجسيمات $PM_{2.5}$ ، علماً أن هذه الجسيمات هي الأكثر خطراً على الصحة العامة ، وبالتالي لا بد من تطوير معايير الجسيمات في التشريعات السورية بما ينسجم مع الاعتبارات العالمية ، وبمقارنة مستويات PM_{10} يظهر بوضوح أنها في كثير من الحالات تتجاوز القيم الحدية في المعايير السورية لجودة الهواء .

وبمقارنة القيم المسجلة في هذا البحث مع التصنيف المعتمد لحالة الهواء في أمريكا الجنوبية يبين أن حالة الهواء تتباين بين الجيدة والسيئة والحرجة .

الجدول 7 : تصنيف جودة الهواء اليومية تبعاً لتركيز الجسيمات المعلقة [21]

الصف	تركيز الجسيمات PM_{10} ، $\mu g/m^3$	حالة الهواء
A	<195	جيدة
B	$195 < PM < 240$	سيئة
C	$240 < PM$	حرجة

تحدد ظروف البلدة كاملة عند أسوأ درجة تسجل في محطات المراقبة . وبناء على هذا التصنيف فإنه في أيام الصف B لا يمكن لـ 40% من المركبات التي لا تحوي محولاً وسيطياً أن تسير ، وفي أيام الصف C لا يسمح لـ 60% من هذه المركبات (التي لا تحوي محولاً وسيطياً) وكذلك 20% من التي تحوي محولاً وسيطياً أن تسير . وفي أيام الصف C كذلك ينبغي توقيف بعض الصناعات التي تصدر انبعاثات ملوثة .

6- الاستنتاجات والتوصيات

تبين من خلال هذا البحث أن :

- حالة الهواء في المناطق الريفية عموماً ليست جيدة .
 - مستويات الجسيمات تكون في الطقس الرطب أعلى من الطقس الجاف .
 - النسبة $PM_{2.5}/PM_{10}$ في الطقس الجاف أعلى من الطقس الرطب في الداخل والخارج
 - النسبة $PM_{2.5}/PM_{10}$ في الطقس الجاف تكون أعلى في الخارج ، وفي الطقس الرطب تكون في الداخل أعلى .
 - عمليات التدفئة تسهم بصورة كبيرة في زيادة مستويات الجسيمات في الهواء المحيط والهواء الداخلي .
- وبناء على ذلك يمكن تقديم التوصيات الآتية :
- ضرورة تطوير المعايير السورية لجودة الهواء بحيث تندرج فيها مستويات الجسيمات $PM_{2.5}$.
 - ضرورة تأمين مصادر الطاقة النظيفة اللازمة للأنشطة السكانية .
 - ضرورة إجراء دراسة مناسبة لربط أمراض الجهاز التنفسي مع مستويات الجسيمات الصلبة العالقة في الهواء .
 - ضرورة نشر محطات رصد آلية لمراقبة جودة الهواء في البيئة الريفية والبيئة الحضرية على حد سواء .

REFERENCES المراجع العلمية

- 1- Seifert , B. (1998) Die untersuchung von hausstaub in hinblick auf exposition-sabschätzungen . Bundesgesundheitsblatt 14 .
- 2- Janssen, N. A; Van Mansom, D. F. M.; Van Der Jagt, K.; Harssema, H.; Hoek, G. (1997) Mass concentration and elemental composition of airborne particulate matter at street background locations. Atmospheric Environment 31 .
- 3- Lachenmyre, C.; Hidy, G. M. (2000) Urban measurements of outdoor-indoor PM_{2.5} concentrations and personal exposure in the deep south. Part I . Aerosol science and technology 32 .
- 4- Williams, R.; Creason, J.; Zweidinger, R.; Watts, R.; Sheldon, L.; Shy, C. (2000) Indoor , outdoor , and personal exposure monitoring of particulate air pollution : The Baltimore elderly epidemiology exposure pilot study . Atmospheric Environment 34 .
- 5- Geller, M. D.; Chang, M.; Sioutas, C.; Ostro, B. D.; Lipsett, M. J. (2002) Indoor/outdoor relationship and chemical composition of fine and coarse particle in the southern California desert. Atmos. Environ. 36.
- 6- Clayton, C. A.; Perritt, R. L.; Pellizzari, E. D.; Thomas, K. W.; Whitmore, R. W.; Wallace, L.; Ozkaynak, H.; Spengler, D. (1993) Particle total exposure assessment methodology (PTEAM) study : Distributions of aerosol and elemental concentration in personal, indoor, and outdoor air samples in a southern California community Journal of exposure analysis and environmental epidemiology 3 .

- 7- Chao, C., Tung, T.; Burnett, J. (1998) Influence of different indoor activities on the indoor particulate levels in residential buildings. *Indoor & built environment* 7, 110-121.
- 8- Pedersen, E. K.; Bjoseth, O.; Syversen, T.; Mathiesen, M. (2001) Physical changes of indoor dust caused by hot surface contact . *Atmospheric Environment* 35.
- 9- Baron, P. A. ; Willeke, K. (2001) *Aerosol measurement : Principles, techniques and applications* , 2nd edition , Wiley-Interscience, New York.
- 10- Hinds, W. C. (1982) *Aerosol technology : Properties , behavior, and measurement of airborne particles* . Wiley, New York
- 11- Wallace, L. (2000) Real-time monitoring of particles , PAH , and CO in an occupational townhouse. *Applied occupational and environmental hygiene* 15 .
- 12- Yeh, H. et al. (1976) Factors influencing the deposition of inhaled particles . *Environmental health perspectives* 15 .
- 13- Schneider, T.; Sundell, J.; Bischof, W.; Bohgard, M.; Cherrie, J. W.; Clausen, P. A.; Dreborh, S.; Kildeso, J.; Kjaergaard, S. K.; Pasanen, P.; Skyberg, K. (2003) *EUROPAT : Airborne particles in the indoor environment. A European interdisciplinary review of scientific evidence on association between exposure to particles in buildings and health effects*. *Indoor Air* 13 .

- 14- Nathanson, Jerry A. (2000) Basic environmental technology : water supply, waste management, and pollution control. 3rd ed., Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- 15- Jenkins, P. Phillips, T.; Mulberg, E.; Hut, S. (1992) Activity patterns of californias : Use and proximity to indoor sources . Atmospheric Environment 26 A, 2141-2148.
- 16- Ackerman-Liebrich, U.; Viegi, G.; Nolan, C. (Eds.) (1995) Time-activity patterns in exposure assessment . Air pollution epidemiology reports Series . Report No. 6
- 17- Özkaynak, H. ; Spengler , J. (1996) Particles in our air . Concentrations and health effects . Harvard University press . Boston. MA. 63 .
- 18- Özkaynak, H., Xue, J.; Weker, Butler, D.; Koutrakis, P.; Spengler, J. (1996) The particle TEAM study: analysis of the data reports to the US-EPA, volume 3 of final report. Vol. III. Harvard School of Public Health, Boston, MA.
- 19- Özkaynak, H.; Xue, J.; Spengler, D.; Wallace, L.; Pellizari, E.D.; Jenkins, P. (1996) Personal exposure to particles and metals: Results from the particle TEAM study in Riverside, California. Journal of exposure analysis and environmental epidemiology 6, 57-78.
- 20-National Ambient Air Quality Standards (2003) Ordinance number 67, 5.07.2003, Damascus (SAR)
- 21- Perez, P. and Reyes, J. (2005) PM10 forecasting in Santiago , Chile. Transactions on Ecology and the Environment. Vol. 82, WIT Press.

إعادة تدقيق ستراتغرافي لرسوبات قاعدة النيوجين في شمال السلسلة الساحلية رقم (الحفة، القرداحة واللاذقية)

الدكتور عبد الكريم عبد الله * الدكتور سامر البب ** ووردينان حمدو ***

الملخص

يتناول هذا البحث دراسة ستراتغرافية لتوضعات قاعدة النيوجين في رقع الحفة، القرداحة واللاذقية 1/50000، وذلك بإجراء تحاليل مستحاثية لمجموعة من العينات الصخرية والبالغ عددها (31) عينة أُخذت من الصخور المتكشفة والمتنوعة السحنة في منطقة الدراسة.

بيّنت الدراسة المفصلة لثمانية مقاطع في منطقة الدراسة أنّ أغلب توضعات النيوجين في رقعة القرداحة ووسط وجنوب رقعة الحفة والمتوضعة على تماس مباشر مع التوضعات الأقدم عمراً (كريتاسي - باليوجين) تتوضع وفق سطح حثّي واضح المعالم من عمر البليوسين الأسفل (قاعدة البليوسين) أما في رقعة اللاذقية فإنّ هذه التوضعات موصوفة من عمر المسينيان في بعض المواقع وفي مواقع أخرى موصوفة كتوضعات رباعية إلا أنّ نتائج التحاليل بيّنت أنها تعود للبليوسين الأسفل.

كلمات مفتاحية: ستراتغرافيا، النيوجين، السلسلة الساحلية، رقعة الحفة، رقعة القرداحة، رقعة اللاذقية.

* أستاذ مساعد - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - سورية.

Abdul976@yahoo.fr

** مدرس - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - سورية. Samer.Albub.2021

*** طالبة دكتوراه - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين -

سورية. ward.hm1239@gmail.com

Stratigraphical re-check of the sediments of the Neogene base in the north of the coastal chain (Al-Haffah, Al-Qardaha and Lattakia) sheets

Abstract

This research deals with a stratigraphic study of the deposits of the Neogene base in the sheets of Haffah, Qardaha and Lattakia 1:50000, by conducting paleontological analyzes of a group of rock samples amounting to (31) samples taken from the exposed rocks of various facies in the study area.

The detailed study of eight passages in the study area showed that most of the Neogene deposits in the Qardaha sheet and the center and south of the Haffah sheet, which are located in direct contact with the oldest deposits (Cretaceous-Paleogene), are located according to a well-defined even surface of the lower Pliocene age (the base of the Pliocene), as for the Latakia patch. These deposits are described from the age of the Messinians in some sites, and in other sites they are described as quaternary deposits, but the results of the analyzes showed that they belong to the lower Pliocene.

Key words: Stratigraphia, Neogene, Coastal Range, Al-Haffah, Al-Qardaha, Lattakia.

مقدمة:

تتكشف رسوبات النيوجين بشكل واسع في السلسلة الساحلية وتعود الى عصري الميوسين والبليوسين.

يكون الميوسين غير متمايز في كل من رقعتي جيلة والقرداحة ويتألف عموماً من المارل الحواري الحاوي على الصوان غير المتطبق يتناوب نحو الأعلى مع الحجر الكلسي المارلي، أما في رقعتي اللاذقية والحفة فتقسم رسوبيات الميوسين الى:

✓ ميوسين أسفل (اكويتانين - بورديغاليان) والمكوّن عموماً من المارل والمارل الكلسي ويكون على شكل شريط ضيق في قسمة خريطة الحفة الشمالي والجنوبي أما في رقعة اللاذقية فقد قُسمت هذه الرسوبيات وأسقطت على الخارطة بشكل منفصل عن بعضها.

✓ ميوسين أوسط: أسقطت رسوبياته على خارطة الحفة كتشكيلة واحدة هي تشكيلة السفكون من عمر هيلفتيان-تورتونيان وتتألف عموماً من تناوب من الكونغلوميرا والحجر الرملي والحجر الكلسي بالحطامي أما في رقعة اللاذقية فإنّ هذه التشكيلة تعود للهلفتيان وقسماً من الميوسين الأعلى ممثلاً بالتورتونيان وهي عموماً تتألف من الكونغلوميرا والأحجار الرملية والمارل وذلك في منطقة نهر الكبير الشمالي أما في مناطق أخرى كبرج اسلام فتتألف من أحجار كلسية قاسية وكتلية مع عدسات من الحجر الكلسي العضوي

✓ ميوسين أعلى: تتألف رسوبياته عموماً من توضعات لاغونية تتمثل بالرسوبات الجصية.

أما البليوسين فتنشر رسوبياته بشكل واسع على كامل منطقة الدراسة ويتألف عموماً من وتيرة واحدة من المارل وحجر سلتي وحجر رملي متطبق، ويتصف مورفولوجياً بالسفوح ذات الانحدار الخفيف.

أهمية البحث وأهدافه:

تُعد الدراسة هامة في إعادة تأريخ توضعات قاعدة النيوجين في السلسلة الساحلية (رفع الحفة، القرداحة واللاذقية) ويهدف البحث إلى تدقيق قاعدة النيوجين التي تغطي الصخور الأقدم وفق سطح حثّي.

طرائق البحث وأدواته:

نُفذت الدراسة على مرحلتين حقلية ومخبرية:

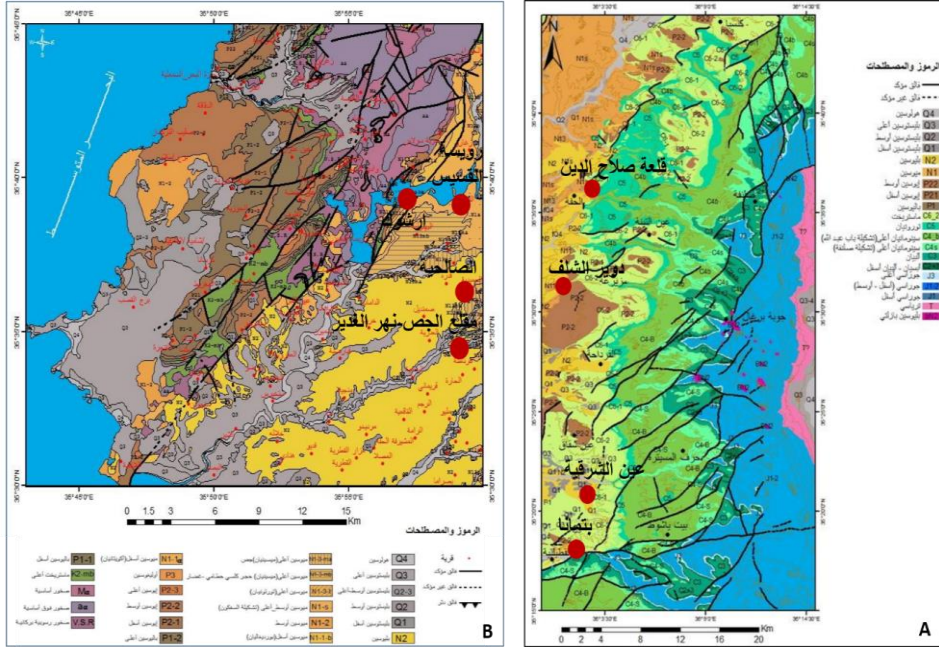
1-الأعمال الحقلية: أُجريت الدراسات الأولية والجولات الحقلية التي تمّ فيها تنفيذ ثمانية مقاطع جيولوجية في عدة مواقع من رفح الحفة، القرداحة واللادقية عند حدود التماس بين توضعات النيوجين والتوضعات الأقدم، وهذه المواقع هي: قلعة صلاح الدين، دوبر الشلف، عين الشرقية، بتماننا، مقلع الجص-نهر الغدير، الصالحية، رويسة القسيس وأرشوك (الشكل 1). ركّزت الأعمال الحقلية على حدود التماس بين توضعات النيوجين مع التوضعات الأقدم (الباليوجين والماسترختيان) ومتابعة التغيرات الليتولوجية على مقياس سنتيمترى وديسيمترى. أخذت من هذه المقاطع 31 عينة صخرية نموذجية بهدف الدراسة المستحاثية كما وتمّ اسقاط العينات المأخوذة من المقاطع في المكان.

2-الأعمال المخبرية: تمّ تحضير العينات الطرية لإجراء الدراسة المستحاثية بهدف تحديد الأعمار الجيولوجية بدقة، حيث تمّت دراسة المنخرات المنقاة من العينات باستخدام مكبرة بقوة تكبير 90X لتحديد أنواعها وأجناسها حسب المراجع العالمية المختصة.

الإطار الجيولوجي لمنطقة الدراسة:

تمتد سلسلة الجبال الساحلية باتجاه N-S على شكل محدب وحيد الميل تميل تشكيلاته الجيولوجية نحو الغرب والشمال الغربي بميول تتراوح من 10-20 درجة. يُقطع المحدب من الشرق بالفالق المشرقي وانهدام الغاب. تتكون تشكيلاتها الرسوبية من صخور تعود أعمارها إلى الميزوزوي والسينوزوي ومؤلفة من سحنات كربوناتية عموماً تتراوح بين الكلس والدولوميت والمارل (Ponikarov, 1966).

تقع منطقة الدراسة شمال غرب ووسط سلسلة الجبال الساحلية. يحدها من الشرق سهل الغاب ومن الغرب سهل جبلة، من الشمال حوض نهر الكبير الشمالي ومن الجنوب منطقة القدموس. تتكشف في منطقة الدراسة توضعات تعود بأعمارها من الترياسي في الشرق وحتى الرباعي في الغرب



الشكل 1: (A) الخارطة الجيولوجية لرقعة الحفة والقرداحة مقياس 1/50000، (B) الخارطة الجيولوجية لرقعة اللاذقية مقياس 1/50000 موضحاً عليها أماكن رفع المقاطع.

النتائج والمناقشة:

زادت ظروف التنكشافات الصخرية في عدة مواقع في منطقة الدراسة من وضوح الحدود بين التشكيلات الجيولوجية ما سمح بإجراء تدقيق ستراتغرافي معمق لحد توصلات النيوجين مع التوضعات الأقدم.

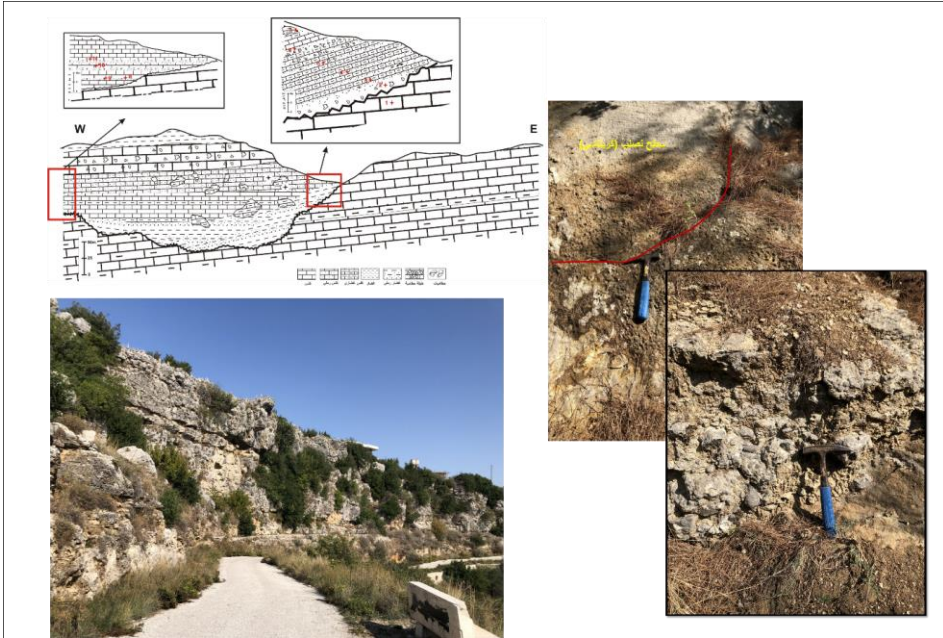
الدراسة الحقلية:

سوف نصف المقاطع المدروسة من الشمال الى الجنوب:

1- قلعة صلاح الدين:

رُفِعَ المقطع في السطح المقابل لقلعة صلاح الدين مباشرةً حيث صخور الكريتاسي الأعلى (تشكيلة باب عبد الله-الجدار العلوي) المقطوعة بسطح حثّي واضح المعالم جداً

يبدأ المقطع بتوضعات كلسية متناوية مع طبقات كلسية مارلية مترية التطبق تشكل جدار بارز في الطبيعة (جدار تشكيلة باب عبد الله الثاني) والذي ينتهي محلياً بسطح حتى متصلب يتميز بوجود عقد من أكاسيد الحديد وآثار الكائنات الحفارة (الشكل) يعلوه طبقات سننيمترية رملية مارلية حطامية بعدم توافق زاوي بسماكة 15-20م مع ملاحظة وجود كتل وجماميد تصل أبعادها الى أكثر من متر ضمن هذه الطبقات. يليها نحو الأعلى طبقات ديسمترية بسماكة 40-50م من حجر كلسي حطامي قاسي متناوب مع بعض المستويات من الحجر الكلسي المارلي تتخللها محلياً كتل وجماميد كما في المستوي السابق، تعلوها بعدم توافق زاوي طفيف طبقات من حجر كلسي رملي مصفر اللون بسماكة 20-25م، ينتهي المقطع بطبقات مترية من حجر كلسي حطامي بسماكة 50م يبدو كجدار في الطبيعة معرض لعمليات كارست بشكل شديد.

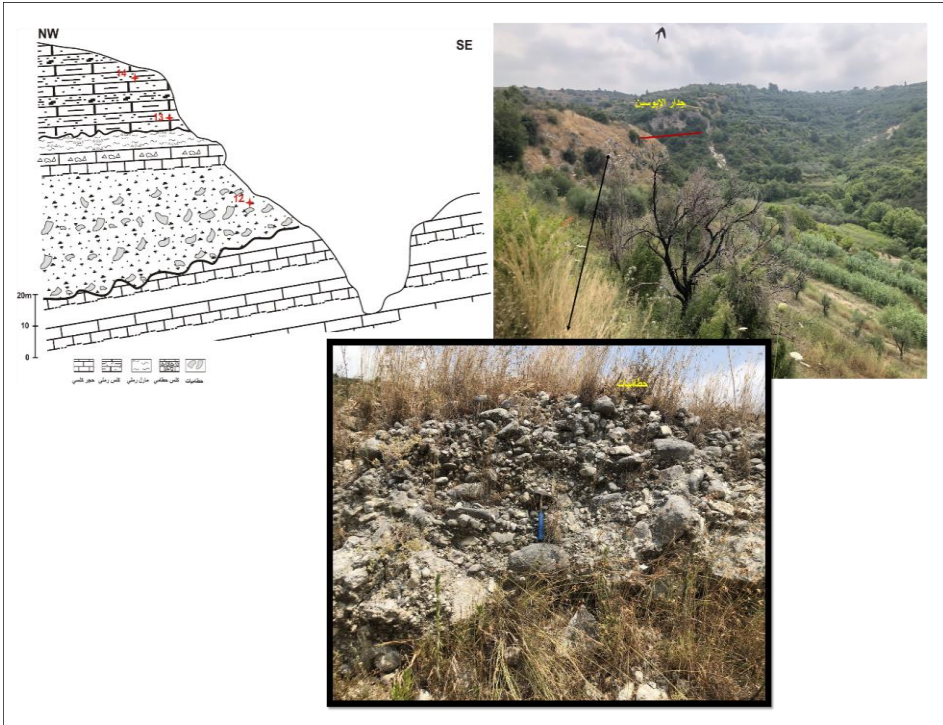


الشكل (2): بروفيل يوضح طبيعة التكتشفات في مقطع صلاح الدين.

2-دوير الشلف:

نلاحظ في هذا الموقع صخور الماسترختيان وجدار الإيوسين المقطوع بسطح حثي عميق واضح المعالم يعلو جدار الإيوسين.

يبدأ المقطع بجدار سميك التطبيق لتوضعات الإيوسين الأوسط المكونة من الحجر الكلسي النموليتي المقطوع بسطح حثي عميق واضح المعالم في الطبيعة، تعلوه طبقات حطامية رملية مختلطة بحصى وجماميد غير واضحة التطبيق الى عدسية بسماكة 28م تقريباً تتغير نحو الأعلى باتجاه حجر كلسي حطامي (حطاميات زاوية) متطبق بسماكة 8م يعلوه وفق سطح حثي طبقات من حجر كلسي مارلي رملي متناوب مع طبقات مارلية رملية تحوي على حصى جيدة الاستدارة سنتيمترية الى ديسيمترية التطبيق بسماكة 20م ضمن التكشف

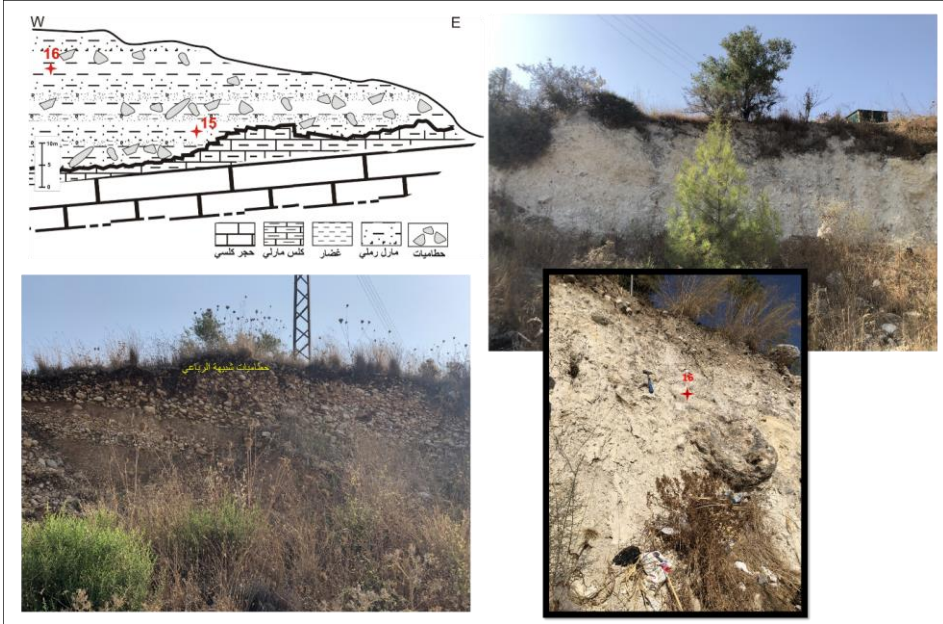


الشكل(3): بروفييل يوضح طبيعة التكتشفات في مقطع دوير الشلف.

3- عين الشرقية:

تنتشر العديد من المواقع إلى الشمال من سد السخابة على أوتوستراد بيت ياشوط حيث تتكشف توضعات حطامية تشبه التوضعات الرباعية النهرية والبحرية تتوضع وفق سطح حثي فوق صخور الكريتاسي الأعلى من التورونيان وحتى الماسترختيان موصوفة على الخارطة من دور الرباعي.

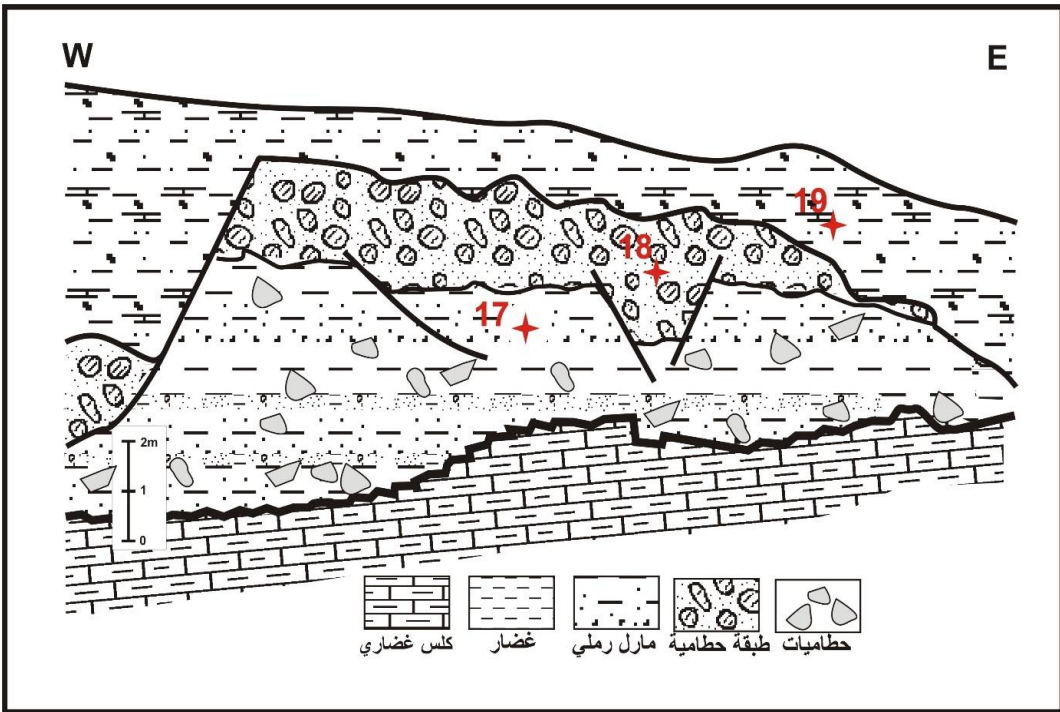
تم رفع مقطع في أحد هذه التكتشفات النموذجية حيث تتكشف طبقات من حجر كلسي سميك التطبق عائد للتورونيان تعلوها طبقات من الكلس المارلي العائد للسينونيان محلياً والمقطوعة بسطح حثي واضح، يعلو هذه التوضعات توضعات حطامية مفككة (مقاس الحطاميات مليمتري الى سنتيمتري) زاوية الشكل من صخور حوارية الى كلسية مارلية تصبح نحو الأعلى أكثر خشونة وتسيطر فيها الرمال والحصى والجلاميد المستديرة من صخور أقدم بسماكة 25م وسطياً



الشكل (4): بروفيل يوضح طبيعة التكتشفات في مقطع عين الشرقية.

4-بتماننا:

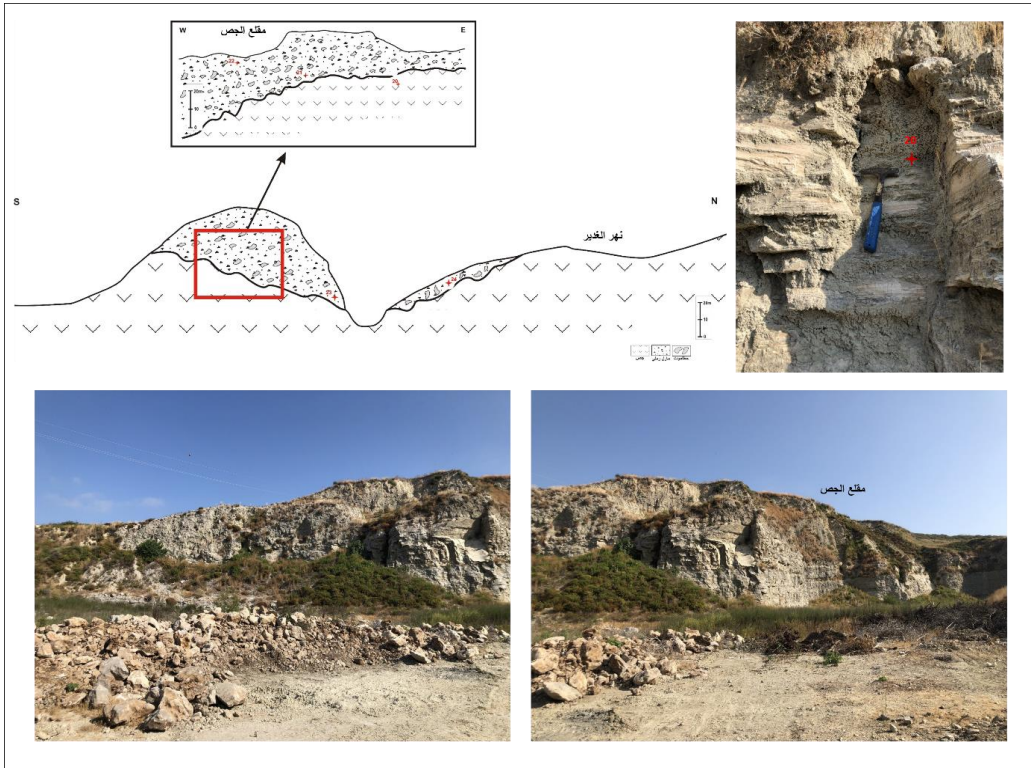
يتكشف هذا الموقع الى الشمال من نطاق فالق السن بحوالي 500م-على طريق حمام القراحلة نلاحظ تكشف توضعات حطامية كلسية وحطاميات سيليسية وجلاميد تتوضع وفق سطح حثي فوق رسوبيات الماسترخيتان المشققة بسماكة 6-7 م مقطوعة بفوالق عادية ذات رميات قليلة قد تكون مرافقة للترسيب، تعلو هذه التوضعات وفق سطح حثي آخر توضعات من المارل الرملي الهش الحاوي على بعض الحصى وذو سطوح تطبق قليلة الوضوح.



الشكل (5): بروفيل يوضح طبيعة التكتشفات في مقطع بتماننا.

5- مقلع الجص (طريق الحفة) - نهر الغدير:

نلاحظ تكشف طبقات مترية من الجص والانهدريت واضحة التطبق تعلوها طبقات حطامية وفق سطح حثي شديد من المارل الرملي الحاوي على جلاميد من الجص بسماكة تزيد عن 20م وبمتابعة السطح الحثي نحو الشمال بالقرب من نهر الغدير نجد أيضاً تكشفات حطامية من المارل الرملي الحاوي على حصى بسماكة 5-7م مشابه للتوضعات السابقة فوق مقلع الجص.

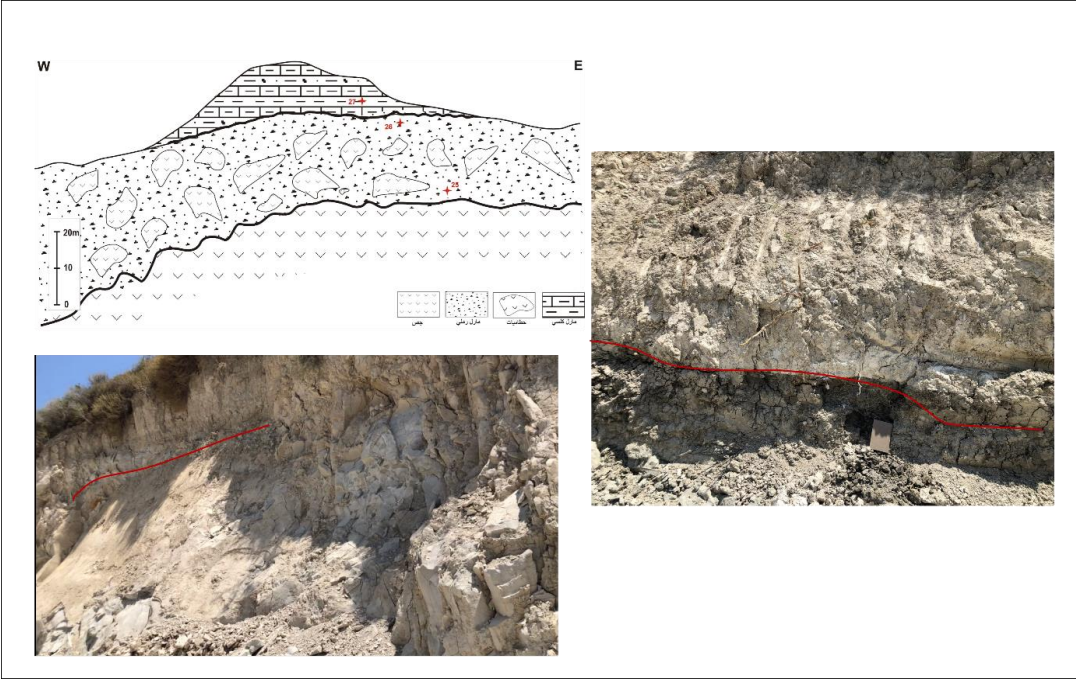


الشكل (6): بروفيل يوضح طبيعة التكتشفات في مقلع الجص - نهر الغدير.

6-الصالحية:

يقع هذا التكتشف الى الشمال من الموقع السابق بحدود 2كم ويتميز بوجود ثلاثة مستويات من التوضعات المتباينة ليتولوجياً والتي يفصل بينها سطوح حثية واضحة

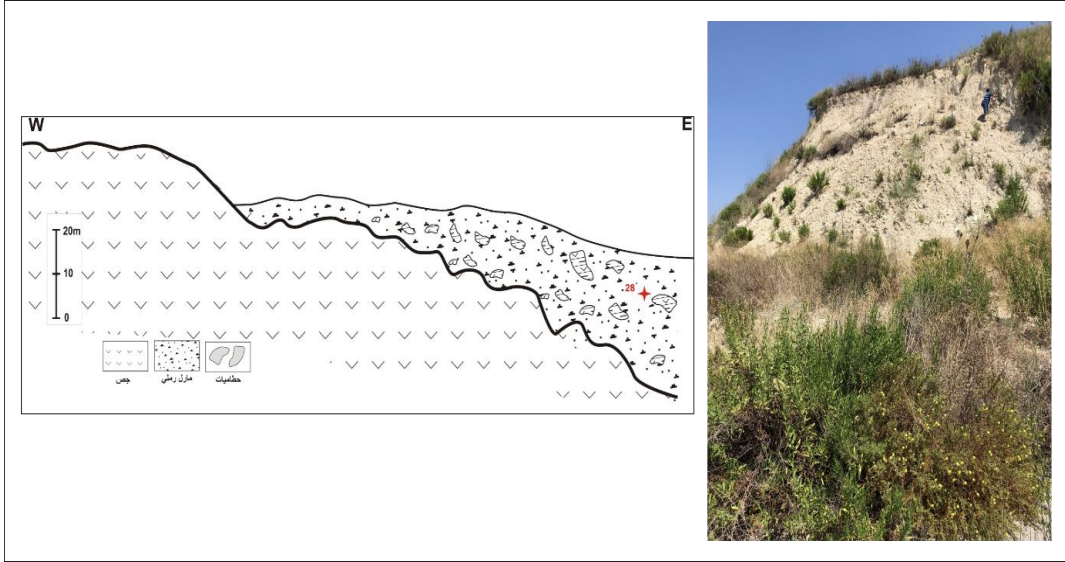
المعالم، يبدأ المقطع بتوضعات من الجص المتطبق بسماكة 20م ضمن التكتشف تعلوه حطاميات وفق سطح حثّي أول دون ملاحظة سطوح تطبق فيها وهي عبارة عن جلاميد زاوية الشكل وكتل تصل أبعادها الى أكثر من 0.5م من الصخور الجصية يجمع بينها توضعات هشّة من المارل الرملي بسماكة تزيد عن 20م، تعلوها وفق سطح حثّي ثانٍ طبقات سنتيمترية من المارل الكلسي والمارل الغضاري الحاوي على حبيبات رملية وبعض الحصى.



الشكل (7): بروفيل يوضح طبيعة التكتشفات في مقطع الصالحية.

7-رويسة القسيس:

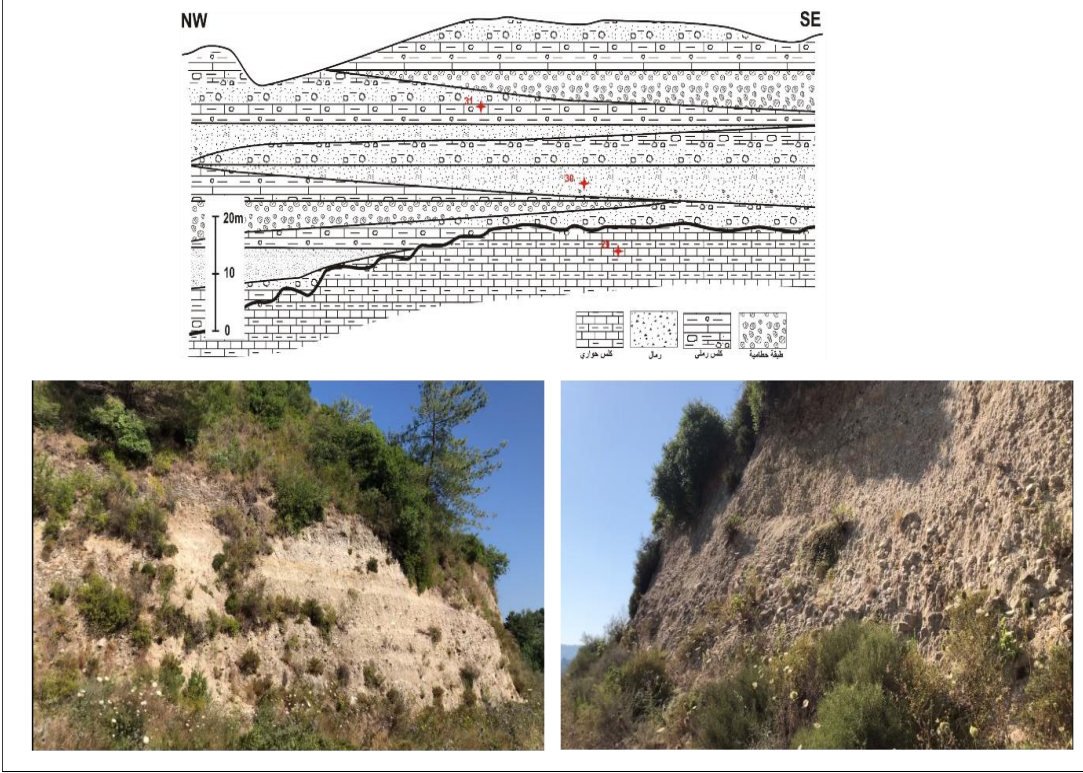
الوضع في رويسة القسيس مشابه لموقع مقلع الجص قرب الحفة من حيث وجود توضعات حطامية فوق طبقات جصية سماكتها 20م من عمر البليوسين الأسفل.



الشكل (8): بروفيل يوضح طبيعة التكتشفات في مقطع رويسة القسيس.

8-أرشوك:

يقع هذا الموقع على الطريق من جسم سد بحيرة 16 تشرين باتجاه قرية أرشوك. يبدأ المقطع بطبقات من الكلس الحواري بسماكة 3-2م ضمن التكتشف يعلوه وفق سطح حثي واضح ومتعرج شديد توضعات حطامية سميكة التطبق متناوبة مع عدسات من الحصى والرمال والجلاميد تشبه التوضعات النهرية بسماكة تزيد عن 30م. التوضعات الحطامية المذكورة موصوفة على الخارطة كتوضعات رباعية حول نهر الكبير الشمالي.



الشكل (9): بروفيل يوضح طبيعة التكتشفات في مقطع أرشوك.

الدراسة المستحاثية:

أُخذت من المقاطع المدروسة 31 عينة من الصخور الغضارية والمارلية المفككة والطرية وُحدد المحتوى المستحاثي (الأجناس والأنواع) بالطريقة التقليدية (تفتيت - غسيل - تجفيف - تنقية - دراسة مجهرية)، بالاعتماد والمقارنة مع المراجع العلمية المتخصصة والعودة إلى الدراسات ذات الصلة. وفيما يلي وصف مفصل للنتائج التي توصل إليها البحث في مجال الدراسة المستحاثية:

1- صلاح الدين:

أُخذت من هذا المقطع 11 عينة من التوضعات الغضارية والمارلية الطرية، وتم تحديد المحتوى المستحاثي كما في الشكل التالي:

بيّنت التحاليل المستحاثية للعينة (1) المأخوذة من التوضعات الطرية حتى الارتفاع 50 م احتواءها على المنخربات التالية:

Rotalipora cushmani, *Praeglobotruncana gibba*, *Heterohelix globulosa*.

يشير هذا المعقد المنخربي حسب (Hamaoui & Saint Marc, 1970) و (Barr, 1972) الى طابق السينومانيان الأعلى.

بيّنت التحاليل المستحاثية للعينة (2) المأخوذة من التوضعات الطرية حتى الارتفاع 70 م احتواءها على المنخربات التالية:

Acarinina interposita, *Acarinina pseudotopilensis*, *Acarinina broedermanni*, *Morozovella oclusa*, *Subbotina nana*

كما وتحتوي على أنواع تعود لطابق الماسترختيان وهي:

Rosita contusa, *Globotruncana arca*.

Globigerina praebulloides, *Turborotalia nana*, *Turborotalia permicra*, *Globigerina venezuelana*, *Globigerina bulloides*, *Turborotalia opima*.

يشير هذا المعقد المنخري حسب (Bolli et al, 1989) الى طابق الأوليغوسين الأعلى نطاق (*Turborotalia opima*).

بيّنت التحاليل المستحاثية للعينتين (5و4) المأخوذة من الكتل والجلاميد الموجودة ضمن الطبقة أنّ العينات سيئة الحفظ عُثر فيها على الأنواع التالية:

Globigerinita glutinata, *Globigerina ampliapertura*, *Orbulina suturalis*, *Biorbulina trasitoria*

يشير هذا المعقد المنخري حسب (Bolli et al, 1989) الى طابق المسينيان.

بيّنت التحاليل المستحاثية للعينات (6-7-8-9-10-11) المأخوذة من التوضعات الطرية حتى الارتفاع 170 م احتواءها على المنخريات التالية:

Orbulina universa, *Globigerina aperture*, *Globigerina nepenthes*, *Globigerina venezuelana*, *Globigerinoides bulloides*, *Globorotalia miozae*, *Globigerinoides trilobus*, *Globigerinita glutinata*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides kenneti*, *Sphaeroidinellopsis subdehiscens*, *Globigerina decoraperta*, *Biorbulina bilobata*, *Bulimina sp.*

يشير هذا المعقد المنخري حسب (Bolli et al, 1989) الى طابق البليوسين الأسفل نطاق (*Sphaeroidinellopsis subdehiscens*).

2-دوير الشلف:

أُخذت من هذا المقطع 3 عينات من التوضعات الغضارية والمارلية الطرية، وتم تحديد المحتوى المستحاثي كما في الشكل التالي:

الحقب	الدور	تحت طابق	الليتولوجيا	العينات	العناصر
السيوزوي	نيوجين	بليوسين أسفل		+14	<i>Globigerinoides subaenariatus</i>
		تورتونيان		+13	<i>Turborotalia continosa</i>
				+12	<i>Turborotalia acostansensis</i>
إيوسين أوسط			<i>Globigerinoides obliquus</i>		
				<i>Globorotalia scitula</i>	
				<i>Globigerina falcensis</i>	
				<i>Globigerinoides extremus</i>	
				<i>Globigerinoides ruber</i>	
				<i>Globigerinoides kenneli</i>	
				<i>Sphaerodineopsis subhiscens</i>	
				<i>Globigerina decaperita</i>	
				<i>Borulina bilobata</i>	
				<i>Globigerinoides conglobatus</i>	
				<i>Globigerinoides sacculifer</i>	
				<i>Globigerina apertura</i>	
				<i>Orbulina universa</i>	

الشكل (11): العمود الليتولوجي ومجالات تَوَزُّع المنخربات في مقطع دوير الشلف.

بيّنت التحاليل المستحاثية للعينه (12) المأخوذة من التوضعات الطرية حتى الارتفاع 50 م احتواءها على المنخرات التالية:

Globigerina faleonensis, *Globigerinoides subquadratus*,
Turborotalia continua, *Turborotalia acostaensis*,
Globigerinoides extremus, *Globigerinoides obliquus*, *Globorotalia scitula*

يشير هذا المعقد المنخري حسب (Bolli et al, 1989) الى الميوسين الأعلى (التوروتونيان).

بيّنت التحاليل المستحاثية للعينتين (13 و14) المأخوذة من التوضعات الطرية حتى الارتفاع 80 م احتواءها على المنخرات التالية:

Orbulina universa, *Globigerina aperture*, *Globigerinoides ruber*,
Globigerinoides kenneti, *Sphaeroidinellopsis subdehiscens*,
Globigerina decoraperta, *Biorbulina bilobata*, *Globigerinoides conglobatus*, *Globigerinoides sacculifer*

يشير هذا المعقد المنخري حسب (Bolli et al, 1989) الى طابق البليوسين الأسفل نطاق (*Sphaeroidinellopsis subdehiscens*).

3- عين الشرقية:

أخذت من هذا المقطع عينتين من التوضعات الغضارية والمارلية الطرية، وتم تحديد المحتوى المستحاثي كما في الشكل التالي:

الحقب	الدور	طابق تحت طابق	الليتولوجيا	العينات	Globigerinoides bulloides	Globigerinoides sacculifer	Orbulina universa	Globigerinoides ruber	Globorotalia miozae	Sphaeroidinellopsis subdehiscens	Globigerinoides altiapertura
					السينوزوي	نيوجين	بليوسين أسفل		+	+	+
الميزوزوي	كريتاسي أعلى	سينونيان									

الشكل (12): العمود الليتولوجي ومجالات توزع المنخرات في مقطع عين الشرقية.

بيّنت التحاليل المستحاثية للعينتين (15 و16) المأخوذة من التوضعات الطرية حتى

الارتفاع 25 م احتواءها على المنخرات التالية:

Orbulina universa, *Globigerinoides bulloides*, *Globorotalia miozae*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides altiapertura*, *Sphaeroidinellopsis subdehiscens*, *Globigerinoides sacculifer*.

يشير هذا المعقد المنخري حسب (Bolli et al, 1989) الى طابق البليوسين الأسفل

نطاق (*Sphaeroidinellopsis subdehiscens*).

4-بتمانا:

أُخذت من هذا المقطع 3 عينات من التوضعات الغضارية والمارلية الطرية، وتم تحديد

المحتوى المستحاثي كما في الشكل التالي:

الحقب	الدور	تحت طابق / طابق	الليتولوجيا	العينات	Globigerinoides obliquus
					الميزوزوي
كريتاسي أعلى	ماسترختيان	+19 +18 +17			

الشكل (13): العمود الليتولوجي ومجالات توزع المنخربات في مقطع بتماننا.

بيّنت التحاليل المستحاثية للعينتين (17 و18) المأخوذة من التوضعات الطرية حتى الارتفاع 11 م احتواءها على المنخربات التالية:

Turborotalia continuosa, *Turborotalia acostaensis*,
Globigerinoides extremus, *Globigerinoides obliquus*,
Globigerinoides bolli.

يشير هذا المعقد المنخري حسب (Bolli et al, 1989) الى الميوسين الأعلى (التوروتونيان).

بيّنت التحاليل المستحاثية للعينة (19) المأخوذة من التوضعات الطرية حتى الارتفاع 25 م احتواءها على المنخرات التالية:

Globigerinoides bulloides, Globorotalia miozae, Globigerina aperture, Sphaeroidinellopsis subdehiscens, Globigerinoides sacculifer.

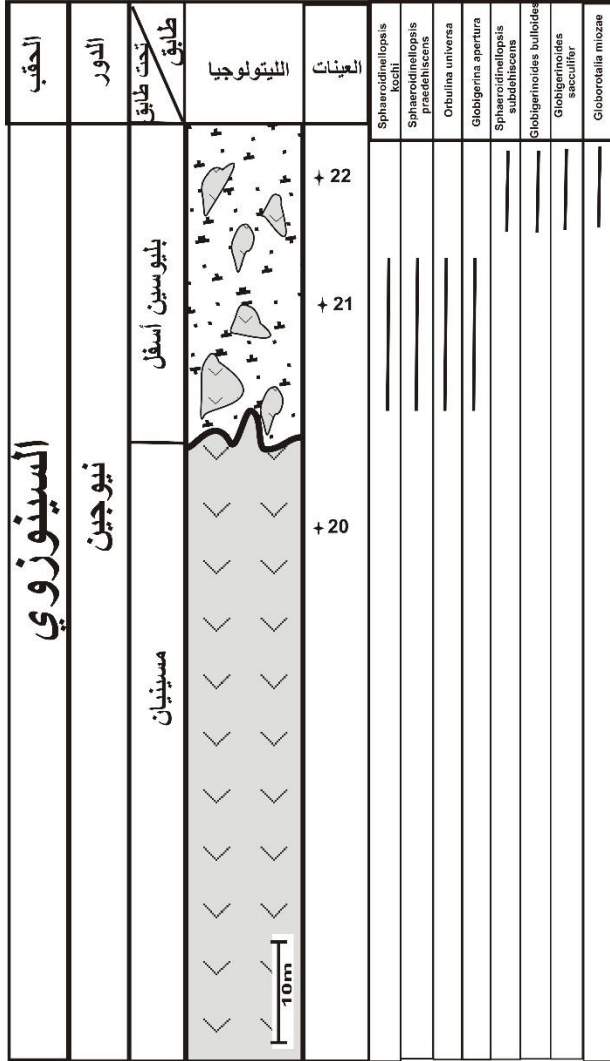
يشير هذا المعقد المنخري حسب (Bolli et al, 1989) الى طابق البليوسين الأسفل نطاق (*Sphaeroidinellopsis subdehiscens*).

5-مقلع الجص-نهر الغدير:

أخذت من هذا المقلع 5 عينات (3 عينات من مقلع الجص تحمل أرقام 20-21-22 وعينتان بالقرب من نهر الغدير تحمل أرقام (23-24) من التوضعات الغضارية والمارلية الطرية، وتمّ تحديد المحتوى المستحاثي كما في الشكل التالي: العينة 20: عينة جصية خالية من المستحاثات من عمر الميوسين الأعلى (المسينيان). بيّنت التحاليل المستحاثية للعينات (21-22-23-24) المأخوذة من التوضعات الطرية حتى الارتفاع 25 م احتواءها على المنخرات التالية:

Sphaeroidinellopsis kochi, Sphaeroidinellopsis praedehehiscens, Orbulina universa, Globigerina aperture, Sphaeroidinellopsis subdehiscens, Globigerinoides bulloides, Globigerinoides sacculifer, Globorotalia miozae, Globigerinoides altiaperure.

يشير هذا المعقد المنخري حسب (Bolli et al, 1989) الى طابق البليوسين الأسفل نطاق (*Sphaeroidinellopsis subdehiscens*).



الشكل (14): العمود الليتولوجي ومجالات توزع المنخربات في مقطع مقلع الجص.

6-الصالحية:

أُخذت من هذا المقطع 3 عينات من التوضعات الغضارية والمارلية الطرية، وتمّ تحديد المحتوى المستحاثي كما في الشكل التالي:

الحقب	الدور	طبقة	الليتولوجيا	العينات	Globigerinoides subquadratus	Globorotalia merotumida	Turborotalia continuosa	Globorotalia scitula	Globorotalia siakensis	Globigerinoides obliquus	Globigerinoides extremus	Globigerinoides bolli	Sphaeroidinellopsis subdehiscens	Globigerinoides bulloides	Globigerinoides sacculifer	Orbulina universa	Globigerinoides alliapertura			
السينوزوي	نيوجين	تورتيانيان		+ 27																
				+ 26																
				+ 25																

الشكل (15): العمود الليتولوجي ومجالات توزع المنخربات في مقطع الصالحية.

بيّنت التحاليل المستحاثية للعينتين (25 و26) المأخوذة من التوضعات الطرية حتى الارتفاع 40 م احتواءها على المنخربات التالية:

Globorotalia subquadratus, *Globorotalia merotumida*,
Globigerinoides extremus, *Globigerinoides obliquus*,
Globigerinoides bolli, *Globorotalia scitula*, *Turborotalia*
continua, *Globorotalia siakensis*

يشير هذا المعقد المنخري حسب (Bolli et al, 1989) الى الميوسين الأعلى (التوروتونيان).

بيّنت التحاليل المستحاثية للعينة 27 المأخوذة من التوضعات الطرية حتى الارتفاع 60 م احتواءها على المنخربات التالية:

Sphaeroidinellopsis subdehiscens *Globigerinoides altiapertura*.
Globigerinoides bulloides *Globigerinoides sacculifer* *Orbulina*
universa.

يشير هذا المعقد المنخري حسب (Bolli et al, 1989) الى طابق البليوسين الأسفل نطاق (*Sphaeroidinellopsis subdehiscens*).

7- رويصة القسيس:

أُخذت من هذا الموقع عينة واحدة من التوضعات الحطامية المتكشفة فوق توضعات الجص وفق سطح حثّي واضح المعالم.

بيّنت التحاليل المستحاثية لهذه العينة احتواءها على المنخربات التالية:

Sphaeroidinellopsis subdehiscens, *Orbulina universa*, *Globigerina*
apertura, *Globigerinoides bulloides*, *Globorotalia miozae*,
Globigerinoides ruber, *Globigerinoides sacculifer*.

يشير هذا المعقد المنخري حسب (Bolli et al, 1989) الى طابق البليوسين الأسفل نطاق (*Sphaeroidinellopsis subdehiscens*).

8- أرشوك:

أُخذت من هذا المقطع 3 عينات من التوضعات الغضارية والمارلية الطرية، وتمّ تحديد المحتوى المستحاثي كما في الشكل التالي:

بيّنت التحاليل المستحاثية للعينة 29 المأخوذة من التوضعات الطرية حتى الارتفاع 3 م احتواءها على المنخربات التالية:

Morozovella subbotinae, *Morozovella acuta*, *Morozovella occlusa*,
Subbotina nana, *Subbotina velascoensis*, *Morozovella formosa*
formosa, *Morozovella gracilis*, *Morozovella marginodentata*,
Morozovella aequa, *Morozovella quarta*.

يشير هذا المعقد المنخري حسب (Bolli et al, 1989) الى طابق الإيوسين الأسفل
نطاق (*Morozovella formosa formosa*).

الحقب	الدور	طابق تحت طابق	الليتلوجيا	العينات
السيوزوي	نيوجين	بليوسين أسفل		<i>Morozovella occlusa</i>
				<i>Morozovella subbotinae</i>
				<i>Morozovella acuta</i>
باليوجين	ايوسين أسفل			<i>Subbotina nana</i>
				<i>subbotina velascoensis</i>
				<i>Morozovella formosa formosa</i>
				<i>Morozovella gracilis</i>
				<i>Morozovella marginodentata</i>
				<i>Morozovella aequa</i>
				<i>Morozovella quarta</i>
				<i>Orbulina universa</i>
				<i>Globigerinoides conglobatus</i>
				<i>Globorotalia miozae</i>
				<i>Globorotalia exilis</i>
				<i>Sphaeroidinellopsis subdehiscens</i>
				<i>Globorotalia obesa</i>
				<i>Globigerinoides ruber</i>
				<i>Globigerina apertura</i>

الشكل (16): العمود الليتلوجي ومجالات توزع المنخربات في مقطع أرشوك.

بيّنت التحاليل المستحاثية للعينتين (31,30) المأخوذة من التوضعات الطرية حتى
الارتفاع 35 م احتواءها على المنخربات التالية:

Sphaeroidinellopsis subdehiscens, *Orbulina universa*, *Globigerina*
apertura, *Globigerinoides conglobatus*, *Globorotalia miozae*,
Globigerinoides ruber, *Globorotalia exilis*, *Globorotalia obesa*.

الاستنتاجات والتوصيات:

بيّنت الدراسة أنّ أغلب توضعات النيوجين في رقعة القرداحة ووسط وجنوب رقعة الحفة والمتوضعة على تماس مباشر مع التوضعات الأقدم عمراً (كريتاسي - باليوجين) أنها تتوضع وفق سطح حتّي واضح المعالم من عمر البليوسين الأسفل (قاعدة البليوسين) أما في رقعة اللاذقية فإنّ هذه التوضعات موصوفة من عمر المسينيان كما في رويسة القسيس وفي مواقع أخرى موصوفة كتوضعات رباعية كما في أرشوك إلا أنّ نتائج التحليل بيّنت أنها تعود للبليوسين الأسفل.

نوصى بإجراء دراسة ستراتغرافية تفصيلية لرسوبيات قاعدة النيوجين وذلك في مواقع أكثر شمال السلسلة الساحلية بغية تطوير النتائج الواردة في هذا البحث.

المراجع: References

1. Ponikarov, V. Explanatory notes to the geological of Syria (Latakia and Hama sheet), scale 1/200000. Damascus.1966.
2. Ponikarov, V. Explanatory notes to the geological of Syria (Latakia and Hama sheet), scale 1/200000. Damascus. 1966.
3. Ruske, R. Explanatory notes to the geological of Syria (Qardaha sheet), scale 1/50000. Ministry of Petroleum and Mineral Resources. Damascus. 1978.
4. Youssef SH. The geology of Syria. Explanatory Notes on the Geological Map of Al-Haffah, scale 1:50 000. Ministry of petroleum and resources of the Syrian Arab Republic. 1979.
5. - Jack Ajmian. Explanatory notes to the geological of Syria (Latakia sheet), scale 1/50000. Ministry of Petroleum and Mineral Resources. Damascus. , 1997.
6. Segev,A., Schattner,U., Lyakhovsky,V., Middle–Late Eocene structure of the southern Levant continental margin — Tectonic motion versus global sea-level change. Elsevier B.V. 2011.
7. Miller,G.K., Browning,V.G., Schmelz,W.J., Kopp,R.K., Mountain,S. G., Wright, D.J., Cenozoic sea-level and cryospheric evolution from deep-sea geochemical and continental margin records, Science Advances,2020.
8. Breheret, J. G., Brumsack, H. J., Barite concretions as evidence of pauses in sedimentation in the Marnes Bleues Formation of the Vocontian Basin (SE France), Sedimentary Geology 130 (2000) 205–228, 1999.
9. Krashennnikov,V.A., Glovin,I.D., Mouravyov,I.V., The Paleogene of Syria – Stratigraphy, Lithology, Geochronology, Geologisches Jahrbuch Reihe B, Band B 86, 136 p, 1996.
10. Murray, J. W. Ecology and paleontology of benthic Foraminifera. Cambridge University Press, New York. 426 p. (2006)