



جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات و علوم المادة

قسم الفيزياء

مذكرة ماستر أكاديمي

فرع: علوم المادة

شعبة: فيزياء

تخصص : فيزياء الطاقوية و طاقات متجددة

من إعداد الطالبة : بوزقاو بختة و بابي نفيسة

الرقم التسلسلي:

العنوان:

دراسة التغير الزمني لشدة الإشعاع الشمسي

المباشر باستعمال كثيرات الحدود

نوقشت علنا بتاريخ: 08 / 06 / 2022

أمام اللجنة المكونة من الأساتذة:

رئيسا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر ب	خلف الله بن بلقاسم
مناقشا	جامعة ورقلة	أستاذ تعليم العالي	بن مبروك لزهـر
مشرفا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر أ	تليلي صالح
مساعد مشرف	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر أ	سوداني محمد البار

2022/2021

كلمة شكر

أولا نحمد الله على حسن توفيقه لنا للوصول الى نهاية هذه المرحلة في درب طلب العلم.

ثم أتقدم بكل عبارات الشكر و العرفان للسيد المحترم الأستاذ المشرف "تليلي صالح" على صبره معنا و على مواصلة العمل و الذي لم يبخل علينا بنصائحه طوال إعداد هذه المذكرة كما نشكر كل الزملاء والأصدقاء تخصص فيزياء طاقوية و طاقات متجددة خاصة دفعة 2022/2021. و الشكر الكبير للأهل و الوالدين و جميع الأصدقاء و أساتذة و كل عمال جامعة ورقلة وجميع من ساهم معنا من قريب أو بعيد في إنجاز هذا العمل المتواضع حتى بكلمة تشجيع أو دعاء.

نقول له شكرا جزيلا يرقى الى مكانتكم.

إهداء

ربي لك الحمد العظيم لذاتك
إن لم تكن عيني تراك فإنني
يا منبت الأزهار عاطرة الشذى
حمدا وليس لأحد إلا أنت
في كل شيء أستبين علاك
ما خاب يوما من دعاك ورجاك

معلم الأمة...

والله ما من وصف يصفك يا حبيبي يارسول الله وكيف يعلوا وصف وقد وصفك رب العالمين وزكاك
فقال:

(وإنك لعلی خلق عظیم) صدق الله العظيم.
إليك يا خير البشر أهدي رسالتي.

إلى والدي...

سندي وقرّة عيني يا نعمة انعم الله بها عليّ، إلى من أنار درب حياتي يا قلبا زرع فيّ حب الحياة و
المتابعة والنجاح... إلى يحيى أهدي ثمرة عملي وأدعوا الله أن أنال رضاك.

إلى أمي...

إلى رفيقتي بالحياة إلى من علمتني أن التوكل على الله هو مفتاح النجاح، إلى من تجرعت كل مرارة
الشقاء، و لم تستطع أحرفي أن توفيك حقاك فأنصهرت في جفن الكلام تبحت عنكي، إلى زهرة كل
الشكر وعظيم الإمتنان.

إلى فقيدي...

ينفطر القلب و تدمع العين لذكر من رحل دون وداع، إلى من غاب صيته عن مسمعي، إلى أخي وصديقي
و رفيقي في الجنة بإذن الله محمد نواورية أهديك ثمرة نجاحي صدقة على روحك الطاهرة.





إهداء

لى من برونهما يفقد الراء الكثير وبوجودهما يغنى بالكثير، لى من لهما الفضل العظيم علينا لى من وصانا الله ببرهما لى
والدي الكريمين.

لى من كانوا سندا فى طريق حياتى لى اذيتى واخوتى.

لى من كانوا اتماءنا الاول ولوالدنا، واسباس ملجانا الدافى والحضن الحنون لى عائلتى الصغيرة منها والكبيرة، " رب
احفظهم لنا وامنهم بالصحة والعافية".

لى من كانوا حظ ونصيب واختارهم الله لنا درس وسند على مد العمر، لى ذوي القلوب النقية من ساهم فى بناء
جسر حياتى زملاء وراستى.

لى اذيتى وصديقتى زميلتى فى هذا العمل " صواب".

لى من وصفوا بالرسد لى اساتنتى الكرام وخاصة استافى " تليلى صلح".

لى كل من ساهم فى اتمام هذا العمل المتواضع.

لى كل من نسيه القلم وحفظه القلب.



الفهرس

الصفحة

I	شكر و عرفان
II	إهداء
IV	قائمة المحتويات
VII	قائمة الأشكال
IX	قائمة الجداول
1	مقدمة
3	الفصل الأول
3	عموميات حول الإشعاع الشمسي
3	1-I مقدمة
3	2-I الإشعاع الشمسي
3	1-2-I تعريف الإشعاع الشمسي
4	2-2-I تحويلات الإشعاع الشمسي
6	3-2-I مكونات الإشعاع الشمسي
7	4-2-I مصطلحات حول الإشعاع الشمسي
9	5-2-I العوامل المؤثرة في الإشعاع الشمسي
11	6-2-I قياس الإشعاع الشمسي
12	7-2-I أهمية الإشعاع الشمسي
13	8-2-I استخدامات الطاقة الشمسية

15

نماذج تحديد الإشعاع الشمسي

15

1-II مقدمة

15

2-II المتغيرات المساهمة في تحديد الإشعاع الشمسي

15

1-2-II توزيع الإشعاع الشمسي

15

2-2-II الإشعاع الشمسي المباشر

16

3-2-II الإشعاع الشمسي المنتشر

17

4-2-II الإشعاع الشمسي الكلي

17

5-2-II الكتلة الهوائية

18

6-2-II ثابت الشمسي i

19

7-2-II الزوايا الشمسية

19

8-2-II توقيت الشمسي T vs T والمحلي TL

23

3-II أمثلة عن بعض نماذج تحديد الإشعاع الشمسي

24

1-3-II تحديد الإشعاع الشمسي باستعمال الخلية الشمسية الكهروضوئية

24

2-3-II تقدير الإشعاع الشمسي باستعمال الأقمار الصناعية

26

4-II نماذج تحليل الإشعاع الشمسي المباشر تحت سماء صافية: تقييم

29

التحسينات للنماذج المكيفة محليا (مدريد-اسبانيا)

1-4-II الظروف المناخية والبيانات التجريبية

32

2-4-II تقييم أداء النماذج في حالة السماء صافية

34

34	1-2-4-II مناقشة بيانات سماء صافية
35	2-2-4-II وصف النماذج (معادلات رياضية)
36	3-2-4-II مقارنة بين النماذج وتحليل أداء باستخدام مجال الخطأ
40	1-3-4-II أداء النماذج المُعايرة
44	الفصل الثالث
44	طريقة الدراسة و إعداد البرنامج
44	1-III مقدمة
44	2-III خطوات الدراسة
46	3-III طرق تحديد كثيرات الحدود المقربة لتابع
46	1-3-III الطرق النظرية
47	2-3-III الطرق العملية
48	3-3-III ماتلاب و تحديد كثيرات الحدود
48	1-3-3-III مقدمة عن ماتلاب
49	2-3-3-III بعض الأدوات المستخدمة في تحديد كثيرات الحدود
49	4-III إعداد البرنامج
52	5-III كيفية استعمال الأداة cftool
57	الفصل الرابع
56	مناقشة وتحليل النتائج
56	1-IV مقدمة

- 57 1-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_0 لكثير الحدود من الدرجة الثانية
- 58 2-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_1 لكثير الحدود من الدرجة الثانية
- 59 3-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_2 لكثير الحدود من الدرجة الثانية
- 60 4-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_0 لكثير الحدود من الدرجة الرابعة
- 61 5-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_1 لكثير الحدود من الدرجة الرابعة
- 62 6-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_2 لكثير الحدود من الدرجة الرابعة
- 63 7-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_3 لكثير الحدود من الدرجة الرابعة
- 64 8-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_4 لكثير الحدود من الدرجة الرابعة
- 65 9-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_0 لكثير الحدود من الدرجة السادسة
- 66 10-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_1 لكثير الحدود من الدرجة السادسة
- 67 11-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_2 لكثير الحدود من الدرجة السادسة
- 68 12-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_3 لكثير الحدود من الدرجة السادسة
- 69 13-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_4 لكثير الحدود من الدرجة السادسة
- 70 14-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_5 لكثير الحدود من الدرجة السادسة
- 71 15-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_6 لكثير الحدود من الدرجة السادسة

- 77 1-3-IV استنتاج تغير الإشعاع الشمسي المباشر باستعمال كثيرات حدود النماذج
- 77 2-3-IV اختبار النماذج المقترحة

الفهرس

80

الخلاصة

82

الملخص

قائمة الأشكال

- 6 (1-I) محطة كهروضوئية مؤلفة من عدة خلايا شمسية
- 8 (2-I) مخطط يوضح تحويلات الطاقة الشمسية
- 11 (3-I) تغير المسافة بين الأرض و الشمس
- 13 (4-I) برهيليومتر
- 13 (5-I) كامبل واستوكس
- 13 (6-I) ترمومتر النهاية العظمى للإشعاع الشمسي
- 16 (1-II) أنواع الإشعاع الشمسي
- 18 (2-II) الكتلة الهوائية الضوئية
- 20 (3-II) زاوية ميل الإشعاع الشمسي
- 20 (4-II) زاوية الساعة الشمسية ودائرة العرض
- 22 (5-II) منحنى تغيرات زاوية الميل الشمسي خلال أيام السنة
- 23 (6-II) خلايا شمسية
- 24 (7-II) طريقة عمل الخلية الشمسية
- 31 (8-II) يبين القيم المناخية فترة لدرجة الحرارة وهطول الأمطار بدلالة الشهور بمنطقة مدريد، 2010-1981 (البيانات متحصلة عليها من طرف AEMET)
- 33 (9-II) متوسط الإشعاع الشمسي الكلي و الأفقي المباشر لكل فئات السماء (استناداً لمؤشر بيرز ع) في مدريد في فترة 2004-1980
- 37 (10-II) القيم المقدرة في حالة سماء صافية للإشعاع الأفقي المباشر مقابل القيم المقاسة لثمان نماذج المقدمة في قسم 2-2-4 لفترة 2004-1980
- 41 (11-II) القيم المقدرة للإشعاع الأفقي المباشر في حالقية سماء صافية مقابل ام

- المقاسة لنماذج Robledo-Solar، Louche و ESRA المكيفة محلياً.
- حيث تم تحليل أداء في فترة 2005-2011
- 50 (1-III) ملف اكسل الخاص بإدراج المعطيات مدخلة للبرنامج
- 51 (2-III) المخطط الانسيابي للتابع الرئيسي
- 53 (3-III) المخطط الانسيابي لتتابع تغير قيم المقادير
- 54 (4-III) نافذة أداة cftool
- 54 (5-III) نافذة تعريف متغيرات الفلترة
- 55 (6-III) نافذة اختيار نوع الفلترة
- 55 (7-III) نافذة تطبيق الفلترة و حذفها
- 57 (1-IV) تغيرات المعامل a_0 لكثيرات الحدود من الدرجة الثانية بتغيرات كل المقادير
- 58 (2-IV) تغيرات المعامل a_1 لكثيرات الحدود من الدرجة الثانية بتغيرات كل المقادير
- 59 (3-IV) تغيرات المعامل a_2 لكثيرات الحدود من الدرجة الثانية بتغيرات كل المقادير
- 60 (4-IV) تغيرات المعامل a_0 لكثيرات الحدود من الدرجة الرابعة بتغيرات كل المقادير
- 61 (5-IV) تغيرات المعامل a_1 لكثيرات الحدود من الدرجة الرابعة بتغيرات كل المقادير
- 62 (6-IV) تغيرات المعامل a_2 لكثيرات الحدود من الدرجة الرابعة بتغيرات كل المقادير
- 63 (7-IV) تغيرات المعامل a_3 لكثيرات الحدود من الدرجة الرابعة بتغيرات كل المقادير

- 73 (8-IV) تغيرات المعامل a_4 لكثيرات الحدود من الدرجة الرابعة بتغيرات كل المقادير
- 64
- 74 (9-IV) تغيرات المعامل a_0 لكثيرات الحدود من الدرجة السادسة بتغيرات كل المقادير
- 65
- 75 (10-IV) تغيرات المعامل a_1 لكثيرات الحدود من الدرجة السادسة بتغيرات كل المقادير
- 66
- 67 (11-IV) تغيرات المعامل a_2 لكثيرات الحدود من الدرجة السادسة بتغيرات كل المقادير
- 77 (12-IV) تغيرات المعامل a_3 لكثيرات الحدود من الدرجة السادسة بتغيرات كل المقادير
- 68
- 69 (13-IV) تغيرات المعامل a_4 لكثيرات الحدود من الدرجة السادسة بتغيرات كل المقادير
- 70 (14-IV) تغيرات المعامل a_5 لكثيرات الحدود من الدرجة السادسة بتغيرات كل المقادير
- 71 (15-IV) تغيرات المعامل a_6 لكثيرات الحدود من الدرجة السادسة بتغيرات كل المقادير
- 78 (16-IV) تغيرات الإشعاع الشمسي القياسي و المحسوب باستعمال النماذج المقترحة
- 78 (17-IV) تغيرات الفرق بين الإشعاع الشمسي القياسي و تلك المحسوب باستعمال النماذج المقترحة

قائمة الجداول

- 18 (1-II) قيم معامل الاضطراب ومعامل ارتفاع الماء المكثف
- 33 (2-II) نطاق قيم مؤشر وضوح السماء ε من أجل الأحوال لثلاثة للسماء، ملبدة، معتدلة وصافية
- 38 (3-II) عدد البيانات (N) ومتوسط الاشعاع الأفقي المباشر المقاسة في مدريد لمختلف زوايا الارتفاع وإجمالي البيانات لفترة 1980-2004
- 40 (4-II) أداء النماذج الثمانية التي تم تحليلها في قسم 4-2-2 لمختلف نطاق زوايا الارتفاع الشمسي وإجمالي بيانات المستمدة من فترة 2005-2011 بمدير
- 42 (6-II) أداء نماذج المعايرة (قسم 4-3) لمختلف نطاق زوايا الارتفاع الشمسي لمجمل بيانات المستمدة في فترة 2005-2011
- 43 (7-II) عدد البيانات (N) ومتوسط الشعاع الأفقي المباشر من البيانات المقاسة في مدريد لمختلف نطاق زاوية الارتفاع الشمسي لمجمل البيانات فترة 2005-2011
- 73 (1-IV) يقدم قيم معاملات كثيرات الحدود التي يتغير بها معاملات كثير الحدود من الدرجة الثانية بتغير المقادير المختار كنموذج
- 74 (2-IV) يقدم قيم معاملات كثيرات الحدود التي يتغير بها معاملات كثير الحدود من الدرجة الرابعة بتغير المقادير المختار كنموذج
- 75 (3-IV) يقدم قيم معاملات كثيرات الحدود التي يتغير بها معاملات كثير الحدود من الدرجة السادسة بتغير المقادير المختار كنموذج

المقدمة العامة:

الطاقات المتجددة هي وسيلة لنشر المزيد من العدالة في العالم بين دول العالم الغنية و دول العالم الفقيرة، و هي ليست حصراً على الذين يعيشون اليوم، فالحد الأقصى من استعمال الشمس و الرياح اليوم لن يقلل من فرص الأجيال القادمة بل على العكس فعندما نعتد على الطاقة المتجددة سنجعل مستقبل أولادنا و أحفادنا أكثر أماناً. فالطاقة المتجددة بأنواعها من طاقة شمسية و طاقة رياح و طاقة كهرومائية و طاقة عضوية و غيرها من الطاقات الطبيعية، النظيفة، المتجددة تعتبر بالفعل الأمل في توفير الطاقة في المستقبل [01].

فوفقاً لدراسة من المفوضية الأوروبية، فإن إمداد الطاقة العالمي في عام 2050 يمكن أن يكون منه أربعون من مئة من الطاقة الشمسية، لذلك سمي القرن الواحد و العشرون بالعصر الشمسي. فالشمس تساهم بإمداد الأرض بطاقة تقدر بأربعة و تسعون بالمائة من الطاقة المستخدمة في كوكبنا، فالطاقة الشمسية تقوم بتدفئة سطح الأرض و غلافها الجوي من درجة حرارة الفضاء البالغة 273.2°C - إلى درجة حرارة 14.5°C + في المتوسط، و هي بهذا تمكن جميع أشكال الحياة. هذه الطاقة من دونها، ستكون الأرض قطعة صخرية ميتة في فضاء بدرجة حرارة قريبة من الصفر المطلق. للسماح باستيطان الإنسان عليها تحت تلك الظروف، سنحتاج إلى طاقة تجارية أكثر بحوالي خمسة عشر مرة مما يستهلك اليوم، إذ جميع موارد الوقود الأحفوري في نفاذ.

إن الطاقة الشمسية تستمد مصدرها من الإشعاع الشمسي، الذي سوف نتناوله بالدراسة في هذه المذكرة. من ناحية حسابية، أي محاولة وضع نموذج يحسب هذا الإشعاع إنطلاقاً من كثيرات حدود درجاتها زوجية أقل من عشرة، و هو و ذلك لأن تغييره بدلالة الزمن المحلي يكون على شكل قبة أو قطع مكافئ مقلوب. نحن نصبوا لتحديد معاملات كثيرات الحدود و تغييرها بدلالة المتغيرات الزمكانية المؤثرة

فعلا في شدة الإشعاع الشمسي بالأخص المباشر منه، و ذلك لأن الإشعاع الكلي يكون للإشعاع المباشر في المناطق الجافة.

لتحقيق هذه الدراسة رأينا من المناسب تقسم هذا العمل لأربعة فصول، و هي:

الفصل الأول: الذي يتناول عموميات حول الإشعاع الشمسي؛ بداية من تعريفه مرورا بمكوناته، العوامل المؤثرة فيه، طرق قياسه وصولا إلى أهميته و إستخداماته.

الفصل الثاني: و هو المخصص لعرض طرق وكيفيات حسابه التقليدية إنطلاقا من تلك المعاملات الزمكانية..

الفصل الثالث: من خلاله تقدم طريقة الدراسة و خطواتها، لإستنتاج المخططات الإنسيابية الموافقة للبرامج المستخدمة في الدراسة، الملائمة لبيئة التطوير ماتلاب.

الفصل الرابع: يتم عرض نتائج تطبيق البرنامج، لتتم مناقشتها و تحليلها.

و أخيرا خلاصة تختصر طريقة العمل و أهم النتائج المحصل عليها، بالإضافة إلى تحديد أخطاء الدراسة و نقائصها، كما يقدم من خلالها أفاق و مقترحات أعمال المستقبلية.

الفصل الأول:

عموميات حول الإشعاع الشمسي

I-1 مقدمة:

استخدمت الطاقة الشمسية منذ القدم، لكن بأساليب تقليدية لا تشمل كل إمكانات هذه الطاقة، حيث استعملت في التجفيف، التدفئة و غيرها. و لكن منذ فترة غير بعيدة انكبت الدراسات لتطوير استغلال هذه الطاقة، و على الرغم من كل ذلك مازالت الأقل استخداما، إذ مازالت تساهم فقط بـ 0.1% من إجمالي الطاقة المستهلكة في العالم أو 10^{-5} % (واحد من عشرة ملايين) من الإشعاع الشمسي. هذه الطاقة هي الواحدة من بين أنواع الطاقات المتجددة، النظيفة و المستدامة.

نتيجة لكل تلك البحوث المستفيضة و التطوير المستمر، يحدث حاليا تقدم سريع على نحو مذهل في استخدام هذه الطاقة. لذلك من المنطقي توقع أنها ستصبح في النصف الأخير من القرن الحادي و العشرين مصدر الطاقة الرئيسي، متجاوزة كل مصادر الطاقة الأخرى بالأخص تلك المستمدة من الوقود الأحفوري.

I-2 الإشعاع الشمسي:

I-2-1: تعريف الإشعاع الشمسي:

يقصد بالإشعاع الشمسي الطاقة التي تبثها الشمس إلى جميع الاتجاهات و الذي يتضمن الإشعاع المرئي و غير المرئي، بمعنى آخر الطاقة المنتشرة على الأرض و مختلف الكواكب الأخرى[01]، غير المجسمة في صورة مادية، كأن تكون مثلا طاقة حرارية أو ضوئية أو كهرومغناطيسية، فيعرف عندئذ بأنه إشعاع أثيري[02]، و يعرف بصورة عامة بأنه انتقال أو انتشار الطاقة[03]. و هو عبارة توهج هائل يحدث نتيجة لاندماج أربعة ذرات هيدروجين، إذ تُعرف الشمس على

أنها كرة هائلة من الغازات الساخنة، وينسب 7الوزن نجد أن: الهيدروجين يمثل 70% و الهليوم 25 % و الكربون و النيتروجين و الأكسجين 1.5 % لكل منهم، و تمثل باقية العناصر 0.5%. تصل درجة حرارة الشمس إلي 5000 درجة مئوية علي السطح و حوالي 15000 درجة مئوية في اللب (المركز). و متوسط المسافة بينها و بين الأرض 150 مليون كيلومتر يقطعها ضوء الشمس في ثماني دقائق و نصف، أما قطرها فيبلغ 1.4 مليون كيلومتر أي أنها أكبر من كوكب الأرض 109 مرة، و هو ما يعني أن الشمس تتسع لحوالي مليون كوكب في حجم الأرض.

I-2-2 تحويلات الإشعاع الشمسي:

للإشعاع الشمسي تحولات متعددة منها:

1-الطاقة الحرارية[07]: كان "جيمس جول" هو أول من عرّف الحرارة على أنها شكل من أشكال الطاقة وهي تعد أحد عناصر المناخ البالغة الأهمية، فهي تؤثر على نشاط الإنسان، لباسه، سكنه و غذائه كما تؤثر على العناصر الأخرى للنظام الحيوي و تؤثر درجة الحرارة على معظم عناصر المناخ مثل: الضغط الجوي، الرياح، التبخر، الرطوبة النسبية و التكاثف، تعرف درجة الحرارة بأنها مقياس يحدد متوسط كمية الطاقة الحركية للذرة الواحدة او الجزئي الواحد. حيث توجد ثلاثة صور لانتقال الطاقة الحرارية هي:

- انتقال الحرارة بالتوصيل.
- انتقال الحرارة بالحمل.
- انتقال الحرارة بالإشعاع.

حيث يبحث الإنسان دوماً عن مصادر جديدة للطاقة لتغطية احتياجاته المتزايدة في تطبيقات الحياة المتطورة التي نعيشها، و يعيب الكثير من مصادر الطاقة نضوبها و تكلفة استغلالها المرتفعة و التأثير السلبي لاستخدامتها على البيئة، و قد تنبه الإنسان في العصر الحديث إلى إمكانية الإستفادة من حرارة أشعة الشمس و التي تتصف بأنها طاقة متجددة و دائمة لا تنتضب، و أدرك جلياً الخطر الكبير

الذي يسببه استخدام مصادر الطاقة الأخرى و الشائعة (خاصة النفط و الغاز الطبيعي) في تلوث البيئة و تدميرها، مما يجعل الطاقة الشمسية الخيار الأفضل على الإطلاق. و لهذا أضحت الطاقة الشمسية في عصرنا الحالي دخلاً قومياً لبعض البلدان حتى أنه في دول الخليج العربي و التي تعتبر من أكثر بلاد العالم غنى بالنفط فهي تستخدم الطاقة الشمسية بشكل رئيسي فعال.

2-الطاقة الكهربائية: قد استخدمت الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء في تطبيقات عديدة منها محطات توليد الكهرباء، تحلية المياه، تشغيل إشارات المرور، إنارة الشوارع، و تشغيل بعض الأجهزة الكهربائية مثل الساعات و الآلات الحاسبة، و كذا تشغيل الأقمار الاصطناعية ، المركبات ، المحطات الفضائية، و مؤخراً تم إستخدامها على سيارة تسير بالطاقة الشمسية تصل سرعتها إلى 60 ميل (96 كم) في الساعة حيث نميز في هذه الأخيرة نوعان من التحويل:

تحويل مباشر: و ذلك من خلال الفعل الكهروضوئي بدأت صناعة هذه الخلايا في الخمسينات و قد صنعت الخلية الشمسية الأولى من السليكون، و منذ ذلك الوقت و حتى الآن أدخلت تعديلات عديدة في كيفية صناعة هذه الخلايا و كذلك توسيع قاعدة المواد التي تصلح لهذه الخلايا. كما يبين الشكل (I-I): محطة كهروضوئية مؤلفة من عدة خلايا شمسية. و لا زالت الأبحاث جارية في هذا المضمار و ذلك لتخفيض تكلفة هذه الخلايا التي لا زالت عالية حتى الآن، و يتم حالياً البحث عن نماذج خلاف الخلايا السيليكونية مثل: كادميوم السيلينيوم، كبريتيد النحاس، و كبريتيد الكاديوم.

فهذه الطاقة تتميز بمواصفات تجعلها الأفضل بدون منازع لجميع أنواع الطاقات الأخرى فهي:

1- طاقة هائلة يمكن استغلالها في أي مكان.

2- تشكل مصدراً مجانياً للوقود الذي لا ينضب.

3- طاقة نظيفة لا تنتج أي نوع من أنواع التلوث البيئي.

4-محدودية مصادر الطاقة التقليدية.



الشكل (1-1): محطة كهروضوئية مؤلفة من عدة خلايا شمسية [7]

تحويل غير مباشر: هو تحويل طاقة الإشعاع الشمسي إلى كهرباء، لكن بعد المرور بأنواع طاغوية أخرى. كتحويل الإشعاع إلى حرارة تخزن في الماء الذي تبخره يعطي قدرة تقوم بتدوير زعانف محرك أي إنتاج طاقة ميكانيكية تحول إلى كهربائية عن طريق هذا المحرك. و قد تم تبسيط أنواع التحويل الكهربائي في المخطط في الشكل (2-1) .

I-2-3 مكونات الإشعاع الشمسي [11]:

الأشعة الحرارية: و تعرف بالأشعة تحت الحمراء، و هي أشعة غير المرئية للطيف الكهرومغناطيسي، تنتمي إلى مجموعة الأشعة ذات الموجات الطويلة، التي تزيد عن 7 ميكرومتر، و تقدر نسبتها بحوالي 49% من مجمل الإشعاع الشمسي. إذ يساهم الجزء الأكبر من هذه الأشعة في رفع درجة حرارة سطح الأرض و الغلاف الجوي و هي بذلك ذات اثر كبير على الحياة و الدراسات العلمية، كتلك الخاصة بالمناخ.

الأشعة الضوئية: و هي أشعة مرئية يتراوح طول موجاتها بين 7 ميكرومتر إلى 36 ميكرومتر و هذا المدى الطفي تستجيب له عين الإنسان. و يمكن فصل الأشعة الضوئية بواسطة منشور زجاجي الى

سبعة ألوان (ألوان الطيف) و هي: الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق، النيلي، و البنفسجي.

تقدر نسبتها حوالي 43% من جملة الإشعاع الشمسي، و هي النسبة اللازمة لحياة الكائنات الحية.

الأشعة فوق البنفسجية: و يتراوح طول موجاتها بين 2 ميكرومتر و 36 ميكرومتر. تشكل حوالي

7% من جملة الإشعاع الشمسي، و هي أشعة قصيرة الموجة و مفيدة للإنسان عندما تصله بكميات

قليلة، إذ تساعد على علاج بعض الامراض و ذلك لقدرتها على تكوين فيتامين (d). أما ما تبقى من

الإشعاع الشمسي و يقدر 1% فتكون بشكل موجات سينية و أمواج غاما و راديوية.

I-2-4 مصطلحات حول الإشعاع الشمسي:

يصدر الإشعاع الشمسي من الشمس و يتحول إلى كل زاوية من الفضاء على شكل أمواج

كهرومغناطيسية تحمل طاقة تنتشر بسرعة الضوء، يخضع هذا الإشعاع إلى انعكاس و تبعثر و

امتصاص من قبل جزيئات الهواء، الضباب، الدخان و الغيوم. هذا الأمر يؤدي إلى خفض شدة الإشعاع

الواصل إلى سطح الأرض. لذلك وقبل بدء البحث في النموذجي الرياضي لحساب شدة الإشعاع الشمسي

في الحالات المختلفة، لابد من إيضاح المصطلحات التالية:

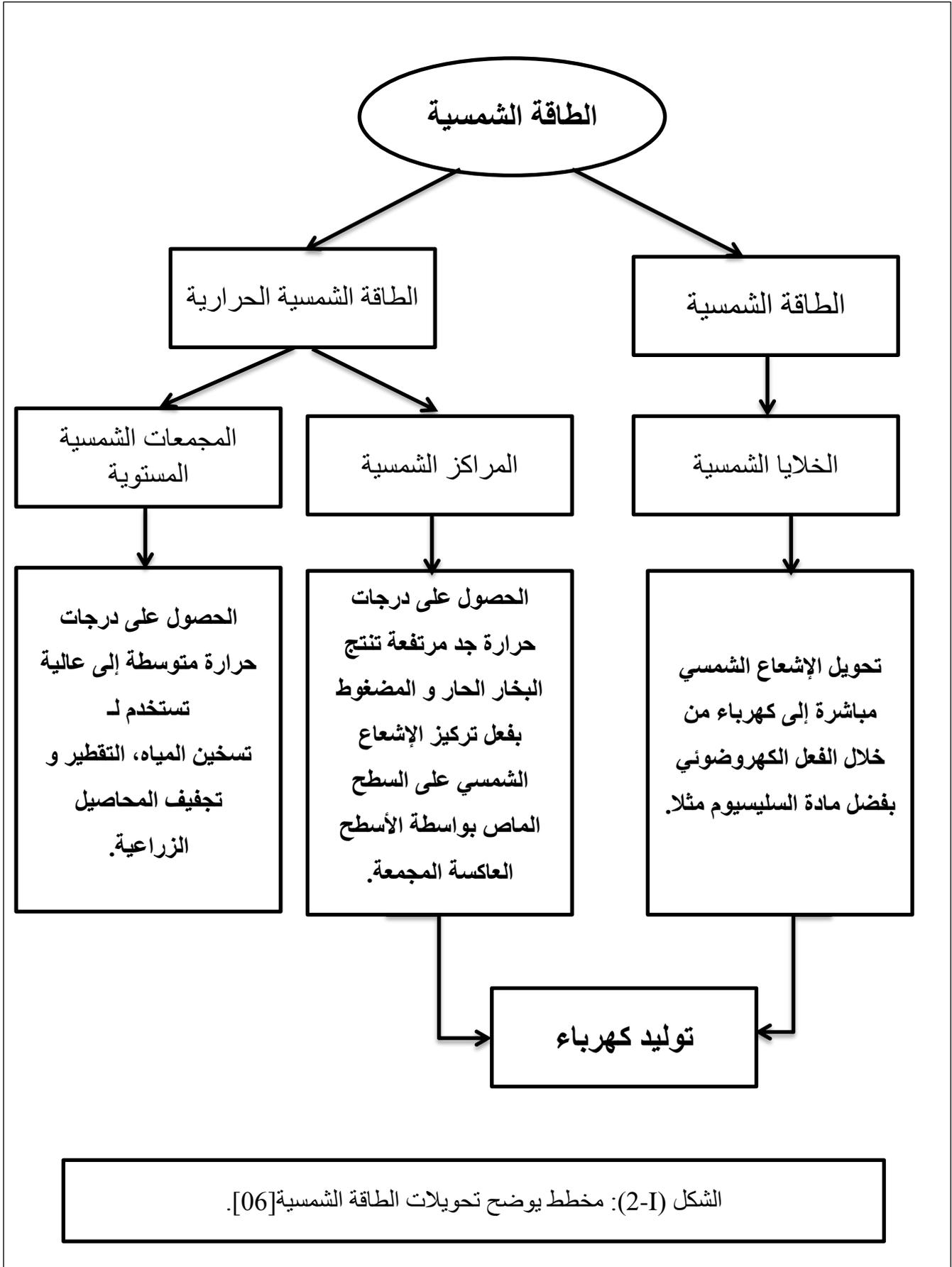
الإشعاع الشمسي (w/m^2): هو كمية الطاقة المشعة الساقطة على وحدة المساحة خلال وحدة

الزمن [05].

الإشعاع الشمسي المباشر: هو الإشعاع الذي يأتي من الشمس إلى الأرض مباشرة على شكل حزمة

بدون أي إنتشار أو تبعثر داخل الغلاف الجوي لذلك يكون إتجاهه بشكل مستقيم، أي ثابت لا يتغير دون

أن يصطدم بالغيبار و الغيوم [05]، [04].



الإشعاع الشمسي المبعثر(المنتشر): هو الإشعاع الذي ينتشر في وسط السماء و خارجها يعترض من قبل الغيوم، الغبار و الضباب ثم يحرق كشعاع مبعثر في جميع الاتجاهات[05]. في حين ينعكس إشعاع آخر من البيئة الخارجية (سطح الأرض) اعتماداً على البياض المحلي (الأليبدو)[04]. في يوم الصحو تكون نسبة الإشعاع المبعثر من 10 إلى 20%، أما في اليوم الغائم يمكن أن تكون النسبة 100%.
الإشعاع الشمسي الكلي: هو الإشعاع الذي يصل إلى الأرض إما مباشرة أو بعد الإنتشار و يعرف على أنه الإشعاع الناتج عن مجموع الإشعاعين المباشر و المبعثر على سطح ما.
 أما الإشعاع المنعكس[05]: وتظهر أهميته في المناطق الجبلية، و يتم التعبير عن كمية الإشعاع المنعكس عن سطح الأرض بعامل Albedo كآتي:

Albedo=0 كل الإشعاع ممتص ولا يوجد إشعاع منعكس.

Albedo=1 كل الإشعاع منعكس و لا يوجد إشعاع ممتص.

يطلق على السطح أنه عالي الأليبدو أي أنه يعكس كمية كبيرة من الأشعة الشمسية الواصلة اليه.

I-2-5 العوامل المؤثرة في الإشعاع الشمسي:

يتوقف مقدار قوة الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض، على عدة عوامل و عمليات يتعرض لها أثناء اختراقه الغلاف الجوي قبل أن يصل إلى سطح الأرض و من ابرز هذه العوامل:[12]
 أ- زاوية سقوط الأشعة الشمسية على الأرض: تؤثر زاوية سقوط الأشعة الشمسية على الأرض في مقدار الأشعة المستلمة من قبل سطح الأرض، و ذلك لأن الأشعة العمودية أو شبه العمودية الواصلة للأرض تكون قوية و اشد تركيزاً. لكونها تقطع مسافة اقصر من الأشعة المائلة، لذلك فهي اقل عرضة للضياع بفعل الامتصاص، الانعكاس و الانتشار التي تحدث في الغلاف الجوي. كما أن حزم الأشعة العمودية تتوزع على مساحة قليلة أما الأشعة المائلة فإنها تتوزع على مساحة اكبر، فتصبح أضعف و اقل تركيزاً من الأشعة العمودية.

ب- إختلاف طول النهار: يلعب إختلاف طول النهار عند دوائر العرض المختلفة دورا كبيرا و حاسما في إختلاف كمية الإشعاع الشمسي، التي تصل إلى سطح الأرض عند تلك العروض. ففي المناطق المدارية لا يختلف طول النهار عن طول الليل كثيرا، الذي معدله 12 ساعة تقريبا على طول السنة. أما المناطق المعتدلة و الباردة، فإن النهار يزداد طولاً في الصيف و يقصر في الشتاء، اذ يزداد الفرق بين الليل و النهار، كلما زادت دائرة العرض و يعوض طول ضعف أشعة الشمس النهار، مما يجعل درجات الحرارة في فصل الصيف مماثلة في المناطق المدارية و على العكس، في فصل الشتاء حيث تصل كميات قليلة من الإشعاع الشمسي على هذه الدوائر.

ج- أثر الغلاف الغازي و طبيعة سطح الأرض: عند مرور الإشعاع الشمسي عبر الغلاف الجوي، فإن جزء من هذا الإشعاع يستنفذ بسبب تعرضه لعمليات التشتت، الانعكاس و الامتصاص، و تتوقف هذه العمليات على طبيعة الغلاف الغازي و على دائرة العرض و الفصول المختلفة. و يتم ذلك بواسطة

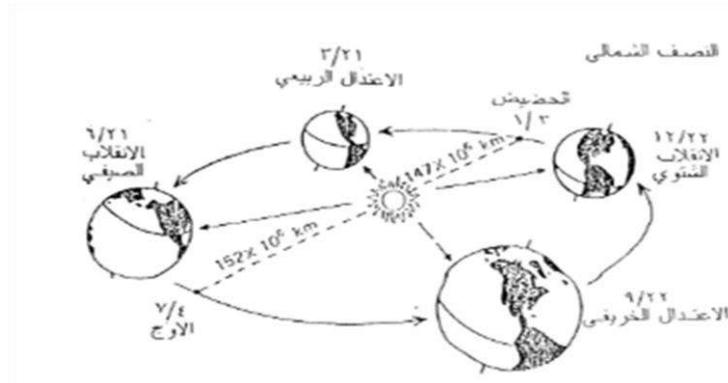
الغازات الجوية أو بواسطة الجسيمات الدقيقة المعلقة في الهواء، سواء كانت سائلة أو صلبة.

أما عندما يكون الهواء جافاً و صافياً، فإن الجزء الأكبر من هذا الإشعاع يصل إلى سطح الأرض.

د- إختلاف التضاريس: تلعب التضاريس دورا كبيرا في تباين كمية الإشعاع الشمسي الواصل من منطقة لأخرى، فاتجاه السفوح الجبلية و انحدارها يؤثر في كمية الإشعاع الشمسي، الذي يصل إلى تلك السفوح و خاصة في المناطق الباردة و المعتدلة. حيث تصل إليها أشعة الشمس بشكل مائل، أما في المناطق المدارية يكون هذا العامل محدوداً، حيث تصل إليها أشعة الشمس بشكل عمودي أو شبه عمودي طول السنة.

هـ- الإشعاع الشمسي المنعكس (الالبيدو): و هو نسبة ما يعكسه سطح الأرض إلى الفضاء مباشرة من الإشعاع الشمسي الصافي الواصل إليه، و تختلف نسبة الالبيدو من مكان لآخر تبعا لموقع المنطقة من دوائر العرض، اختلاف طبيعة السطح من حيث؛ اللون، التركيب و وجود النبات و نوعها أو عدم وجودها و تغطية المنطقة بالثلوج و طول فترة بقائها، و بتعريف مختصر هو: النسبة بين مقدار الأشعة المنعكسة من سطح ما و إجمالي الأشعة الواصلة إليه [11].

و- البعد بين الأرض و الشمس: تتغير المسافة بين الأرض و الشمس نتيجة تغير موقع الأرض أثناء دورانها حول الشمس، اذ يشكل هذا التغير نسبة (+ 3.5%). أي أنه مقدار الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الغلاف خلال شهر كانون الثاني، الذي يكون اكبر من مقدار الإشعاع الثابت بنسبة 3.5%، في حين يكون أقل من مقدار الإشعاع الثابت بالنسبة نفسها (- 3.5%) في اوائل شهر تموز [3]



الشكل (3-I): تغيير المسافة بين الأرض و الشمس [3].

I-2-6 قياس الإشعاع الشمسي:

إن المطلوب في الدراسة المناخية هو عملية قياس الإشعاع الشمسي على أساس عدد الساعات التي تسطع فيها الشمس في اليوم ثم حساب متوسطها ومعدلاتها الشهرية والسنوية، فإن الجهاز التقليدي

الذي يستخدم لهذا الغرض هو جهاز كامبل واستوكس كما هو موضح في الشكل: (I-5)، حيث أنه مكون من كرة بلورية توضع في الشمس فتتجمع عن طريقها الأشعة داخل البؤرة تتحرك مع حركة الشمس الظاهرة فتسجل حركتها على شريط خاص من الورق، داكن اللون على شكل حرق طولي يظهر عندما تكون الشمس ساطعة و يختفي في حالة تغطيتها بالسحب. إلى جانب المعدلات السنوية والشهرية واليومية لعدد ساعات شروق الأشعة الشمسية فمن المهم كذلك قياس قوة الإشعاع الشمسي، حيث يستخدم في هذا القياس عدد من الأجهزة و من أهمها ما يلي:

ترمومتر النهاية العظمى للإشعاع الشمسي و مهمته هي: قياس النهاية العظمى للحرارة التي تستمد من أشعة الشمس في اليوم و هو عبارة عن ترمومتر موضوع داخل غلاف زجاجي مفرغ تماماً من الهواء حتى لا يؤثر بحرارة الجو و إنما يتأثر فقط بأشعة الشمس التي تخترق الغلاف الزجاجي و ترفع درجة حرارة الزئبق في المستودع أنظر الشكل (I-6).

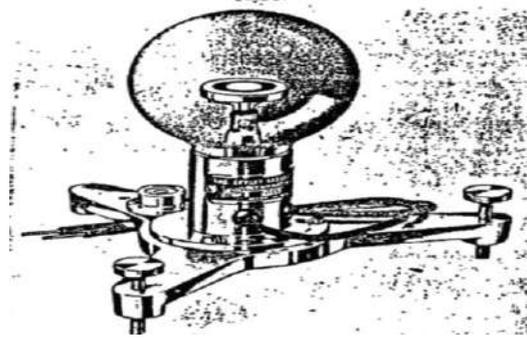
جهاز قياس تأثير أشعة الشمس على الأجسام اللامعة و الأجسام المعتمة: فهو مكون من ترمومتريين أحدهما ذو فقاعة مغطاة بمادة لونها أسود و الثاني ذو فقاعة لامعة، تعرض فقاعاتهما لأشعة الشمس طول مدة سطوعها، حيث يدل الفرق بينهما قدرة الأجسام المعتمة على امتصاص الأشعة و قدرة الأجسام اللامعة على إنعكاسها الشكل.

البرهيليومتر: و هو جهاز إلكتروني به لوحتان إحداهما بيضاء و الثانية سوداء، فعندما تسقط الأشعة عليهما فإنها تنعكس من على سطح اللوحة البيضاء بينما تمتصها اللوحة السوداء، كما تسجل تأثير الأشعة عليها إلكترونياً، حيث يدل الفرق بينهما على كمية الأشعة التي يمكن أن تمتصها الأجسام المعتمة كما هو موضح في الشكل (I-4).

جهاز قياس الطاقة الإشعاعية جهاز قياس الطاقة الإشعاعية: و هو جهاز له القدرة على تبخير الماء بمقدار معين ويُسمى هذا الجهاز باسم راديو متر بيلاني.

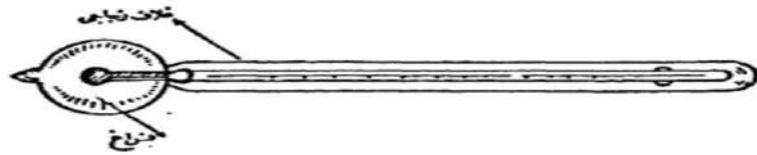
I-2-7 أهمية الإشعاع الشمسي:

يعد الإشعاع الشمسي المصدر الرئيسي للطاقة في الغلاف الجوي إذ يساهم بأكثر من 99,97% من الطاقة المستغلة بالغلاف الجوي و على سطح الأرض أما المصادر المتبقية للطاقة و المتمثلة طاقة باطن الأرض و طاقة النجوم و المد والجزر فإنها لا تساهم إلا بقسط ضئيل جدا لا يزيد عن 0.03%، و الطاقة الشمسية هي المسؤولة عن جميع العمليات التي تحدث في الغلاف الجوي كالأضطرابات الجوية والسحب و الأمطار و الرياح والبرق و الرعد و غيرها و كما أنها السبب الرئيسي في الحركة المستمرة للغلاف الجوي و تقلب الطقس و تغيره، و كما أن الاختلافات الرئيسية القائمة بين مكان و آخر هي في وفرة الطاقة الشمسية [10]



الشكل (I-5): كامبل واستوكس.

الشكل (I-4): برهيليومتر [10].



الشكل (I-6): ترمومتر النهاية العظمى للإشعاع الشمسي [10].

I-2-8 استخدامات الطاقة الشمسية [09]:

1. تسخين المياه: يستخدم السخان الشمسي في تجميع الأشعة الشمسية الساقطة على المجمعات الشمسية و تحويلها إلى طاقة حرارية و ذلك للإستفادة منها في تسخين المياه، حيث تخزين المياه في خزان حراري قد يكون من الزجاج أو الزجاج الليفي للاحتفاظ بحرارة الماء.

- 2. التدفئة:** هي ضخ الحرارة المكتسبة في المجمعات إلى داخل الحيز المادي، حيث يمكن تدفئة البنايات باستخدام الهواء أو الماء. فعند التدفئة بالهواء يتم تسخين الهواء في المجمعات الشمسية ثم يدفع إلى داخل البناية. أما بالنسبة للتدفئة بالطاقة الشمسية التي تستعمل الماء فإنها تتضمن مبادلات حرارية لنقل الحرارة من الماء القادم من المجمع الشمسي إلى الهواء المدفوع إلى داخل الحيز.
- 3. التبريد الشمسي:** هو ضخ الحرارة من داخل حيز معين إلى الخارج و هي نقيض لعملية التدفئة، و من أجل تحقيق هذا يجب استخدام أداة ميكانيكية تقوم بضخ الحرارة إلى الخارج. الأسلوب الشائع لهذا الضخ هو دفع الهواء البارد إلى داخل الحيز مما يؤدي إلى نقل الحرارة إلى الخارج مباشرة.
- 4. تجفيف المحاصيل:** يستخدم لتخليص المحاصيل من السوائل الموجودة فيها و ذلك لمنعها من التلف وجعلها صالحة للتخزين لمدة أطول.
- 5. تحلية المياه:** إن أزمة المياه الناشئة في العالم تدفعنا للبحث عن طرق جديدة للحصول على مياه تتلائم مع متطلبات الحياة، و ذلك لزيادة عدد السكان و توسع القدرات الإنتاجية في المجالات الصناعية و الزراعية حيث تكون تحلية مياه البحر أنس الوسائل لتحقيق المتطلبات المتزايدة.
- إن أكثر الطرق شيوعا لتحلية المياه بالطاقة الشمسية هي طريقة المقطر الشمسي حيث يستخدم الطاقة الشمسية في تبخير الماء.

الفصل الثاني:

نماذج تحديد الإشعاع الشمسي

II-1 مقدمة:

لمعرفة خصائص الإشعاع الشمسي وتحديد قيمته وتوزيعه الزمني والمكاني من الأمور المهمة في العديد من نماذج تحديد الإشعاع الشمسي المستخدمة محليا وعالميا، منها نماذج رياضية حيث يتم وضع خوارزمية و إعادة كتابتها باستعمال برنامج ماتلاب مثلا.

يظهر تأثير حساب الإشعاع الشمسي بشكل كبير في الحسابات التي تتعلق بالمنظومات الشمسية، مثلا في عمليات تسخين الموائع و خاصة الماء و الهواء في المجمعات الشمسية المستخدمة لأغراض التدفئة بالطاقة الشمسية أو في عمليات التجفيف.

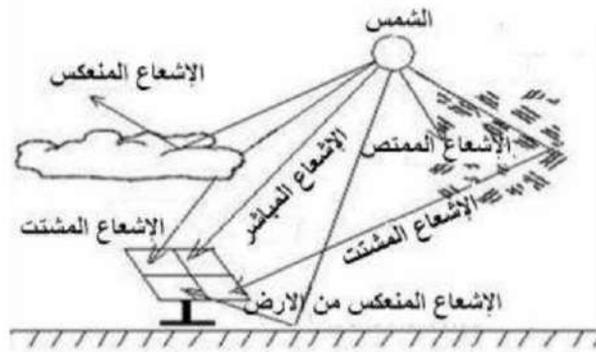
أما في مجال توليد الطاقة الكهربائية فيتم إستخدام الإشعاع أي الطاقة الشمسية في توليد الطاقة الكهربائية إما بالطريقة المباشرة باستخدام الخلايا الشمسية أو غير ال مباشرة بتحويل الإشعاع إلى طاقة حرارية باستعمال المجمعات الشمسية أو المواد الحرارية ومن ثم يتم إنتاج الطاقة الكهربائية، لذل في هذا الفصل سنتطرق أولاً للقوانين الأساسية لتعريف متغيرات حساب الإشعاع الشمسية و من ثم إقتراح بعض الطرق السابقة لتحديد الإشعاع [16] [5].

II-2 المتغيرات المساهمة في تحديد الإشعاع الشمسي:

II-2-1 توزيع الإشعاع الشمسي:

عند صدور الإشعاع الشمسي من الشمس يتجه إلى كل زاوية من الفضاء على شكل أمواج كهرومغناطيسية تحمل طاقة سرعتها سرعة الضوء، ثم يمر على الغلاف الجوي فيصطدم بجزيئات الهواء،

الضباب، الدخان و الغيوم يخضعه إلى انعكاس و تبعثر أو امتصاص فيخفض في شدته الواصلة إلى سطح الأرض [16].



الشكل (1-II): أنواع الإشعاع الشمسي [12].

II-2-2 الإشعاع الشمسي المباشر [16] [13]:

هو الإشعاع الساقط من الشمس على شكل حزم دون أي انتشار و تبعثر خلال الغلاف الجوي، أي

بإتجاه مباشر نحو الأرض، و يحسب بالعلاقة التالية:

$$I_b = I[a_0 + a_1 e^{-K \cdot AM}] \quad (1)$$

مع :

$$a_0 = 0.94[0.4237 - 0.00821(6 - Z)^2] \quad (2)$$

$$a_1 = 0.98[0.5055 - 0.00595(6.5 - Z)^2] \quad (3)$$

$$K = 1.02[0.2711 - 0.01858(2.5 - Z)^2] \quad (4)$$

$$I_{bt} = I_b \cos i \quad (5)$$

حيث:

ا: الثابت الشمسي.

a_0 و a_1 و K : ثوابت تجريبية تعطى من طرف Duffie و Beckman.

Z : ارتفاع المنطقة فوق سطح البحر معبرا عنها بالكيلومتر (Km).

AM: الكتلة الهوائية الضوئية.

i : زاوية الاشعاع الشمسي المباشر لما يرد على سطح مائل.

II-2-3 الاشعاع الشمسي المنتشر [16]:

هو الاشعاع الشمسي الساقط من الشمس الذي ينتشر و يتبعثر في الغلاف الجوي، و ينقسم إلى

قسمين الشعاع المنتشر في السماء و الشعاع المنعكس من محيط السطح (الأرض مثلا). تعطى علاقته في

حالة سطح أفقي مائل:

$$I_d = I \sin h [0.2710 - 0.2939(a_0 + a_1 e^{-K.AM})] \quad (6)$$

التوهين الجوي [59]: عند عبور الشعاع الشمسي الغلاف الجوي يحصل له تشتت بسبب تفاعله مع

جزيئات الهواء و الماء، تتوقف درجة التشتت على الطول الموجي للإشعاع و حجم الجزيئات و تركيزها في

الغلاف الجوي و الكتلة الكلية للهواء التي يجب على الإشعاع عبورها.

يسمى تشتت الاشعاع بواسطة جزيئات الهواء بتشتت رايلي و هو تشتت الأكثر فاعلية من بين كل الأنواع ذو

طول الموجات الأقصر طولا (أقصر من $0.6\mu\text{m}$).

II-2-4 الاشعاع الشمسي الكلي [58]:

هو مجموع الشعاع الشمسي المباشر و الشعاع المنتشر، كلا النوعين يمكن الاستفادة منه في

التطبيقات الحرارية، لكن الشعاع الشمسي المباشر يمكن الاستفادة منه في المنظومات التي تعمل بدرجات

حرارية عالية المستخدمة في توليد الكهرباء، و يحسب في حالة الاشعاع ناظمي $i=0$ بالعلاقة:

$$G = (1270 - 56T_L)(\sin h) \frac{T_L+36}{33} \quad (7)$$

مع:

$$T_L = 2.5 + 16\beta_A + 0.5\ln\omega \quad (8)$$

حيث:

T_L : معامل الاضطراب للغلاف الجوي.

β_A : معامل أنغيشتروم.

W : ارتفاع الماء المكثف و قيمهما تتغير حسب الحالة الجوية كما هو موضح بالجدول،

الجدول (II-1): قيم معامل الاضطراب و معامل ارتفاع الماء المكثف [13].

السماء مضطربة	سماء متوسطة	سماء صافية	
0.2	0.1	0.05	β_A
5cm	2cm	1cm	W

ملاحظة: لتحديد شعاع الشمسي يجب حساب: الكتلة الهوائية، ثابت الشمسي و الارتفاع الشمسي.

II-2-5 الكتلة الهوائية [59]:

يعتمد توهين الاشعاع الشمسي على المدى الذي يقطعه الشعاع في الغلاف الجوي، كلما زاد المسار

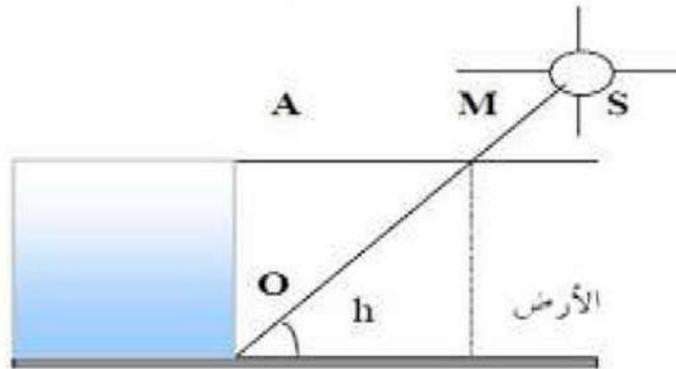
زاد عدد الجزيئات التي يتفاعل معها و يتغير ذلك على مدار العام و على مدار اليوم، يحدث المسار

الأطول في أواخر النهار حيث تكون الشمس قريبة من الأفق، حيث يوصف طول المسار بالكتلة الهوائية،

تعرف بأنها النسبة بين كتلة الهواء الجوي الذي يعبر خلاله الشعاع من الموضع الحالي للشمس في السماء

إلى الكتلة التي يعبر خلالها إذا كانت الشمس في أوجها (مباشرة فوق الرأس) و تحسب كالتالي:

$$AM = \frac{OA}{OB} = \frac{1}{\sin h} \quad (9)$$



الشكل (II-2): الكتلة الهوائية الضوئية [12].

بحيث: $AM=1$ من أجل أشعة الشمس ناظمية $h=90^\circ$.

II-2-6 ثابت الشمسي i [16]:

هو معدل الطاقة الشمسية لوحدة المساحة ($1m^2$) الساقطة على سطح الأرض بشكل عمودي على مسار الأشعة الشمسية خارج الغلاف الجوي للأرض و لقياسه تستعمل الطائرات، المناطيد والمركبات الفضائية، والتي تقدر قيمته بـ:

$$I_0 = 1366.1 \text{ w/m}^2 \quad (10)$$

المقاسة من طرف Gueymard في عام 2004.

و خلال ايام السنة يحسب:

$$I = I_0 \left[1 + 0.034 \cos \left[(N_j - 2) \frac{360}{365} \right] \right] \quad (11)$$

حيث:

N_j : يمثل رقم اليوم من السنة الشمسية ($N_j = 1, 2, \dots, 365$).

II-2-7 الزوايا الشمسية:

شدة تدفق الإشعاع الشمسي الواصل الأرض في لحظة ما يتعلق بموضع الشمس اللحظي للموقع و هذا مرتبط بحركة الأرض حول نفسها و حول الشمس ويتم تحديده من خلايا الزوايا الشمسية و كذا الزوايا التي تحدد الموقع بالنسبة للأرض [12].

أ-زاوية سمت الرأس a [13]: هي الزاوية التي يصنعها مسقط الشعاع الشمسي الواصل للنقطة على

المستوى الأفقي مع المحور المتجه للجنوب عند النقطة (الخط المماس لخط المار بالنقطة).

حيث تكون موجبة إذا كانت متجهة نحو الشرق و سالبة نحو الغرب:

$$\cos a = \frac{\sin h \sin \varphi - \sin \delta}{\cos h \cos \varphi} \quad (12)$$

ب-زاوية الذروة θ_z [59]: هي الزاوية ما بين العمودي على المستوى الأفقي عند الموقع المدروس و الشعاع المباشر:

$$\theta_z = 90 - h \quad (13)$$

h : الزاوية المحصورة بين الشعاع المباشر و الأفق.

ج-زاوية الارتفاع الشمسي h [13]: هي الزاوية التي يصنعها شعاع الشمس الواصل إلى نقطة من سطح

الأرض مع مستوى الأفقي المار بالنقطة ($h=0$) عند الشروق و الغروب و تحسب بالعلاقة:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos w \quad (14)$$

د-زاوية ميل الشمس δ [12]: هي زاوية ميلان محور دوران الأرض عن المحور العمودي على مستوى

مدار الأرض حول الشمس، أو هي الزاوية التي يصنعها الخط الواصل من مركز الأرض إلى مركز الشمس

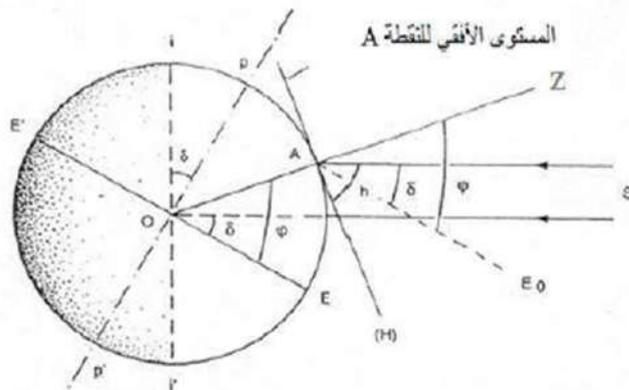
مع مستوى خط الاستواء و تتغير هذه الزاوية على مدار السنة حيث تتعدم في الاعتدال الربيعي و الخريفي

($\delta=0$)، بينما تكون قيمتها أعظمية عند الانقلاب الصيفي ($\delta = 23.45^\circ$) بمسافة تصل إلى $1.52 \times$

$10^{11}m$ و دنيوية في الانقلاب الشتوي ($\delta = - 23.45^\circ$) بمسافة تصل إلى $1.47 \times 10^{11}m$. حيث

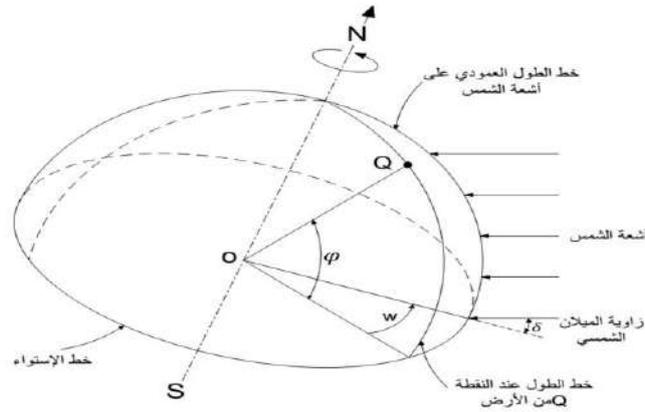
تحسب الزاوية بالعلاقة التالية:

$$\delta = 23,45^\circ \sin \frac{360}{365} (284 + N_j) \quad (15)$$



الشكل (II-3): زاوية ميل الشمس δ [12].

هـ-زاوية دائرة العرض φ [12]: هي الزاوية التي تحدد موقع النقطة على سطح الأرض حيث تعرف بانها الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين مركز الأرض و موضع النقطة على سطح الأرض مع مستوى خط الاستواء, و تكون الزاوية موجبة إذا كانت المنطقة شمال خط الاستواء بينما تكون سالبة إذا كانت المنطقة جنوب خط الاستواء، حيث تعطى زاوية دائرة العرض لمنطقة ورقلة $\varphi = 31.15^\circ$.



الشكل (II-4): زاوية الساعة الشمسية و دائرة العرض. [12].

و- زاوية الساعة الشمسية ω [12]: تبرز هذه الزاوية حركة الشمس في نقطة ما من الأرض من الشروق إلى غاية الغروب، و تعرف بأنها الإزاحة النسبية لزاوية الشمس عن وقت الزوال الشمسي و الذي تكون فيه الشمس فوق خط الطول المار بالنقطة، حيث تكون فيه قيمة الساعة الشمسية معدومة:

$$\omega = 15(TVs - 12) \quad (16)$$

II-2-8 توقيت الشمسي T vs و المحلي TL [12]:

يختلف التوقيت المحلي لمنطقة عن التوقيت الشمسي و يتعلق الفرق بين التوقيتين على ثلاث عوامل:

- الفرق بين خطي الطول للمنطقة و الخط المرجعي للتوقيت المحلي (خط غرينتش).
- التصحيح الزمني (المعادلة الزمنية) Et، و المعبر عن الاضطراب الناتج عن حركة الأرض.

- التصحيح الناتج عن تغيير التوقيت المحلي (الصيفي، الشتوي) مقارنة بتوقيت غرينتش الذي قيمته في الجزائر $C=-1$.

يتعلق التوقيت الشمسي الحقيقي ($T V_s$) بالتوقيت المحلي للمنطقة بالعلاقة:

$$TV_s = Tu + E_t + \frac{L}{15} \quad (17)$$

TV_s : يمثل التوقيت الشمسي الحقيقي الذي يعتمد الزوال الشمسي في المنطقة ($\omega=0$) عند الساعة

12:00 زوالا. و تكون $\omega > 0$ مساء بينما تكون $\omega < 0$ صباحا. و عبارة معادلة التصحيح:

$$E_t = 0.258 \cos x - 7.416 \sin x - 3.648 \cos 2x - 9.228 \sin 2x \quad (18)$$

$$x = \frac{360(N_j - 1)}{365.242} \quad \text{تعطى بالدرجات}$$

حيث:

Tu: التوقيت العالمي (خط الزوال مار عبر غرينتش).

L: خط الطول للمنطقة حيث $L < 0$ شرقا و $L > 0$ غربا.

N_j : يمثل رقم اليوم من السنة الشمسية ($N_j = 1, 2, \dots, 365$).



الشكل (II-5): منحنى تغيرات زاوية الميل الشمسي خلال أيام السنة [13].

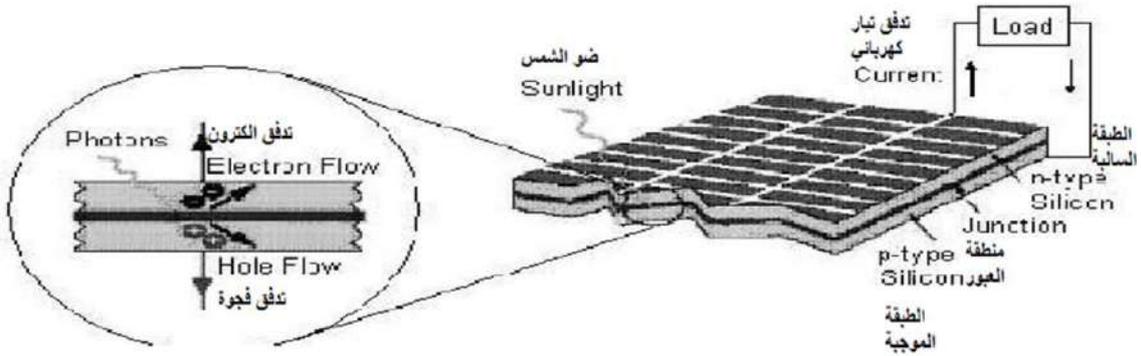
II-3 أمثلة عن بعض نماذج تحديد الإشعاع الشمسي:**II-3-1 تحديد الإشعاع الشمسي باستعمال الخلية الشمسية الكهروضوئية [15]:**

الخلايا الكهروضوئية و هي الآلية التي تسمح بتحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية مباشرة باستعمال الخلايا الشمسية التي هي عبارة عن و صلة ثنائية، حيث عندما يسقط الضوء على سطحها يستطيع أن ينفذ إلى منطقة الاتصال تدعى أشباه الموصلات ليتحول ذلك الإشعاع إلى طاقة كهربائية. أما الخلية الكهروضوئية المستخدمة لإنتاج الكهرباء تكون مصنعة من مادة سليكون و هي احدى مواد أشباه الموصلات كما يوضح الشكل الموالي:



الشكل (II-6): خلايا شمسية.

طريقة عمل الخلية الكهروضوئية: عند سقوط الإشعاع الشمسي على الخلية يمر من خلال سطحها و يمتص جزء منه و هي الطبقة التي تحتوي على الفسفور، أما بقية الإشعاع ينبعث إلى الجزء السفلي و هو عبارة عن طبقة تحتوي على خليط من السيلكون بالبورون، حيث ينشئ من خلال هذه العملية إلكترونات حرة الحركة يمكنها السريان خلال الموصل الكهربائي في أطراف الخلية و تزداد هذه الحركة بزيادة كثافة الضوء الساقط على هذه الخلية من هنا يمكننا توصيل حمل كهربائي على أطراف هذه الخلية وللاستفادة من حركة الإلكترونات الناتجة من تسليط ضوء الشمس على الخلية كما هو موضح في الشكل (II-7).



شكل (7-II): طريقة عمل الخلية الشمسية.

تحديد الاشعاع الشمسي: يؤثر في الخلية الشمسية الاشعاع الشمسي الكلي، الذي هو عبارة عن مجموع الاشعاع الشمسي المباشر و الاشعاع الشمسي المنتشر. و لحسابه يجب معرفة كفاءة الخلية الكهروضوئية:

$$n = 100 * \frac{p_{sortie}}{p_{entrie}} \quad (19)$$

حيث:

$$p_{entrie} = I_{sol} * A \quad (20)$$

و منه:

$$p_{sortie} = \frac{n * I_{sol} * A}{100} = 15 * I_{sol} \quad (21)$$

p_{sortie} : القدرة الخارجة (النتيجة).

p_{entrie} : القدرة الخارجة.

I_{sol} : الاشعاع الشمسي الكلي.

A : المساحة التي تغطيها جميع ألواح المحطة الشمسية.

بفرض أن مقدار القدرة الخارجة ثابت و بغض النظر عن نوع الخلية المستعملة في تركيب المحطة وتعطى

قيمتها ب15% بمساحة محطة تقدر ب 1م².

II-3-2 تقدير الإشعاع الشمسي باستعمال الأقمار الصناعية [14]:

معرفة كمية الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض في تطبيقات الطاقة الشمسية على نطاق واسع هو ممكن فقط باستخدام الأقمار الاصطناعية، لأنها توفر أكبر تغطية إقليمية و آمنة ليس في مجال الطاقة الشمسية فقط و أيضا في مجال علم المناخ, الفلاحة, الدراسات البيئية، و مجالات أخرى كثيرة، أثبتت من طرف العالم فوندر هارند أليس عام 1978م في بدايات ظهوره، ثم مرت على عدة تحسينات تدريجية مكنتها من مراقبة الأرض باستخدام مبدأ الاستشعار عن بعد لغرض الأرصاد الجوية باستعمال القمر الصناعي متيوسات-1، و ظهور العديد من التطبيقات الأخرى لصور الأقمار الصناعية التي تسمح بقياس مكونات الغلاف الجوي و كذا قياس الإشعاع المنبعث أو المنعكس من سطح الأرض باستعمال جهاز الراديو متر المثبت على مستوى القمر الصناعي.

يعتمد القمر الصناعي على عدة طرق مختلفة في تحديد الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض من بينها تقنية الهيليوسات، خاصة تقنية الهيليوسات-1 التي تعتمد على صحو السماء لإعطاء نتائج أكثر دقة بسبب تأثير جزيئات الماء و الهواء الموجودة في الغلاف الجوي.

مبدأ الاستشعار عن بعد: يعتمد مفهوم الاستشعار عن بعد على مبدأ الفيزيائي انعكاس الأشعة الساقطة على سطوح الأجسام، باستخدام أجهزة كهرومغناطيسية التي بواسطتها يمكن الحصول على معلومات و خصائص الظواهر المدروسة على سطح الأرض دون احتكاك المباشر أو التماس فيزيائي، و دراسة إمكانية الاستفادة من تلك المعلومات في الأغراض العلمية و التطبيقات المتعددة.

نلاحظ من خلال الشكل أن عملية الاستشعار تتطلب وجود مصدر إضاءة او مصدر طاقة بحيث

تعتبر الشمس هي المصدر الرئيسي لهذه الطاقة، تكون هذه طاقة حرارية، ضوئية او كهرومغناطيسية

(خاصية طول الموجة و التردد الخاصة بالأشعة الكهرومغناطيسية. و هما المسؤولتان عن فهم عملية

الاستشعار عن بعد). الإشعاع الذي لا يمتص او يتأثر في الغلاف الجوي يصل و يتفاعل مع الهدف فيما

يتمتصه أو يعكسه أو يبعثه. و بعد ان يتم انعكاس أشعة الهدف أو اصدارها تحتاج العملية الاستشعارية إلى حساس لجمع و تسجيل الأشعة الكهرومغناطيسية باستخدام طائرات التي بمجرد هبوطها يتم استرجاع و تحليل البيانات المستشعرة أما الاقمار الصناعية فتحتاج للبث الرقمي إلى سطح الأرض.

تقنية الهيليوسات-1 لتقدير الإشعاع الشمسي الكلي: باستعمال صور الأقمار الصناعية، يتم حساب

الإشعاع الشمسي في حالة السماء صافية لموقع معين وفي وقت معين والتعامل مع توهين الإشعاع الشمسي بسبب الغلاف الجوي و الغيوم بشكل منفصل.

في المرحلة الاولى يتم اشتقاق مؤشر السحابة من صور القمر الصناعي متيوسات الذي يأخذ بعين اعتبار وجود الغيوم، في هذه المرحلة تستخدم حقيقة أن معامل الانعكاس الذي يقنيه القمر الصناعي يكون متناسبا تقريبا مع كمية السحب المميزة من خلال مؤشر السحابة، و يحسب مؤشر السحابة كما يلي:

$$\rho = \frac{C - C_{atm}}{G_{ext}} \quad (22)$$

حيث ρ معامل الانعكاس النسبي.

و n مؤشر السحابة يعطى:

$$n = \frac{\rho - \rho_{min}}{\rho_{max} - \rho_{min}} \quad (23)$$

حيث:

C : القيمة الرقمية للبيكسل المقاسة من طرف جهاز الراديو متر المثبت على القمر الصناعي.

C_{atm} : القيمة الرقمية الناتجة عن وجود الغلاف الجوي فقط و يمكن اعتبارها القيمة الرقمية لبيكسل موجود على سطح البحر.

G_{ext} : الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي.

ρ_{min} : القيمة الصغرى لألبيدو السطح و يتم حسابها شهريا لنفس البيكسل المعطى.

ρ_{max} : القيمة الكبرى لألبيدو السطح و يتم حسابها شهريا لنفس البيكسل المعطى وبشكل منفصل.

و بالتالي كمية الإشعاع الكلي المحسوب في حالة السماء صافية تتناقص بفعل انتقال الغيوم، و منه نستنتج

كمية الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح أفقي ارضي:

$$G_h = k^*_T * G_{clear} \quad (24)$$

حيث:

G_h : الإشعاع الشمسي الاجمالي الساقط على سطح الارض.

G_{clear} : الإشعاع الشمسي الاجمالي الساقط على سطح الارض في حالة السماء صافية.

k^*_T : مؤشر الصفاء ويمكن حسابه باستعمال علاقة الترابط مع مؤشر السحابة:

$$k^*_T = 1.2 \quad (25)$$

$$n \leq -0.2 \quad (26) \quad \text{إذا:}$$

$$k^*_T = 1 - n \quad (27)$$

$$-0.2 \leq n \leq 0.8 \quad (28) \quad \text{إذا:}$$

$$k^*_T = 2.0667 - 3.6667n + 1.667n^2 \quad (29)$$

$$0.8 \leq n \leq 1.1 \quad (30) \quad \text{إذا:}$$

4-II نماذج تحليل الإشعاع الشمسي المباشر تحت سماء صافية: تقييم التحسينات

لنماذج المكيفة محليا (مدريد-اسبانيا):

إن البحث عن حلول طاقة اقتصادية بسيطة، و التكيف مع الاستهلاك المحلي هي طموح العديد

من الدول الناشئة، كما هو الحال في البلدان الاوروبية مثل اسبانيا، حيث تم تطوير بديل صافي القياس

كحل مشكلة إمدادات الطاقة [52]، تتكون من تنفيذ منشآت صغيرة ذات طاقات متجددة بشكل أساسي

التي تمكن من الاكتفاء الذاتي لهاته المنشآت الصناعية أو المباني السكنية و المرافق المتصلة بالشبكة

التي تتبادل الطاقة في أوقات الاستهلاك المرتفع والمنخفض [53] هذا الحل يمنع خسائر التوزيع و يزيد

من السعة الاحتياطية ويعزز التوزيع الرشيد للطاقة، كما يمكن اعتبار الطاقة الكروضوئية PV و الطاقة الشمسية المركزة CSP تقنيات ستساعد في تحقيق هدف الكهرباء الشاملة والرخيصة الناتجة عن الاجهزة عالية التقنية التي تجمع الإشعاع الشمسي بشكل دقيق جدا، يعد تصميم مثالي لأنظمة شمسية مهماً في معرفة مكونات الإشعاع الشمسي في منطقة محلية على سبيل المثال تستخدم أنظمة الطاقة الكروضوئية الإشعاع الكلي بينما تستخدم أنظمة الطاقة المركزة الإشعاع المباشر.

حيث هناك طرق مختلفة للحصول على بيانات الإشعاع الشمسي اللازمة لحساب الطاقة الشمسية مثل قاعدة البيانات، خرائط الإشعاع و القياسات المتحصلة عليها من طرف الأقمار الصناعية، لكن غالب الحالات لا يمكن الحصول عليها بطريقة مباشرة لعدم دقتها في العديد من التطبيقات المحلية [51]، و عادة ما تكون النماذج المستخدمة في حساب الإشعاع الشمسي خاصة لمناطق محددة ذات ظروف جغرافية و مناخية معينة يستلزم عند البحث عن متغيرات توفر نفس المكان و نفس الظروف [50].

أشار الباحث Gueymard [50] للأهمية الأساسية لتقييم الحد الأقصى للإشعاع الشمسي في حالة السماء صافية فيما يتعلق باستخدام مختلف التطبيقات الشمسية لاسيما تلك التي تعتمد على المكثفات الشمسية، حيث تعد نماذج السماء صافية ذات أهمية خاصة لأنها قاعدة أساسية لتطبيق معامل السحابة الذي يؤدي للإشعاع الشمسي تحت ظروف واقعية [49].

تكمن أهمية الإشعاع الشمسي في طريقة الهيليوسات (خاصة بالأقمار الاصطناعية) في حالة نموذج السماء صافية و هي نقطة بداية رئيسية لنموذج سماء ملبدة بالغيوم لاحقاً [54،55]، حيث تم اقتراح العديد من النماذج في خصوص هذا البحث [12،65].

يتم قياس الإشعاع الشمسي الكلي بشكل أكثر شيوعاً في محطات قياس الإشعاع الشمسي مقارنة بمكوناتها، لذلك تم تطوير عدد من النماذج لتقدير الإشعاع المباشر أو المنتشر للقيم العالمية تسمى هذه الأنواع من النماذج بنماذج "التحلل" أو "الفصل" [13,56] من بينهم فصل مكونات الإشعاع الشمسي الكلي إلى مكوناته، على مدى السنوات الأخيرة أفاد البحث 250 طريقة فصل قام بها 11 من باحثون، الذين اختبروا أداء عدة نماذج تم طرحها في مواقع و فترات زمنية مختلفة، في الآونة الأخيرة أيضاً تم اقتراح مخططات جديدة لحساب الإشعاع الشمسي المباشر الطبيعي باستعمال عدة معاملات، من بينها معامل الانتشار K_D (نسبة انتشار الإشعاع الكلي) و مؤشر الوضع K_T (نسبة إشعاع الكلي على إشعاع منتشر خارج الغلاف الجوي) في أوروبا.

من بين العوامل التي تؤثر في الإشعاع الشمسي تحت ظرف سماء صافية هو تعكر الجو ويرتبط بشكل أساسي بالخصائص الفيزيولوجية للهباء الجوي و محتوى الماء المترسب [49] في مناطق محددة حيث تظهر تقلبات الطور و بخار الماء القليل من التغيرات أو لا تظهر على الإطلاق، الهندسة الشمسية هي أهم عامل نماذج الإشعاع الشمسي لذلك هنالك العديد من النماذج التجريبية تستخدم زاوية الارتفاع الشمسي مثلاً و هو المتغير الوحيد الموجود في البحث.

سنتطرق إلى دراسة ثمانية نماذج للإشعاع الشمسي المباشر الذي يعتمد على عدة علاقات يتم تحليلها، و التي تعتمد على حساب كسر الانتشار K_D و غالباً ما تستخدم دالة مؤشر الوضع K_T لحسابه [22] و هذا ما سيتم دراسته أولاً.

يوجد نوعين من الخوارزميات، خطية و كثيرة حدود: الأولى تم اقتراحها من طرف Reindle واثنين من كثيري الحدود تم اقتراحها من قبل Muneer [25] و Erbs [24] هذا الأخير تمت إعادة صياغتها بالمعايير الوطنية و إدراجها كمرجع لتقييم الأداء [26] كما أن نموذج Munner

يوفر قاعدة مواءمة لمتوسط المنحنى العالمي بناءً على المنحنيات التي تم الحصول عليها من أنحاء العالم [27] حيث تعد نماذج التحلل أو الفصل الأكثر إستعمالاً لبساطتها و عدم تعقيدها و اعتمادها على معامل الانتشار K_D في حساباتها المستمرة.

تعتبر نماذج زاوية الارتفاع الشمسي ذات المتغير الواحد الأكثر فاعلية خاصة عند تطبيقها في المعاملات المكيفة محلياً، في هاته الحالة اختار الباحثون "مدريد" نموذج Robledo-solar [31]، يمكن اعتبار مركبات معامل الانتشار و زاوية الارتفاع الشمسي المستعملة في حساب الإشعاع الشمسي المباشر أيضاً بأنها مقترحة في نموذج Reindl Et Al و منه فهو يتضمن كافة متغيرات الإدخال. كما هو الحال بالنسبة ل Louche [28] و Maxwell [29] فهي أيضاً تستخدم هاته النماذج، التي تم الإستشهاد بها على نطاق واسع في البحوث العلمية [13,37,27] باستعمال مؤشر الوضوح لنمذجة نفاذية الغلاف الجوي بدلاً من كسر الإنتشار كما هو معروف سابقاً، في هاته الحالة يضرب الإشعاع المباشر في نفاذية خارج الغلاف الجوي.

نموذج السماء الصافية المستخدم (نموذج الأطلس الأوروبي للإشعاع الشمسي ESRA) يكون معامل التعكر هو المتغير الرئيسي، حيث اتضح بمرور الأيام أن هذا المعامل يعتبر بشكل أساسي دالة للهباء الجوي و بخار الماء و يتغير من 3 أيام (أيام صافية) إلى 7 (سماة شديدة التلوث) [30] و لمعرفة هذا العامل يستلزم موقع و زمان محددة لنتائج أكثر دقة في نموذج ESRA.

نماذج الثمانية المشار إليها في هذا البحث هي: نموذج Reindle1، نموذج Erbs، نموذج Muneer، نموذج Lounche، نموذج Reindle2، نموذج Robledo-solar، نموذج Maxwell و نموذج ESRA.

II-4-1 الظروف المناخية و البيانات التجريبية: تتمتع مدريد بمناخ متوسطي قاري يتميز بالكثير

من الأراضي الداخلية حيث ترجع الميزات القارية لتأثير الحد البحري عليها، يتميز هذا النوع من المناخ

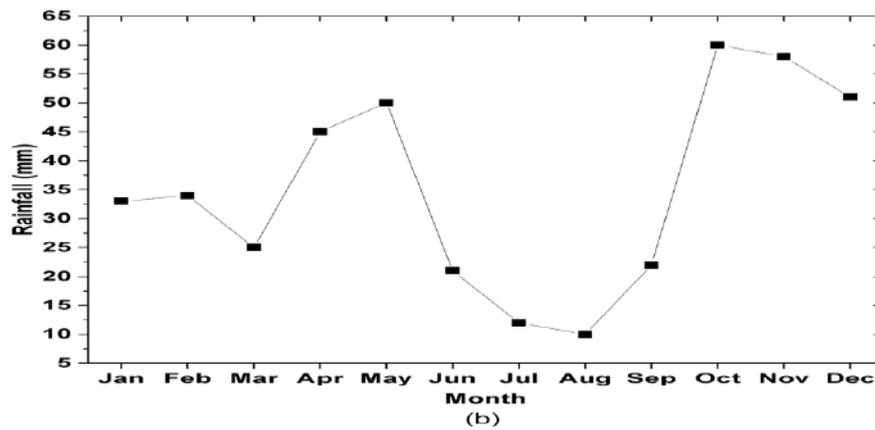
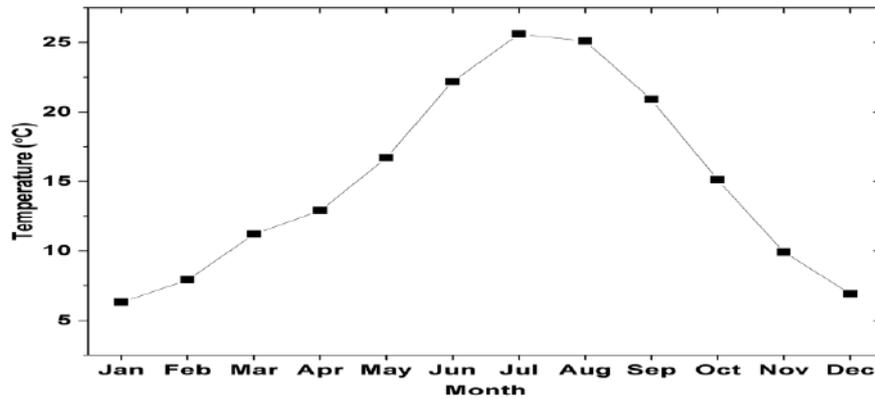
بتغيرات نهائية و موسمية واسعة في انخفاض درجات الحرارة و عند هطول الأمطار بدون انتظام، شتاء

قاري بارد و صيف دافئ و صافي حيث يوضح الشكل (II-8) التطور السنوي للقيم المتوسطة لدرجة

الحرارة و هطول الأمطار لمديريد في فترة 1981-2010، تتفاوت درجة الحرارة بين 25.6° درجة مئوية

في يوليو و 6.3° درجة مئوية في يناير، و تتراوح هطول الأمطار من 60 ملم إلى 10 ملم في

أغسطس، من المتوقع أن تكون نتائج الدراسة قابلة للتطبيق على مناطق ذات خصائص مناخية متشابهة.



الشكل (II-8): يبين القيم المناخية لدرجة الحرارة وهطول الأمطار بدلالة الشهور بمنطقة مدريد،

فترة 1981-2010 (البيانات متحصلة عليها من طرف AEMET).

تتكون البيانات التجريبية المستخدمة في هذا العمل من قياسات الإشعاع الشمسي الكلي و الإشعاع المنتشر و المباشر على سطح أفقي توفره الوكالة الوطنية للأرصاد الجوية AEMET من محطة القياس الإشعاعي الموجودة في مدريد [32]، تحت إحداثيات جغرافية لخط العرض و خط الطول $27'40^\circ$ و $43'3^\circ$ على التوالي على ارتفاع 663 م فوق مستوى البحر، تم استناد البيانات على مدار كل ساعة ما بين سنة 1980-2011، و بيانات النموذج المستعمل خلال 1980-2004، و خلال 2005-2011 تم استعمال البيانات لمقارنة النماذج الأصلية و المكيفة محليا، و كانت متوفرة كل يوم ما بين ساعة 5:00 إلى الساعة 20:00، و تتوافق قيمة الإشعاع في وقت محدد مع متوسط ساعة المذكورة سابقا حيث يتم التعبير عن الإشعاع بالتوقيت الشمسي الحقيقي TST. تم الحصول على بيانات الإشعاع الكلي و المنشور من أجهزة الاستشعار ثنائية المعدن SIAP حتى عام 1983، تم الحصول على بيانات الإشعاع الشمسي المباشر باستخدام أجهزة الاستشعار المباشرة، حيث تم تثبيت أجهزة الاستشعار المباشرة بقرب ظل المتتبع الشمسي التقليدي عام 2001 و من أجل ذلك تم استعمال نموذج المتتبع الشمسي التلقائي، حيث تتم معايرة كل مستشعر مرتين سنويا في المركز الوطني للإشعاع الشمسي في مدريد، مع إشارة لمقياس درجة الحرارة.

II-4-2 تقييم أداء النماذج في حالة السماء صافية: الهدف في هذا القسم تصنيف البيانات إلى

ظروف سماء مختلفة لتقييم أداء النماذج الثمانية لحساب الإشعاع المباشر تحت سماء صافية.

II-4-2-1 مناقشة بيانات سماء صافية:

تم تصنيف البيانات في ظروف سماء صافية قبل تطبيق النماذج، على حسب معايير مختلفة بما في ذلك نسبة السماء، الغطاء السحابي، مؤشر صفاء السماء بيرز و مؤشر الوضوح على سبيل المثال لا الحصر [27،33،34]. نطبق على اثنين من بينهم، مؤشر الوضوح K_T و يستخدم هذا المؤشر بشكل

عام عند قياس الاشعاع الشمسي الذي يمكن الوصول اليه بسهولة و هو الاشعاع الكلي الأفقي و يستعمل كمتغير في بعض النماذج. و مؤشر الوضوح بيرز الذي تم اقتراحه في نموذج بيرز [14] و يعتبر المؤشر الأكثر تطورا لأنه مقيم بدقة عالية. يكتب بالعلاقة الموالية:

$$\varepsilon = \frac{\frac{D_h + B_n}{D_h} + K\theta^3}{1 + K\theta^3} \quad (31)$$

حيث:

D_h : شعاع الأفقي المنتشر.

B_n : شعاع المباشر العادي.

θ : زاوية السمات الرأسية.

K : ثابت قيمته 1.041.

يمثل الجدول التالي ثمان فئات السحب (تغير السماء) يتم تعريفها على حسب قيمة ε ، حيث الفئة 1 تتوافق كليا معه، بينما الفئة 8 تتوافق مع السماء صافية، يمكن تصنيف القيمة ε على حسب حالة السماء، ملبدة، معتدلة وصافية.

الجدول (II-2): نطاق قيم مؤشر وضوح السماء ε من أجل أحوال للسماء، ملبدة، معتدلة و صافية.

Bin no.	Sky conditions	ε
1-2	Overcast skies	1-1.23
3-6	Intermediate skies	1.23-4.5
7-8	Clear skies	4.5

حيث اختيرت قيمة ε على حدود منخفضة لبيانات سماء صافية أي $\varepsilon = 5$ ، بالمقابل الفئة 8 وجزء 7، و تعطى عبارة مؤشر الوضوح:

$$K_t = \frac{G_h}{I_0 \cdot \sin \alpha} \quad (32)$$

حيث: G_h : الشعاع الأفقي الكلي.

$$I_0 = I_{sc} \cdot E_0 \quad \text{حيث: } I_0 \text{ : الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي، عبارته:}$$

بحيث I_{sc} ثابت شمسي و E_0 يمثل معامل التصحيح للمسافة بين الأرض و الشمس، و يحسب:

$$E_0 = 1.00011 + 0.034221 \cdot \cos \Gamma + 0.001280 \cdot \sin \Gamma + 0.000719 \cdot \cos 2 \cdot \Gamma + 0.000077 \cdot \sin 2 \cdot \Gamma \quad (33)$$

حيث:

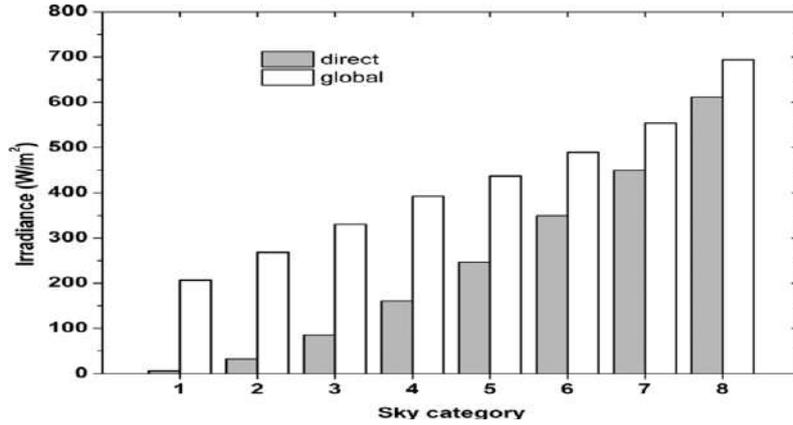
Γ : زاوية اليوم و تعطى لكل يوم (j) من ايام السنة.

و تحسب:

$$\Gamma = \frac{2 \cdot \pi \cdot j}{365.25} \quad (34)$$

تقدر القيمة الدنيا لمؤشر الوضوح ب $K_t = 0.6$ في حالة سماء صافية.

في شكل (9-II) تم تصنيف بيانات المقدمة من طرف بيرز للمؤشر E الموضح، متوسط القيم للإشعاع الأفقي المباشر و الكلي لكل التصنيفات المقدمة في مدة 25 سنة من 1980 إلى 2004، من المتوقع ان نلاحظ النسبة اشعاع المباشر على اشعاع الأفقي الكلي تزداد بنقصان سحابة السماء.



الشكل (II-9): متوسط الاشعاع الشمسي الكلي و الأفقي المباشر لكل فئات السماء في مدريد للفترة ما بين 1980-2004.

في حالة تطبيق $\varepsilon > 5$ يتم اختيار 32% من بيانات في حالة سماء صافية و في شرط تطبيق $K_T > 0.6$ يتم اختيار 60% من البيانات، نلاحظ الشرط الأول هو الأكثر تحديداً، و مع ذلك عند تطبيق الشرط الثاني بناء على بيانات الشرط الأول تتم إزالة 1% من البيانات كحد أقصى، و بالتالي 31% من مجموع البيانات التي يتم استعمالها في هذا العمل و هاته النسبة لا تتغير بشكل ملحوظ و ستكون نتائج مشابهة في حالة تطبيق المعيار ε وحده.

II-2-4-2- وصف النماذج (معادلات رياضية):

فيما يتعلق بنماذج كسر الانتشار فهي تعتمد على علاقة K_D-K_T (الموضحة في المقدمة)، هذا النوع من النماذج يستعمل لتقدير الشعاع الأفقي المنتشر كما تم الإشارة في آخر الصحيفة [38.22] مؤشر الوضوح K_t الذي سبق ذكره في عبارة (32) و من ثم تحديد كسر الانتشار بالفعل:

$$K_D = \frac{D_h}{G_h} \quad (35)$$

حيث: D_h و G_h شعاعي الانتشار الأفقي والكلي على التوالي، في البداية نموذج K_D-K_T كان مقدم لحساب شعاع المنتشر على أية حال، ليعتبره الباحثون الآخرون [26،18،57] بأن لديه ميزة لحساب

الشعاع المباشر، بعد هاته الفكرة في هذا العمل يمكننا استنتاج الشعاع المباشر الأفقي من خلال الفرق الحاصل بين الشعاع المنتشر و الشعاع الكلي:

$$B_h = G_h - D_h = G_h - G_h \cdot K_d = G_h \cdot (1 - K_d) \quad (36)$$

II-4-2-3 مقارنة بين النماذج و تحليل أداء باستخدام مجال الخطأ:

تم تطبيق النماذج المذكورة في القسم 4-2-2 في حالة بيانات السماء صافية المختارة في مدة 25 سنة (1980-2004). كما تتم مقارنة القيم و تقاس بالنسبة للشعاع الأفقي المباشر في الشكل 12 بالنسبة لنموذج المقترح في الشكل، أما بالنسبة لنموذج ESRA فهو لا يحتوي على معاملات تجريبية و لكن دقتها تتعلق بالمعرفة المناسبة لموقع TLM2، حيث قيم TLM2 مدروسة من طرف Remound و آخرون [43]، تتضمن قيم شهرية التي تم حصول عليها في مشروع بيانات الإشعاع الشمسي (SODA) فترة 1981-1990، في المنحنى المبين في الشكل (II-12) يصور لكل نموذج عدد أزواج البيانات المستخدمة في المقارنة (23 229)، كما يوضح الشكل الانطباع الاول لأداء النماذج و هكذا. النماذج المعتمدة على معامل الانتشار (Reid1, Reind2, Erbs and Muneer) تقلل من القيم المقاسة، في حالة نموذج ماكسويل تعتمد الانحرافات على قيمة الإشعاع و من المتوقع حدوث أخطاء أكثر لقيم الإشعاع، و بالنسبة لبقية النماذج يتم الحصول على أخطاء أقل. يتم استخدام مؤشرين إحصائيين لاختبار أداء النماذج، [44] متوسط الجذر التربيعي للخطأ (RMSE) و متوسط خطأ التحيز (MBE)، و تعين هاته المؤشرات بالنسبة المئوية للقيم المتوسطة، و تحسب بالعبرة التالية:

$$RMSE(\%) = \frac{100}{\langle M_i \rangle} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (E_i - M_i)^2} \quad (50)$$

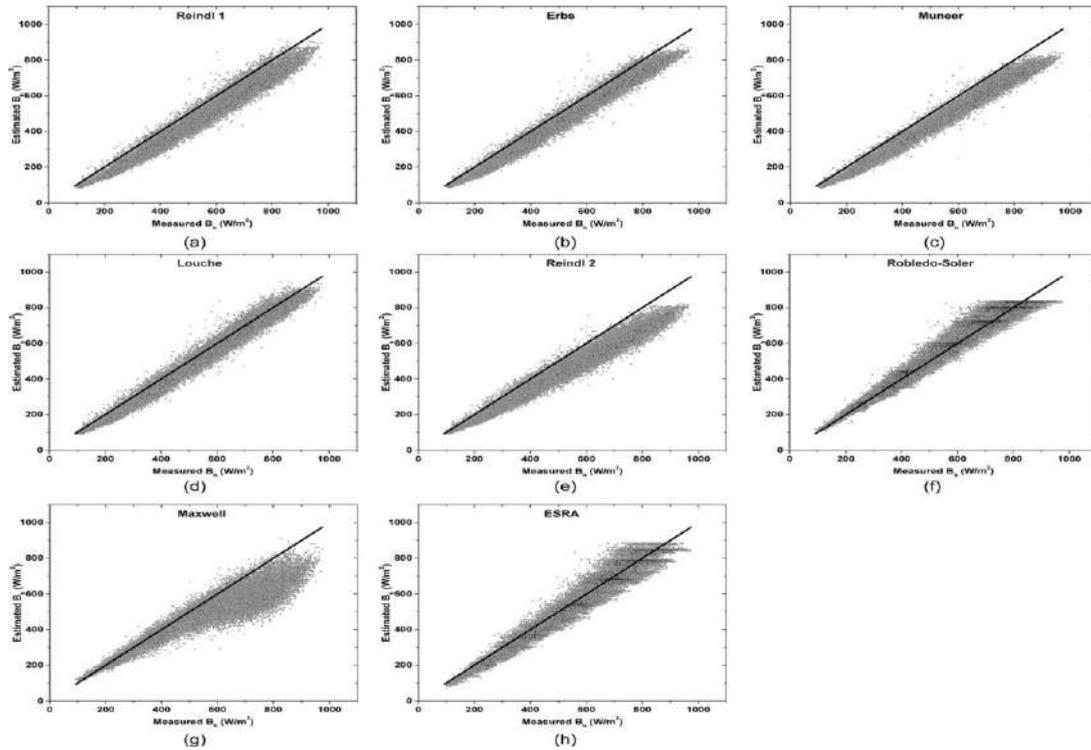
$$MBE(\%) = \frac{100}{\langle M_i \rangle} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (E_i - M_i)$$

حيث:

E_i و M_i : القيم المقدرة و المقاسة على التوالي.

$\langle M_i \rangle$: القيم المتوسطة للقيم المقاسة.

N : العدد الكلي للبيانات في عملية المقارنة.



الشكل (II-10): القيم المقدرة في حالة سماء صافية للإشعاع الأفقي المباشر مقابل القيم المقاسة لثمان نماذج المقدمة في قسم 4-2-2 لفترة 1980-2004.

تم أخذ أربع نطاقات من زوايا الارتفاع لتقييم كل نموذج. في الجدول (II-3)، تم الحصول على عدد البيانات و القيمة المتوسطة للإشعاع من البيانات المقاسة و القيم المقابلة لكل نطاق من زوايا الارتفاع الشمسي.

الجدول (II-3): عدد البيانات (N) ومتوسط الإشعاع الأفقي المباشر المقاسة في مدريد لمختلف زوايا الارتفاع وإجمالي البيانات لفترة 1980-2004.

α	<20'	20°-40'	40°-60'	>60'	Total
N	1526	8180	8646	4877	23 229
Mean B_h (W/m ²)	208.29	416.09	653.97	800.79	571.75

في الجدول (II-4): تعطى قيم MBE و $RMSE$ لكل نموذج و لكل نطاق من زوايا ارتفاع، حيث قيم $RMSE$ في هذا الجدول توضح افضل أداء للنماذج، بالنسبة لنموذج $Maxwell$ تكون زاوية الارتفاع $20^\circ < \alpha$ ، نموذج $Robledo-solar$ تكون ما بين $20^\circ - 40^\circ$ ، و $Louche$ تكون $40^\circ > \alpha$.

يمكن رؤية أكبر خطأ في نموذجين $Maxwell$ و $Reindl2$ ، حيث من المفترض لما ينخفض الخطأ تنخفض زاوية الارتفاع على عكس حالة نموذج $Maxwell$ حيث هذا المتغير يزيد، و الخطأ يزيد ايضا في بقية النماذج التي بها قيمة $RMSE$ تتراوح تقريبا ما بين 8% و 14% لكل مجموع البيانات، كما توجد اختلافات طفيفة ضمن نطاق زاوية الارتفاع، يمكن الحصول على أدنى قيمة ل $RMSE$ في نموذج LO بخصوص MBE يتم الحصول على قيم صغيرة جدا في حالة نموذج $Robledo-Solar$ و $ESRA$ مما يشير الى عدم وجود ميل نحو التقليل أو المبالغة، اما بقية النماذج في معظم الحالات تميل نحو الاستخفاف. في الختام نستنتج ان النماذج $Robledo-solar$ ، $Louche$ و $ESRA$ هي التي تظهر

أفضل أداء، و النماذج التي تعتمد على العلاقة Kd-Kt (Munner و Reindl1,Erbs) هي التي تملك أكثر الأخطاء بالرغم من ان قيمة RMSE اقل من 14%.
 .uche.14%

الجدول(II-4): أداء النماذج الثمانية التي تم تحليلها في قسم 2-2 لمختلف نطاق زوايا الارتفاع الشمسي و إجمالي بيانات المستمدة من فترة 2005-2011 بمدريد.

Model α	MBE (%)					RMSE(%)				
	<20°	20°-40°	40°-60°	>60°	Total	<20°	20°-40°	40°-60°	>60°	Total
Reindl 1	24.09-	20.32-	13.71-	11.54-	15.13-	26.16	21.31	14.62	12.32	16.16
Erbs	20.79-	16.80-	11.08-	9.53-	12.43-	23.33	17.92	11.93	10.30	13.44
Muneeer	22.57-	19.62-	14.49-	13.11-	15.69-	24.77	20.51	15.12	13.67	16.60
Louche	16.90-	13.09-	6.96-	5.20-	8.37-	19.90	14.59	8.39	6.58	9.88
Robledo.S	2.70	2.47-	1.45	2.68-	1.67-	8.11	8.10	7.39	7.30	7.81
Reindl 2	18.50-	18.92-	17.03-	17.73-	17.79-	21.14	20.10	17.81	18.23	19.32
Maxwell	3.11-	9.70-	15.94-	24.39-	16.43-	10.01	12.02	17.67	25.24	21.12
ESRA	17.29-	8.22-	3.61-	1.12-	4.49-	18.99	11.10	7.81	6.87	8.75

يوضح الجدول (4-II) أداء ثمانية نماذج مقابل فترة 2005-2011 و بالمقارنة بين الجدول (4-

II) و الجدول (II-5) يمكن ان نلاحظ ان عدد السنوات المستخدمة في العينة يؤثر على النتائج، ففي الجدول (II-5) يوضح أخطاء كثيرة لمجموع بيانات اقل المستعملة في هاته الحالة لسبع سنوات و مع

ذلك بعض النماذج لا تتأثر مثل غيرها،حيث نموذج Robledo-solar و ESRA لا يعدلان قيم

RMSE بشكل كبير عندما تتغير المدة الزمنية للبيانات. كما نلاحظ فيما يتعلق في مجمل أداء النماذج

نستنتج من الجدول(II-5) نفس ما وصف في الجدول(II-4) و النماذج Robledo-Solar، Louche،

و ESRA هي ايضا تظهر أفضل أداء كما وضحه الجدول الموالي:

الجدول (II-5): أداء الثمانية نماذج التي تم تحليلها في قسم 4-2-2 لمختلف نطاق زوايا الارتفاع الشمسي و اجمالي البيانات لفترة 1980-2004 في مدريد.

Model α	MBE (%)					RMSE (%)				
	<20°	20°-40°	40°-60°	>60°	Total	<20°	20°-40°	40°-60°	>60°	Total
Reindl 1	19.18-	14.14-	11.06-	9.38-	11.55-	22.1	16.2	12.53	10.51	13.23
Erbs	15.85-	11.3-	8.72-	7.4-	9.17-	19.3	13.23	10	8.57	10.71
Muneer	18.07-	14.45-	12.23-	11.04-	12.59-	20.79	15.79	13.1	11.85	13.84
Louche	11.79-	7.13-	4.37-	2.94-	4.83-	16.18	10.32	6.88	5.32	7.54
Robledo.S	0.07-	0.48	2.6	1.1	1.55	7.93	7.8	7.68	7.23	7.88
Reindl 2	13.25-	13.54-	14.91-	15.65-	14.74-	17.2	15.73	15.93	16.32	16.79
Maxwell	1.24-	4.66-	13.32-	22.06-	13.38-	7.24	8.66	15.8	23.19	18.91
ESRA	13.12-	6.59-	1.63-	1.25	2.33-	16.15	10.82	7.8	7.48	8.76

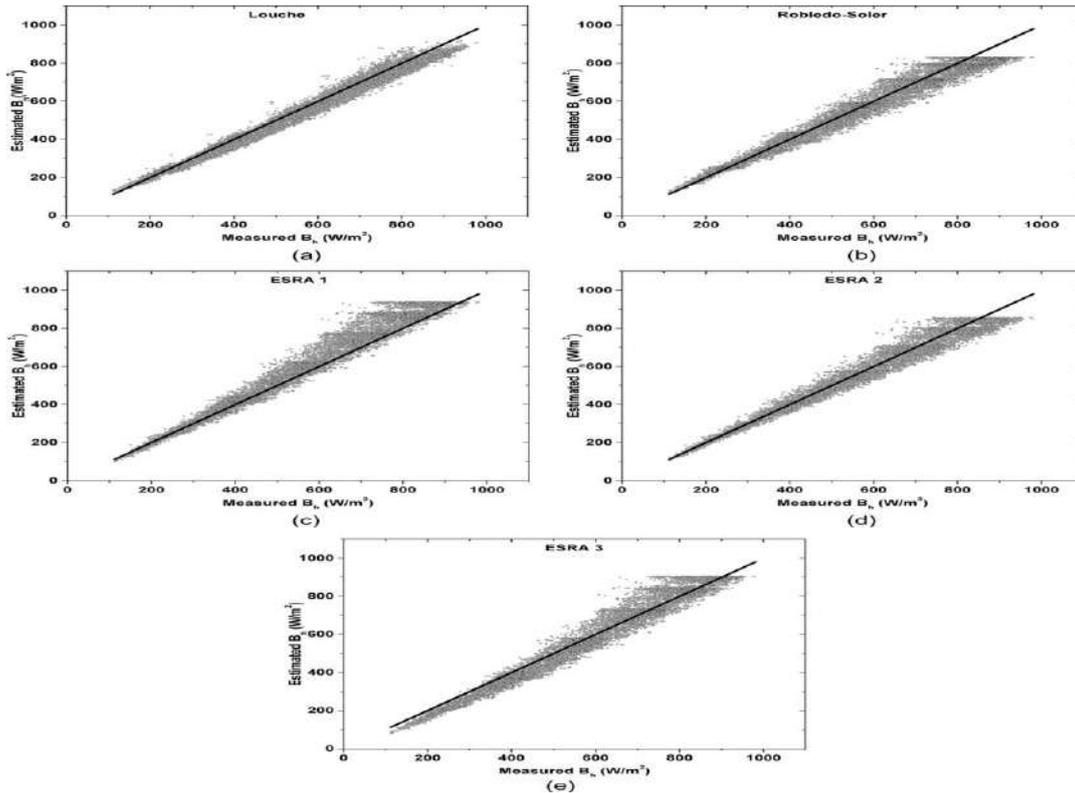
اهتمامنا بهذه النقطة هو لاختيار النماذج ذات أفضل أداء، بخصوص هذا الأمر و من خلال هذه الجداول نستنتج الخوارزميات التي تملك افضل اداء هي Louche، Robledo-Solar و ESRA التي تم اختيارها لمزيد من التحليل الذي سيتضمن الحصول على معلومات نموذجية جديدة تتكيف مع منطقة الدراسة.

II-4-3-1 أداء النماذج المُعايرة:

في هذا القسم يتم اختبار أداء المعادلات المطورة او المكيفة محليا مقابل نماذج المعايرة أو المكيفة محلياً حيث مجموع البيانات المستعملة هنا تختلف عن البيانات المستخدمة في عملية التكيف و

هاته المجموعة تتوافق مع فترة 2005-2011 و هي تعتمد على نفس المعايير المقدمة في قسم 4-2-1 حوالي 9095 من بيانات اختيرت في حالة ايام صافية السماء.

أولاً تحليل أداء المعادلتين (41) و (42) الخاصتين بنموذجين Robledo-Solar و Louche، ثانياً اختبار أداء نموذج ESRA لدراسة الثلاث المتوسطات المختلفة ل T_{Lm2} المسماة بـ (ESRA1 T_{Lm2} اليومي المحسوب من خوارزمية Bourges)، (ESRA2 (القيمة المتوسطة الشهرية ل T_{Lm2} المقدمة في الجدول (II- 06) و (ESRA3 (القيمة الثابتة ل $T_{Lm2}=3.39$). تتم مقارنة الشعاع الأفقي المباشر المقدر من النماذج المكيفة محلياً بالشعاع الأفقي المباشر المقاس الموضح في الشكل الموالي.



شكل (II- 11): القيم المقدر للشعاع الأفقي المباشر في حالة سماء صافية مقابل القيم المقاسة لنماذج Louche، Robledo-Solar و ESRA المكيفة محلياً. حيث تم تحليل أداء في فترة 2005-2011.

حيث يمثل الجدول (II-6) يوضح إحصاء الأخطاء MBE و RMSE المقدمة لمجموع البيانات المحققة و

الجدول (II-7) يوضح عدد البيانات لكل نطاق زاوية الارتفاع الشمسي الموافق لفترة 2005-2011.

الجدول (II-6): أداء نماذج المعايرة (قسم 4-3) لمختلف نطاق زوايا الارتفاع الشمسي لمجمل بيانات

المستمدة في فترة 2005-2011.

Model α	MBE (%)					RMSE (%)				
	<20°	20°-40°	40°-60°	>60°	Total	<20°	20°-40°	40°-60°	>60°	Total
Louche	0.42	4.93-	2.86-	2.42-	3.2-	7.96	7.18	5.08	4.74	5.7
Robledo-Solar	2.4	2.92-	1.73-	3.3-	2.41-	7.44	7.69	6.74	7.02	7.37
ESRA 1	2.03-	2.08	6.79	7.75	5.56	5.81	6.7	9.25	9.9	9.52
ESRA 2	1.12-	1.72-	1.85-	2.2-	1.9-	5.12	6.23	6.34	6.59	6.72
ESRA 3	16.09-	7.8-	0.15	3.35	1.48-	17	10.01	6.33	7.05	7.92

من الجدول (II-6) ايضا يمكن أن نلاحظ تحسين دقة النماذج مهم للغاية حيث الاخطاء

تتضاءل حيث Louche, Robledo-Solar, و ESRA2 تعمل افضل من بقية النماذج على وجه

التحديد، تم تخفيض إجمالي RMSE من 9.9% إلى 5.7% و 7.8% نحو 7.4% و 8.8% نحو

6.7% على التوالي. أما بخصوص الطرق الثلاثة المدروسة ل T_{Lm2} فإن ESRA2 الذي يدرس القيم

المناخية الساعية لمعامل التعكر يمنح تحسينات أفضل من الطريقتين الأخرين نظرا لأن طريقة ESRA 2

يأخذ حقيقة الاختلاف النهاري الكبير للتعكر الجوي [48] و هو أكبر من يوم لآخر (المدرّوس في

ESRA1)، حيث MBE و RMSE يقدمان أيضا انخفاض نطاق زاوية الارتفاع الشمسي لما $MBE=-$

1.9% و $RMSE=6.7\%$ بالنسبة لجميع البيانات، ESRA1 الذي يستخدم خوارزمية Bourges

أيضا له نفس الأخطاء لجميع نطاق زاوية الارتفاع الشمسي لما $MBE=5.6\%$ و $RMSE=9.5\%$

لجميع البيانات. أما في حالة ESRA3 بافتراض قيمة معامل الربط ثابتة يكون مجمل الأخطاء منخفض لما $MBE=-1.5\%$ و $RMSE=7.9\%$ لجميع البيانات، لأنه وجدت قيمة عالية في نطاق القيم المنخفضة لزوايا الارتفاع الشمسي.

الجدول (II-7): عدد البيانات (N) ومتوسط الشعاع الأفقي المباشر من البيانات المقاسة في مدريد لمختلف نطاق زاوية الارتفاع الشمسي لمجمل البيانات فترة 2005-2011.

A	<20°	20° -40°	40° -60°	>60°	Total
N	656	3334	3185	1920	9095
Mean B_h (W/m ²)	219.68	430.22	666.96	827.96	581.9

من خلال النتائج الموضحة في هذا القسم نصل لنتيجة مفادها امكانية الحصول على تحسينات

هامة عند تطبيق نماذج معلومة للإشعاع الشمسي المتكيف مع منطقة محلية معينة. تنخفض قيمة

RMSE حتى 4% في نموذج Louche و إلى 2% في نموذج ESRA، و في حالة نموذج

Robledo-Solar يوجد انخفاض لقيمة وحيدة بنسبة 0.4% نظرا لحقيقة أصل هذا النموذج الذي أسس

في مدريد ذات معاملات و المعايير المتقاربة مما يشير لدقة تحديد المعاملات الأصلية و المعلومة. ينسب

افضل اداء للنماذج Louche، ESRA2، Robledo-Solar، لقيم RMSE، 5.7%، 6.7% و

7.4% على التوالي.

الفصل الثالث:

طريقة الدراسة و إعداد البرنامج

1-III مقدمة:

بعد التطرق إلى كل تلك المفاهيم الخاصة بالإشعاع الشمسي، و التي جاءت في الفصلين الأول و الثاني. في هذا الفصل، نود القيام بوضع خطة أو طريقة لتحديد نموذج يحسب الإشعاع الشمسي بطريقة أسهل تستخدم كثيرات الحدود. لذلك سوف نتطرق لخطوات الدراسة، يليه التعرف على أهم طرق تحديد كثيرات الحدود و أخيرا وضع البرنامج.

2-III خطوات الدراسة:

رأينا في الفصل السابق أن هناك خمس معاملات أو مقادير يتأثر بتغيرها الإشعاع الشمسي بالإضافة لزمن المحلي، و هي:

- Alti: الارتفاع على سطح البحر.

- Lati: خط الطول.

- L: خط العرض.

- Nm: رقم الشهر من السنة.

- Njm: رقم اليوم من الشهر.

أي يمكن إن نكتب:

$$I_{\text{rad}} = f(t_s, \text{Alti}, \text{Lati}, L, \text{Nm}, \text{Njm}) \quad (1 - \text{III})$$

و حيث أن الدراسة تهدف لتحديد كثيرات الحدود الأنسب لتغير شدة الإشعاع الشمسي المباشر، أي أنه يكمن أن تكتب عبارة الإشعاع الشمسي كالتالي:

$$I_{rad} = f(t_s, Alti, Lati, L, Nm, Njm) \quad (2 - III)$$

حيث يجب أن تكون كثيرات الحدود زوجية، نظرا لأنها توافق تغير الإشعاع الشمسي على طول النهار الذي يأخذ شكل القطع المكافئ. لذلك نقتصر في دراستنا على كثيرات الحدود الثنائية، الرباعية و السداسية.

إذن نحن في صدد تحديد تغير المعاملات a_i بتغير المقادير الخمسة المذكورة أعلاه، و سوف نفرض أن هذا التغير يأخذ أيضا شكل كثيرات الحدود و لكن بدرجات غير مشروطة. أي يجب تحديد المعاملات الجديدة P_j بتغير كل مقدار x من المقادير الخمسة. إذن فان كل عامل a_i يكتب كالتالي:

$$a_j = \sum_{i=0}^m P_j x^j \quad (2 - III)$$

لذلك يمكن اقتراح ثلاث خطوات أساسية للدراسة و تتمثل في مايلي:

1- حساب الإشعاع الشمسي و الزمن المحلي، بتغير كل مقدار من المقادير الخمسة في مجال محدد.

2- تحديد معاملات كثيرات الحدود a_i لتغير الإشعاع الشمسي المطلوبة، و ذلك بتغير الزمن المحلي كل مقدار من الخمسة.

3- كخطوة أخيرة تحدد معاملات كثيرات الحدود P_j لتغير كل معامل a_i ، و ذلك بتغير كل مقدار. و ذلك عن طريق عملية الفلتره باستعمال الأداة cftool التي نتعرف عليها لاحقا.

و نظرا لكثرت الحسابات و صعوبتها سوف نقوم بترجمة هذه الخطة إلى برنامج يسهل هذه العملية، و ذلك باستخدام بيئة التطوير ماتلاب. قبل ذلك نفضل التعرف على الطرق الرياضية لتحديد كثيرات الحدود المقربة لتتابع، و البرامج المتوفرة لها.

III-3 طرق تحديد كثيرات الحدود المقربة لتتابع:

للقيام بهذا هناك طرق متعددة، و التي يمكن التعرف عليها نظريا و عمليا. و هذا كالتالي:

III-3-1 الطرق النظرية:

رياضيا يمكن تعويض أو تقريب أي تابع في مجال معين إلى تابع آخر، إذ تعتبر كثيرات الحدود من بين التتابع المستعملة بكثرة. رياضيا هناك طرق متعددة لتحديد تقريب التتابع، لكن يمكن تقسيم هذه الطرق إلى نمطين أساسيين و هما [17]:

أ- النمط الأول:

يكون فيه التابع الأصلي معلوم الصيغة التحليلية، إذ يكون الغرض من التقريب هنا هو أن كثيرات الحدود عبارة عن تابع بسيطة تسمح بإجراء مختلف العمليات الحسابية (التكامل، الاشتقاق الخ...).

يتضمن هذا النمط العديد من الطرق و هي:

- التقريب بواسطة سلسلة تايلور.
- التقريب بالوسط التربيعي.
- التقريب باستعمال طريقة اقل التريعات.

ب- النمط الثاني:

لا تعرف فيه لتابع صيغة تحليلية إنما قيم (تجريبية) و ذلك في عدد محدود من النقاط، و هذا النمط يعرف غالبا بالتوليد أو الاستقطاب. و يضم كذلك العديد من الطرق و هي:

- طريقة لاغرانج.
- طريقة الفروق المنتهية.
- طريقة نيوتن.

- طريقة الفروق المقسمة.

- طريقة غوص.

- طريقة لستيرليق.

- طريقة ببسل.

- طريقة الاستقطاب العكسي في حالة نقاط منتظمة.

- طريقة الاستقطاب العكسي في حالة نقاط غير منتظمة.

ملاحظة: أحيانا يمكن أن يقرب التابع لكثير حدود اقل درجة مما تحدده كل التقريبات السابقة بالأخص تقريبات النمط الثاني، أين تكون درجة كثير الحدود أقل من عدد النقاط المستخدمة بمقدار واحد. فعلى سبيل المثال إذا كانت النقاط على الاستقامة واحدة، أو تشكل جزء من قطع مكافئ ... الخ، يكون من المستحسن عندها تقريب التابع لكثيرات حدود خطي أو من الدرجة الثانية ... الخ.

III-2-3 الطرق العملية:

من اجل تحديد كثيرات الحدود الأنسب لتغيرات تابع ما، و نظرا لطول الحسابات، كثرتها و تعقيدها يستعمل في الوقت الحالي الحاسوب لتسهيل ذلك و تسريعه. حيث يمكن استعمال الحاسوب حسب إمكانياته المتوفرة فيه بطريقتين و هما:

أ- **باستعمال برمجيات معدة سلفا:** توجد العديد من البرامج المتوفرة لتحديد مثل كثيرات الحدود هذه أو غيرها من التوابع، إذا تكون هذه العملية متضمنة في هذه البرامج و تسمى الفلتر. نذكر من بين هذه البرنامج على سبيل المثال لا الحصر:

1- برنامج اكسل: بالأخص النسخ الحديثة من ميكروسوفت أوفيس، غالبا ابتداء من النسخة

2013.

2- برنامج أورجين: بالأخص النسخ الحديثة، غالبا ابتداء من النسخة التاسعة.

3- بيئات التطوير: مثل ماتلاب و التي تستدعي منه أداة عن طريق الأمر cftool، غالبا ابتداء من النسخة السابعة.

ب- باستعمال البرمجة: يمكن برمجة الحاسوب بكل سهولة للقيام بأي عمليات حسابية لحل مسألة ما، و التي من بينها مسألة تحديد كثيرات الحدود هذه. ذلك باستخدام:

1- لغات البرمجة، مثل: باسكال، فورترن، C أو ++C، JAVA، BASIC... و غيرها.

2- البرمجة باستخدام توجيه الكائنات، مثل: دالفي، ++C Builder، Script JAVA،

BASIC Visual، الواجهات الرسومية من ماتلاب أو غيره من بيئات التطوير... و غيرها.

3- بيئات التطوير، مثل: ماتلاب، سيلاب و بايثون، ... و غيرها.

III-3-3 ماتلاب و تحديد كثيرات الحدود:

العديد من البرمجيات قد لا تكون متوفرة لدينا في الغالب، إلا بنسخة تعليمية محدودة الإمكانيات و لا يمكن استخدامها بشكل واسع دوما. و من أجل حل المشكل لابد من الاستعانة بالحزم البرمجية التجارية ذات الإمكانيات الواسعة، إلا أن هذه البرامج غالية الثمن. لذلك يمكن الاستعانة ببيئة التطوير ماتلاب، ذلك لابد من التعرف على بيئة التطوير ماتلاب مع الاطلاع على أهم الأدوات المستعملة في تحديد كثيرات الحدود.

III-3-3-1 مقدمة عن ماتلاب:

إن أسم ماتلاب (أو MatLab) هو اختصار للجملة التالية (Matrix Laboratory) أي مختبر المصفوفات، و هو بيئة تطوير عالية الأداء صممت لإجراء الحسابات التقنية المتقدمة للتعبير عن المسائل المطروحة و عن حلولها، فهي تنجز الحسابات و تظهر النتائج على شكل رسومات أو منحنيات [63].

يعتبر برنامج ماتلاب البرنامج الهندسي الأكثر استخداما حول العالم فهويتعمق بالحسابات

الرياضية الهندسية و المحاكاة، و تبرز قوة برنامج ماتلاب عند التعامل مع المصفوفات [63].

III-3-3-2 بعض الأدوات المستخدمة في تحديد كثيرات الحدود:

يمكن لأي متعامل مع ماتلاب التوجه نحو المساعد Help المزود به للاكتشاف كل أدواته، و

التي من بينها تلك الخاصة بتحديد كثيرات الحدود حيث نجد أن ماتلاب يحتوي على الكثير من

الإمكانات التي تجعل المتعامل يختار الأنسب و الأجدر في مثل هذه المسائل، هذه الإمكانيات يمكن

تقسيمها إلى ثلاث أقسام و هي:

أ- أدوات المعدة سلفا: في ماتلاب هناك العديد من الأدوات أو الأوامر التي تستعمل بالخص مع كثيرات

الحدود، اهمها و التي نستعملها هاهنا نجد:

- الأمر $\text{polyfit}(x,y,n)$: يحدد معاملات كثير الحدود من الدرجة n ، انطلاقا من معرفة قيم

المتغير x على محور الفواصل و قيم y على محور الفواصل.

- الأمر $y=\text{polyval}(p,x)$: يحدد y القيم الناتجة عن تعويض قيم x في كثير الحدود ذو

المعاملات p .

ب- البرمجة باستعمال ملفات **M-file**: يمكن إدراج شيفرات البرنامج الخاص بمثل هذه المسائل مباشرة

في هذه الملفات لتصبح كأدوات متضمنة في ماتلاب، يمكن هنا كذلك للمستخدم تصميم واجهة رسومية

للبرامج المقدمة [65]

ج- أدوات الواجهة الرسومية: إن أهم أداة معدة في ماتلاب هي الأداة **cftool**، التي سوف تكون محط

اهتمامنا لأننا سوف نستخدمها في هذا البحث.

III-4 إعداد البرنامج:

كما جاء أعلاه، نقوم الآن بترجمة خطوات الدراسة إلى برنامج حسابي حيث:

1- البرنامج الرئيسي: الممثل في الشكل (1-III) و الذي ضمنه تتم عملية بدء تشغيل البرنامج، لتبدأ

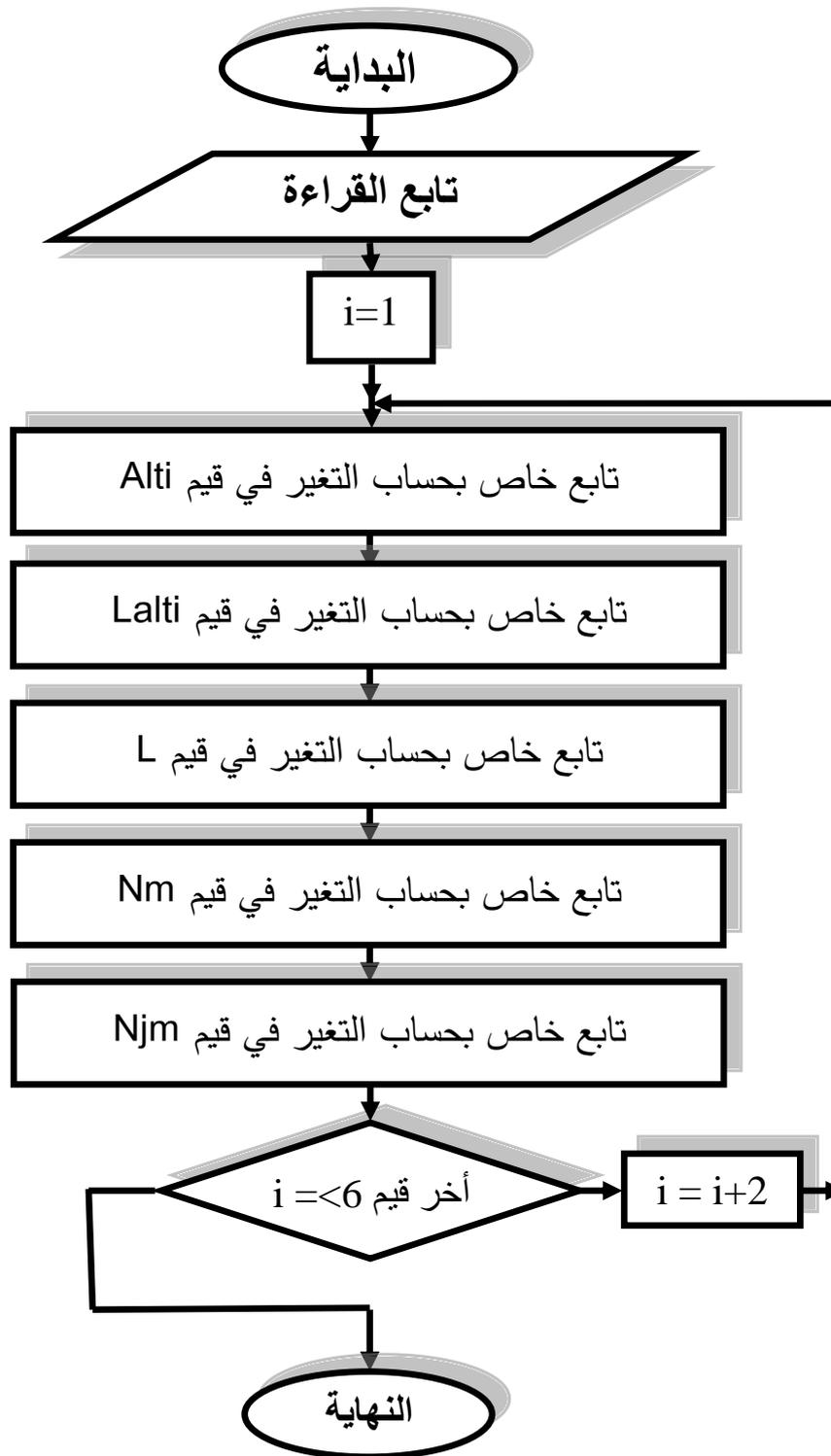
عملية الحساب، حسب تتابع الأوامر التالية:

أ- تابع قراءة اسم ملف اكسل: الذي تأخذ منه قيم المعطيات و الممثلة في الشكل (1-III) أدناه، كما تحفظ فيه نتائج الحساب. من مخرجات هذا التابع اسم ملف اكسل، و مصفوفة المعطيات. العمود الأول في الشكل (1-III) يمثل قيم بداية مجال تغير كل مقدار، بينما العمود الثاني فيمثل نهاية المجال.

ب- تكرار المتضمن في التابع الرئيسي، يتغير حسب درجة كثير الحدود، أي يتغير من 2 حتى 6 مرورا بـ4. يتضمن هذا التكرار مجموعة من التوابع يغير كل منها في واحد من المقادير، أي أن هناك خمس توابع جزئية. و هي متشابهة شكلا مع اختلاف بسيط فيما بينها، هذا الاختلاف يكون حسب المقدار المتغير فقط.

	A	B	C	D	E
1					
2	Inputdata file				
3					
4					
5		Alti	130	135	
6		S	1	1	
7		Lati	30	35	
8		Long	4	5	
9		Nm	1	12	
10		Njm	1	30	
11		n	2	6	
12					

الشكل (1-III): ملف اكسل الخاص بإدراج المعطيات مدخلة للبرنامج



الشكل (III-2): المخطط الانسيابي للتابع الرئيسي.

2- **تتابع تغير قيم المقادير:** الممثل في الشكل (III-3) يقدم إليها اسم ملف اكسل، مصفوفة المعطيات و درجة كثير الحدود. يبدأ بإنشاء شعاع قيم تغير المقدار، الذي يعتمد عليه التكرار الأول. الذي يتضمن تكرار ثاني المعتمد على عدد قيم الزمن المحلي، المحسوب قبل بداية هذا التكرار. هذا التكرار الأخير يتضمن تابع يحسب قيمة الإشعاع عند كل لحظة أو من الزمن المحلي و المحددة بمدة معينة. بعد نهاية التكرار الثاني نجد تابع يحسب المعاملات a_i لكثير الحدود المحدد و معاملات التغير الخطي الموافق، بينما بعد نهاية التكرار الأول نجد تابع حفظ النتائج. و الذي بعد نهايته نجد تابع يحسب معاملات التغير الخطي للمعاملات المحسوبة، يليه و في الأخير تابع تمثيلها النتائج.

III-5 كيفية استعمال الأداة cftool:

كما جاء أعلاه، تكتمل الدراسة بتحديد المعاملات P_i لكثيرات الحدود التي تعطي تغير المعاملات a_i بتغير كل مقدار من المقادير الخمسة. هذه الخطوة تجرى باستعمال الأداة cftool من ماتلاب دوما، حيث تمر هذه الخطوة بمراحل و هي:

1- في نافذة window تدرج قيم تغير المقدار في المتغير x ، و نغير المعامل a_i في المتغير y . ذلك بعد تحميل المصفوفة M ملف اكسل، و تكون الكتابة كالتالي:

```
>> M=xlsread(A,'d','f2:i11'); x=M(:,1); y=M(:,2);
```

2- استدعاء الأداة بكتابة هذا الأمر في نافذة window، لتظهر النافذة الممثلة في الشكل (III-4).

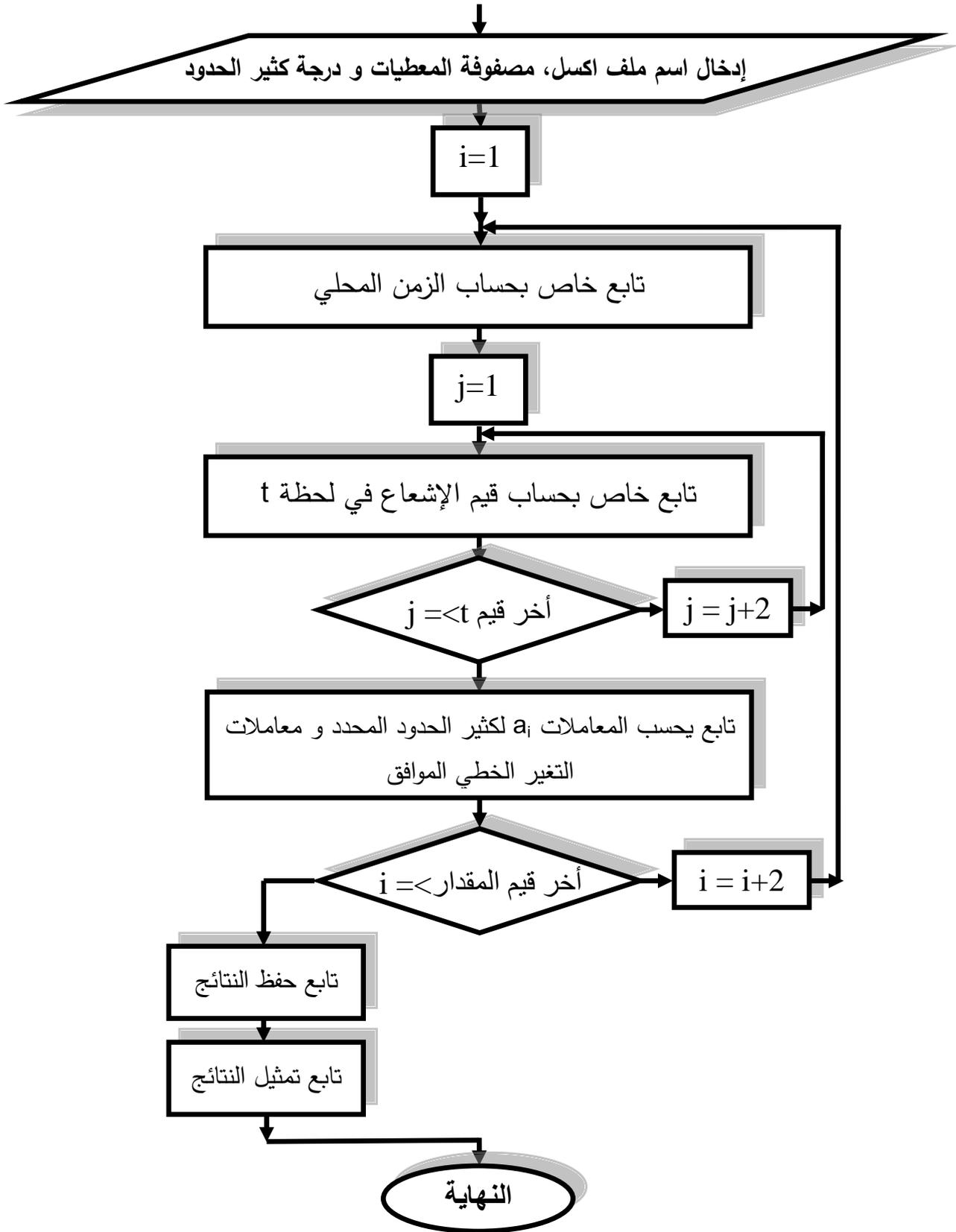
3- بالضغط على مفتاح Data يعرف كل من المتغيرين و في الأداة، كما يوضح الشكل (III-5).

4- بالضغط على مفتاح Fitting من نفس نافذة الشكل (III-4)، لتظهر النافذة الممثلة في

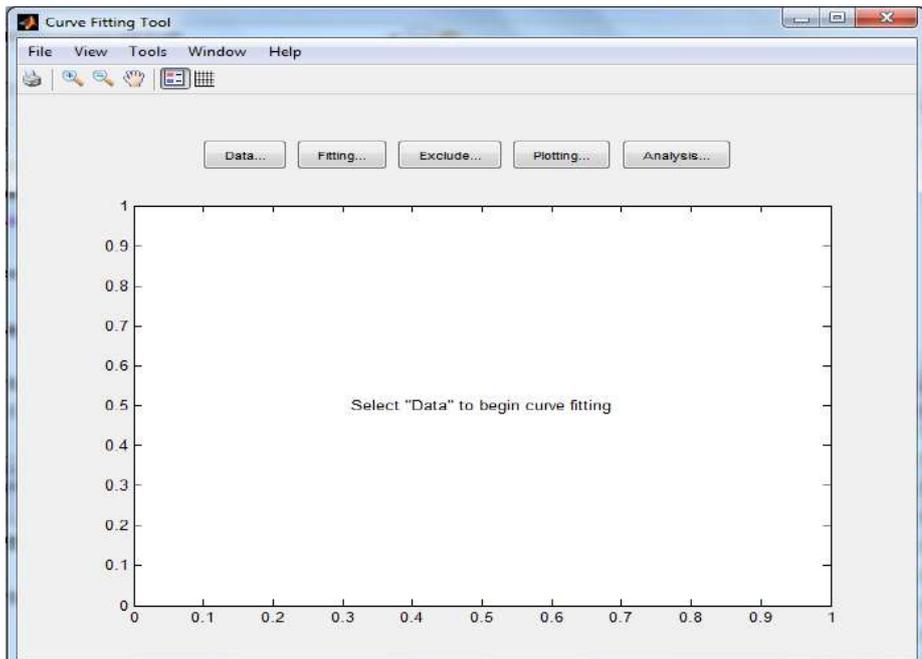
الشكل (III-6). بتنفيذ الأمر New fit عن طريق الضغط على المفتاح، يظهر الشكل (III-7) الذي

يوضح أن اختيار الفلتر باستخدام كثيرات الحدود هو الوضع الافتراضي، و بالتالي يمكننا الاختيار بكل

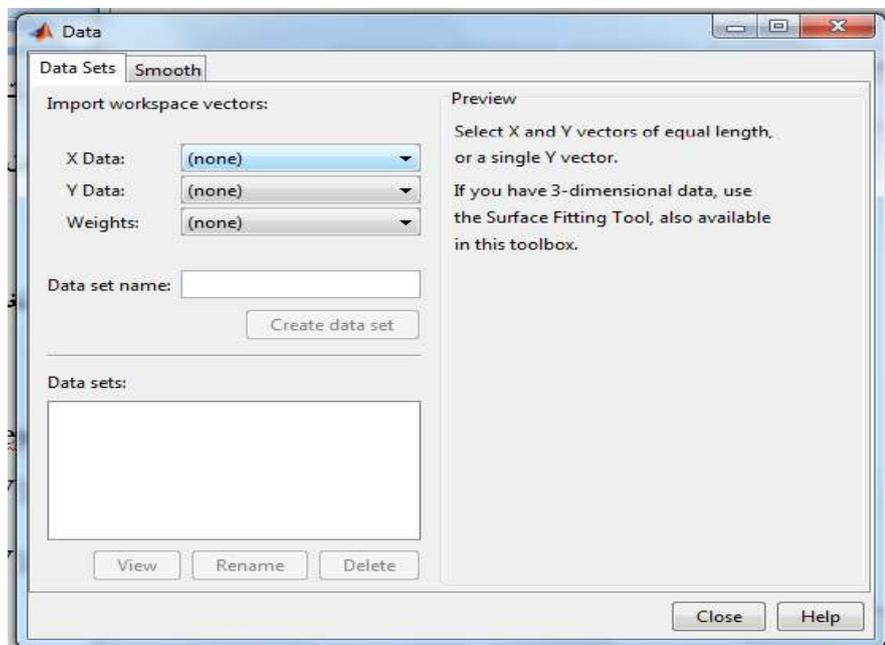
أريحية و التنفيذ باستعمال المفتاح Apply. و يمكن إعادة الاختيار باستعمال الأمر Delet.



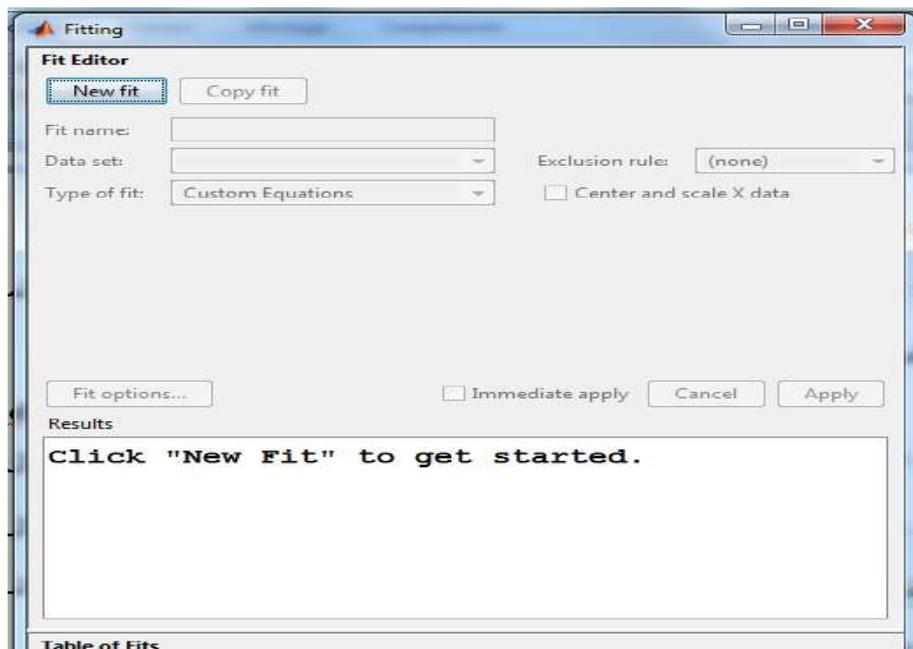
الشكل (3-III): المخطط الانسيابي لتتابع تغير قيم المقادير.



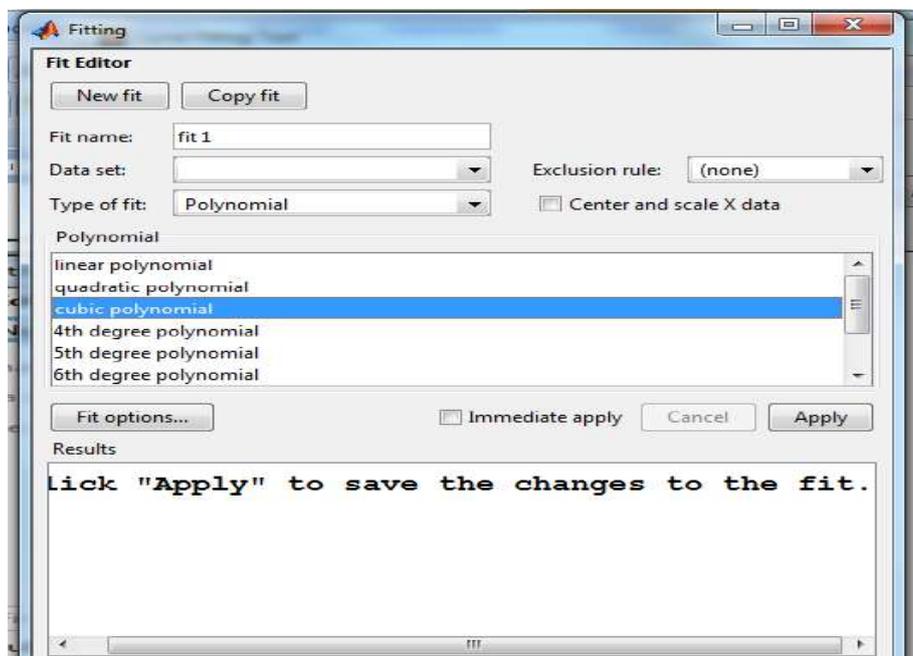
الشكل (III-4): نافذة أداة cftool.



الشكل (III-5): نافذة تعريف متغيرات الفلتر.



الشكل (III-6): نافذة اختيار نوع الفلتر.



الشكل (III-7): نافذة تطبيق الفلتر و حذفها.

الفصل الرابع:

مناقشة و تحليل النتائج

1-IV مقدمة:

في هذا الفصل الأخير من العمل نقوم بعرض النتائج المتحصل عليها من الحساب، و التي بعد تحليلها نحاول الحصول على النموذج المراد تحديده. و من ثم إعادة حساب شدة الإشعاع الشمسي باستعمال هذه النماذج و المقارنة بتلك الشدة المحسوبة أصلا. حيث في هذه الدراسة نقتصر على أن تكون النماذج عبارة عن كثيرات حدود من الدرجات الثانية ($n=2$)، الرابعة ($n=4$) و أخيرا السادسة ($n=6$).

نذكر انه في الفصل السابق عند عرض خطة الدراسة، تم تسمية المعاملات الخمسة المؤثرة في تحديد شدة الإشعاع الشمسي المباشر بالمقادير لتفرقتها بمعاملات كثيرات الحدود الخاصة بالنموذج. كما تمت تسمية هذه الأخيرة بـ a_i ، بينما تمت تسمية معاملات كثيرات الحدود الأخرى لتغير معاملات كثير حدود النموذج بتغير كل مقدار بـ P_j .

2-IV عرض النتائج :

حتى يكون تنسيق العرض واضح نفضل أن يتأسس على مبدئين، أحدهما مدمج ضمن الآخر و

هما:

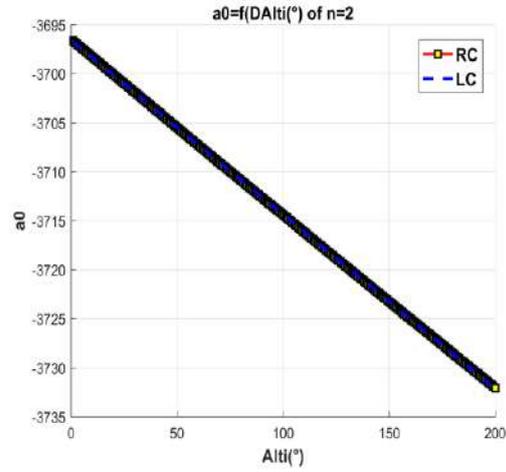
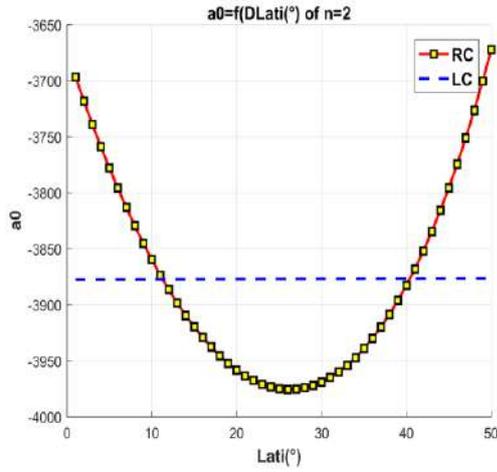
-الأساس الأول: عرض حسب درجة كثيرات الحدود.

-الأساس الثاني: عرض حسب معاملات كثيرات الحدود.

-ملاحظة: الأساس الثاني يكون مدمج في الأساس الأول، أي أن لكل درجة كثيرات الحدود يجب

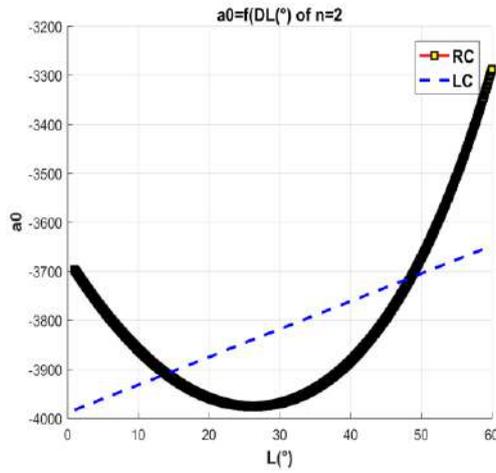
عرض جميع معاملاته.

1-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_0 لكثير الحدود من الدرجة الثانية:

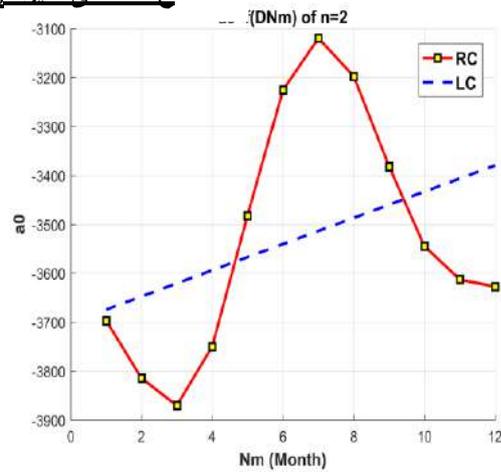
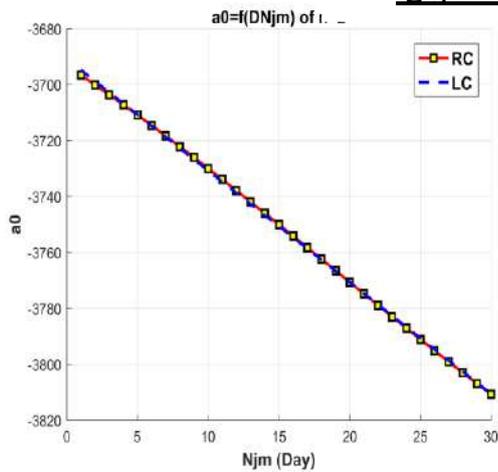


ب- منحنى تغيرات a_0 بدلالة خط الطول.

أ- منحنى تغيرات a_0 بدلالة الارتفاع على سطح البحر.



ج- منحنى تغيرات a_0 بدلالة خط العرض.

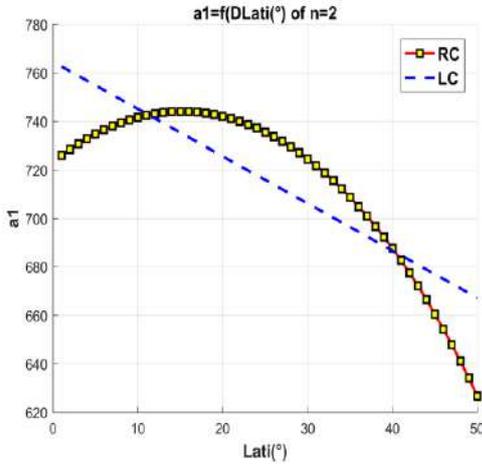


هـ- منحنى تغيرات a_0 بدلالة رقم اليوم من الشهر.

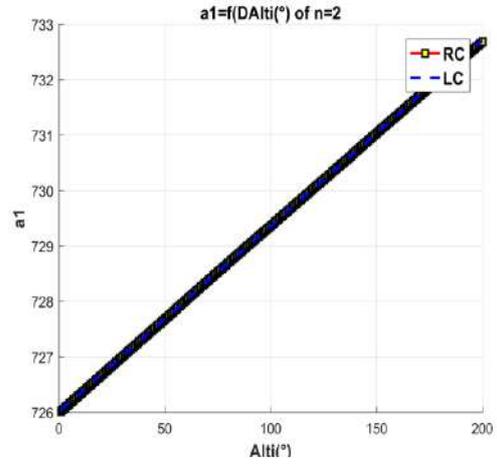
د- منحنى تغيرات a_0 بدلالة رقم الشهر من السنة.

الشكل (1-IV): تغيرات المعامل a_0 لكثيرات الحدود من الدرجة الثانية بتغيرات كل المقادير.

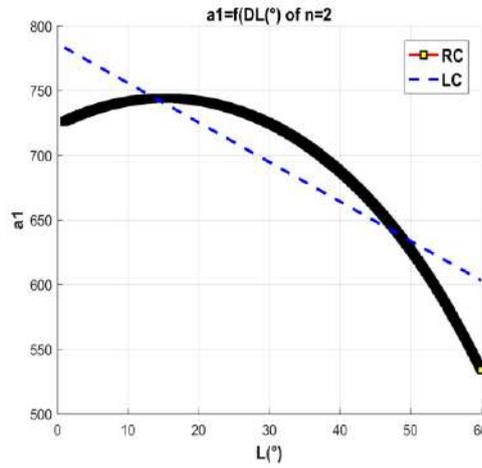
2-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_1 لكثير الحدود من الدرجة الثانية:



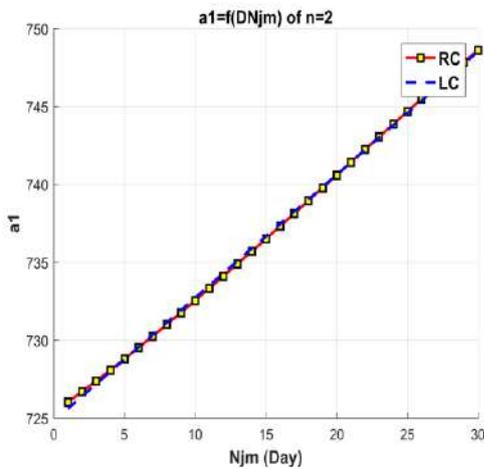
ب- منحنى تغيرات a_1 بدلالة خط الطول.



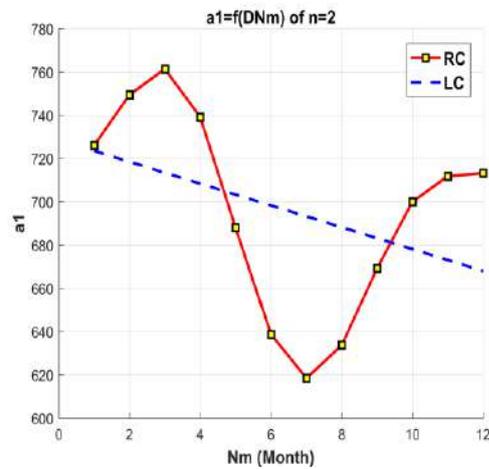
أ- منحنى تغيرات a_1 بدلالة الارتفاع على سطح البحر.



ج- منحنى تغيرات a_1 بدلالة خط العرض.



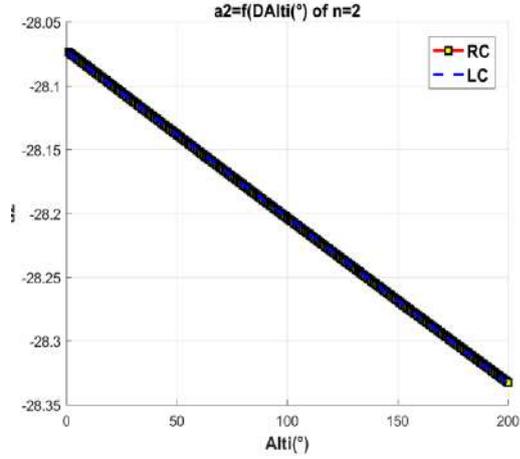
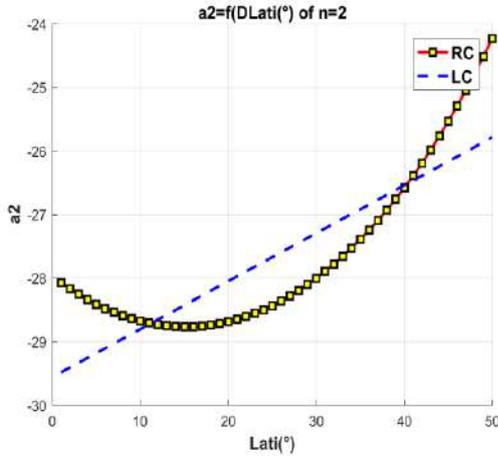
هـ- منحنى تغيرات a_1 بدلالة رقم اليوم من الشهر.



د- منحنى تغيرات a_1 بدلالة رقم الشهر من السنة.

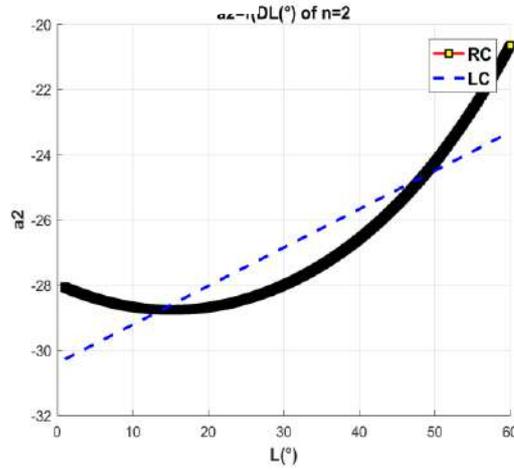
الشكل (2-IV): تغيرات المعامل a_1 لكثيرات الحدود من الدرجة الثانية بتغيرات كل المقادير.

3-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_2 لكثير الحدود من الدرجة الثانية:

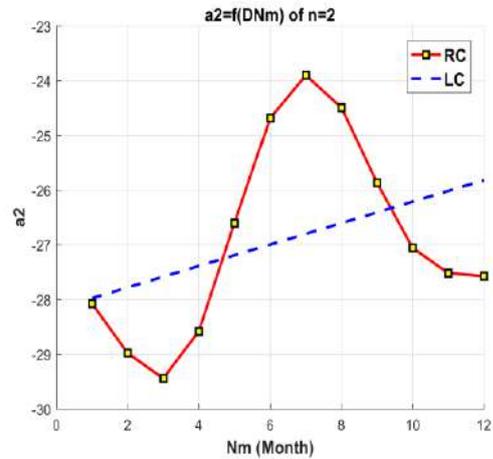
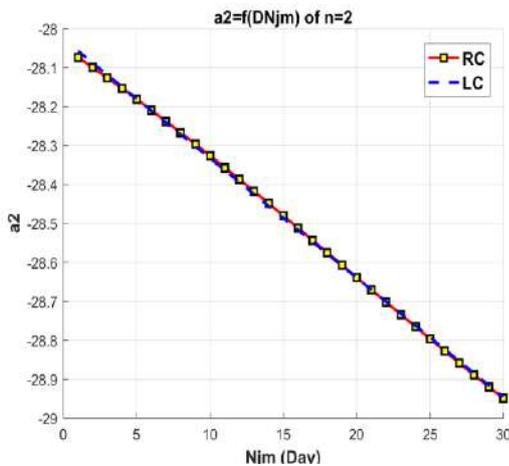


ب- منحنى تغيرات a_2 بدلالة خط الطول.

أ- منحنى تغيرات a_2 بدلالة الارتفاع على سطح البحر.



ج- منحنى تغيرات a_2 بدلالة خط العرض.

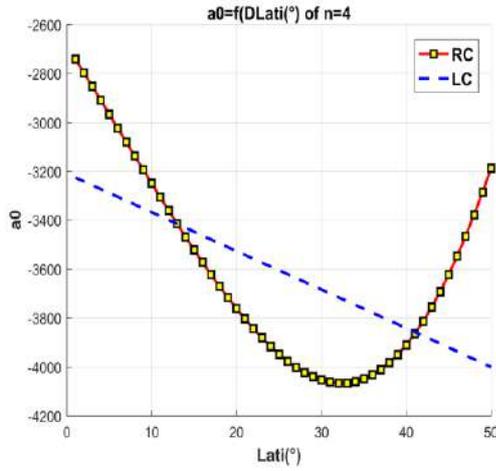


ه- منحنى تغيرات a_2 بدلالة رقم اليوم من الشهر.

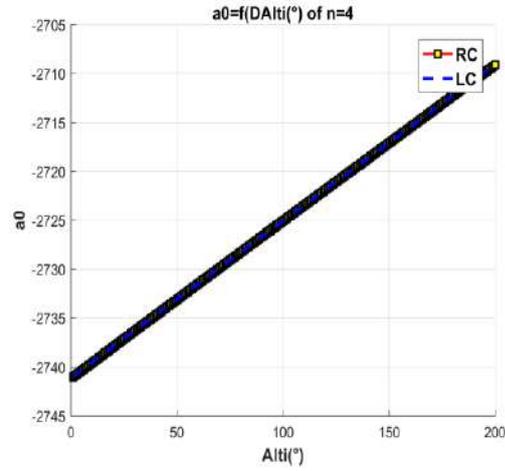
د- منحنى تغيرات a_2 بدلالة رقم الشهر من السنة.

الشكل (3-IV): تغيرات المعامل a_2 لكثيرات الحدود من الدرجة الثانية بتغيرات كل المقادير.

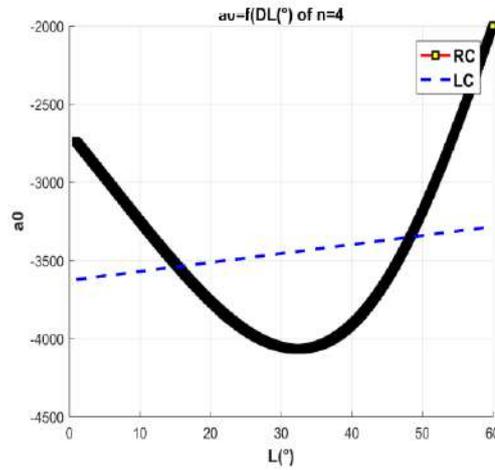
IV-2-4 عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_0 لكثير الحدود من الدرجة الرابعة:



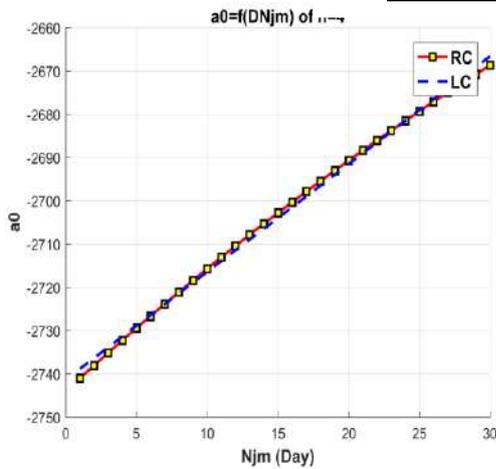
ب- منحنى تغيرات a_0 بدلالة خط الطول.



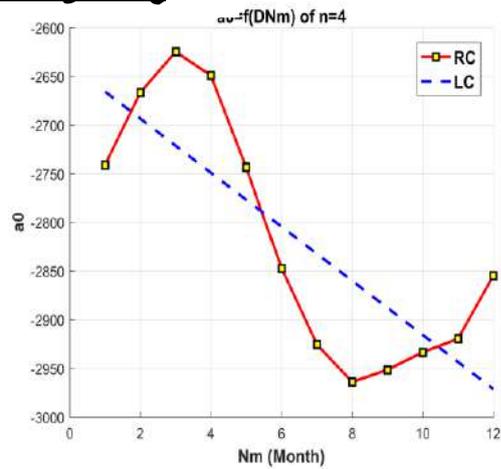
أ- منحنى تغيرات a_0 بدلالة الارتفاع على سطح البحر.



ج- منحنى تغيرات a_0 بدلالة خط العرض.



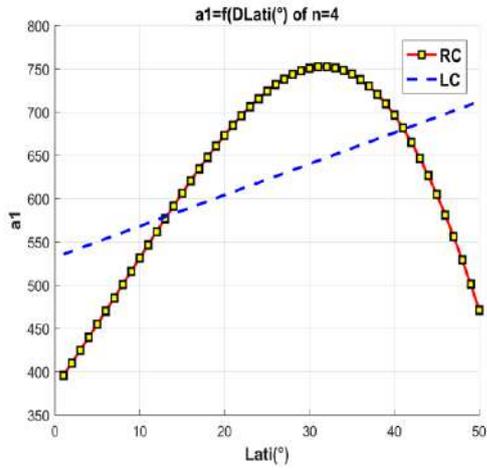
هـ- منحنى تغيرات a_0 بدلالة رقم اليوم من الشهر.



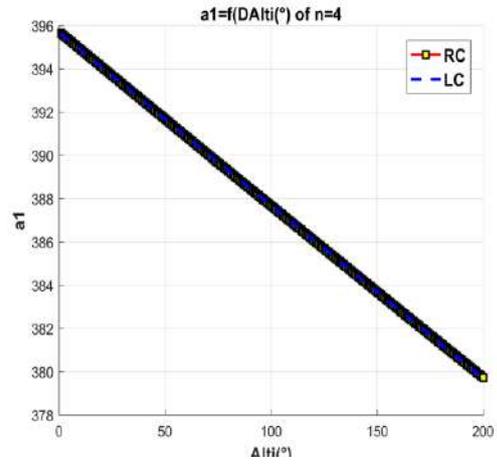
د- منحنى تغيرات a_0 بدلالة رقم الشهر من السنة.

الشكل (4-IV): تغيرات المعامل a_0 لكثيرات الحدود من الدرجة الرابعة بتغيرات كل المقادير.

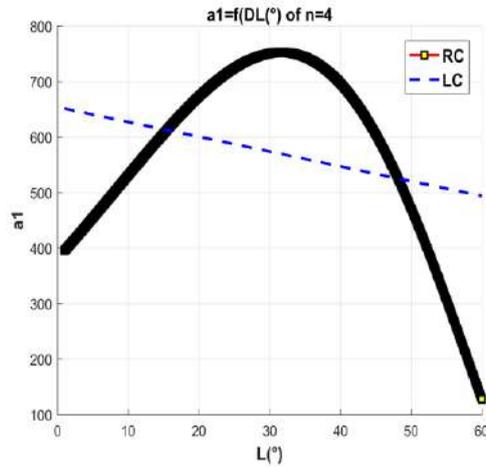
5-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_1 لكثير الحدود من الدرجة الرابعة:



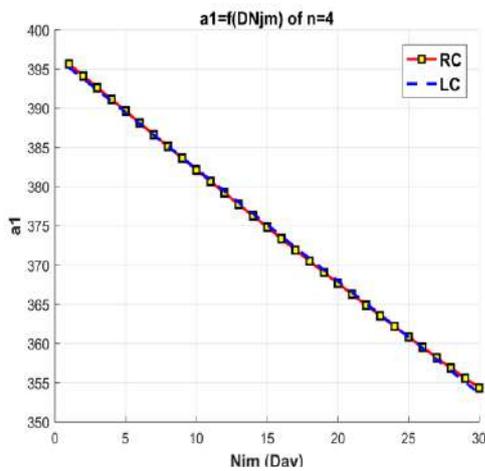
ب- منحنى تغيرات a_1 بدلالة خط الطول.



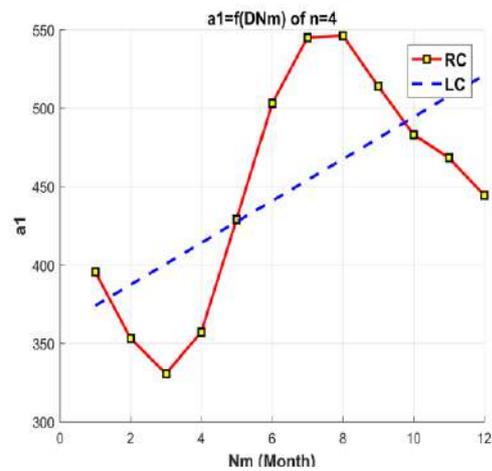
أ- منحنى تغيرات a_1 بدلالة الارتفاع على سطح البحر.



ج- منحنى تغيرات a_1 بدلالة خط العرض.



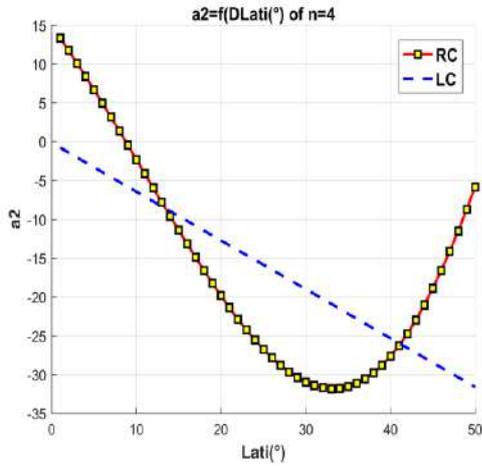
ه- منحنى تغيرات a_1 بدلالة رقم اليوم من الشهر.



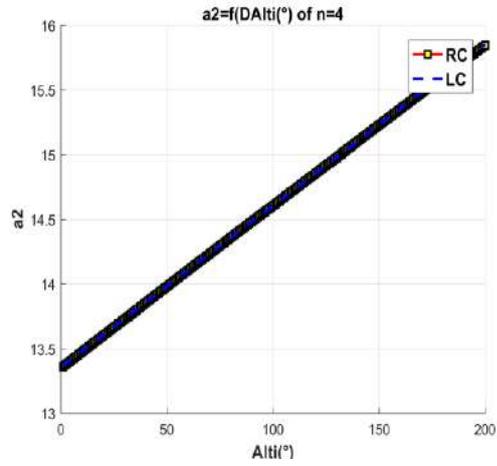
د- منحنى تغيرات a_1 بدلالة رقم الشهر من السنة.

الشكل (5-IV): تغيرات المعامل a_1 لكثيرات الحدود من الدرجة الرابعة بتغيرات كل المقادير.

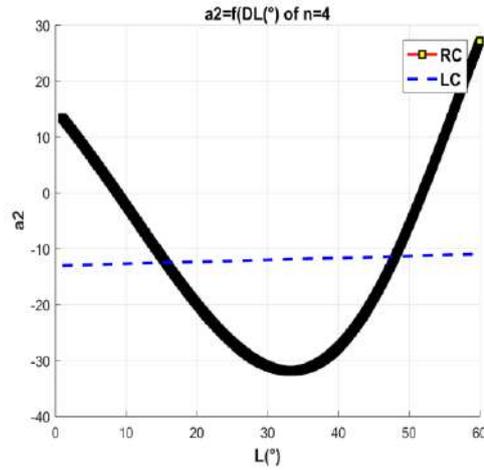
6-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_2 لكثير الحدود من الدرجة الرابعة:



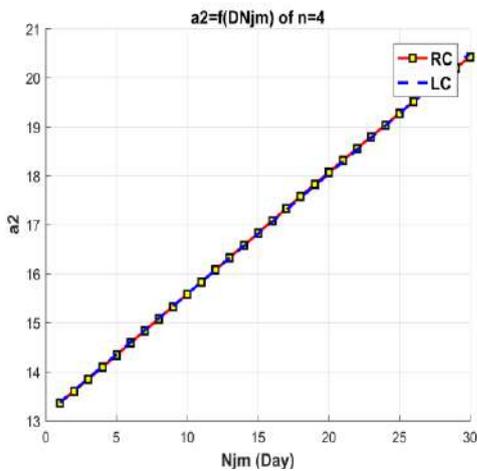
ب- منحنى تغيرات a_2 بدلالة خط الطول.



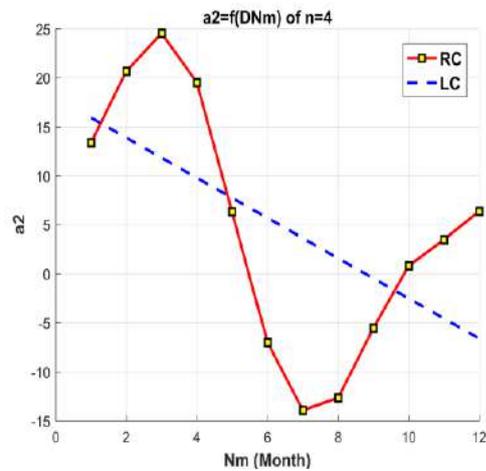
أ- منحنى تغيرات a_2 بدلالة الارتفاع على سطح البحر.



ج- منحنى تغيرات a_2 بدلالة خط العرض.



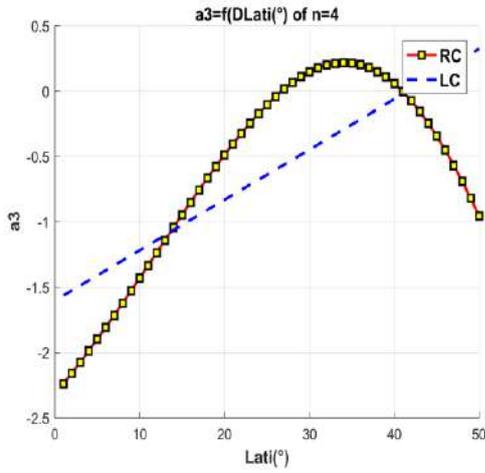
هـ- منحنى تغيرات a_2 بدلالة رقم اليوم من الشهر.



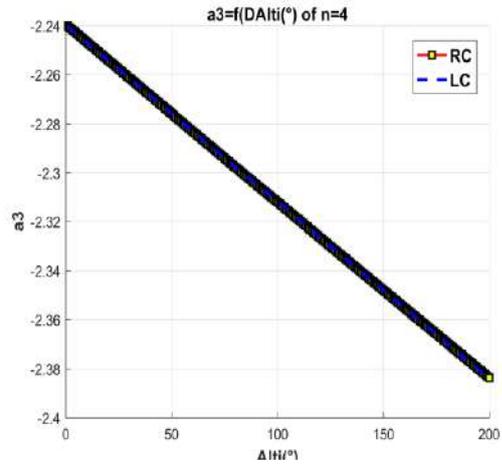
د- منحنى تغيرات a_2 بدلالة رقم الشهر من السنة.

الشكل (6-IV): تغيرات المعامل a_2 لكثيرات الحدود من الدرجة الرابعة بتغيرات كل المقادير.

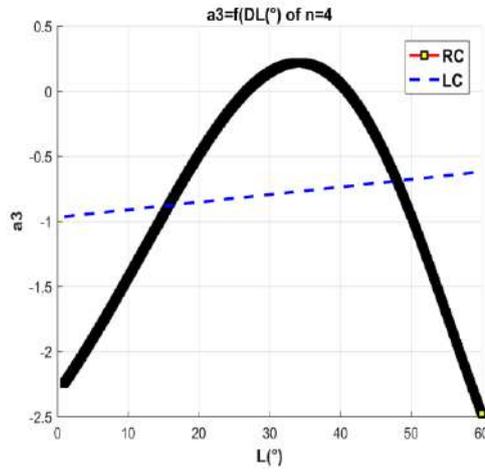
7-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_3 لكثير الحدود من الدرجة الرابعة:



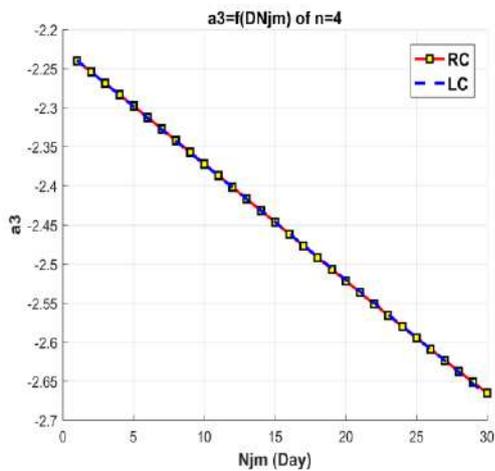
ب- منحنى تغيرات a_3 بدلالة خط الطول.



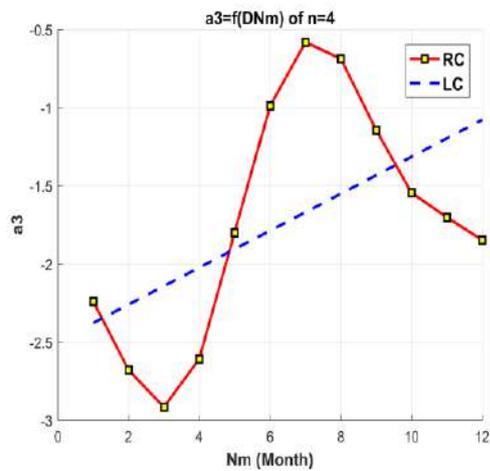
أ- منحنى تغيرات a_3 بدلالة الارتفاع على سطح البحر.



ج- منحنى تغيرات a_3 بدلالة خط العرض.



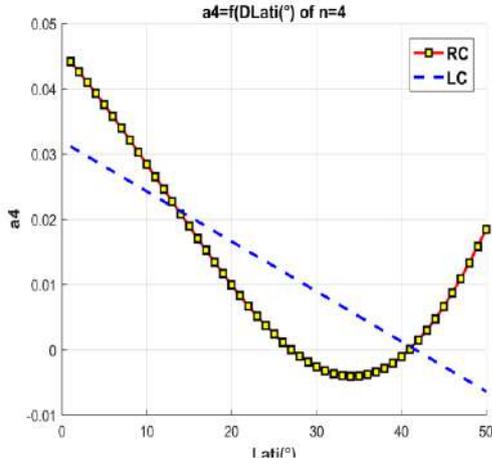
هـ- منحنى تغيرات a_3 بدلالة رقم اليوم من الشهر.



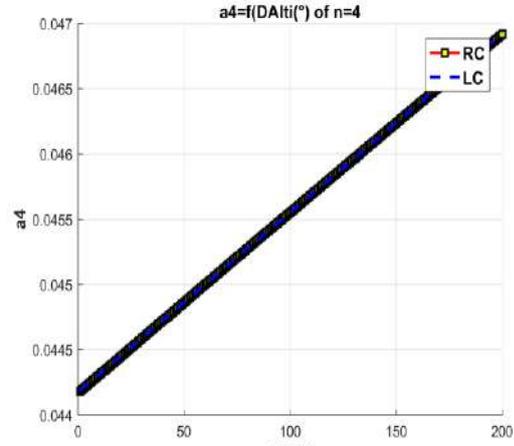
د- منحنى تغيرات a_3 بدلالة رقم الشهر من السنة.

الشكل (7-IV): تغيرات المعامل a_3 لكثيرات الحدود من الدرجة الرابعة بتغيرات كل المقادير.

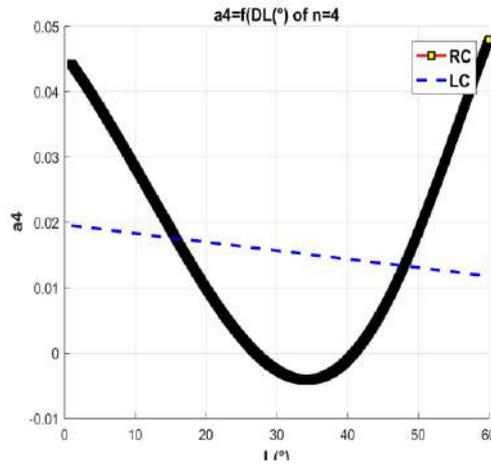
8-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_4 لكثير الحدود من الدرجة الرابعة:



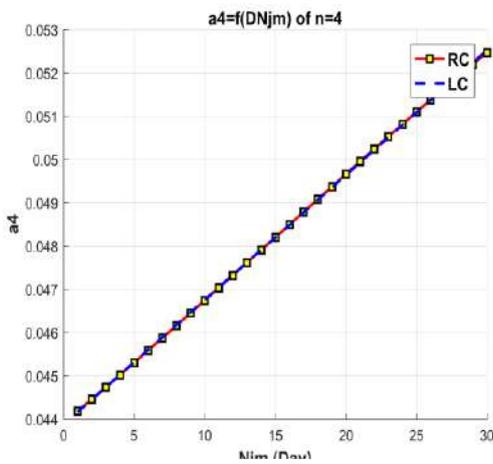
ب- منحنى تغيرات a_4 بدلالة خط الطول.



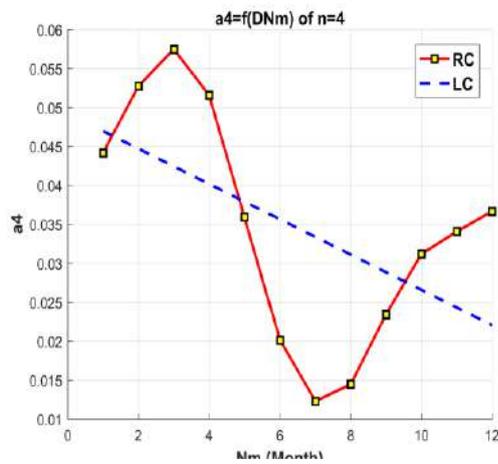
أ- منحنى تغيرات a_4 بدلالة الارتفاع على سطح البحر.



ج- منحنى تغيرات a_4 بدلالة خط العرض.



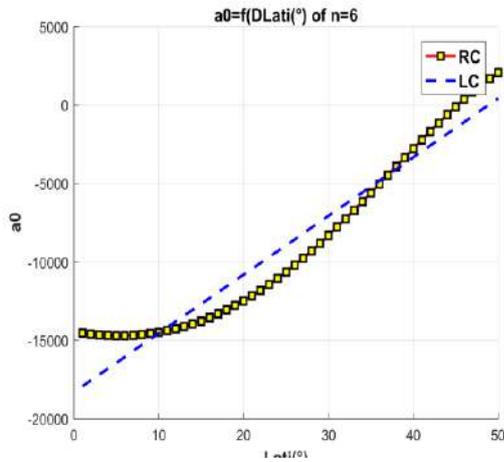
هـ- منحنى تغيرات a_4 بدلالة رقم اليوم من الشهر.



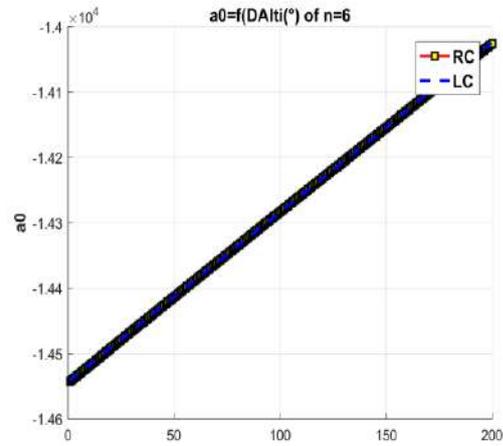
د- منحنى تغيرات a_4 بدلالة رقم الشهر من السنة.

الشكل (8-IV): تغيرات المعامل a_4 لكثيرات الحدود من الدرجة الرابعة بتغيرات كل المقادير.

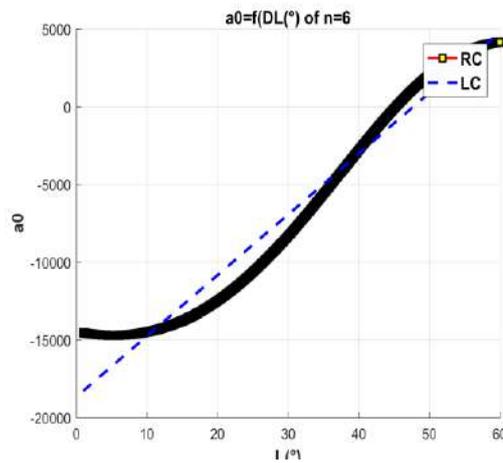
9-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_0 لكثير الحدود من الدرجة السادسة:



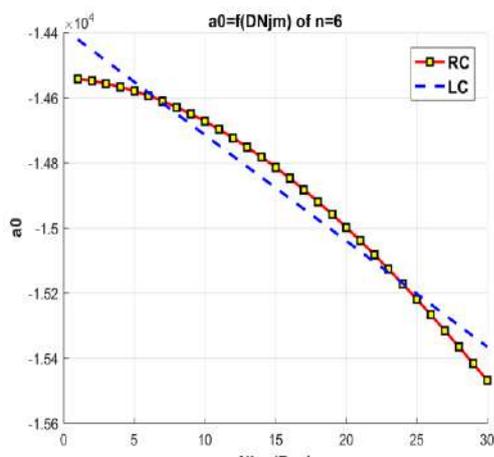
ب- منحنى تغيرات a_0 بدلالة خط الطول.



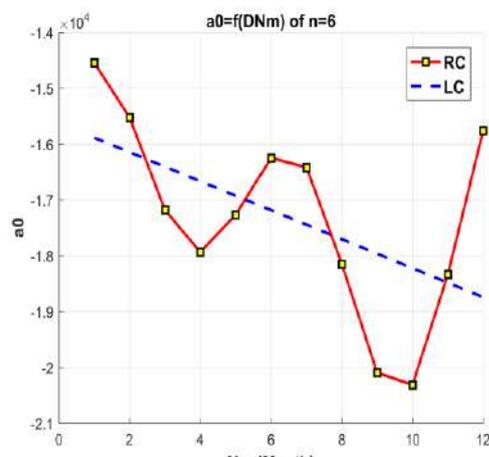
أ- منحنى تغيرات a_0 بدلالة الارتفاع على سطح البحر.



ج- منحنى تغيرات a_0 بدلالة خط العرض.



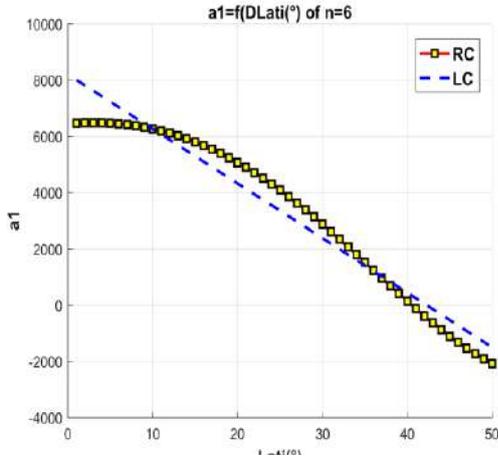
هـ- منحنى تغيرات a_0 بدلالة رقم اليوم من الشهر.



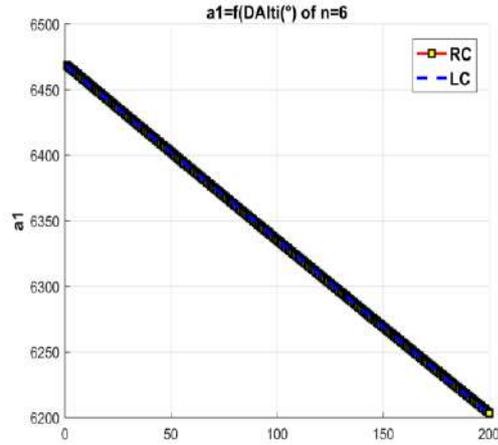
د- منحنى تغيرات a_0 بدلالة رقم الشهر من السنة.

الشكل (9-IV): تغيرات المعامل a_0 لكثيرات الحدود من الدرجة السادسة بتغيرات كل المقادير.

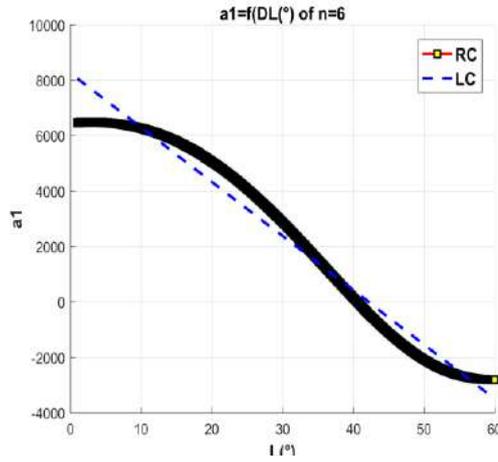
10-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_1 لكثير الحدود من الدرجة السادسة:



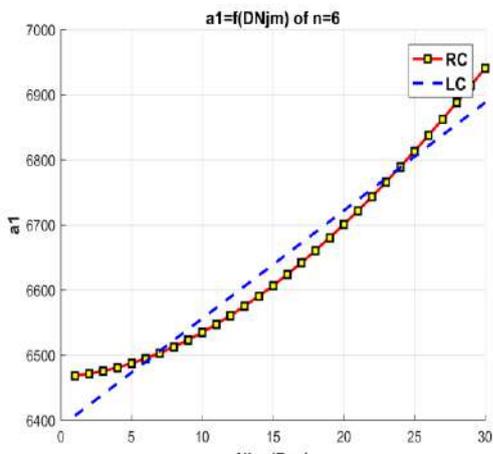
ب- منحنى تغيرات a_1 بدلالة خط الطول.



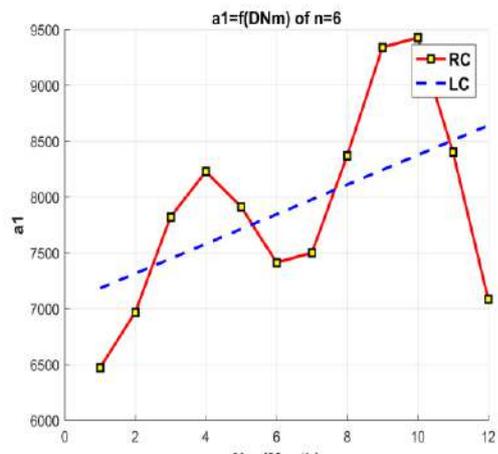
أ- منحنى تغيرات a_1 بدلالة الارتفاع على سطح البحر.



ج- منحنى تغيرات a_1 بدلالة خط العرض.



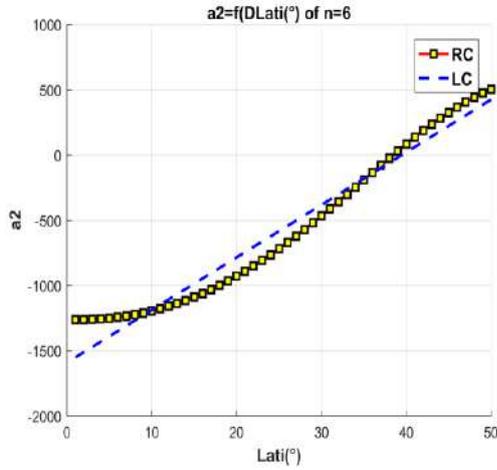
هـ- منحنى تغيرات a_1 بدلالة رقم اليوم من الشهر.



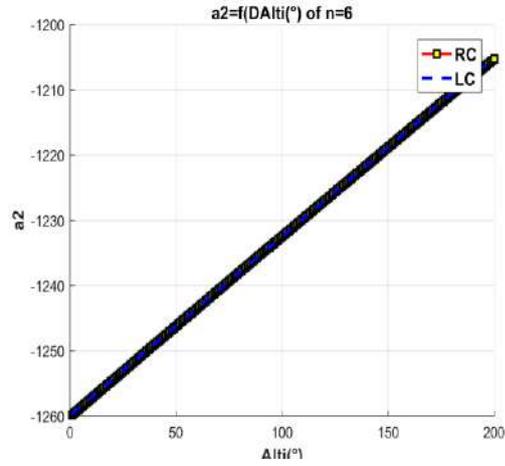
د- منحنى تغيرات a_1 بدلالة رقم الشهر من السنة.

الشكل (10-IV): تغيرات المعامل a_1 لكثيرات الحدود من الدرجة السادسة بتغيرات كل المقادير.

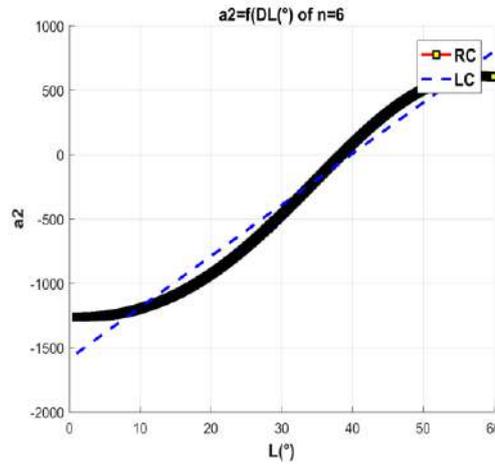
11-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_2 لكثير الحدود من الدرجة السادسة:



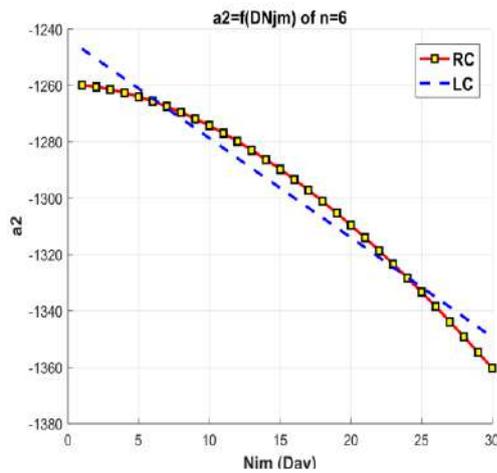
ب- منحنى تغيرات a_2 بدلالة خط الطول.



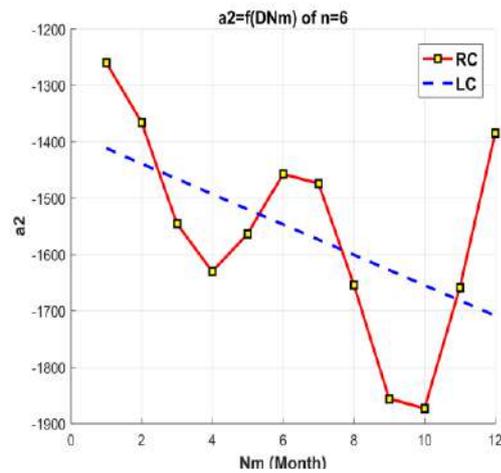
أ- منحنى تغيرات a_2 بدلالة الارتفاع على سطح البحر.



ج- منحنى تغيرات a_2 بدلالة خط العرض.



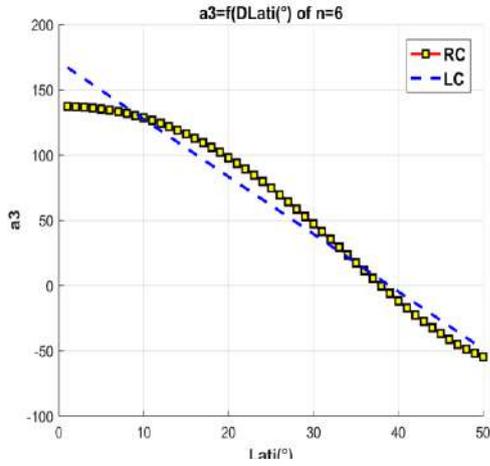
هـ- منحنى تغيرات a_2 بدلالة رقم اليوم من الشهر.



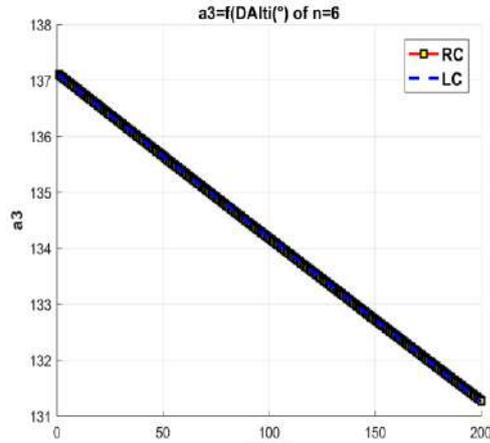
د- منحنى تغيرات a_2 بدلالة رقم الشهر من السنة.

الشكل (11-IV): تغيرات المعامل a_2 لكثيرات الحدود من الدرجة السادسة بتغيرات كل المقادير.

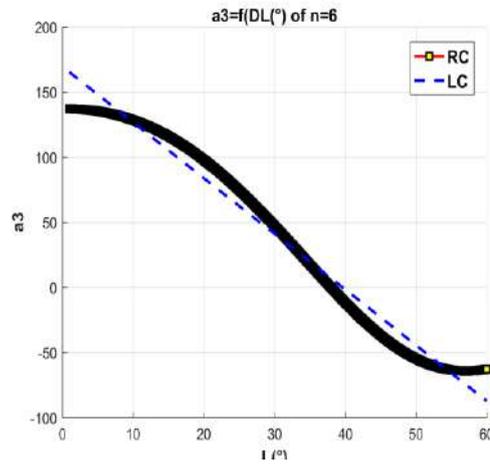
12-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_3 لكثير الحدود من الدرجة السادسة:



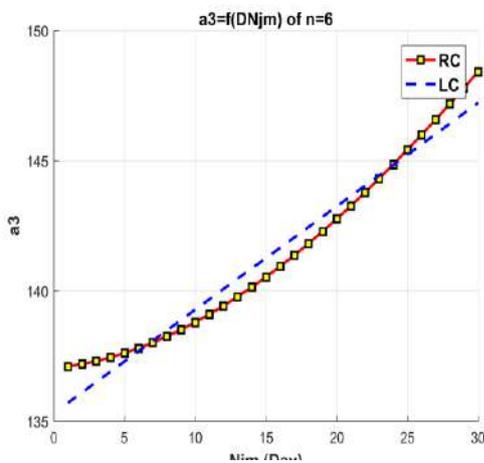
ب- منحنى تغيرات a_3 بدلالة خط الطول.



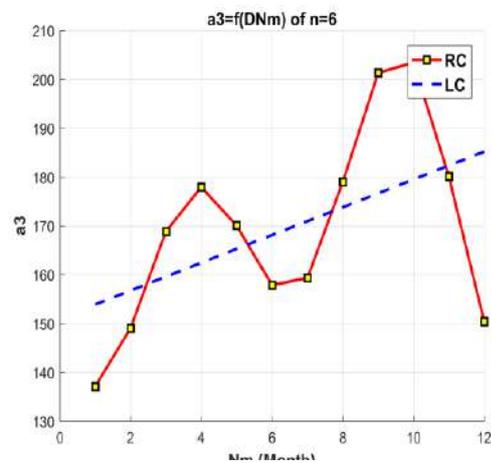
أ- منحنى تغيرات a_3 بدلالة الارتفاع على سطح البحر.



ج- منحنى تغيرات a_3 بدلالة خط العرض.



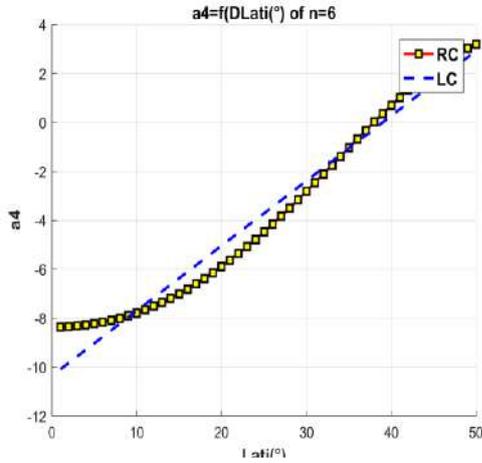
هـ- منحنى تغيرات a_3 بدلالة رقم اليوم من الشهر.



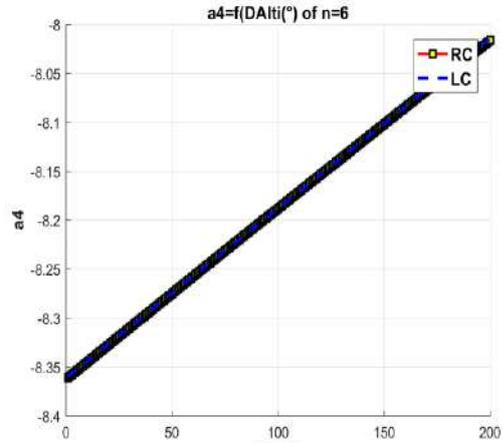
د- منحنى تغيرات a_3 بدلالة رقم الشهر من السنة.

الشكل (12-IV): تغيرات المعامل a_3 لكثيرات الحدود من الدرجة السادسة بتغيرات كل المقادير.

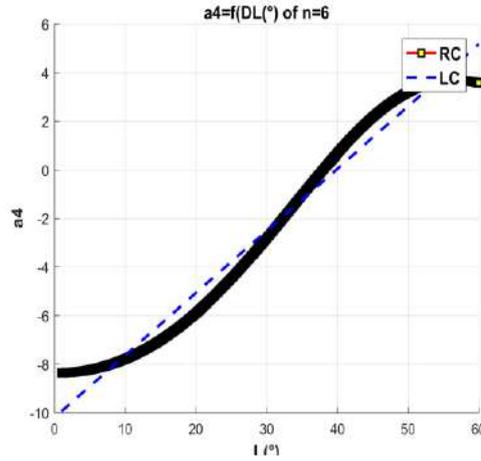
13-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_4 لكثير الحدود من الدرجة السادسة:



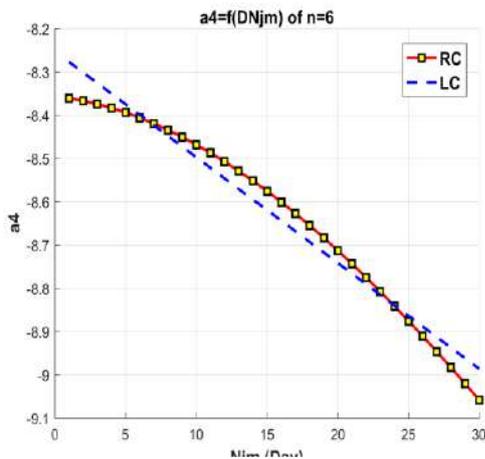
ب- منحنى تغيرات a_4 بدلالة خط الطول.



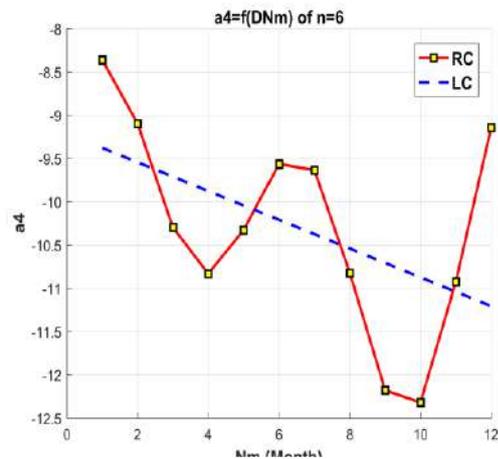
أ- منحنى تغيرات a_4 بدلالة الارتفاع على سطح البحر.



ج- منحنى تغيرات a_4 بدلالة خط العرض.



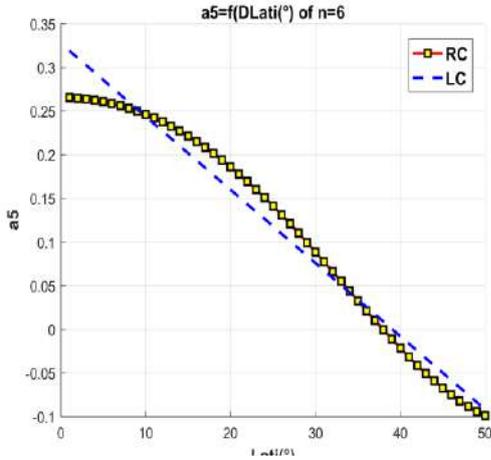
هـ- منحنى تغيرات a_4 بدلالة رقم اليوم من الشهر.



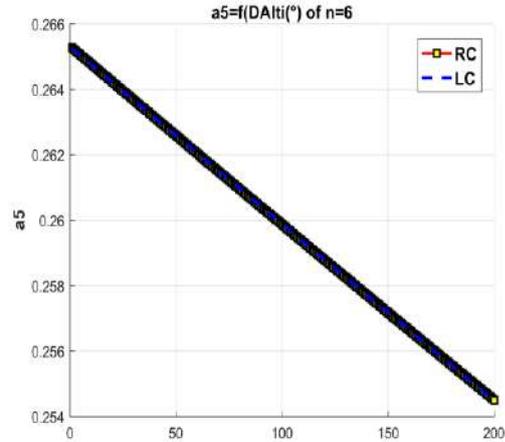
د- منحنى تغيرات a_4 بدلالة رقم الشهر من السنة.

الشكل (13-IV): تغيرات المعامل a_4 لكثيرات الحدود من الدرجة السادسة بتغيرات كل المقادير.

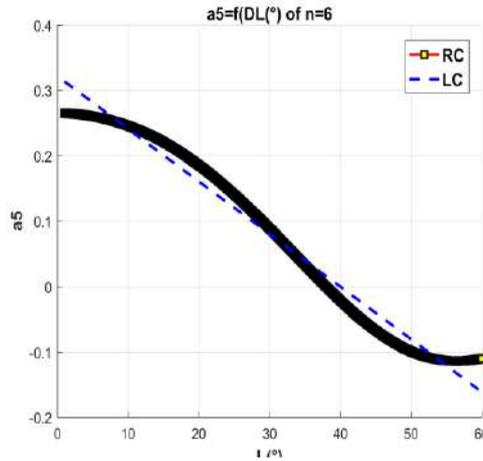
14-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_5 لكثير الحدود من الدرجة السادسة:



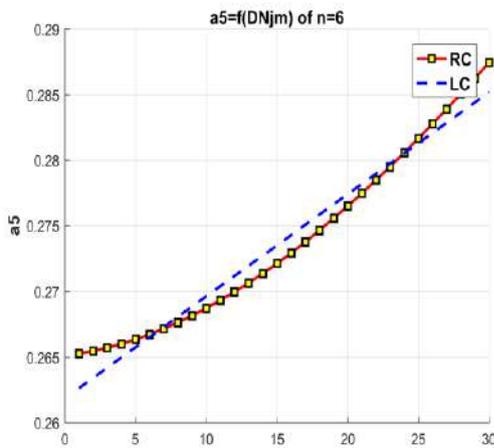
ب- منحنى تغيرات a_5 بدلالة خط الطول.



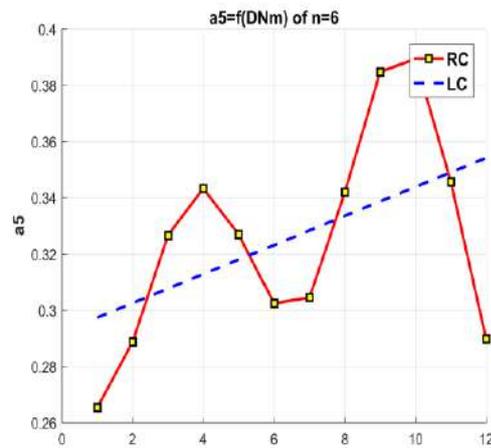
أ- منحنى تغيرات a_5 بدلالة الارتفاع على سطح البحر.



ج- منحنى تغيرات a_5 بدلالة خط العرض.



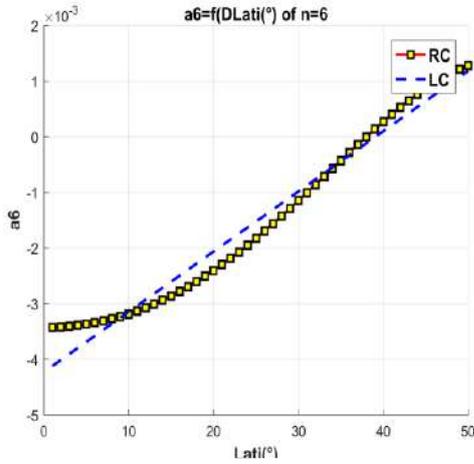
هـ- منحنى تغيرات a_5 بدلالة رقم اليوم من الشهر.



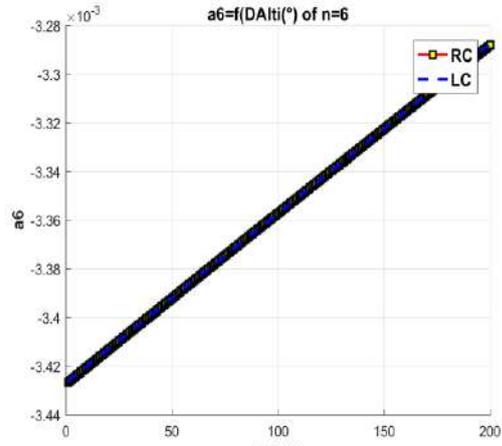
د- منحنى تغيرات a_5 بدلالة رقم الشهر من السنة.

الشكل (14-IV): تغيرات المعامل a_5 لكثيرات الحدود من الدرجة السادسة بتغيرات كل المقادير.

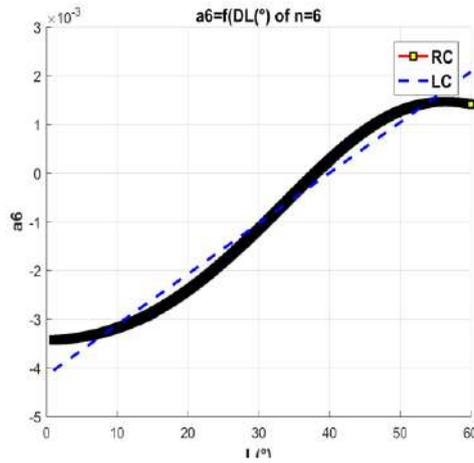
15-2-IV عرض النتائج الخاصة بتغيرات a_6 لكثير الحدود من الدرجة السادسة:



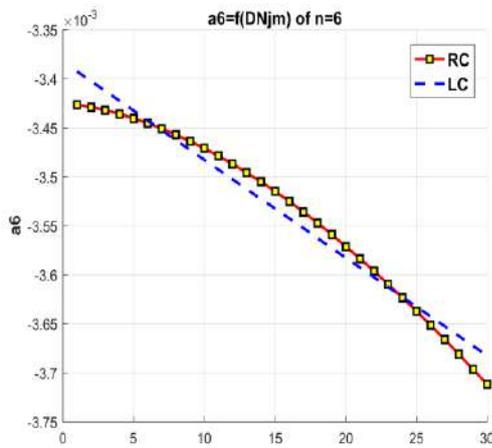
ب- منحنى تغيرات a_6 بدلالة خط الطول.



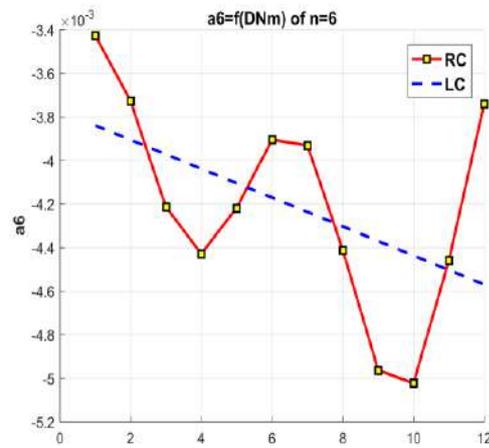
أ- منحنى تغيرات a_6 بدلالة الارتفاع على سطح البحر.



ج- منحنى تغيرات a_6 بدلالة خط العرض.



هـ- منحنى تغيرات a_6 بدلالة رقم اليوم من الشهر.



د- منحنى تغيرات a_6 بدلالة رقم الشهر من السنة.

الشكل (15-IV): تغيرات المعامل a_6 لكثيرات الحدود من الدرجة السادسة بتغيرات كل المقادير.

3-IV دراسة النتائج:

أعطى البرنامج المعد جميع الأشكال أعلاه، و هي ناتجة عن مضروب الخمس المقادير المذكورة سابقا في خمسة عشر معامل a_i . هذه المعاملات تكون طبعا ثلاثة لنموذج كثير الحدود من الدرجة الثانية، خمسة خاصة بنموذج كثير الحدود من الدرجة الرابعة و سبعة خاصة بنموذج كثير الحدود من الدرجة السادسة.

من خلال الأشكال أعلاه، بالأخص تلك الخاصة بتغير المعاملات a_i بتغير المقدار $Alti$ (أو الارتفاع) عن سطح البحر. نلاحظ أن تعيها خطي دوما أي تتغير بكثير من الدرجة الأول، حيث تعطي معاملات في الجداول (3,2,1-IV).

في الحقيقة ظهر من خلال قيم المعاملات P_i المتحصل عليها أن أكبرها يكون دوما قيمة P_0 ، لذلك فقد دونت القيم في هذه الجداول بحيث تقسم جميع قيم تلك المعاملات على تلك القيمة الأكبر.

بعد عملية الفلترة، ظهر أن تغير كل المعاملات a_i بتغير المقدار Njm (أو رقم اليوم من الشهر) ليس خطي حتى بالنسبة للمعاملات الخاصة بكثير الحدود من الدرجة الثانية، كما كان متوقع من الأشكال (3,2,1-IV). إذ وجدنا أن التغير هاهنا يكون بكثير حدود من الدرجة الثالثة و هو الدائم في كل النماذج كما يتبين من قيم الجداول (3,2,1-IV).

كما تبين أن تغير كل المعاملات a_i سواء بتغير المقدار $Lati$ (أو خط الطول) أو بتغير المقدار L (أو خط العرض) يكون بكثيرات حدود من الدرجة الثالثة كذلك. هذا فقط من اجل النموذجين من الدرجتين الثانية و الرابعة بالنسبة للمقدار الأول، بينما يخص النموذج الأول فقط بالنسبة للمقدار الثاني (انظر قيم الجداول (3,2,1-IV)).

الجدول (1-IV): يقدم قيم معاملات كثيرات الحدود التي يتغير بها معاملات كثير الحدود من الدرجة الثانية بتغير المقادير المختار كنموذج.

	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0	P0
a2	Alti	0	0	0	0	0	0	4,636E-05	1	-28,073041
	Lati	0	0	0	0	-4,50976E-07	-9,817E-05	0,0033632	1	-28,004749
	L	0	0	0	0	-7,81128E-07	-7,37468E-05	0,0028831	1	-28,062115
	Nm	-3,55E-07	1,86761E-05	-0,00039	0,0040607	-0,021671	-0,058536019	0,048113	1	-27,358321
	Njm	0	0	0	0	-2,14152E-07	1,26262E-05	0,0008846	1	-28,048749
a1	Alti	0	0	0	0	0	0	4,615E-05	1	726,00561
	Lati	0	0	0	0	-4,51312E-07	-9,85933E-05	0,0033887	1	724,21165
	L	0	0	0	0	-7,75742E-07	-7,45925E-05	0,0029169	1	725,66943
	Nm	0	0	0	0	-4,51312E-07	-9,85933E-05	0,0033887	1	724,21165
	Njm	0	0	0	0	-2,13962E-07	1,26369E-05	0,0008818	1	725,37926
a0	Alti	0	0	0	0	0	0	4,81E-05	1	-3696,5907
	Lati	0	0	0	0	-5,39482E-07	-8,93519E-05	0,0058072	1	-3679,0183
	L	0	0	0	0	-9,36819E-07	-5,99508E-05	0,0052227	1	-3688,0944
	Nm	-3,48E-07	1,82764E-05	-0,000381	0,0039516	-0,020919	-0,053020004	0,0429391	1	-3609,1528
	Njm	0	0	0	0	-2,12922E-07	1,19165E-05	0,0008938	1	-3693,3625

الجدول (2-IV): يقدم قيم معاملات كثيرات الحدود التي يتغير بها معاملات كثير الحدود من الدرجة الرابعة بتغير المقادير المختار كنموذج.

	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0	P0
a4	Alti	0	0	0	0	0	0	0,0003114	1	0,0441737
	Lati	0	0	0	0	2,50215E-05	-0,000827263	-0,0326946	1	0,0459081
	L	0	0	-1,2E-08	1,354E-06	-2,72228E-05	-4,32796E-05	-0,0363418	1	0,046005
	Nm	-1,56E-06	8,36741E-05	0,0184061	-0,095784	0,218330103	-0,16187902	0,1399407	1	0,0395454
	Njm	0	0	0	0	-7,83035E-07	3,43897E-05	0,0061735	1	0,0439107
a3	Alti	0	0	0	0	0	0	0,000322	1	-2,2397815
	Lati	0	0	0	0	2,52008E-05	-0,000822705	-0,0331808	1	-2,3294213
	L	0	0	-1,21E-08	1,364E-06	-2,72395E-05	-4,10231E-05	-0,0367625	1	-2,333673
	Nm	-1,53E-06	8,18728E-05	0,0179224	-0,092488	0,205560239	-0,135906536	0,1151317	1	-2,0209624
	Njm	0	0	0	0	-7,85392E-07	3,29458E-05	0,0062898	1	-2,2262028
a2	Alti	0	0	0	0	0	0	0,0009349	1	13,355304
	Lati	0	0	0	0	7,49837E-05	-0,002259594	-0,1009238	1	15,063834
	L	0	0	-3,48E-08	3,982E-06	-8,15145E-05	0,000162856	-0,1121342	1	15,216499
	Nm	-4,48E-06	0,000241154	-0,005087	0,0525066	0,552296984	-0,235617592	0,1915278	1	10,361331
	Njm	0	0	0	0	-2,01379E-06	7,15607E-05	0,0182118	1	13,123856
a1	Alti	0	0	0	0	0	0	-0,0002021	1	395,68281
	Lati	0	0	0	0	-2,54459E-05	0,00064938	0,0355019	1	381,44479
	L	0	0	1,146E-08	-1,34E-06	2,91028E-05	-0,000249957	0,0410955	1	378,79407
	Nm	4,654E-07	-2,55519E-05	-0,005488	0,0256799	-0,036428699	-0,045805202	0,041584	1	403,6597
	Njm	0	0	0	0	2,62299E-07	-1,56145E-06	-0,0037816	1	397,13137
a0	Alti	0	0	0	0	0	0	-5,847E-05	1	-2741,1241
	Lati	0	0	0	0	-1,16317E-05	0,000268832	0,0192093	1	-2691,21
	L	0	0	4,829E-09	-5,89E-07	1,36469E-05	-0,000185863	0,0224392	1	-2676,775
	Nm	-5,18E-09	-1,9087E-07	7,384E-06	-0,001592	0,0166623	-0,056302337	0,0487484	1	-2720,5065
	Njm	0	0	0	0	-1,24248E-08	6,28346E-06	-0,001092	1	-2743,995

الجدول (3-IV): يقدم قيم معاملات كثيرات الحدود التي يتغير بها معاملات كثير الحدود من الدرجة السادسة بتغير المقادير المختار كنموذج.

	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0
a6	Alti 0	0	0	0	0	0	0	-0,0002033	1
	Lati 0	0	0	-5,73E-10	3,97E-07	-2,03938E-05	-0,000417818	-0,0015726	1
	L 0	0	0	-5,28E-09	9,998E-07	-4,80407E-05	0,000130576	-0,005769	1
	Nm -3,52E-06	0,000191729	-0,00422	0,0480816	-0,302209	1,039489851	-1,869784505	1,7660191	1
	Njm 0	0	0	0	0	-6,54821E-07	9,87682E-05	0,0004179	1
a5	Alti 0	0	0	0	0	0	0	-0,0002039	1
	Lati 0	0	0	-5,91E-10	3,981E-07	-2,03556E-05	-0,000420174	-0,0015882	1
	L 0	0	0	-5,28E-09	9,98E-07	-4,78698E-05	0,000125607	-0,0057644	1
	Nm -3,54E-06	0,000192945	-0,004247	0,0483901	-0,304138	1,046014251	-1,881121017	1,7763433	1
	Njm 0	0	0	0	0	-6,56561E-07	9,91325E-05	0,0004222	1
a4	Alti 0	0	0	0	0	0	0	-0,0002072	1
	Lati 0	0	0	-4,95E-10	3,909E-07	-2,03514E-05	-0,000424764	-0,0012425	1
	L 0	0	0	-5,21E-09	9,946E-07	-4,80399E-05	0,000124568	-0,0054488	1
	Nm -3,58E-06	0,000194742	-0,004287	0,0488644	-0,307257	1,057438625	-1,902909746	1,7964581	1
	Njm 0	0	0	0	0	-6,57614E-07	9,9798E-05	0,0003956	1
a3	Alti 0	0	0	0	0	0	0	-0,0002136	1
	Lati 0	0	0	-2,69E-10	3,742E-07	-2,0389E-05	-0,00043195	-0,0004804	1
	L 0	0	0	-5,07E-09	9,893E-07	-4,86002E-05	0,000127938	-0,0047741	1
	Nm -3,62E-06	0,000197245	-0,004344	0,0495395	-0,31181	1,074744247	-1,937190556	1,8282645	1
	Njm 0	0	0	0	0	-6,57903E-07	0,000100817	0,0003333	1

الجدول (3-IV): يقدم قيم معاملات كثيرات الحدود التي يتغير بها معاملات كثير الحدود من الدرجة السادسة بتغير المقادير المختار كنموذج.

	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0	P0	
a2	Alti	0	0	0	0	0	0	-0,0002176	1	-1259,9628	
	Lati	0	0	1,062E-10	3,384E-07	-1,99987E-05	-0,00043497	0,0008222	1	-1260,6073	
	L	0	0	-4,74E-09	9,589E-07	-4,8459E-05	0,000129987	-0,0035224	1	-1272,1396	
	Nm	-3,56E-06	0,000193933	-0,004272	0,0487562	-0,307222	1,060804799	-1,915713274	1,8070891	1	-745,58474
	Njm	0	0	0	0	-6,47479E-07	0,000100251	0,000245	1	-1259,4501	
a1	Alti	0	0	0	0	0	0	-0,0002058	1	6468,8798	
	Lati	0	0	5,867E-10	2,693E-07	-1,81938E-05	-0,000418048	0,0026574	1	6459,523	
	L	0	0	-4E-09	8,57E-07	-4,51543E-05	0,000116899	-0,0014736	1	6515,4293	
	Nm	-3,16E-06	0,000172177	-0,003793	0,043282	-0,272763	0,942132363	-1,702016077	1,6038393	1	4015,2136
	Njm	0	0	0	0	-6,06317E-07	9,38731E-05	0,0001723	1	6466,7809	
a0	Alti	0	0	0	0	0	0	-0,0001786	1	-14543,833	
	Lati	0	0	1,052E-09	1,805E-07	-1,52388E-05	-0,000381379	0,0051942	1	-14483,276	
	L	0	0	-2,99E-09	6,992E-07	-3,90437E-05	9,04752E-05	0,0015286	1	-14593,705	
	Nm	-2,56E-06	0,000139496	-0,003071	0,035004	-0,22027	0,759300322	-1,368853601	1,287713	1	-9759,9482
	Njm	0	0	0	0	-5,41579E-07	8,24872E-05	0,0001432	1	-14539,827	

كما انه من الواضح و من خلال قيم نفس الجداول أن بقية المعاملات تتغير بتغير بقية المقادير يكون بكثيرات حدود من الدرجة الخامسة، ما عدى تغير المعاملات بتغير المقدار Njm (أو رقم شهر من السنة) في كل النماذج الذي يكون دوما بكثير حدود من الدرجة الثامنة.

1-3-IV استنتاج تغير الإشعاع الشمسي المباشر باستعمال كثيرات حدود النماذج:

من خلال ما تبين سابقا فان الإشعاع الشمسي يمكن ان يكتب كما في العلاقة (2-III) المذكورة

في الفصل السابق، أي التالية:

$$I_{\text{rad}} = \sum_{i=0}^{n=2k} a_i t^i$$

حيث المعاملات a_i تأخذ شكل المضاريب التالية:

$$a_j = \prod_{i=1}^5 \left(\sum_{i=0}^m P_j x^j \right)$$

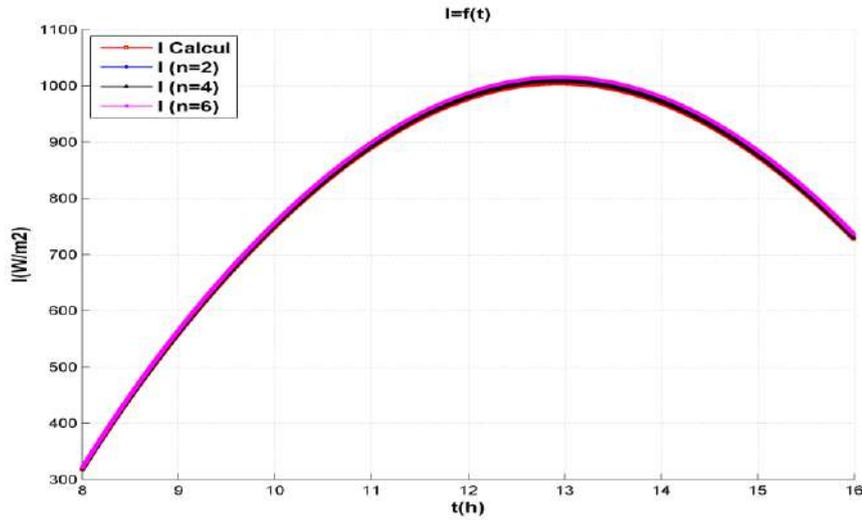
أين تتغير i حسب المتغير، بينما يتغير j حسب درجة كثير الحدود. بينما المعاملات P_j و التي تقابل كل a_i معروضة في الجداول الثلاث السابقة.

2-3-IV اختبار النماذج المقترحة:

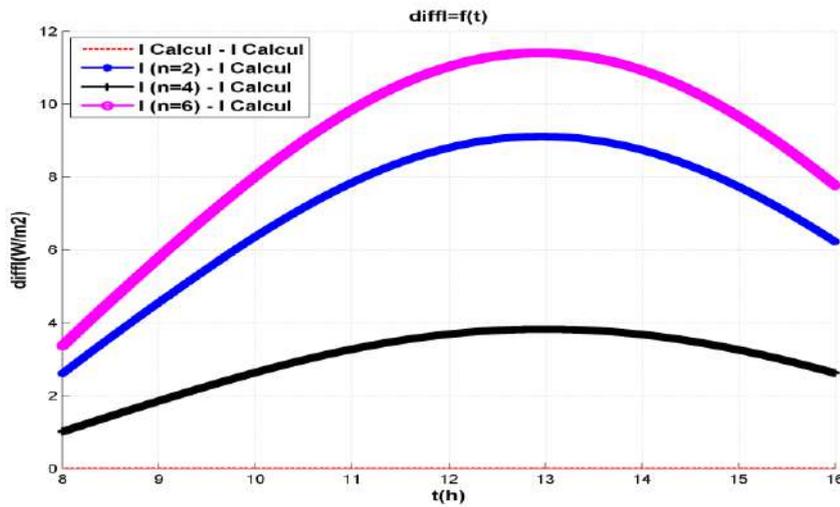
باقتراح دراسة إشعاع شمسي عند نقطة تقع في الإحداثيات التالية: ارتفاع 1 متر عن سطح البحر، و عند خط طول الأول و خط عرض أول كذلك، و ذلك في يوم 01 من شهر جانفي. نقوم بمقارنة الإشعاع الناتج عن الحساب باستعمال النماذج و ذلك الناتج عن الحساب المعتاد (الإشعاع القياسي)، و نتائج ممثل في الشكل (IV-16).

من خلال هذا الشكل يظهر هناك توافق كبير جدا في نتائج الحساب باستعمال النماذج المقترحة و الإشعاع القياسي، إلا أن قيم الإشعاع الشمسي القياسي اقل قيما بالخص من تلك القيم الناتجة عن

النموذج المعتمد على كثيرات الحدود من الدرجة الرابعة، كما نلاحظ أن قيم الإشعاع الشمسي الناتجة عن النموذج المعتمد على كثيرات الحدود من الدرجة السادسة هي ابعد من غيرها عن قيم الإشعاع القياسي.



الشكل (IV-16): تغيرات الإشعاع الشمسي القياسي و المحسوب باستعمال النماذج المقترحة.



الشكل (IV-17): تغيرات الفرق بين الإشعاع الشمسي القياسي و تلك المحسوب باستعمال النماذج المقترحة.

لإظهار الفارق بشكل جلي تم تمثيله في الشكل (IV-17)، حيث أخذت قيم الإشعاع الشمسي القياسي كمرجع لتوضيح الفرق بين قيمه و قيم البقية مما تنتجه النماذج المقترحة.

يؤكد هذا الشكل ما جاء أعلاه من الاستنتاجات، حيث يتبن بوضوح زيادة الفارق باستمرار حتى ذروة الإشعاع. بينما يتناقص لكن بأقل سرعة من زيادته، و هو ما يعطي فارق اكبر عند حدود الغروب أعلى من ذلك الفارق عند حدود الشروق.

الخلاصة العامة:

الإشعاع الشمسي هو المصدر الطاقة الشمسية، التي تعتبر اليوم أهم نوع من الطاقات المتجددة، النظيفة ذات التكلفة المنخفضة. لهذه الطاقة استخدامات متعددة منها الإنتاج الكهربائية، تسخين المياه، إنتاج البخار، التقطير إلى أخيره.

حاولنا في هذه الدراسة وضع نماذج رياضية لحساب الإشعاع الشمسي المباشر، تعتمد على كثيرات الحدود زوجية الدرجة ذات الدرجة الثانية، الرابعة و السادسة. إذ يعود هذا الاختيار نظرا لشكل تغيره اليومي، الذي يأخذ شكل القطع المكافئ. بشكل أوضح حاولنا تحديد معاملات لكثيرات الحدود تلك على أساس اعتمادها على المقادير الخمسة التي يتغير على أساسها الإشعاع الشمسي المباشر. لهذا الغرض تم وضع برنامج خاص يحسب الإشعاع الشمسي المباشر لعدد كبير من الحالات، تتغير حسب تغير كل واحد من المقادير ضمن مجال خاص.

بعد ذلك تم إعادة حساب الإشعاع الشمسي باستعمال النماذج المقترحة، و مقارنتها بتائج الحساب القياسي.

على العموم يمكن اعتبار النتائج المتحصل عليها جيدة، التي من أهمها:

✓ كل معامل من معاملات كثيرات الحدود الزوجية المقترحة يتغير هو في حد ذاته تبعا لتغير كثيرات حدود فردية بتغير المقادير.

✓ توافق نتائج النماذج الثلاث مع نتائج الحساب القياسي، مع اختلاف طفيف جدا يتزايد مع الزمن ليأخذ أعلى قيمة عند ذروة، و يتباطئ بعد ذلك.

و كأى عمل هناك أخطاء تخلله مهما كانت نتائجه جيدة، هذه الأخطاء حلها يعتبر أفق و

انطلاقات جديدة للبحث، من أهمها:

- ❖ الاعتماد على الزمن المحلي في الحساب يعتبر اكبر أخطاء الدراسة، و ذلك لاعتماده على نفس المقادير.
- ❖ عدم المقارنة بنماذج أخرى، لتأكيد صدقية النتائج.
- ❖ الاعتماد على نتائج تجريبية، بالأخص التي تكون في أيام صحوة.

قائمة المراجع

- [01]: ابو العطا، فهمي هلالي الطقس والمناخ دار الكتب الجامعية، الإسكندرية، 1970.
- [02] ابو العينين، حسن سيد أحمد، دراسات في الجغرافية المناخية و النباتات، مكتبة
مكاوي، الاسكندرية، 1979.
- [03]: ابو العينين، حسن سيد أحمد، أصول الجغرافيا المناخية، ط1،الدار الجامعية، بيروت، 1981.
- [4]: نبيل شهيد، حساب الإشعاع الشمسي الساعي بمساعدة الحاسوب، الطاقة و الحياة، العدد 21
الصفحات 62-71 (2006).
- [05]: خوارزمية تمثيل الإشعاع الشمسي العالمي الباحثة م. رحاب قاروط كمية الهمك - جامعة البعث
- [06]: حنان الصاوي، بوابة أخبار اليوم الإلكترونية.
<https://akhbarelyom.com>news,3/18/8112>
- [07]: د. مهندس. مصطفى محمد الخياط، الطاقة: مصادرها- استخداماتها، موقع الفريد في الفيزياء و
الهندسة و الرياضيات بروابط تحميل مباشرة و مجانا.
- [08]: د. سعود يوسف عياش، تكنولوجيا الطاقة البديلة، عالم المعرفة، الكويت 1978.
- [09]: د. سعود يوسف عياش، تكنولوجيا الطاقة البديلة، عالم المعرفة، الكويت فبراير 1221
- [10]: بحث حول الإشعاع الشمسي الفصلي في العراق والعوامل المؤثرة في تباينه، جامعة القادسية و هو
جزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في الجغرافية، من إعداد الطالب علي عماد حمادي.
- [11]: بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس، الإشعاع الشمسي و درجة الحرارة و أثرهما في مناخ السودان،
حسن عثمان أمانة، حسن مزمل هند، حسن أحمد هديل، تماضر مصطفى مضوي.
- [12] مذكرة ماستر، التخزين الحراري الكيميائي بواسطة المركبات الشمسية، طيباوي الطاوس، أكشيش
رميصاء.

[13]: رسالة دكتوراه، تحقيق عملي لمركز شمسي اسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي، سوداني محمد البار

[14]: مذكرة ماستر (تقدير الإشعاع الشمسي الكلي باستخدام صور الأقمار الصناعية) جامعة الوادي-

الجزائر 2018.

[16]: pdf، حساب الإشعاع الشمسي الساعي بمساعدة الحاسوب، الطاقة و الحياة العدد (الثالث و

العشرون) الصيف (يونيو) 2006.

[17]: بلعايب نضرة و المولودة بوعزّوج، الإرسال الثاني الخاص بالتكوين عن بعد لأساتذة التعليم

الأساسي، المدرسة العليا للأساتذة التعليم التقني بوهران.

[18]: P. J. Pérez-Higueras, P. Rodrigo, E. F. Fernández, F. Almonacid, and

L. Hontoria, "A simplified method for estimating direct normal solar irradiation

from global horizontal irradiation useful for CPV applications," [Renewable](#)

[Sustainable Energy Rev.](#) 16, 5529–5534 (2012).

[22]: C. Bertrand, G. Vanderveken, and M. Journee, "Evaluation of

decomposition models of various complexity to estimate the direct solar

irradiance over Belgium," [Renewable Energy](#) 74, 618–626 (2015).

[23]: D. T. Reindl, W. A. Beckman, and J. A. Duffie, "Diffuse fraction

correlations," [Sol. Energy](#) 45, 1–7 (1990).

[24]: D. G. Erbs, S. A. Klein, and J. A. Duffie, "Estimation of the diffuse

radiation fraction for hourly, daily and monthly– average global radiation," [Sol.](#)

[Energy](#) 28, 293–302 (1982).

[25]: T. Muneer, M. S. Gul, H. D. Kambezidis, and S. Allwinkle, An all-sky solar

meteorological radiation model for the U.K., in Proceedings of the Joint CIBSE/ASHRAE Conference, Harrogate, UK (1996).

[26]: P. Ineichen, "Comparison and validation of three global-to-beam irradiance models against ground measurements," [Sol. Energy](#) 82, 501–512 (2008).

[27]: T. Muneer, *Solar Radiation and Daylight Models*, 2nd ed. (Elsevier Butterworth–Heinemann, Oxford, UK, 2004).

[28]: A. Louche, G. Notton, P. Poggi, and G. Simonnot, "Correlations for direct normal and global horizontal irradiation on a French Mediterranean site," [Sol. Energy](#) 46, 261–266 (1991).

[29]: A. L. Maxwell, "A quasi-physical model for converting hourly global horizontal to direct normal insolation," Report No. SERI/TR-215-3087, Solar Energy Research Institute, Golden, CO, USA, 1987.

[30]: Centre Energétique et Procédés of Ecole des Mines de Paris, <http://www.helioclim.org/index.html> for Helioclim: Providing information on solar radiation.

[31]: L. Robledo and A. Soler, "Luminous efficacy of direct solar radiation for clear skies," [Energy](#) 25, 689–701 (2000).

[33]: J. M. Gordon, *Solar Energy: The State of the Art* (James and James, 2001).

-
- [34]: D. Yang, P. Jirutitijaroen, and W. M. Walsh, "Hourly solar irradiance time series forecasting using cloud cover index," [Sol. Energy](#) 86(12), 3531–3543 (2012).
- [37]: S. Dervishi and A. Mahdavi, "Computing diffuse fraction of global horizontal solar radiation: A model comparison," [Sol. Energy](#) 86, 1796–1802 (2012).
- [38]: C. A. Gueymard and J. A. Ruiz–Arias, "Extensive world wide validation and climate sensitivity analysis of direct irradiance predictions from 1–min global irradiance," [Sol. Energy](#) 128, 1–30 (2016).
- [39]: J. Polo, L. F. Zarzalejo, L. Mart´ın, A. A. Navarro, and R. Marchante, "Estimation of daily Linke turbidity factor by using global irradiance measurements at solar noon," [Sol. Energy](#) 83, 1177–1185 (2009).
- [41]: C. A. Gueymard and S. M. Wilcox, "Assessment of spatial and temporal variability in the US solar resource from radio– metric measurements and predictions from models using ground–based or satellite data," [Sol. Energy](#) 85, 1068–1084 (2011).
- [42]: F. Kasten, "Discussion on the relative optical air mass," [Light. Res. Technol.](#) 25, 129–130 (1993).
- [43]: J. Remund, L. Wald, M. Lefevre, T. Ranchin, and J. Page, "Worldwide Linke turbidity information," in Proceedings of the ISES Solar World Congress,
-

Goteborg, Sweden (2003).

[44]: G. López and C. A. Gueymard, "Clear-sky solar luminous efficacy determination using artificial neural networks," [Sol. Energy](#) 81, 929–939 (2007).

[45]: B. Bourges, *Yearly Variations of the Linke Turbidity Factor.*

Climatic Data Handbook of Europe Dordrecht (Kluwer Academic

Publishing, 1992).

[46]: P. Oteiza and A. Pérez Burgos, "Diffuse illuminance availability on horizontal and vertical surfaces at Madrid, Spain," [Energy Convers. Manage.](#) 64, 313–319 (2012).

[47]: A. Pérez-Burgos, R. Román, J. Bilbao, A. de Miguel, and P. Oteiza, "Reconstruction of long-term direct solar irradiance data series using a model based on the Cloud modification factor," [Renewable Energy](#) 77, 115–124 (2015).

[48]: J. Bilbao, R. Román, and A. de Miguel, "Turbidity coefficients from normal direct solar irradiance in Central Spain," [Atmos. Res.](#) 143, 73–84 (2014).

[48]: J. Bilbao, R. Román, and A. de Miguel, "Turbidity coefficients from normal direct solar irradiance in Central Spain," [Atmos. Res.](#) 143, 73–84 (2014).

[50]: K. De Souza and R. Andrews, "Models for daily global solar radiation for

the Caribbean island of Trinidad,”

[J. Renewable Sustainable Energy](#) 7, 013132 (2015).

[51]: D. González-Peña, M. Díez-Mediavilla, M. de Simón-Martín, M. C. Rodríguez-Amigo, T. García-Calderón, and C.

Alonso-Tristán, “Photovoltaic prediction software and their evaluation with real data in Spain,” in 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Frankfurt, Germany (2012).

[52]: IDAE, National Action Plan for Renewable Energy in Spain(PANER) 2011–2020 (IDEA, 2010).

[53]: N. R. Darghouth, G. Barbose, and R. Wiser, “The impact of rate design and net metering on the bill savings from distributed PV for residential customers in California,” [Energy Policy](#) 39(9), 5243–5253 (2011).

[54]: C. Rigollier, O. Bauer, and L. Wald, “On the clear sky model of the ESRA—European solar radiation Atlas—with respect to the Heliosat method,” [Sol. Energy](#) 68, 33–48 (2000).

[55]: A. Hammer, D. Heinemann, C. Hoyer, R. Kuhlemann, E. Lorenz, R. Müller, and H. G. Beyer, “Solar energy assessment using remote sensing technologies,” [Remote Sens. Environ.](#) 86, 423–432 (2003).

[56]: C. A. Gueymard, “Progress in direct irradiance modeling and validation,”

in 39th ASES National Solar Conference, SOLAR 2010, Phoenix, USA (2010).

[57]: F. J. Batlles, M. A. Rubio, J. Tovar, F. J. Olmo, and L. Alados-

Arboledas, "Empirical modeling of hourly direct irradi-

ance by means of hourly global irradiance," [Energy](#) 25, 675-688 (2000).

[58]: ebbbooks-ku-9619.

(II): [59] Solar Radiation Theory, Uppsala University 2021. Translation to Arabic by Dr:Khalafallah Omar Kassem 2021.

[63]: Shampine, L.F., Reichelt, M.W., 1994. "The MATLAB ODE" Suite Report 94-6. Math. Dept SMU, Dallas.

[65]: Matlab-10 released helps files.

الملخص:

نظرا لأهمية الطاقة الشمسية كنوع من الطاقات المتجددة، النظيفة ذات التكلفة المنخفضة، استهدفت دراستنا اقتراح نماذج لحساب الإشعاع الشمسي بالأخص المباشر. هذه النماذج تكون على شكل كثيرات حدود لمتغير الزمن من الدرجات الثانية، الرابعة و السادسة. فانطلاقا من إن تغير هذا الإشعاع مرتبط بتغير قيم كل من؛ الارتفاع عن سطح البحر، خط الطول، خط العرض، رقم الشهر من السنة تم العمل بتغيرها ضمن مجالات محددة. حيث وجدنا أن معاملات كثيرات الحدود الزوجية هي أيضا كثيرات حدود لكن فردية في الغالب، تكون من الدرجات الأولى، الثالثة و الخامسة ماعدا تغير رقم الشهر من السنة الذي يكون من الدرجة الثامنة. كما توافقت حساباتنا مع تلك القياسية، بتغير طفيف جدا. يكون متزايد حتى وقت الدرة ليتناقص بشكل ابطيء من بعده.

الكلمات المفتاحية: الإشعاع الشمسي المباشر، التوقيت المحلي، الزوايا الشمسية، الموقع الجغرافي.

Abstract:

Given the importance of solar energy as a kind of clean, renewable energies at low cost, our study aimed to suggest models for calculating direct solar radiation. These models are in the form of time variable polynomials of the second, fourth and sixth degrees. Based on the fact that the change in this radiation is related to the change in the values of each of; Height above sea level, longitude, latitude, month number of the year has been changed within specific fields. Where we found that the coefficients of even polynomials are also polynomials, but mostly odd, they are of the first, third and fifth degrees, except for the change in the month number of the year, which is of the eighth degree. Our calculations also matched the standard ones, with very little change. It is increasing until the time of the Durra to decrease slowly after it.

Keywords: Solar direct irradiance, Solar angles, local time, geographic location.