Article

JOURNAL OF UNIVERSITY OF BABYLON
For Pure and Applied Sciences (JUBPAS)

Vol.31; No.4.| 2023

Harmonic Analysis of Daily Mean Temperatures in Baghdad

Mustafa Ahmed Aljaff *
Department of Physics, College of Education for Pure Sciences, University of Kirkuk,
mustafa_ahmed@uokirkuk.edu.iq, Kirkuk, Iraq ***Corresponding author email:**
mustafa_ahmed@uokirkuk.edu.iq; mobile: 07709370866

التحليل التوافقي لمعدلات درجة الحرارة اليومية في بغداد

مصطفى احمد الجاف.*
قسم الفيزياء -كلية التربية للعلوم الصرفة - جامعة كركوك ، mustafa_ahmed@uokirkuk.edu.iq ، كركوك، العراق

Accepted: 25 /8/2023 **Published:** 31 /12 /2023

ABSTRACT

Background:

Temperatures in tropical and subtropical latitudes of the northern hemisphere are characterized by periodic behavior. The distribution of temperature means follows a sine curve, which allows for its mathematical modeling as a function of time. Therefore, it is necessary to use experimental models of daily temperature means, this study aims to build an experimental model to calculate and estimate the daily mean in Baghdad.

Materials and Methods:

Harmonic analysis used to detect the periodic pattern of daily mean temperature. Only three components of the Fourier series can explain the distribution pattern excluding the extreme temperatures and based on a time series of means measured in Baghdad for 14610 days extending from Jan 1980 to Dec 2020 retrieved from the archives of the Meteorological and Seismic Survey Authority.

Results:

The harmonic analysis results showed a cyclic pattern with a frequency of (1.07cycle/year) approximately. Also showed that the experimental model was represented by a mathematically Fourier series of three components of sine and cosine functions leading to the calculation and estimation of daily means after adjusting the model parameters.

Conclusions:

The validity of the model was measured using RMSE, MAE, and R^2, and its outputs compared to independently measured data until April 2023, thus it can be concluded that the proposed model has a practically accurate performance with a minimum acceptable error in calculating and estimating the daily means in Baghdad.

Keywords: Harmonic analysis, periodic pattern, daily mean temperature, Baghdad.

مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652

info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

الخلاصة

مقدمة: تمتاز معدلات درجة الحرارة بتقسيماتها كافة بسلوكها الدوري في العروض المدارية وشبه المدارية في النصف الشمالي الارضي. ان توزيع معدلات درجات الحرارة يأخذ منحني دالة الجيب شكلا مما يسهل نمذجتها رياضيا كدالة للزمن، لذا من الضروري الاستعانة بنماذج تجريبية للمعدلات اليومية لدرجة الحرارة، ومن هنا، تهدف هذه الدراسة إلى استنباط أنموذج تجريبي لحساب وتقدير المعدل اليومي لدرجة الحرارة في بغداد العاصمة.

طرق العمل: استخدم التحليل التوافقي (Harmonic Analysis) للكشف عن النمط الدوري لمعدلات درجة الحرارة اليومية، اذ يمكن وبثلاث مركبات فقط من مركبات سلسلة فوريه ان تفسر النمط الدوري لتوزيع معدلاتها فيما عدا المعدلات القصوى واعتمادا على سلسلة زمنية للمعدلات المقاسة في بغداد في 14610 يوماً تمتد من كانون الثاني 1980 إلى كانون الأول 2020 المتاحة من أرشيف هيأة الأرصاد الجوي والمسح الزلزالي في العراق.

الاستنتاجات: كشفت نتائج التحليل التوافقي عن وجود نمطا دوريا بتردد يبلغ (1.07 cycle/year) تقريبا لتوزيع المعدلات اليومية لدرجات الحرارة في بغداد، وقدّمت الدراسة انموذجاً لتقدير المعدلات اليومية لدرجات الحرارة، وقد أظهرت نتائج التحليل التوافقي أنّ الانموذج التجريبي يؤدي إلى حساب وتقدير المعدلات اليومية بعد تعديل مَعْلَمات الانموذج. ومن خلال مقاييس صلاحية الأنموذج المتمثلة بكل من: RMSE, MAE، R^2 وبالمقارنة بين مخرجاته والبيانات المقاسة المستقلة ولغاية الثلاثين من شهر نيسان لسنة 2023، يمكن الاستنتاج بأنّ أداء الأنموذج المقترح يعد من الناحية العملية دقيقاً وبأقل قيمة خطأ مقبول حسابيا في حساب وتقدير معدلات درجة الحرارة اليومية في بغداد.

الكلمات المفتاحية: التحليل التوافقي، النمط الدوري، معدل درجة الحرارة اليومية، بغداد.

1-المقدمة Introduction

تتميز بعض عناصر المناخ بسلوكها الدوري جزئيا كدرجات الحرارة وان بياناتها تخضع لتوزيع مستمر[1]. ويعد التنبؤ وتحديد الاتجاه العام ونمط التوزيع لأي من متغيرات الظاهرة الجوية الأهداف الأساسية لعلوم الإرصاد والمناخ على حد سواء، ومع تزايد الاهتمام بدراسة السلاسل الزمنية ظهرت تقنية الانحدار التوافقي(Harmonic Regression) والتي تعد من أهم الأساليب الحديثة في تحليل السلاسل الزمنية المناخية، لأنها تتميز بقدرتها التنبؤية العالية بدرجات الحرارة كعنصر أساسي وحيوي من عناصر المناخ. تقع العاصمة بغداد (33°20'26.09"N, 44°24'3.17"E.) في المنطقة الوسطى من السهل الرسوبي في العراق ضمن الإقليم الصحراوي (BSh) وفقا لاقاليم كوبن المناخية، والذي يشغل منطقتي الهضبة الغربية والسهل الرسوبي كاملا، ويشكل بحدود (70%) من مجموع مساحة البلاد، والخصائص المناخية المشتركة لهذا الإقليم هي ان أمطاره فصلية شتاء وشحيحة تتراوح ما بين (50–200 mm) سنويا، وعدد الايام الممطرة فيه بحدود (25) يوما، وطول فصل الحر والجفاف صيفا، أما حرارته فتتصف بارتفاع معدلاتها اذ تصل (50°C) صيفاً، وتنخفض تحت درجة الانجماد شتاءً، مما يعني اتساع المدى الحراري السنوي واليومي لبعد الاقليم عن تاثير المسطحات البحرية وندرة الغطاء النباتي، ونظرا لسعة هذا الاقليم فإن أقسامه لا تتماثل كليا بل توجد بينها عدة اختلافات في هذه الخصائص المناخية فالاجزاء الغربية منه أكثر برودة منها شرقا لكونها أكثر ارتفاعا، كما ان أقسامه الشمالية أكثر مطراً من الجنوب والجنوب الغربي، كما وتتصف مناطق جنوب العراق بارتفاع الرطوبة النسبية، فضلا عن قلة كمية التساقط المطري فيها سنويا، وبهذا يمكن التمييز بين مناخ منطقة صحراوية وحتى الحدود ألاردنية كمنطقة الرطبة وما يحيطها من مناطق عن مناخ منطقة البصرة القريبة من ساحل الخليج

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية

العربي الذي يتصف بالاجواء الحارة والرطبة نسبيا، وتسود الجو حالة من الجفاف فصل الصيف ايضا وتتعرض المدينة لعواصف ترابية قاسية يُرجّع العلماء سببها إلى احترار المناخ على مستوى العالم ومناخ العراق الصحراوي فضلا عن زيادة نسبة انبعاثات غاز ثنائي اوكسيد الكربون في الجو وانتشار ظاهرة التصحر وغيرها من العوامل البيئية [2] [3]. كما يتميز مناخها بتقلبات جوية واضحة ضمن فصلي الربيع والخريف االانتقاليين. تبلغ مساحة محافظة بغداد ($5169Km^2$) وهي أصغر محافظة مساحة في العراق. ووفقا للجهاز المركزي للإحصاء التابع لوزارة التخطيط*، يبلغ عدد سكان العاصمة بغداد (9.006.001) نسمة وبنسبة (21.3٪) من مجموع سكان العراق وهي ثاني عاصمة عربية من حيث عدد السكان بعد مدينة القاهرة وتبلغ الكثافة السكانية فيها (1977.2 نسمة /كم^2) [4].

يعد التحليل التوافقي أحد أساليب المتبعة في تحليل السلاسل الزمنية المناخية، لأنه يبحث عن دورية متغيرات الظاهرة المناخية كدالة زمنية، وتحويل هذه السلاسل المناخية المعقدة إلى مركبات دورية على شكل منحنيات لدوال جيبية ذات طول موجي معين، تعتمد تحويلات فوريه لاكتشاف الاطوال الموجية للمتغير الزمني وتحديد نمطه الدوري [5]. يوفر التحقيق في التوزيعات التوافقية لعناصر ومركبات الطقس والمناخ مزيدًا من الموثوقية في التنبؤ بالانماط والظروف الجوية السائدة لمنطقة ما على الأمد الطويل، وعلاوة على ذلك بيان مدى الاستجابة المتوقعة لكل عنصر بتاثير التغير المناخي العالمي[6] [7]. تهدف هذه الدراسة الى نمذجة المعدلات المسجلة لدرجات الحرارة اليومية للسلسلة الزمنية الممتدة لـ(39) سنة باستخدام الانحدار التوافقي وتحليلها احصائيا علاوة على استكشاف الأطياف التوافقية من مجال التردد للمعدلات الحرارية وتقديم فكرة مختلفة ونتائج مرجعية للأبحاث ذات الصلة المتعلقة بمناخ العراق عامة وبمعدلات درجة الحرارة اليومية في العاصمة بغداد خاصة.

2- البيانات وإجراءات البحث Data and research procedures

تم الحصول على معدلات درجات الحرارة لبغداد للنطاق الزمني الممتد ضمن المدة من 1 /12/ 1980 إلى 31 /1/ 2020 والمجدولة في جدول (1)، من أرشيف قسم المناخ في الهيأة الأرصاد الجوي والمسح الزلزالي في العراق[8], حيث تشمل المعدلات المسجلة يوميا في محطة بغداد، وتم استثناء القراءات المفقودة لسنة 2003 لظروف الحرب وخروج بعضا من محطات الأرصاد عن الخدمة، وتم إيجاد المعدل اليومي العام لهذه السلسلة الحرارية والمتمثلة بـ (40) سنة أي ما يساوي 14610 يوما ويعد هذا احصائيا تمثيلا حقيقيا للانماط السائدة لتوزيع درجات الحرارة اليومية في بغداد، وتم إيجاد المعدلات وفقا للصيغة الرياضية لاحتساب الوسط الحسابي لدرجات الحرارة اليومية المسجلة. الشكل (1) يمثل التوزيع السنوي لمعدلات درجة الحرارة اليومية للسلسلة الزمنية المقاسة في بغداد.

* https://cosit.gov.iq

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com
مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية

جدول (1) : بيانات المناخ في بغداد العاصمة (منطقة الدراسة)

WMO ID	Station	Lat(dms)	Long(dms)	Elev(m)	Köppen Zone
40650	Baghdad	33°20"26.09'N	44°24"3.17'E	32	BWh

Observed Mean Daily Temperature (°C) in Baghdad for timeseries (1980-2020)

DoY	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	11.08	12.33	15.95	21.05	25.91	32.10	34.04	34.77	32.33	27.84	20.08	13.56
2	11.16	12.07	16.27	21.39	25.80	31.88	34.43	35.04	32.34	27.79	20.20	13.22
3	10.89	12.01	16.40	21.46	26.53	32.05	34.26	35.10	31.80	27.10	19.70	12.81
4	10.85	12.18	16.32	21.25	27.16	32.09	34.47	34.64	31.53	26.43	19.05	12.73
5	11.02	11.94	16.62	21.43	27.22	31.97	34.09	34.37	31.90	26.44	18.62	13.00
6	11.62	12.06	16.52	22.41	27.28	31.98	34.00	34.10	32.11	26.81	18.83	12.69
7	11.40	12.79	16.93	22.85	27.59	32.07	34.32	34.06	31.81	26.66	18.76	12.27
8	11.32	13.40	17.67	22.90	28.14	32.56	35.01	34.05	31.51	26.43	18.38	12.58
9	10.84	13.33	17.19	22.89	28.02	32.83	34.88	33.87	31.12	26.30	18.22	12.74
10	10.59	13.17	17.24	23.02	28.34	32.74	34.73	34.17	30.77	26.30	17.64	12.38
11	10.04	13.15	17.43	22.75	28.42	32.44	34.95	34.37	30.78	25.86	17.28	11.74
12	9.95	13.08	17.74	22.64	28.15	32.04	34.58	34.53	30.94	25.62	16.67	12.03
13	10.10	13.65	18.18	23.12	28.60	32.46	34.30	34.64	30.74	25.29	16.49	12.10
14	10.23	14.29	17.96	23.27	28.81	32.95	34.62	33.85	30.64	25.67	17.12	11.63
15	10.42	14.60	17.78	23.65	28.79	33.20	34.78	33.43	30.15	25.63	16.84	11.01
16	10.45	14.37	17.24	23.74	29.09	33.28	34.83	33.72	30.40	25.04	16.41	11.13
17	10.52	14.34	17.37	23.91	29.97	32.85	35.14	33.68	30.30	24.86	15.92	11.22
18	11.59	14.04	17.82	23.89	30.49	32.94	35.19	33.69	30.08	24.57	16.10	11.02
19	11.87	13.98	17.94	24.76	30.09	32.96	35.39	33.58	29.39	24.08	16.13	10.88
20	11.23	14.19	18.11	25.17	30.23	32.45	35.71	33.45	29.54	23.29	15.89	10.77
21	11.06	13.78	18.17	24.75	30.11	32.67	35.58	33.59	29.19	23.37	15.45	11.14
22	10.67	13.96	18.94	24.69	30.14	32.90	35.34	33.11	29.07	23.09	15.16	11.09
23	11.09	14.64	19.25	24.61	30.43	33.11	35.35	33.27	28.63	22.98	14.69	11.38
24	11.27	14.98	19.04	24.95	30.48	33.43	35.51	33.16	28.73	23.14	14.92	11.62
25	11.15	15.38	18.88	25.27	30.47	33.57	35.65	32.98	28.35	22.72	14.58	10.84
26	11.57	15.12	19.16	25.48	31.07	33.72	35.20	32.77	28.20	22.56	14.57	11.10
27	11.26	15.17	19.64	24.96	31.76	33.91	34.93	33.05	28.23	22.33	14.42	11.18
28	11.49	15.81	20.05	26.54	31.66	33.87	35.08	33.11	28.38	22.07	14.12	11.01
29	11.98	15.78	20.33	26.40	31.50	33.79	34.79	33.08	27.66	21.76	13.96	11.30
30	11.67	===	20.26	26.30	31.44	33.97	34.74	32.52	27.33	20.94	13.82	10.79
31	12.10	===	20.48	===	31.38	===	34.77	32.48	===	19.83	===	10.28

تحليل فوريه، المعروف أيضًا باسم التحليل التوافقي أو التحليل الطيفي، هو فرع من فروع الرياضيات المعنية بتمثيل الدوال أو الإشارات كتداخل الموجات الأساسية وغالبا ما تستخدم متسلسلة فوريه لتمثيل أي دالة دورية كمجموع لعديد من الدوال المثلثية البسيطة، وهي دالة الجيب وجيب التمام. والتي يتشرط ان يكون ترددها ثابتا. تم تطبيق متسلسلة فوريه في الأصل لحل معادلة الانتشار الحراري، ثم لاحقًا تم الكشف بأن نفس تقنيات التحليل التوافقي قابلة للتطبيق مع مجموعة واسعة من المسائل الرياضية والفيزيائية [9] [10]. إن تحويل فوريه للدالة الزمنية هو دالة معقدة للتردد، اذ يتم في التحليل التوافقي تحويل السلسلة الأصلية من المجال الزمني إلى مجال التردد، وذلك عن طريق التحويل للحصول على طيف التردد والكثافة الطيفية للطيف الترددي المقابل، ومن ثم يمكن تقسيم السلسلة الأصلية إلى عدة سلاسل من دمج عدة دوال ثلثية.

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية

3- متسلسلة فوريه والتحليل الطيفي Fourier series and spectral analysis

ان بناء أي نموذج رياضي يتم بمراحل عدة وفي هذه الدراسة النموذج المقترح هو سلسلة من دوال الجيوب وجيوب التمام. تعطى صيغته الرياضية لكامل السلسلة الزمنية بموجة واحدة من تحويلات فوريه ولمتسلسلة مستقرة كما يأتي: [11] [13]

$$T(t) = A_0 + \sum_{m=1}^{n}\left(\frac{A_m \cos(2\pi mt)}{N} + \frac{A_m sin(2\pi mt)}{N}\right) + \varepsilon_t\ ,\ \ t = 1,2,\dots,N \quad \text{.....} \quad (1)$$

حيث ان الرموز في المعادلات كما يأتي:

$T(t)$: الدالة الزمنية لمعدل درجة الحرارة اليومية المتوقعة.

t: تسلسل اليوم في السنة (Day of Year (DoY.

N: حجم العينة (مجموع عدد الأيام في السلسلة الزمنية الاصلية ويجب ان يكون زوجيا N=2n).

n: اقصى عدد لتوافقيات فوريه.

A_o: المعدل العام للسلسة الزمنية لدرجات الحرارة.

A_m: سعة الموجة وتقابل اعظم معدل يومي في السنة.

$1/N$: التردد الأساس للسلسلة الزمنية.

m/N: تسلسل المركبة (m) لتوافقيات فوريه.

ε_t: الخطأ العشوائي في تمثيل الدالة الزمنية $T(t)$

وللسلسلة الزمنية قيد الدراسة تم تحويل المعدلات اليومية لدرجات الحرارة الى الدالة الزمنية التجريبية وفقا لأقل قيمة للجذر التربيعي لمعدل مربع الخطأ (RMSE= 0.4211) وتم التعبير عنها بمجموع دوال مثلثية وكما يأتي:

$$\hat{T}(t) = A_o + A_1 cos(\omega t) + A_2 sin(\omega t) + A_3 cos(2\omega t) + A_4 sin(2\omega t) + A_5 cos(3\omega t) + A_6 sin(3\omega t) \quad \text{.....} \quad (2)$$

$\hat{T}(t)$: القيمة المتوقعة للمتغير الزمني (معدلات درجات الحرارة اليومية) المقاسة في زمن معين (t). وأما A_i فهي معاملات الانحدار الجزئي وتشير الى سعة كل مركبة في معادلة الانحدار التوافقي، ويدل الرمز ω إلى التردد الزاوي وان $(\omega = 2\pi f)$ حيث f التردد او (التواتر) ويمثل عدد الذبذبات في التحليل التوافقي.

وبحل المعادلة (2) بطريقة المربعات الصغرى يتم الحصول على قيمة معاملات فوريه مما يعطي $(A_0, \dots\dots, A_6)$ لمعادلة الانحدار غير الخطي وهذه المعادلة تمثل سلسلة زمنية من المعدلات بمركبة توافقية واحدة. ويمكن تمثيل تلك السلسلة الزمنية بعدد من الموجات المختلفة السعة ولكل مركبة زاوية طور مختلفة (φ)، ويمكن التعبير عن معادلة الانحدار التوافقي للمعدلات المتوقعة ولما يزيد عن (93%) من السلسلة الأصلية للمعدلات المقاسة بالمعادلة الآتية:

$$\hat{T}(t)_{DoY} = \sum_{i=1}^{n} A_i sin(2\pi\hat{T}(t) + \varphi_i) \quad \text{.....} \quad (3)$$

ويمكن ان تبسط هذه المعادلة بعد تحديد معلمات الانحدار التوافقي بالصيغة الرياضية النهائية وكما يأتي: $\hat{T}(t)_{DoY} =$

$$23.62 - 11.32cos(0.01748t) - 3.833sin(0.01748t) - 1.063cos(0.03496t) + 0.1682sin(0.03496t) - 0.2931(0.05244t) + 0.2825cos(0.05244t). \quad \text{.....} \quad (4)$$

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية

اذ تمثل موجات الجيب والجيب التمام تغير سعة الموجة لسلسلة معدلات درجة الحرارة مع الزمن اعتمادا على تسلسل اليوم في السنة (DoY)، والمعادلة (4) تمثل متسلسلة فوريه بصيغتها النهائية لتحقيق الانحدار التوافقي والتحليل الطيفي لمعدلات درجة الحرارة اليومية في بغداد [14].

توفر حزمة مناسبة الدوال (Curve Fitting Tool) في تطبيق ماتلاب (Matlab R2018a) أدوات قوية وطيف واسع من الصيغ الرياضية الخطية وغير الخطية وتقنيات الاستكمال لإيجاد نماذج رياضية لبيانات من ازواج مرتبة بالشكل (x,y)، اذ تم من خلال الدالة المكتبية للانحدار التوافقي في الحزمة التوصل الى قيم الثوابت $(A_0,\ldots\ldots,A_6)$ في معادلة الانحدار التوافقي للنموذج المقترح، في حين تعد أدوات تحليل الموجة (Wave Viewer Tool) في حزمة معالج الإشارة (السلسلة الزمنية لدرجات الحرارة اليومية) من اهم واسهل البرمجيات لتحويل الإشارات من النطاق الزمني الى النطاق الترددي.

4- مقاييس جودة مخرجات الانموذج. Measuring the quality of the model output

اهم المعلمات الإحصائية الشائعة الاستخدام لتحديد جودة ودقة اي نموذج تجريبي لتمثيل بيانات مستقلة هي كل من:

1. متوسط الخطأ المطلق (MAE) هو أبسط مقياس يمكن فهمه لخطأ الانحدار، اذ يحسب المتبقي لكل نقطة من البيانات، مع الأخذ في الاعتبار القيمة المطلقة لكل منها فقط حتى لا يتم إلغاء القيم المتبقية السالبة والموجبة. ثم نأخذ متوسط كل هذه القيم المتبقية، ويصف MAE [15] وبكل فعالية الحجم النموذجي للبواقي حيث تعطى صيغته الرياضية كما يأتي :

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|e_i| = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|\hat{T}_i - T_i|, i = 1,2,3,\ldots, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

2. الجذر التربيعي لمعدل مربع الخطأ (RMSE) ويستخدم كمقياس إحصائي قياسي لقياس أداء نموذج التنبؤ في الأرصاد الجوية، ويعد مقياسًا جيدًا للدقة، ولكن فقط لمقارنة أخطاء نموذج التنبؤ للمتغير وتقديم صورة كاملة لتوزيع الأخطاء وكلما انخفضت قيمته زادت دقة النتائج التجريبية للتنبؤات النظرية. صيغته الرياضة تعطى كما يأتي [16] :[17]

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} e_i^2} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\hat{T}_i - T_i)^2}\,, i = 1,2,3,\ldots,n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

3. يقيس معامل التحديد R^2 نسبة التباين في المتغير التابع الذي يمكن التنبؤ به من المتغيرات المستقلة، ويأخذ القيم الواقعة في الفترة المغلقة [0,1]، ورياضيا يعطى بالصيغة الآتية [18] :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(T_i - \hat{T}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(\bar{T} - T_i)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

ويمثل كلا من $(\bar{T}, \hat{T})$ المعدل اليومي لدرجات الحرارة المتوقعة والمقاسة على التوالي.

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية

5- أساليب التحليل الطيفي لمعدلات درجة الحرارة اليومية المقاسة في بغداد.

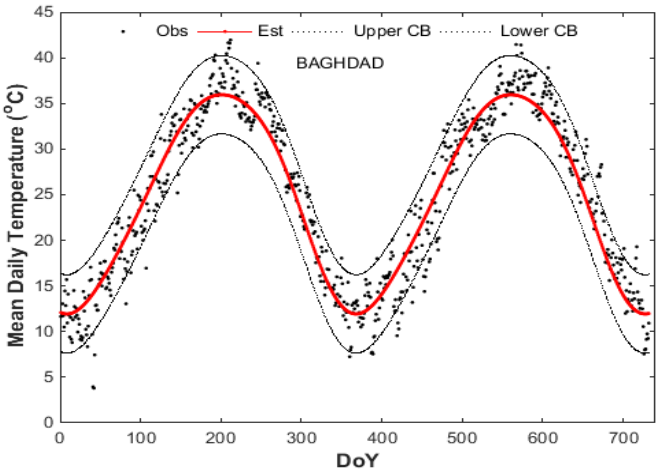
يسمح تحويل فوريه بإعادة تشكيل بيان أي موجة معقدة بعدد من الموجات البسيطة سهلة التحليل من النطاق الزمني Time domain إلى النطاق الترددي Frequency domain. فبدلا من تتبع التغير الزمني في سعة الموجة، يمكن قياس تغير سعة الموجة باختلاف ترددها، وهذا يزيد من سهولة التحليل التوافقي للكشف بواسطته عن النمط الدوري للتغير في معدلات درجة الحرارة اليومية. اذ توجد أساليب عدة للتحليل الطيفي للسلسلة الزمنية والتي يمكن ان توصف بالمجموع الجبري لموجات الجيب والجيب التمام المتفاوتة بسعاتها الموجية وترددتها. أحد أهداف التحليل الطيفي هو تحديد الترددات (أو الفترات) المهمة في السلسلة المرصودة. أداة البداية للقيام بذلك هي مخطط الدورية Periodogram. يرسم مخطط الدورية مقياسا للأهمية النسبية (وزن الدورة التي تهيمن على السلسلة) لقيم التردد المحتملة التي قد تفسر نمط التذبذب للبيانات المرصودة. تشير القيمة الكبيرة نسبيا لمخطط الدورية إلى أهمية أكبر نسبيا للتردد (j أو بالقرب من j) في شرح التذبذب في السلسلة المرصودة. تتناسب قيمة P_j مع معامل التحديد R^2 (مربع معامل الارتباط) بين السلسلة المرصودة وموجة جيب التمام للتردد j. يمكن استخدام الترددات السائدة لملاءمة موجات جيب التمام أو الجيب مع البيانات، أو يمكن استخدامها ببساطة لوصف الدوريات المهمة في السلسلة.

6- النتائج والمناقشة Results and Discussion

اتخذت المعدلات المقاسة توزيعا طبيعيا تقريبا وبيان الدالة بشكل منحني جيبي تبعا لتسلسل اليوم في السنة، مما سهل من توظيف متسلسلة فوريه للحصول على أفضل منحني لتمثيلها، واختبرت جودة نموذج المناسبة للقيم المتوقعة وفقا للمقاييس الإحصائية الثلاث، اذ بلغت قيمة معامل التحديد بين القيم المقاسة والمتوقعة بحدود (R^2= 0.9966) لتشير الى التطابق المثالي ومناسبة الدالة المثلثية لتمثيل هذه المعدلات. ظهرت اقصى قيمة لمطلق الخطأ بحدود (2.11 °C) في حين بلغت (0.02 °C) كأدنى قيمة، وبلغ معدل الخطأ المطلق للمعدلات اليومية المتوقعة بحدود (1.05 °C)، ولم يتجاوز الانحراف المعياري لمطلق الأخطاء (0.49 °C)، مما يدل جودة النموذج المقترح ودقته لتمثيل البيانات مقارنة بالمعدلات المقاسة لدورتين مستقلة وهما المعدلات اليومية المسجلة لسنة 2020 وسنة 2021 على التوالي. يوضح التمثيل البياني في الشكل (1) توزيع المعدلات المقاسة والمتوقعة لمدينة بغداد لدورتين مستقلة تتمثل في معدلات درجة الحرارة اليومية لسنة 2021 وسنة 2022 على الترتيب، وقد ظهرت تكرارات للمعدلات ضمن نطاق حدود الثقة (Confidence Bounds)، والذي يتم احتسابه اعتمادا على كل من قيمة المعدل والانحراف المعياري وفقا للصيغة الرياضية ($\bar{T} \pm k\sigma, k \geq 0$) ويمثل توزيع المعدلات التي تقع تحت او فوق منحني التخمين المقترح كمتسلسلة لدوال مثلثية ولهذه الدراسة تم تعويض قيمة الثابت ($k = 0.5$).

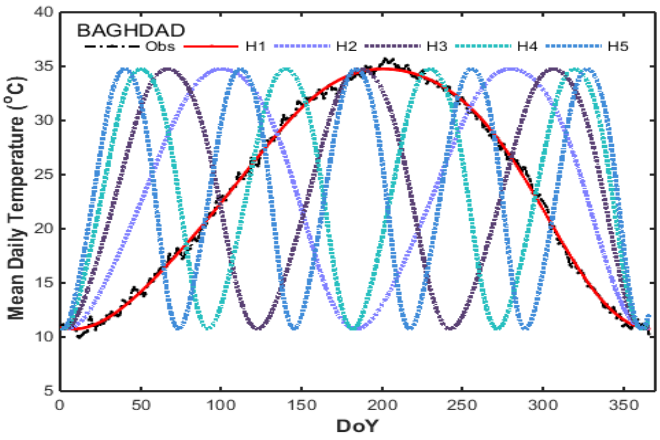
ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية

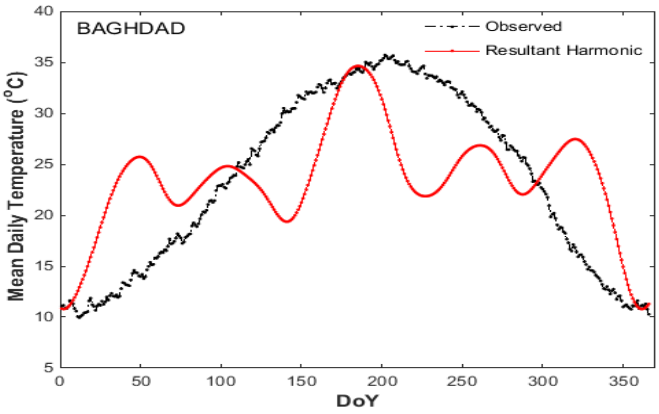


الشكل (1) : التوزيع السنوي لمعدلات درجة الحرارة اليومية المقاسة والمتوقعة في بغداد (2020–2021)

يمكننا أيضًا أن نلاحظ – الشكل (2) – أن منحنيات التوافقيات الثلاث فردية التردد ($2nf$, n=1,3,5) متساوية السعات تمثل توزيع البيانات بشكل مناسب، بالرغم من وجود توافقيات من رتب اعلى تمثل جزئيا البيانات السنوية لدرجة الحرارة اليومية في حين التوافقيات الثانية والرابعة تظهر مقلوبة الطور بزاوية (180°) عند اعظم سعة (المعدل السنوي) وفقًا لذلك، من المنحنيات التوافقيات الأولى(الخط الأحمر) والثالثة (الخط الأزرق) والخامسة (الخط الأخضر) تظهر التوافقيات السائدة التي تمثل المعدلات درجة الحرارة اليومية المقاسة في بغداد (النقاط السوداء)، واعتمادا على التوافقي المحصل الناتج من المجموع الجبري للتوافقيات الفردية التردد يمكن تحديد حدود المواسم او الفصول السنوي لمنطقة الدراسة والتي تمثل الفترات التي تتساوى تقريبا عندها سعات توافقيات فوريه[19] [20].



الشكل (2) : يمثل التوافقي الأول H_1 (باللون الاحمر) والثاني H_2 (باللون الازرق) والثالث H_3 (باللون الرصاصي) والرابعة H_4(باللون الفيروزي) والخامس H_5 (باللون الاخضر) لدرجة الحرارة اليومية المقاسة (النقاط بالاسود) في بغداد.



الشكل (3) :التوزيع التوافقي المحصل (الخط الاحمر) ودرجات الحرارة اليومية المقاسة (النقاط السوداء) في بغداد

الشكل (3) يمثل التوافقي المحصل لدرجات الحرارة اليومية اذ لوحظ ان اليوم العاشر بعد المئة والذي يوافق اليوم التاسع عشر من شهر نيسان يمثل نهاية الأجواء الباردة الى المعتدلة في بغداد وهو اليوم الذي يتساوى فيه المعدل العام للسلسلة اليومية المقاسة مع المعدل المتوقع من مخرجات التوافقي المحصل، في حين نجد ان الفاصلة الزمنية لا تتعدى 12 يوما بين اليوم السابع والسبعون بعد المئة والذي يقابل اليوم الخامس والعشرون من شهر حزيران أي بإزاحة موجبة مدتها 4 أيام عن الانقلاب الصيفي والذي يوافق الحادي والعشرون من الشهر السادس واليوم التاسع والثمانون بعد المئة لتأذن بدخول فصل الصيف في الأسبوع الأول من شهر تموز. الذروة الصيفية المتوقعة او درجات الحرارة القصوى تظهر في اليوم الخامس والثمانون بعد المئة لتتخلف عن الذروة المقاسة بمدة 17 يوما والتي سجلت في اليوم الثاني بعد المئتين والذي يوافق العشرون من الشهر السابع (موسم موجات الحر). يمتد فصل الحر لغاية اليوم التاسع والتسعون بعد المئتين الموافق لليوم الخامس والعشرون من شهر تشرين الأول والذي أيضا فيه يتساوى المعدل العام المقاس مع المعدل المتوقع من التوافقي المحصل في العاصمة بغداد لتعود الاجواء المعتدلة الى الباردة ولغاية اليوم الثامن والخمسون بعد الثلاثمئة وهو ما يوافق اليوم الرابع والعشرون او الخامس والعشرون من شهر كانون الأول (الانقلاب الشتوي). اما أيام البرد القارس فتمتد لغاية 16 يوما فقط من اليوم الخامس والعشرون (أعياد الميلاد) من شهر كانون الاول ولغاية الأسبوع الأول من شهر كانون الثاني من كل سنة. يوضح الجدول (2) تسلسل اليوم في السنة والتقويم الفصلي المتوقع لمعدلات درجة الحرارة اليومية في بغداد

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية

جدول (2): التقويم الفصلي المتوقع في بغداد

Seasonal boundary			
N	DoY	Calendar	Season
1	1–7	1–7 Jan	First
2	8–110	8 Jan–19 April	Second
3	111–177	20 April–25 June	Third
4	178–189	26 June–7 Jul	
5	190–296	8 Jul–25 Oct	
6	297–358	26 Oct–24 Dec	Fourth
7	359–366	25–31 Dec	First

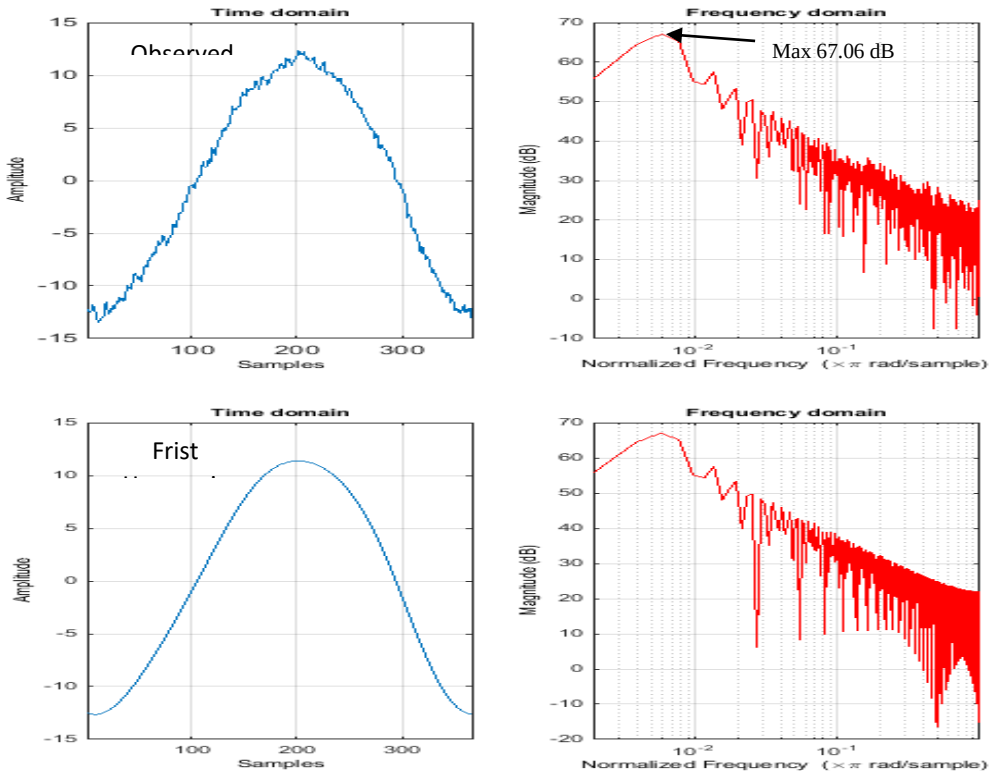
يبدو أن المواسم المحددة في العراق عموما والعاصمة بغداد بشكل خاص على مدى 40 عاما غير متغيرة تقريبا. وعليه يمكن القول إن موقع الدراسة ينتمي إلى منطقة مناخية متطابقة لها أربعة مواسم مختلفة. ولوحظ ان توقع الفصول الأربعة والحدود الموسمية ليس دقيقا مقارنة بالفصول الاربعة لكنه يتماشى بحدود خطأ مقبول رياضيا مع مفهوم الفصول التقليدية المحددة كل ثلاثة شهور من السنة اعتمادا على الحركة الدورية للأرض حول الشمس والموقع المقابل لها الذي ينتج عنه أربعة مواسم أرصاد جوية محددة بفواصل الاعتداليين الربيعي والخريفي والانقلابين الصيفي والشتوي لتمثل الدورة السنوية المناخية في النصف الشمالي للأرض.[21].

تم الكشف النمط الترددي المهيمن على السلسلة الحرارية المقاسة في بغداد من تحويل النطاق الزمني للبيان الى نطاق التردد بالمقياس الخطي واللوغاريتمي وبعد التخلص من الاتجاه العام للسلسلة من طرح معدلاتها من المعدل العام، اذ لوحظ من مخطط الدورية ان من منطقة الذروة السائدة في السلسلة الزمنية المقاسة تقع في مكان ما حول تردد زاوي معياري قيمته ($\acute{\omega} = 0.005859375(\times \pi\, rad/samples)$)، ويشير التحقيق في اعظم قيمة من مخطط الدورة (Periodgram$_{(Max)}$=67.06172 dB) إلى أن الذروة تحدث عند هذا التردد بالضبط. هذا يتوافق مع التردد في المقياس الخطي $1.07\left(\frac{cycle}{year}\right) \approx \frac{0.005859375*365.25}{2} = \frac{\acute{\omega} f_s}{2} = f$ ، اذ يطلق على عدد العينات في الثانية مسمى (f_s) وان sample rate $365.25\left(\frac{sample}{year}\right) = \frac{14610\,(sample)}{40\,(year)} = f_s$، ، اذ يتم احتساب شهر شباط اما 28 يوما او كل اربع سنوات 29 يوما في السنة الكبيسة (Leap year). وهكذا يبدو أن هناك دورية بتردد يبلغ $1.07\left(\frac{cycle}{year}\right)$ تهمين على المعدلات درجة الحرارة اليومية في منطقة الدراسة.

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية

مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية



الشكل (4) : معدلات درجة الحرارة اليومية المقاسة والمتوقعة في بغداد في النطاق الزمني (المنحنيات بالازرق الى اليسار) والنطاق الترددي (المنحني بالاحمر الى اليمين) في المقياس اللوغاريتمي.

– التنبؤ باستخدام التحليل الطيفي لمعدلات درجة الحرارة اليومية المقاسة في بغداد لسنة 2023

أظهرت المؤشرات الاحصائية لجودة النموذج المقترح ان التوافقي الأول من تحويلات فوريه يمثل المعدلات المقاسة تمثيلا جيدا فقيمة معامل التحديد كبيرة (R^2=98.28%)، مما يدل على دقة النموذج في وصف المعدلات المقاسة او تقديرها، في حين بلغت قيمة الجذر التربيعي لمعدل مربع الخطأ (RMSE=1.227)، لذا يمكن توظيف مخرجات النموذج للتنبؤ المستقبلي بدرجات الحرارة اليومية بعد تعديل ثوابت منحني التحليل التوافقي لسنة (2023) لأنها الاحدث قياسا، فعلى سبيل المثال قيمة المعدل اليومي المقاس في اليوم الثالث والعشرون من شهر نيسان بلغت (24.16 °C) في حين المعدل المتوقع لليوم نفسه بلغ (24.13 °C)، أي بخطأ مطلق لا يتجاوز (0.13%)، وهذه النتائج في توافق مع بعض الدراسات السابقة[22] عن تقدير المعدلات المقاسة لدرجة الحرارة اليومية في بغداد. يوضح الجدول (3) المعدلات المقاسة والمتوقعة ولنهاية شهر نيسان 2023 في بغداد مع بعض المقاييس الإحصائية.

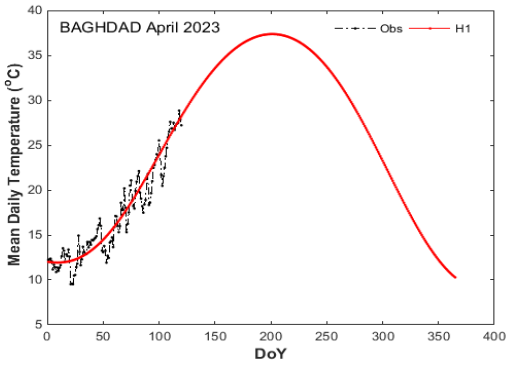
ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

جدول (3) : معدلات درجة الحرارة اليومية (°C) المقاسة والمتوقعة لنهاية شهر نيسان 2023 في بغداد

DoY	Calendar	Obs	H1	Abs. Error(%)	DoY	Calendar	Obs	H1	Abs. Error(%)	DoY	Calendar	Obs	H1	Abs. Error(%)
91	1	18.34	21.94	19.62	101	11	24.16	24.13	0.13	111	21	26.85	26.31	2.03
92	2	18.61	22.16	19.05	102	12	21.70	24.35	12.21	112	22	26.86	26.53	1.24
93	4	19.65	22.37	13.88	103	13	20.47	24.57	20.00	113	23	27.49	26.74	2.72
94	4	20.99	22.59	7.64	104	14	21.56	24.79	14.96	114	24	26.70	26.95	0.93
95	5	22.48	22.81	1.48	105	15	22.49	25.01	11.21	115	25	27.16	27.16	0.01
96	6	22.79	23.03	1.06	106	16	23.75	25.22	6.22	116	26	27.37	27.38	0.03
97	7	23.37	23.25	0.53	107	17	24.71	25.44	2.98	117	27	27.48	27.59	0.38
98	8	23.99	23.47	2.19	108	18	25.87	25.66	0.82	118	28	28.84	27.79	3.63
99	9	23.88	23.69	0.80	109	19	26.49	25.88	2.32	119	29	27.85	28.00	0.56
100	10	25.52	23.91	6.33	110	20	27.59	26.09	5.42	120	30	27.21	28.21	3.66

Sines and Cosines Coefficients

a_o	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3	ω
20.690	8.4210-	0.5466	-0.7869	10.070	-4.7140	-0.7869	0.01169



الشكل (5): معدلات درجة الحرارة اليومية المقاسة (بالاسود) والمتوقعة (بالاحمر) لنهاية شهر نيسان 2023 في بغداد.

7- الاستنتاجات Conclusions

أظهرت نتائج التحليل التوافقي أن السلوك الزمني لمعدلات درجة الحرارة اليومية في بغداد يتبع نمطا دوريا ومنتظما، بتردد يبلغ تقريبا (1.07 cycle/year) لتوزيع المعدلات اليومية لدرجات الحرارة في بغداد. اذ وجد أن أكثر من 98٪ من سلوك درجة الحرارة اليومية يمكن تفسيره بثلاثة مركبات توافقية لدوال فوريه المثلثية. وتم استخدام مخرجات هذه المركبات لبناء نموذج توافقي غير خطي للتنبؤ بالمعدلات اليومية لبغداد. تمت مقارنة المعدلات المتوقعة من تطبيق نموذج التنبؤ المقترح مع المعدلات المقاسة لمعدلات درجة الحرارة اليومية لمدينة بغداد للفترة ما بين 1980–2020، وايضا أن مقارنة ذلك النموذج ببيانات السنة المستقلة لقيم درجات الحرارة يعني لم تدخل معلوماته في بناء النموذج لأن دقة التنبؤ وأقل خطأ ينتج عن بيانات خارج العينة فضلا عن دلالة معامل الارتباط كلها تثبت أن النموذج مرتبط خطيا بالسلسلة الزمنية المرجعية المقاسة ويفسرها بنسبة جيدة مما يدل على جودة الانموذج، وإمكانية استخدامه للتنبؤ بمعدلات درجة الحرارة اليومية لمدينة بغداد.

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية

الشكر والتقدير

يتقدم الباحث بجزيل الشكر وعظيم الامتنان لكل من ساهم بدعمه علميا وتقييما لاخراج هذا النتاج العلمي بالصيغة المثالية. ويتقدم بالشكر أيضا الى كوادر هيأة الانواء الجوية والرصد الزلازلي في العراق لتزويدهم بالبيانات المطلوبة لتحقيق هدف البحث.

التصريح

يصرح الباحث بعدم وجود أي نوع من التضارب في المصالح لهذا النتاج العلمي.

Conflict of interests.

There are non-conflicts of interest.

References

[1] W. Z., Schneider, E.K., Kirtman, B.P., Sarachik, E.S., Huang, N.E., Tucker, C.J., " The modulated annual cycle: an alternative reference frame for climate anomalies". *Clim. Dynam*. 31 (7-8), 823–841.,2008, DOI: 10.1007/s00382-008-0437-z.

[2] A. Husayn Al-Shalash, " Climate of Iraq",(in Arabic), College of Arts, *Basra University Press, Basra*, pp. 20-21.,1988.

[3] Q. Al-Yasiri, Géczi, G., " Global Warming Potential: Causes and Consequences ". *Academia Letters, Article* 3202, 2021, DOI: 10.20935/AL3202.

[4] Ministry of Planning , Central Stattistical Organazation, IRAQ, "Annual Statistical Abstract 2022-2023, Part two, Population Census" ,2023, avaible at https://cosit.gov.iq/documents/AAS2023/2.pdf.

[5] C. Chatfield, 2000. " The analysis of time series: An introduction, 4th edition", *Chapman and Hall, London*, p., 250.,2000

[6] S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. C, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.), "Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", *Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp*.2007

[7] Z. Zuo-Fang, D Hai-Yan, FAN Shui-Yong.,"Characteristics of climate warming and extreme temperature indices in Beijing over 1960-2008 ", Advances in Climate Change Research, 7(3), 189–196, 2011 , DOI:10.3969/j.issn.1673-1719.2011.03.006.

[8] https://www.meteoseism.gov.iq

[9] K.W. Cattermole, "The Fourier Transform and its Applications". McGraw Hill. Chelton, D.B., Schlax, M.G., 1996. Global observations of oceanic Rossby waves. *Science* 272 (5259), 234–238, 2000, DOI: 10.23851/mjs.v33i1.1083.

[10] D.J. Thomson, "Spectrum estimation and harmonic analysis". *Proc. IEEE* 70 (9), 1055–1096.,2005, DOI: 10.1109/PROC.1982.12433.

[11] C.K. FOLLAND, T.R. KARL, K.YA. VINNIKOV., "Climate Change. The IPCC. Scientific Assessment", J.T. Houghton, *Cambridge University Press, Cambridge*, CH7,199–233,1990

[12] M. Murat, I. Malinowska, M. Gos, ,J. Krzyszczak, "Forecasting daily meteorological time series using ARIMA and regression models", *Int. Agrophys*., 32, 253-264,20118, DOI: 10.1515/intag-2017-0007.

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

[13] P. Ma, S. Wang, J. Zhou, T. Li, X. Fan, J. Fan, S. Wang., "Meteorological rhythms of respiratory and circulatory diseases revealed by Harmonic Analysis". *Heliyon* 6 e04034.,2020, DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04034.

[14] H. M. Al-Samarrai and M. H. . Al-Jiboori, 2022. "Estimation of the Daily Maximum Air Temperature for Baghdad City Using Multiple Linear Regression", *Al-Mustansiriyah Journal of Science*, vol. 33, no. 4**,** pp. 9–14, Dec., 2022, DOI: 10.23851/mjs.v33i4.1168.

[15] C. J. Willmott, K. Matsuura, "Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance"., *CLIMATE RESEARCH* 30: 79–82.,2005, DOI: 10.3354/cr030079.

[16] T. O. Hodson, "Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE): when to use them or not", 2022, DOI: 10.5194/gmd-2022-64.

[17] W. Wang, Y. Lu, "Analysis of the Mean Absolute Error (MAE) and the Root Mean Square Error (RMSE) in Assessing Rounding Model", IOP *Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng*. 324 012049., 2018, DOI: 10.1088/1757-899X/324/1/012049.

[18] D. Chicco, M. J. Warrens, G. Jurman, "The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation"., Peer J. *Comput. Sci*. 7: e623,2021, DOI: 10.7717/peerj-cs.623.

[19] Q. Tarawneh, "Harmonic analysis of precipitation climatology in Saudi Arabia"., *Theor Appl Climatol* (2016) 124:205–217,2016, DOI: 10.1007/s00704-015-1408-z.

[20] S. Mustafizur Rahman, S. Mahbubur Rahman, Md. Shuzon Ali, Md. Abdullah, "Estimation of seasonal boundaries using temperature data: a case of northwest part of Bangladesh"., *Math. Clim. Weather Forecast*., 6:50–62, 2020, DOI: 10.1515/mcwf-2020-0102

[21] WMO. "Guide to Climatology Practices. 2018 edition". World Meteorological Organization. *WMO* No. 100, *Geneva*., WMO, ISBN:978-92-63-10100-6, 2018.

[22] F. S. Basheer, "Trend Analysis of Annual Surface Air Temperature for Some Stations over Iraq". *Al-Mustansiriyah Journal of Science*,33(1), 82–87**.**, 2022, DOI: 10.23851/mjs.v33i1.1083.

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com
مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية