

() - (/)

(// //)

. يعتبر توقع متوسط درجة الحرارة الشهرية مهمًا للفرد وللعديد من القطاعات الحكومية والأهلية. لذلك سعى هذا البحث إلى بناء نموذج لتوقع متوسط درجة الحرارة الشهرية لمدينة الرياض وذلك باستخدام التحليل التوافقي harmonic analysis. كان الهدف من استخدام التحليل التوافقي هو الكشف عن طبيعة النمط الدوري لسلوك متوسطات درجة الحرارة الشهرية عبر سلسلة زمنية طويلة تتمثلة في ٣٨٤ شهرا تمتد من يناير ١٩٦١م إلى ديسمبر ١٩٩٢م، ومن ثم توظيف ذلك للخروج بنموذج انحدار غير خطي توافقي لتوقع متوسطات درجة الحرارة الشهرية لمدينة الرياض .

لقد أظهرت نتائج التحليل التوافقي أن هناك نمطا دوريا لسلوك متوسطات درجة الحرارة الشهرية في مدينة الرياض ؛ حيث إن ٩٢٪ من التباين في متوسطات درجة الحرارة الشهرية في مدينة الرياض خلال فترة الدراسة فسر بواسطة ستة توافقات. لقد تم توظيف معطيات تلك التوافقات الستة لبناء نموذج التوقع ، وهو نموذج انحدار غير خطي توافقي. ومن ثم تطبيق النموذج لتوقع متوسطات درجة الحرارة الشهرية لمدينة الرياض. يوضح تطبيق النموذج لتوقع متوسطات درجة الحرارة للفترة السابقة الذكر ، والداخلية في بناء النموذج توضح جودة هذا النموذج ، كما أن تطبيق هذا النموذج على فترة زمنية مستقلة لم تدخل في بناء النموذج وهي الفترة ما بين يناير ١٩٩٣م إلى ديسمبر ١٩٩٧م ، تؤكد جودة هذا النموذج ، وإمكانية الاستعانة به عند توقع المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة في مدينة الرياض .

تمثل التوقعات الجوية قصيرة وطويلة المدى أهمية كبيرة، وذلك لأهمية حالة الطقس لكثير من نواحي الحياة سواء منها تلك التي تخص الفرد أو تلك التي تخص المجتمع بقطاعاته المختلفة. لذلك نجد أن التوقعات الجوية من أهم الأهداف لعمل المختصين في الدراسات الأرصادية والمناخية الذين يهدفون إلى تقديم الخدمات الجوية للقطاعات العديدة السابقة الذكر.

إن بناء التوقعات الجوية بأنواعها المختلفة يعتمد على أساليب عديدة أهمها:

- ١- التوقع الجوي السينوبتيكي *synoptic forecast*: هذا النوع يعتمد على خرائط طقسية لمنطقة واسعة بنيت بناء على معلومات طقس يومية لسنوات عديدة. يتم في هذا النوع من التوقع صياغة قوانين تجريبية بنيت اعتمادا على أنماط تلك الخرائط، وذلك لوضع التوقعات الجوية لمكان معين في زمن معين. وغالبا ما يستخدم هذا النوع لخدمة التوقعات الجوية قصيرة المدى التي تمتد ما بين يوم إلى خمسة أيام.
- ٢- التوقع الجوي *numerical weather forecast*: وتعتمد هذه الطريقة على حقائق فيزيائية جوية أهمها أن غازات الغلاف الجوي تتبع قوانين فيزيائية معروفة^(١) وبناء على ذلك، يمكن استخدام تلك القوانين لتوقع حالة الغلاف الجوي المستقبلية بمجرد معرفة بعض الحقائق الفيزيائية المرتبطة بالوضع الحالي للغلاف الجوي. ولكون تلك الطريقة تعتمد على متغيرات عديدة، وتحتاج إلى معادلات فيزيائية ورياضية عديدة توضح نوع التفاعل بين تلك المتغيرات ونتائج ذلك التفاعل؛ فقد تطورت تلك الطريقة بتطور الحواسيب الإلكترونية في العقود الثلاثة الأخيرة.

توقع متوسط درجة الحرارة الشهرية لمدينة الرياض

٣- التوقع الإحصائي *statistical prediction* : في هذا الأسلوب تستخدم المعلومات الجوية لفترات سابقة لتوقع حالات الطقس المستقبلية، أي أن هذا النوع من التوقع يعتمد على دراسة حالات الطقس الماضية، وذلك لكشف الأنماط الجوية وتكرارها ودوريتها للمساعدة على توقع حالات الطقس المستقبلية. ويتضح من اسم هذا الأسلوب من التوقعات الجوية أنه يعتمد على الأساليب الإحصائية وبالذات أساليب تحليل السلاسل الزمانية. وهذا النوع من التوقعات يحتاج إلى سجلات مناخية طويلة يفضل أن لا تقل عن ثلاثين سنة.

وغالبا ما يستخدم هذا الأسلوب في للتوقعات الجوية طويلة المدى، مثل التوقعات الفصلية لتوقع متغير واحد من المتغيرات الجوية، مثل متوسط درجة الحرارة العظمى أو الصغرى في أحد الشهور، أو كمية المطر في أحد الفصول أو في سنة معينة. وحيث إن هذا النوع يطبق في التوقعات الطويلة المدى والفصلية *long range and seasonal forecasts*، فإن الدقة المطلوبة فيه تكون أقل من الدقة المطلوبة في الأسلوبين السابقين. بل إنه في بعض الأحيان يكفي بأن يذكر أن المتغير المدروس سوف يكون أقل أو أكبر أو مماثلا لمتوسط حسابي معتمد كأن يقال إن متوسط كمية الأمطار المتوقعة هذا الشتاء في إقليم معين سوف تكون أقل من متوسط الأمطار أو أكثر من أو مقارب لمتوسط كمية الأمطار الشتوية لذلك الإقليم.

إن التوقعات الجوية ومن ضمنها توقع متوسط درجة الحرارة الشهرية لأي مكان في العالم مهم جدا للمخططين وصانعي القرار في العديد من المجالات، مثل المجالات الزراعية والسياحية والصناعية والعسكرية وغيرها من المجالات. ومدينة الرياض وما

فهد بن محمد عبدالله الكليبي

حولها من مدن صغيرة وقرى تحوي عددا كبيرا من السكان ، ويوجد بها كثافة للعديد من النشاطات المختلفة والتي تحتاج إلى توقعات فصلية وشهرية لدرجة الحرارة ، وذلك للمساعدة على التخطيط السليم في تلك المجالات. ولحسن الحظ السجل المناخي لمدينة الرياض ، مقارنة بالسجلات المناخية لمدينة المملكة الأخرى ، يمتد لفترة زمنية طويلة وهذا مكن من تطبيق أسلوب التوقع الإحصائي statistical prediction في هذا البحث.

لقد شجعت الحقائق السابقة الذكر على القيام بهذا البحث الذي يهدف إلى بناء نموذج رياضي لتوقع متوسطات درجة الحرارة لكل شهر من أشهر السنة لمدينة الرياض اعتمادا على سجلات متوسطات درجة الحرارة الشهرية لفترة زمنية طويلة تمتد ما بين ١٩٦١م إلى ١٩٩٢م . ويمكن تقسيم هذا الهدف إلى أهداف رئيسة ثلاثة هي :

١- كشف النمط الدوري الممكن لسلوك متوسط درجة الحرارة الشهرية لمدينة الرياض عبر الزمن.

٢- بناء نموذج رياضي إحصائي يمكن من توقع متوسط درجة الحرارة في مدينة الرياض لكل شهر من أشهر السنة في ضوء النمط الدوري الممكن لسلوك متوسط درجة الحرارة.

٣- لتحقق من جودة ذلك النموذج ، وذلك من خلال تطبيقه على فترة زمنية مستقلة لم تدخل في بناء ذلك النموذج ، وهي ما بين ١٩٩٢م إلى ١٩٩٧م.

المعلومات المستخدمة في هذا البحث هي متوسطات درجة الحرارة الشهرية لمحطة المطار القديم في مدينة الرياض للفترة ما بين ١٩٦١م إلى ١٩٩٧م. مصدر هذه المعلومات هو السجل الشهري لمتوسطات درجة الحرارة الصادر من قبل مصلحة الأرصاد و حماية

توقع متوسط درجة الحرارة الشهرية لمدينة الرياض

البيئة في المملكة العربية السعودية. لتحقيق أهداف هذا البحث ، تم تقسيم تلك المعلومات إلى قسمين هما :

القسم الأول : وهو متوسطات درجة الحرارة الشهرية لمحة المطار القديم في مدينة الرياض والتي تمثل ٣٨٤ شهرا تبدأ من شهر يناير ١٩٦١م حتى شهر ديسمبر ١٩٩٢م. لقد تم استخدام معلومات هذا الجزء لبناء نموذج التوقع الشهري لمتوسطات درجة الحرارة في مدينة الرياض .

أما القسم الثاني ، فهو معلومات مستقلة لم تدخل في بناء نموذج التوقع ، وهي تمثل ٦٠ شهرا للفترة ما بين يناير ١٩٩٣م إلى ديسمبر ١٩٩٧م. لقد تم توقع متوسطات درجة الحرارة الشهرية لتلك الفترة بواسطة نموذج التوقع المقترح في هذا البحث ، ثم تمت مقارنة نتائج التوقع بتلك المعلومات الحقيقية. الغرض من ذلك هو التحقق من جودة تطبيق نموذج التوقع المقترح. أما أسلوب البحث الرئيس المتبع ، فهو أسلوب التحليل التوافقي harmonic analysis والتحليل التوافقي يعد أحد طرق السلاسل الزمنية ؛ لأنه يبحث وجود ذبذبات ودورات منتظمة في ظاهرة معينة عبر الزمن ، أي أنه يبحث عن محتوى دوري في السلسلة الزمانية periodic component للظاهرة المدروسة.^(٢) وقد تم استخدام هذا الأسلوب في العديد من الدراسات المناخية مثل دراسة شولمن و ليلنج،^(٣) ودراسة هورن وبرايسن،^(٤) ودراسة سكوت وشولمن،^(٥) ودراسة الأحيدب.^(٦) ويتم

R. Barry and A. Perry, *Synoptic Climatology Methods and Applications* (London: Methuen , 1973), (٢) 227-38.

M. Shulman and R. Leblang, "A Real and Temporal Analysis of New Jersey Precipitation Using Harmonic Analysis," *New York Academy of Science*, 36 (1974) 783 – 92. (٣)

L. Horn and R. Bryson, "Harmonic Analysis of the Annual March of Precipitation over the United States," *Annals of the Association of American Geographers*, 50 (1960), 157-71. (٤)

C. Scott and M. Shulman, "An Areal and Temporal Analysis of Precipitation in the Northeastern United States," *Journal of Applied Meteorology*, 18 (1979) , 627-33. (٥)

فهد بن محمد عبدالله الكليبي

الكشف عن النمط الدوري المنتظم في المعلومات المدروسة في التحليل التوافقي بواسطة سلسلة من تطبيقات الجيوب وجيوب التمام series of sine and cosine functions. وفي بحثنا هذا موجات جيوب وجيوب التمام تمثل الصعود والهبوط في قيم متوسطات درجة الحرارة عبر الزمن خلال الفترة الزمنية المدروسة وهي هنا ٣٨٤ شهرا تمتد من يناير ١٩٦١م إلى ديسمبر ١٩٩٢م. إذاً الغرض من استخدام التحليل التوافقي في هذا البحث هو تفصي وجود دورات وذبذبات منتظمة أو شبه منتظمة في سلوك متوسطات درجة الحرارة الشهرية في مدينة الرياض عبر فترة زمنية طويلة ، وذلك بهدف بناء توقعات إحصائية لمتوسطات درجة الحرارة الشهرية لتلك المدينة ، اعتمادا على تلك الدورات المنتظمة. وتوظيف التحليل التوافقي في هذا البحث يتمثل في بناء معادلة توقع وهي عبارة عن معادلة انحدار غير خطية توافقية والتي يمكن إيرادها على النحو التالي: ^(٧)

$$Tt = A + Bt + a_1 \sin\left[\left(\frac{f_1 t_1}{s}\right)2\pi + \Phi_1\right] + a_2 \sin\left[\left(\frac{f_2 t_2}{s}\right)2\pi + \Phi_2\right] + \dots + a_k \sin\left[\left(\frac{f_k t_k}{s}\right)2\pi + \Phi_k\right].$$

حيث إن :

Tt = متوسط درجة الحرارة في أي شهر.

t = رقم الشهر في منظومة ترتيب الشهور التي تبدأ من ١ الممثل لشهر يناير

١٩٦١م.

(٦) إبراهيم بن سليمان الأحيدب ، توزيع الأمطار في جنوب غرب المملكة العربية السعودية (القاهرة : معهد البحوث العربية ، سلسلة دراسات خاصة ، ١٩٩٢م) ، ٥٥ ، ٥٣ - ٦٧ .

(٧) S.G. Makridakis, C. Wheelwright Steven, and V. E. McGee, *Forecasting Method and Applications* (New York :John Wiley, 1983), 392-405.

توقع متوسط درجة الحرارة الشهرية لمدينة الرياض

$A =$ ثابت يمثل التقاطع وقد اشتق من معادلة الانحدار الخطي البسيط للعلاقة بين درجة الحرارة و الزمن.

$B =$ ميل خط الانحدار slope في النموذج وقد اشتق من معادلة الانحدار الخطي البسيط للعلاقة بين درجة الحرارة و الزمن.

$a_1 \dots \dots \dots a_k =$ سعة التحليل للتوافق الأول حتى التوافق السادس .

$S =$ الفصلية وهي هنا 12 والمثلة لشهور السنة.

$f =$ عدد الموجات في التحليل التوافقي وهي هنا ست موجات توافقية.

$\Phi =$ زاوية الطور phase angle لكل توافق.

وبناء هذا النموذج مر بمراحل تم تلخيصها في ملحق رقم ١ .

لقد تم اشتقاق كل من A و B الواردة في المعادلة السابقة من معادلة الانحدار الخطي

البسيط للعلاقة بين الزمن (x) و الممثل بـ ٣٨٤ شهرا ومتوسط درجة الحرارة لمدينة الرياض (y). وهذه المعادلة هي :

$$Y = A + Bx$$

حيث إن :

$Y =$ القيمة المتوقعة للمتغير التابع وهو هنا متوسط درجة الحرارة.

$A =$ التقاطع في نموذج الانحدار الخطي البسيط وهو قيمة y عندما تكون قيمة $x =$

صفر.

$B =$ الانحدار في نموذج الانحدار الخطي البسيط.

$x =$ مؤشر الزمن.

الغرض من توظيف هذه المعادلة هو كشف نمط التغير في متوسطات درجة الحرارة

الشهرية لمدينة الرياض عبر الزمن خلال فترة الدراسة ، وهذا مهم للمعادلة الرئيسة في هذا

البحث ، وهي معادلة الانحدار غير الخطي التوافقية السابقة الذكر.

فهد بن محمد عبدالله الكليبي

لقد أعطى تحليل الانحدار البسيط للعلاقة بين الزمن (x) والممثل ب ٣٨٤ شهرا ومتوسط درجة الحرارة لمدينة الرياض (y) النتائج التالية :

$$A = ٢٤,٨١$$

$$B = ٠,٠٠٥$$

$$R = ٠,٠٧٣$$

وقد تم توظيف نتائج كل من التقاطع A والانحدار B في المعادلة الرئيسية وهي معادلة الانحدار غير الخطي التوافقية. أما نتيجة معامل الارتباط والتي بلغت $R = 0,073$ ، فقد شجعت كثيرا في مواصلة البحث لأنها تشير إلى أن التغير الثابت عبر الزمن في المتوسط الشهري لدرجة الحرارة صغير، وهذا يجعل الكشف عن النمط الدوري للتغير في درجة الحرارة بواسطة تحليل الانحدار غير الخطي التوافقي أسهل، وهو الهدف الرئيسي في هذا البحث.

أما نتائج التحليل التوافقي للمعلومات الشهرية الممتدة من ١٩٦١ إلى ١٩٩٢ م، فقد أخرجت لنا العناصر الضرورية لتطبيق معادلة التوقع السابقة الذكر. وهذه العناصر تمثل سعة التوافق وزاوية الطور لكل واحد من التوافقات الستة المعتمدة في هذا البحث والتي أظهرت نتائج التحليل التوافقي أنها تفسر ٩٢٪ من التباين للمتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة في مدينة الرياض خلال فترة الدراسة. وهذه العناصر موضحة في الجدول ١.

٤ ١٩	٢٣٩ ٨٥	١٠ ٥١	١ □
٤ ٢٤	٢٤٣ ٢٠	٠ ٩٤٥	٢ □
٤ ٨٩	٢٨٠ ٣٢	٠ ٢٤٠	٣
٢ ٩٣	, ٠٩	٠ ٢٩٥	٤

توقع متوسط درجة الحرارة الشهرية لمدينة الرياض

٥ □	٠ ١٧٤	١٨	٠ ٢٩
٦	٤ ٠٦	١٨٠ ٠٠	٣ ١٤

التقاطع Intercept = ٢٤ ١٨

الانحدار Slope = ٠ ٠٠٥

$$R^2 = ٠ ٩٢$$

وتوظيف العناصر الواردة في جدول ١ في معادلة الانحدار التوافقية السالفة الذكر تمكن من توقع متوسطات درجة الحرارة في مدينة الرياض. على سبيل المثال درجة الحرارة المتوقعة لشهر يوليو من عام ١٩٦١ م وهو الشهر السابع في مؤشر الزمن t يمكن حسابها بواسطة المعادلة السابقة بناء على مخرجات التحليل التوافقي الواردة في جدول رقم ١ على النحو التالي:

$$T_t = 24.81 + (0.005 \times 7) + 10.5 \times \sin\left[\left(\frac{1 \times 7}{s}\right)2\pi + 4.186\right] + 0.945 \sin\left[\left(\frac{2 \times 7}{s}\right)2\pi + 4.24\right] + \dots + 4.06 \sin\left[\left(\frac{6 \times 7}{s}\right)2\pi + 3.14\right] = 34.3$$

مع العلم أن درجة الحرارة الحقيقية لذلك الشهر كانت ٣٤ درجة مئوية.

إن مقارنة درجات الحرارة المتوقعة بدرجات الحرارة الفعلية للفترة المدروسة (١٩٦١-١٩٩٢ م) توضح أن الفروقات بين القيم الحقيقية والقيم المتوقعة خلال فترة الدراسة قليلة، حيث بلغ متوسط الفروقات المطلقة ٠.٧٨ درجة مئوية. وللتأكد من جودة النموذج، تم تطبيق أسلوب الانحدار البسيط بين القيم الحقيقية والقيم المتوقعة، والنتائج الإحصائية لذلك توضح جودة نموذج التوقع التوافقي، حيث أظهرت نتائج تحليل الانحدار بين القيم الحقيقية والمتوقعة أن معامل التحديد $R^2 = ٠.٩٧$ والخط المعياري يساوي $SEE = ١.٢$ وقيمة معنوية F في تحليل التباين في نموذج الانحدار تساوي $F = ٠.٠٠$.

Sig

وللمزيد من الموضوعية والتأكد من جودة نموذج التوقع تم تطبيق هذا النموذج لتوقع متوسط درجات الحرارة الشهرية في مدينة الرياض لفترة زمنية لم تدخل في بناء

فهد بن محمد عبدالله الكليبي

نموذج التوقع التوافقي ، وهذه المعلومات المستقلة ممثلة في الفترة ما بين يناير ١٩٩٣م إلى ديسمبر ١٩٩٧م (٦٠ شهرا). و جدول رقم ٢ يوضح كلا من القيم الحقيقية و القيم المتوقعة والفروقات المطلقة بينهما. ويظهر من هذا الجدول أن هناك تقاربا بين القيم الحقيقية والقيم المتوقعة حيث بلغ متوسط الفرق أقل من درجة مئوية واحدة وهو ٠,٩٣ درجة مئوية. وقد تمت المقارنة بين القيم المتوقعة والقيم الحقيقية للمعلومات المستقلة للفترة نفسها ، وذلك بتوقيع تلك القيم في رسم بياني يوضح التقارب بين القيم المتوقعة والقيم الحقيقية للمعلومات في القيم و السلوك الزمني (شكل رقم ١).

٠,١٨	٣٥,٥٨	٣٥,٤	٤١٥	١,٨	١٤,٣	١٢,٥	٣٨٥
٠,٦٣	٣٥,٤٧	٣٦,١	٤١٦	١,٣٧	١٦,٧٧	١٥,٤	٣٨٦
٠,٣٥	٣٢,٦٥	٣٢,٣	٤١٧	٠,٧١	٢٠,٩٩	٢١,٧	٣٨٧
٠,٩٨	٢٧,٣٢	٢٨,٣	٤١٨	١,٥٣	٢٥,٩٣	٢٤,٤	٣٨٨
٢,٣٥	٢٠,٩٥	١٨,٦	٤١٩	٠,٨٣	٣١,٨٣	٣١	٣٨٩
٢,٠٢	١٥,٩٢	١٣,٩	٤٢٠	٠,١	٣٤,٨	٣٤,٩	٣٩٠
٠,١	١٤,٣	١٤,٤	٤٢١	٠,٦٤	٣٥,٥٦	٣٦,٢	٣٩١
١	١٦,٨	١٧,٨	٤٢٢	٠,٥٢	٣٥,٣٨	٣٥,٩	٣٩٢
٠,٤٥	٢١,٠٥	٢٠,٦	٤٢٣	٠,٤٧	٣٢,٦٣	٣٣,١	٣٩٣
٠,٤٦	٢٥,٩٦	٢٥,٥	٤٢٤	١,٥٦	٢٧,٣٤	٢٨,٩	٣٩٤
١,١	٣١,٩	٣٣	٤٢٥	١,١٧	٢٠,٩٣	٢٢,١	٣٩٥

توقع متوسط درجة الحرارة الشهرية لمدينة الرياض

٠,٢٧	٣٤,٨٣	٣٥,١	٤٢٦	١,٥٢	١٥,٨٨	١٧,٤	٣٩٦
٢,٠٣	٣٥,٥٧	٣٧,٦	٤٢٧	٢,٥٢	١٤,٢٨	١٦,٨	٣٩٧
١,٥٤	٣٥,٤٦	٣٧	٤٢٨	٠,١٨	١٦,٨٢	١٧	٣٩٨
٠,٢١	٣٢,٦٩	٣٢,٩	٤٢٩	٠,٧٣	٢١,٠٣	٢٠,٣	٣٩٩
٠,١٣	٢٧,٣٧	٢٧,٥	٤٣٠	١,٤٨	٢٥,٩٢	٢٧,٤	٤٠٠
٠,٨٩	٢٠,٩٩	٢٠,١	٤٣١	٠,١٨	٣١,٨٢	٣٢	٤٠١

١,٥٣	١٥,٩٧	١٧,٥	٤٣٢	٠,٤	٣٤,٨	٣٥,٢	٤٠٢
٠,٨٦	١٤,٣٤	١٥,٢	٤٣٣	٠,٥	٣٥,٦	٣٥,١	٤٠٣
١,٤٥	١٦,٨٥	١٥,٤	٤٣٤	٠,٠٢	٣٥,٤٢	٣٥,٤	٤٠٤
٢,٣٩	٢١,٠٩	١٨,٧	٤٣٥	٠,٢٩	٣٢,٦١	٣٢,٩	٤٠٥
٠,٦٥	٢٥,٩٥	٢٥,٣	٤٣٦	١,٢٧	٢٧,٣٣	٢٨,٦	٤٠٦
٠,١٨	٣١,٨٨	٣١,٧	٤٣٧	٢,٥٣	٢٠,٩٧	٢٣,٥	٤٠٧
١,٤٧	٣٤,٨٣	٣٦,٣	٤٣٨	١,٥٣	١٥,٩٣	١٤,٤	٤٠٨
٠,٤٤	٣٥,٦٦	٣٦,١	٤٣٩	٠,٥٨	١٤,٣٢	١٤,٩	٤٠٩
٠,٧١	٣٥,٥١	٣٤,٨	٤٤٠	٠,٥٩	١٦,٨١	١٧,٤	٤١٠
١,٤٢	٣٢,٦٨	٣٤,١	٤٤١	١,٤٧	٢١,٠٧	١٩,٦	٤١١
٠,٣٨	٢٧,٤٢	٢٧,٨	٤٤٢	٠,٧٦	٢٥,٩٦	٢٥,٢	٤١٢
١,٧٧	٢٠,٩٧	١٩,٢	٤٤٣	٠,١٤	٣١,٨٦	٣٢	٤١٣
٠,١٤	١٥,٩٦	١٦,١	٤٤٤	٠,٤١	٣٤,٧٩	٣٥,٢	٤١٤
٠,٩٣	٢٦,١	٢٦,٢	المتوسط				

فهد بن محمد عبدالله الكليبي

كما تم تطبيق أسلوب الانحدار بين القيم الحقيقية كمتغير مستقل والقيم المتوقعة كمتغير تابع. والناتج الإحصائية لذلك أظهرت أن معامل التحديد $R^2 = .98$ والخط المعياري يساوي $SEE = 1.10$ وقيمة معنوية F في تحليل التباين في نموذج الانحدار تساوي $F \text{ Sig } 0.000 =$. هذه النتائج الإحصائية وشكل رقم 1 وجدول رقم 1 توضح جودة النموذج وتؤكد إمكانية الاستعانة به عند توقع متوسط درجة الحرارة الفصلية والشهرية لمدينة الرياض.

) () (

ويجب أن نشير، قبل أن نختتم هذا الجزء من البحث، إلى نقطة مهمة، وهي أن نموذج التوقع التوافقي قد بني على معلومات 32 سنة تمتد ما بين 1961 إلى 1992م ويشمل ذلك 384 شهرا وتسلسل الشهر من شهر 1 فصاعدا (مؤشر الزمن) يدخل في بناء التوقع ويؤثر على النتيجة. وتأثيره على النتيجة هنا يتمثل في أن بلوغ مؤشر الزمن

توقع متوسط درجة الحرارة الشهرية لمدينة الرياض

أرقامًا كبيرة جدًا يجعل النتائج المتحصل عليها عند تطبيق النموذج كبيرة أيضًا وبعيدة عن الواقع. فقيمة مؤشر الزمن يفضل أن لا تتعدى ٥٠٠ عند تطبيق معادلة التوقع السابقة الذكر. بناءً على ذلك، وحيث إن التوقع مبني على النمط الدوري في المعلومات لمدة ٣١ سنة، فإنه يجب إعادة بناء النموذج كل عشر سنوات تقريبًا بناءً على معلومات جديدة. فمثلًا لتوقع درجات الحرارة للفترة ما بين ٢٠٠٠ إلى ٢٠١٠ يجب إعادة بناء النموذج بناءً على المعلومات الممتدة للفترة ما بين ١٩٧٠ م إلى ١٩٩٩ م وهكذا.

توضح نتائج هذا البحث أن السلوك الزمني لمتوسطات درجة الحرارة في مدينة الرياض يتبع نمطًا شبه دوري وشبه منتظم. إن ملاحظة ذلك النمط وكشفه لم تكن بالأمر السهل، إلا أن استخدام التحليل التوافقي في هذا البحث مكن من كشف هذا النمط الدوري. لقد اتضح في هذه الدراسة أن أكثر من ٩٢٪ من التباين في سلوك درجة الحرارة الشهرية في مدينة الرياض أمكن تفسيره بواسطة ست توافقات. لذلك تم استخدام معطيات تلك التوافقات لبناء نموذج انحدار توافقي غير خطي واحد بغرض توقع متوسطات درجة الحرارة الشهرية لمدينة الرياض للفترة ما بين ١٩٦١ م إلى ١٩٩٢ م بالقيم المتوقعة لنفس الفترة المستخلصة من تطبيق نموذج التوقع لجودة ذلك النموذج. كما أن تطبيق ذلك النموذج على خمس سنوات مستقلة لم تدخل معلوماتها في بناء النموذج يؤكد جودة هذا النموذج، وإمكانية الاستعانة به لتوقع متوسطات درجة الحرارة الشهرية والفصلية لمدينة الرياض. بناءً على نتائج تلك الدراسة، نوصي بالآتي:

١- الاستعانة بنموذج التوقع الوارد في هذا البحث عند بناء توقعات

متوسطات درجة الحرارة الفصلية والشهرية لمدينة الرياض.

فهد بن محمد عبدالله الكليبي

- ٢- تطبيق تلك الدراسة على المتوسطات الشهرية لمناطق المملكة الأخرى، خاصة تلك التي يتوافر فيها سجل مناخي طويل، لأنه في حالة نجاح ذلك النموذج في المناطق الأخرى فإنه من الممكن الاستعانة بنماذج التوقع المقترحة عند بناء التوقعات الفصلية والشهرية لمتوسطات درجة الحرارة في تلك المناطق.
- ٣- تطبيق تلك الدراسات على عناصر المناخ الأخرى، خاصة المتوسطات السنوية لكمية الأمطار. وفي حالة نجاح هذا الأسلوب، فإنه من الممكن بناء نماذج جيدة تعين في توقع كميات الأمطار السنوية على مناطق المملكة المختلفة.

إن نموذج التوقع المستخدم في هذا البحث هو نموذج انحدار غير خطي، يوظف التحليل التوافقي وبناء هذا النموذج يمر بمراحل. والهدف من هذا الملحق هو إيضاح تلك المراحل. سبق أن ذكرنا أن الكشف عن النمط الدوري المنتظم في المعلومات المدروسة في التحليل التوافقي يتم بواسطة سلسلة من تطبيقات الجيوب وجيوب التمام series of sine and cosine functions. ولو افترضنا أننا نريد أن نمثل كامل السلسلة الزمنية بموجة واحدة، فإن ذلك يكون على النحو التالي: ^(٨)

$$Y_i = b_1 \sin\left[\left(\frac{ft}{s}\right)2\pi\right] + b_2 \cos\left[\left(\frac{ft}{s}\right)2\pi\right] \quad (1)$$

وهنا

$$b_1 = A \cos \Phi \quad (2)$$

$$b_2 = A \sin \Phi \quad (3)$$

والرموز في المعادلات الثلاث هي :

Y_i = القيمة المتوقعة للمتغير المدروس في زمن معين.

T = مؤشر الزمن.

توقع متوسط درجة الحرارة الشهرية لمدينة الرياض

$b_1, b_2 =$ معاملات الانحدار الجزئية partial regression coefficients.

$S =$ الفصلية.

$f =$ عدد الذبذبات في كل تحليل توافقي.

$A =$ سعة التوافق.

$\Phi =$ زاوية الطور للتوافق.

وهنا القيمة $\sin [(ft/s) 2\pi]$ تمثل المتغير المستقل الأول في معادلة الانحدار غير الخطية والقيمة $\cos [(ft/s) 2\pi]$ تمثل المتغير المستقل الثاني في المعادلة. وهكذا لبقية التوافقات التي تعتبر عناصرها المتغيرات المستقلة في المعادلة. وحل المعادلة ٢ و ٣ بطريقة المربعات الصغرى المعروفة يعطي معاملات الانحدار الجزئية b_1, \dots, b_n لمعادلة الانحدار غير الخطية. أما الحصول على السعات وزاوية الطور للتوافقات، فيتم على النحو التالي:

$$\begin{aligned} b_1^2 + b_2^2 &= (A \cos \Phi)^2 + (A \sin \Phi)^2 \\ &= A^2 [(\cos^2 \Phi) + (\sin^2 \Phi)] \\ &= A^2 \end{aligned}$$

إذا السعة تساوي

$$A = \sqrt{b_1^2 + b_2^2} \quad (4)$$

وزاوية الطور

$$\cos \Phi = b_1 / \sqrt{b_1^2 + b_2^2} \quad (5)$$

$$\sin \Phi = b_2 / \sqrt{b_1^2 + b_2^2} \quad (6)$$

وهكذا يمكن الحصول على السعة من المعادلة (٤) وزاوية الطور من المعادلتين (٥) و(٦).

ولوضع تلك المعادلة في صيغة أسهل، نستخدم الخاصية الترجومترية التالية:

$$(\sin U)(\cos V) + (\cos U)(\sin V) = \sin(U + V) \quad (7)$$

ولو جعلنا U تساوي $(\frac{ft}{s})2\pi$ وجعلنا $V = \Phi$ ، فإن المعادلة (١) يمكن كتابتها على النحو التالي:

$$Y_t = a \sin [(\frac{ft}{s})2\pi + \Phi] \quad (8)$$

فهد بن محمد عبدالله الكليبي

حيث إن :

a هي سعة التوافق.

S هي الفصلية.

f هي عدد الذبذبات في كل تحليل توافقي.

Φ هي زاوية الطور للتوافق.

وهذه المعادلة تمثل سلسلة زمنية من المعلومات بموجة توافقية واحدة. ويمكن تمثيل تلك السلسلة الزمانية بموجات عديدة بسعات وترددات عديدة ؛ وذلك للكشف عن النمط الدوري لتلك السلسلة الزمانية. وهنا تؤخذ الفصلية للمعلومات في الاعتبار. ويمكن التعبير عن تلك الموجات التوافقية بالمعادلة التالية :

$$Y_t = \sum_{i=1}^K a_i \sin\left[\left(\frac{f_i t_i}{s}\right) 2\pi + \Phi_i\right] \quad (9)$$

والتوقع في هذا البحث يعتمد على كشف النمط الدوري لسلسلة زمنية من المعلومات تمتد لفترة ٣١ سنة وممثلة ب ٣٨٤ شهر، وذلك عن طريق اعتماد ستة توافقات كمتغيرات مستقلة في معادلة الانحدار غير الخطية التوافقية والتي يمكن كتابتها على النحو التالي :

$$T_t = A + Bt + a_1 \sin\left[\left(\frac{f_1 t_1}{s}\right) 2\pi + \Phi_1\right] + a_2 \sin\left[\left(\frac{f_2 t_2}{s}\right) 2\pi + \Phi_2\right] + \dots + a_k \sin\left[\left(\frac{f_k t_k}{s}\right) 2\pi + \Phi_k\right]. \quad (10)$$

حيث إن :

T_t = متوسط درجة الحرارة في أي شهر.

t = رقم الشهر في منظومة ترتيب الشهور التي تبدأ من ١ الممثل لشهر يناير ١٩٦١م.

A = ثابت يمثل التقاطع وقد اشتق من معادلة الانحدار الخطي البسيط للعلاقة بين درجة الحرارة و الزمن.

B = ميل خط الانحدار slope في النموذج، وقد اشتق من معادلة الانحدار الخطي البسيط للعلاقة بين

درجة الحرارة والزمن.

a_1, \dots, a_k = سعة التحليل للتوافق الأول حتى التوافق السادس.

S = الفصلية وهي هنا 12 و المثلة لشهور السنة.

f = عدد الموجات في التحليل التوافقي وهي هنا ست موجات توافقية.

توقع متوسط درجة الحرارة الشهرية لمدينة الرياض

Φ = زاوية لطور Phase Angle لكل توافق.

وهذه هي المعادلة التي استخدمت للتوقع في هذا البحث.



Prediction of the Monthly Mean Temperature for Riyadh Using Harmonic Analyses

Fahad M. Alkolibi

*Assistant Professor, Department of Geography,
College of Arts, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia*

Abstract: Prediction of the monthly mean temperature is very important for individuals as well as many public and governmental sectors. Hence, this paper is an attempt to build a prediction model for the monthly mean temperature for Riyadh using harmonic analysis. The goal of using harmonic analysis is to investigate the existence of periodicity in the monthly mean temperature trend for Riyadh. The investigated time series includes 384 months extending from Jan 1961 to Dec. 1992. This time series is used as the base for building the prediction model.

The results of the harmonic analyses indicate that there is a periodical systematic pattern for Riyadh's monthly mean temperature trend. About 92% of the variation in the monthly mean temperature for Riyadh during the studied period is explained by six harmonics. Therefore, the outcome of these harmonics was utilized to build the prediction model, which is a non-linear harmonic model. To test the plausibility of the model, it was applied to predict the monthly mean temperature for the studied period as well as another five years extending from 1993 to 1997. The last five years tested were not included in building the model.

فهد بن محمد عبدالله الكلبي

The prediction results for both periods of time emphasize the plausibility of the model and the possibility of utilizing it for the prediction of the monthly mean temperature for Riyadh.