دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان:	استخدام بعض جوانب نظرية الاحتمالات في التنبوات الجوية و الدراسات المناخية
المصدر:	مجلة آداب البصرة
الناشر:	جامعة البصرة - كلية الآداب
المؤلف الرئيسي:	محمد، طه رؤوف شير
المجلد/العدد:	ع 67
محكمة:	نعم
التاريخ الميلادي:	2013
الصفحات:	241 - 262
رقم MD:	517486
نوع المحتوى:	بحوث ومقالات
قواعد المعلومات:	AraBase
مواضيع:	نظرية الاحتمالات الإحصائية ، الإرصاد الجوي ، المناخ ، العراق
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/517486

© 2021 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

إستخدام بعض جوانب نظرية الاحتمالات في التنبؤات الجوية والدراسات المناخية

الاستاذ الدكتور
طه رؤوف شير محمد
جامعة بغداد/ كلية التربية للبنات

المستخلص:

يؤدي البرنامج العالمي لبحوث الطقس (WWRP) -التابع للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية(WMO)- دوراً رائداً في التصدي للتحديات التي تواجه عمليات التنبؤ لمدد مختلفة، مع التركيز على الظواهر الجوية التي لها تأثيرات كبيرة على المجتمع والاقتصاد والبيئة. وتغطي الجهود التي يبذلها البرنامج (WWRP) نطاقات زمنية تتراوح ما بين الساعات والأسابيع وحتى الشهور في بعض الحالات. ويتمثل أكبر نشاط للبرنامج (WWRP) في تجربة البحوث الخاصة بمراقبة نظم الرصد وبإمكانية التنبؤ(The Observing System Predictability Experiment =THORPEX)، التي تهدف إلى التعجيل بتحسين دقة التنبؤات بالطقس الشديد التأثير من مدة يوم واحد إلى أسبوعين وتحسين استخدام تلك التنبؤات. وأسست (THORPEX) بدورها إطاراً تنظيمياً لمؤسسة تهتم بالبحوث الطقسية ومعالجة مشاكل التنبؤ، إذ يتم التسريع في معالجتها من خلال التعاون الدولي بين المؤسسات الأكاديمية ومراكز عمليات التنبؤ (Operational forecast centers) ومستخدمي نتائج التنبؤات.

وتُعتمد نظرية الأحتمالات الأحصائية (The probability theory) بوصفها عملية تكميلية للقوانين الفيزياوية في التنبؤ بحالة الطقس والتغيرات المناخية في المستقبل. فضمن طريقة معقدة يتم فيها الجمع بين القوانين الفيزياوية والأحصائية، ظهرت الى الوجود تقنية عرفت بـ "تقنية التشابه" (Similarity technique)، تتطلب سلسلة من خرائط الطقس السابقة من أجل معرفة مدى تسارع حركة بعض الظواهر الجوية الرئيسة الفعالة ووجهتها. وتتلخص ذلك بمحاولة التقصي عن أمكانية الكشف عن حالة تناظر بين جميع مفردات ومعطيات الحالة الطقسية السائدة في يوم ما مع الماضي؛

ويستلزم ذلك ايجاد حالة التماثل بين مايجري على سطح الأرض وطبقات الجو العليا بدراسة معدل حركة الهواء في وسط طبقة التروبوسفير عند مستوى (٥٠٠ مليبار)؛ والتيار النفاث الذي يتواجد في المستوى الضغطي (٣٠٠) هيكتو باسكال (hPa). ففي حالة الكشف عن وجود مثل هذه الحالة من التناظر أو التطابق، فأنه من غير المستبعد – حسب نظرية الأحتمالات – أن تتكرر حالات الطقس الماضية مستقبلاً. وفي الواقع تصبح هذه النظرية هي الوسيلة الوحيدة بيد المختصيين متى ماتعلق الأمر بمحاولة التنبؤ لمدة فصل كامل، وذلك لأستحالة الأعتماد على الطريقة الحركية (The dynamic method) ضمن قدرات العلم الحالي.

Using some aspects of the Theory of Probability in weather forecasting and climate studies

Prof. Dr. Taha Raouf Sheer Mohammed,
The Department of Geography,
Faculty of Education for Woman,
University of Baghdad

Abstract:

The World Weather Research Program (WWRP), -which follows The World Meteorological Organization (WMO) – is performing a leading role in addressing the challenges facing the forecasting processes for different periods. It focuses on weather phenomena that have significant impacts on the society، the economy and the environment. The efforts of the program (WWRP) covers time scales ranging from hours to weeks and even months in some cases . The biggest activity of the program (WWRP) is in the experience of research for the control and monitoring systems predictability (The Observing System Predictability Experiment = THORPEX), which aims to: accelerate the improvement of the accuracy of weather forecasts of high-impact from one day to two weeks, and improving the use of those predictions. The THORPEX has established in turn a regulatory framework

for institution interested in liturgical research and address the problems of prediction. There is an international cooperation between academic institutions and centers of prediction (Operational forecast centers) and the users of the results of forecasts to accelerate addressing this process.

The probability theory is using as a supplementary process to the physics laws in weather forecasting, and in order to determine climate changes in the future. Within a complex method, a combination is done between natural and statistical laws. The technique that came into existence is known as "similarity technique", which requires a series of previous weather maps to see how accelerated the movement of some major weather phenomena and their destinations.

The idea can be summarized as of trying to investigate the possibility of detecting the state of symmetry between the entire vocabulary and data liturgical situation prevailing in every day with the past. This requires finding a case of similarity between what is happening on the Earth's surface compared with the upper layers of the atmosphere. This is done through the study of the rate of movement of air in the middle troposphere at (500 millibars); jet stream, which resides in barotraumas level (300) hectopascals (hPa).

In the case of detecting the presence of such a state of symmetry or compliance, it is unlikely - according to the "Theory of Probability" - to be repeated past weather situations in the future. However, this theory becomes the only way can be used by the experts when it comes to trying to predict for the whole season, so it is impossible to rely on the "The Dynamic Method" within the current scientific capabilities.

المقدمة- نبذة تاريخية:

يلاحظ ان اغلب الكتب التي تعرضت لتاريخ الاحتمال تبدأ بالفيلسوف الرياضي الفرنسي بليز باسكال (Blaisa Bascal) وزميله بيار دي فرما (Pierre de Fermat)، حيث جرت بينهما عدد من الرسائل المتبادلة لحل كثير من مشكلات الاحتمال. وتُشير بعض الدراسات الى ان اوليات التفكير في القضايا الاحتمالية تعود الى ما قبل باسكال بقرن تقريباً؛ إلا إن عدم التطرق الى الأزمنة القديمة من قبل بعضهم ربما يقف وراء مسألة عدم إنصافهم وتثمين جهودهم. ومن ذلك ان المؤرخ الرياضي اسحق تودانتر (Isaac Todhunter) - وهو من مؤرخي الرياضيات البارزين في القرن التاسع عشر - لم يكتب عن المرحلة التي سبقت باسكال الا ست صفحات من كتابه الذي تجاوزت اوراقه الستمائة صفحة؛ إذ لم يشر الى ما قبل المرحلة الحديثة ولا الى الدور العربي في علم الاحتمال رغم ما تضمنه كتابه من الحضور الواسع للفظة هزرد (Hazard) [*] - الذي استبدل في الوقت الحاضر بمصطلح (Chance)- وكأن صياغة الاحتمال من الناحية العلمية لم يتوفر ظرفها الا مع مطلع العصر الحديث، وتحديدا مع باسكال (١٦٢٣- ١٦٦٢). فمع ان الأخير ليس من الرياضيين- كما صرح هو بنفسه- لكن سبقه لغيره في طرح اولى المشاكل الاحتمالية وحلها بشكل صحيح، والتفكير في العاب الحظ الخاصة بزهر النرد منذ منتصف القرن السابع عشر، جعلاه مشهوراً بمعية زميله (فرما) كأول رياضيين مساهمين في حل القضايا والمشاكل الاحتمالية (Kneale, 1963, p.123). فقد كان للمثلث المشهور الذي إستخدمه واكتشف عدداً من العلاقات والخصائص غير المعروفة حوله - وسمي فيما بعد باسمه- فائدة كبيرة للعلماء الذين جاءوا من بعده، اذ سهل لهم حل كثير من المسائل الاحتمالية البسيطة كتلك المتعلقة بالعاب المصادفة وما شاكلها. هذا رغم إن الاهتمام بهذا المثلث سبق باسكال، فقد كان معروفاً ومستخدماً في الحسابات الخاصة بالعاب الحظ والمصادفة (King and Read, 1963, p.22)؛ ومن ذلك ان الشاعر والرياضي

(*) ذكر الاستاذ هاكنك (Hacking) ان الرياضيات الاحتمالية، هي مثل نظام الارقام في الغرب، تعود الى اصل عربي، وان لفظة هزرد (Hazard) - التي تعني اللعب في قطعتي زهر او ثلاث- هي كلفظة علم الجبر (Algebra) مأخوذة من العرب. فمن الناحية التاريخية عُرفت نظرية الاحتمال لدى العرب والهنود وغيرهم قبل ان تلفت نظر الغربيين منذ النهضة الحديثة.

المعروف عمرالخيام كان قد استخدم المثلث في تحديد القيم الاحتمالية لبعض المسائل؛ بل إن باسكال إعترف بنفسه بان فكرة المثلث قديمة وليست من ابتكاره (David, 1962, p.34-35).

واذا كان باسكال يُعدُّ واضع أسس نظرية الاحتمال، فأن جاكوب برنولي (١٦٥٤- ١٧٠٥) يُعدُّ صاحب الفضل في تطويرها بوصفها فرعا من الرياضيات. وإذا كان باسكال قد عني بدراسة "الاحتمال"

في ما يتصل بألعاب الحظ فإن برنولي قد ذهب إلى أبعد من ذلك فعني بدراسة "الاحتمال" في مجالات مدنية واقتصادية مختلفة. أما الاستخدامات الأكثر جدية فشهدتها العقود مابعد منتصف القرن العشرين، وخاصة في التنبؤات الجوية والدراسات المناخية (يحيى محمد،

.(**http://fahmaldin.com/index.php?id=651**

١. استخدام النظرية في البحوث الطقسية:

١.١. الاستخدام في تقدير إحتمالات التساقط:

تتمثل المشكلة هنا بايجاد علاقة بين المهارة في التنبؤ والأخطاء النسبية في توقعات هطول الأمطار. ويمكن معالجة هذه المشكلة بأستخدام سلسلة زمنية تركيبية لبيانات تساقط الأمطار تمثل المنطقة المدروسة؛ وفي هذه الحالة من المفترض أن يعرف حجم الخطأ النسبي. وتبنى التوقعات بأضافة معامل خاص بالخطأ الى المشاهدات. ونستخدم عتبة المستويين أو الطبقتين من التنبؤات والمشاهدات للحصول على دقة التنبؤ؛ مثال ذلك أقليمين متماثلين في نظام المطر، أو سلسلتين زمنيتين متماثلتين للمنطقة نفسها (Tartaglione, 2009, p.19-23).

وحول هذا الموضوع كتبت (Rachelle Oblack) - الباحثة المتخصصة بالطقس وعلوم الارض- في مقال لها بعنوان "فرص المطر" (Chance of Rain) في بيتسبرغ(*)، ونشرتها في أحدى مواقع الأنترنيت: (http://weather.about.com/od/c/g/chance_of_rain.htm) ان التقارير الأولية للبيانات الصادرة عن دائرة الارصاد الجوية الوطنية (Probability of Precipitation = PoP) تكون خاصة باحتمالية تساقط الأمطار؛ فلو أشار تقرير صادرعنها الى فرصة

(*) إحدى مدن ولاية بنسلفانيا في الولايات المتحدة الامريكية.

لتساقط المطر في منطقة ما بنسبة (٦٠%) فأن ذلك لا يعني أن احتمال نجاح التوقع هو (٦٠%) والفشل (٤٠%)، بل أن ذلك يعني: أنه في ٦ من ١٠ حالات سوف تتشابه وضعية التساقط وأن تلك المساحات سوف تستلم كميات معتبرة من الأمطار (أي تساقط ما لا يقل عن ٠.٠١ انج).

ويمكن حساب قيمة (PoP) حسب المعادلة الآتية :

$$PoP = C \times A$$

حيث أن: C = الثقة بأن التساقط سوف يحدث في مكان ما في المنطقة التي طبقت فيها التنبؤ.

A = النسبة المئوية للمنطقة التي سوف تستلم الأمطار فيما لو حصل التساقط.

- ويؤكد (National Weather Service, 2009, P. 1) الفكرة نفسها موضحاً بأن (PoP) يستخدم في تقاريرهم الروتينية للتعبير إما عن فرص المطر أو التساقط بأنواعها. فإحتمالية (٤٠%) تعني وجود فرصة للتساقط بهذه النسبة (٠.٤ في كل ١.٠) تحدث في أية نقطة مختارة من المنطقة التي حصل فيها التنبؤ، في مدة في الغالب تتمثل بـ (١٢) ساعة. فلو كان المتنبىء واثقاً تماماً (١٠٠%) من حصول التساقط بالنسبة المذكورة أعلاه، فأن القانون الرياضي الذي يطبق للحصول عليه يكون بالصيغة الآتية :

$$PoP = 1.0 \times 0.4 = 0.4 \text{ or } 40\%$$

ولكن في أكثر المرات يعبر المتنبئ عن نوع من التوازن بين مزيج من درجة الثقة والتغطية المساحية. فإذا كان واثقاً بنسبة (٥٠٪) فقط من أن هطول الأمطار سوف يحدث - بشكل قابل للقياس- على مدى نحو (٨٠%) من المساحة المعنية، فأن فرصة هطول المطرفي هذه الحالة هي:

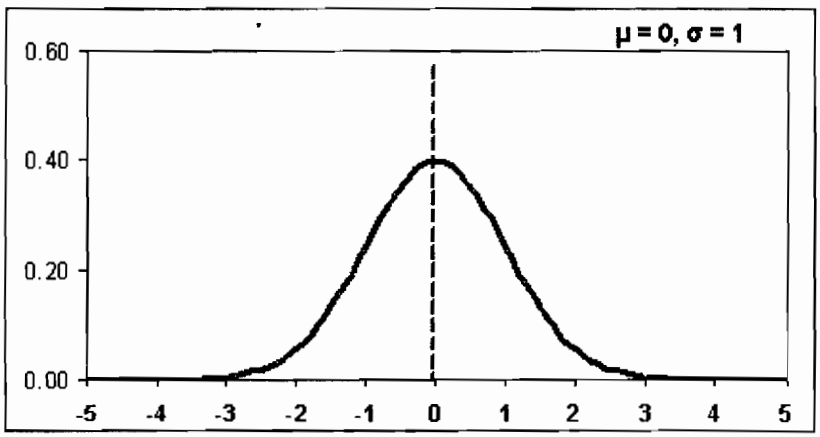
$$PoP = ٠.٥ \times 0.8 \times 100 = 40\%$$

الا ان هذه النسبة لا تمثل صورة حقيقية لاجمالي المنطقة بكل أجزائها، فلو افترضنا إن مساحة محدودة منها - ولنقل (١٠%) - كانت درجة الثقة بالتساقط المعلن حولها في يوم ما هي (٨٠%) لكونها منطقة مرتفعة، مقابل (٣٥%) فقط للمساحات الباقية (٩٠%)، فأن الإحتمالية تحسب في هذه الحالة للمنطقة ككل كما يلي:

$$PoP = (0.9 \times 0.35) + (0.1 \times 0.8) = 0.4 = 40\%$$

وفي كل الأحوال يمكن تقدير كميات التساقط في كل الأحوال بأعتماد التوزيع الطبيعي القياسي (المعياري) كما في شكل (١)؛ فالمنحنى التوزيع الطبيعي يُعرَّف بالمتوسط (μ) والانحراف المعياري (σ). وقد يأخذ المتوسط أي قيمة ويأخذ الانحراف المعياري أي قيمة موجبة. أما منحنى التوزيع الطبيعي القياسي (Distribution Standard Normal) فهو توزيع طبيعي له متوسط يساوي الصفر وانحراف معياري يساوي واحد.

شكل (١): التوزيع الطبيعي القياسي



ويستخدم منحنى التوزيع الطبيعي القياسي لتحديد احتمالية أن يأخذ متغيرا يتبع التوزيع الطبيعي قيما في مدى محدد. فمع افتراض أننا ندرس سلسلة زمنية لأمطار شهر ما يتبع توزيعا طبيعيا بمتوسط يساوي (٣٥)ملم وانحراف معياري يساوي (٢)، ونريد أن نقدر احتمالية أن تكون قيمة هذا المتغير أكبر من (٤٠)ملم. فإننا بحاجة الى إستخدم معادلة بسيطة لتحويل قيمة هذا المتغير لمنحنى التوزيع القياسي، مما يمكننا من استخدام جدول واحد فقط وهو منحنى التوزيع الطبيعي القياسي.

وعملية التحويل من أي توزيع طبيعي للتوزيع الطبيعي القياسي تتم باستخدام معادلة بسيطة حيث نرمز للمتغير الأصلي بـ (X)، ولمقابله في المنحنى القياسي (المعياري) بـ (Z). ويتم التحويل باستخدام المعادلة الآتية :

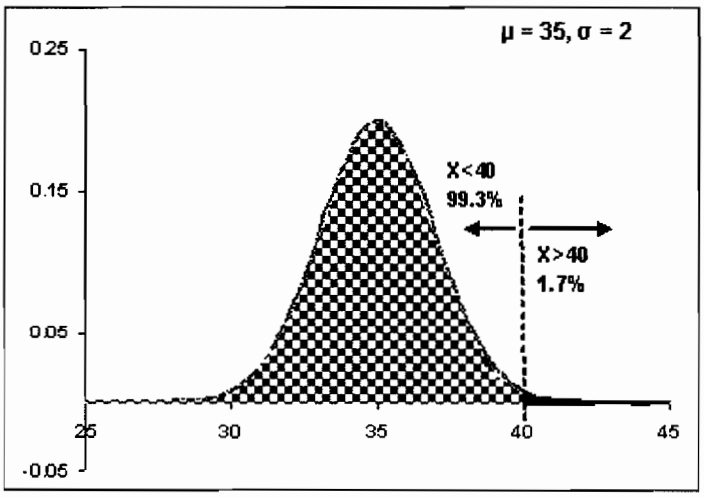
$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

حيث ان: μ = المتوسط، و σ = الانحراف المعياري. ففي المثال السابق تكون قيمة (Z) المناظرة لـ (X = 40) هي: (٤٠ – ٣٥) /٢ = ٢.٥

ومن ثم فإننا نبحث في جدول التوزيع الطبيعي القياسي عن قيمة (٢.٥) التي نجدها تناظر (٠.٩٩٣)؛ أي أن المساحة على اليسار تساوي هذه القيمة (على إعتبار أن المساحة الكلية تحت منحنى التوزيع الطبيعي تساوي ١ في كل الأحوال)، التي تناظر أن تكون (X) أقل من (٤٠). وبما إننا نبحث عن احتمالية (X) أكبر من (٤٠) لذا يستلزم أن نبحث عن المساحة على يمين المنحنى (شكل ٢)، وهي:

١ـ ٠.٩٩٣ = ٠.٠١٧ أي أن احتمالية حصول تساقط في تلك الشهر بحيث تتجاوز (X) الأربعين هي (١.٧%)(*)

شكل (٢): التوزيع الطبيعي للأمطار



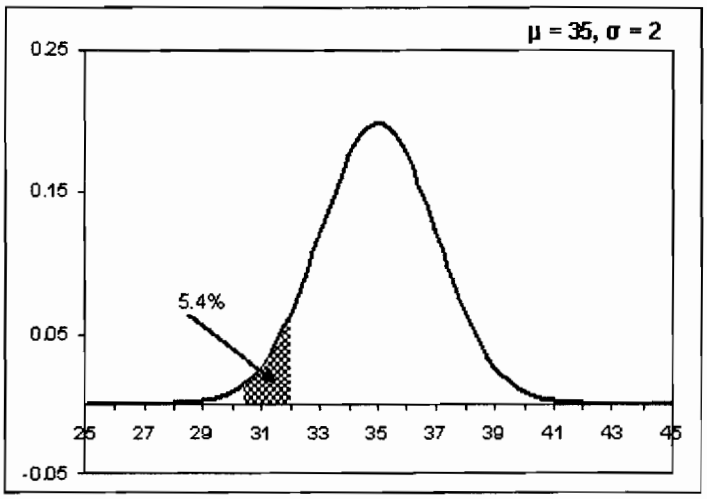
(*) ويمكن الوصول لنفس النتيجة بأعتماد برنامج أكسل (Excel)، أو برنامج كالك (Calc) بأستخدام الدالة (NORMSDIST)، فتكتب في أي خلية: 0.993 =(2.5)NORMSDIST.

أما لو كان المطلوب تحديد احتمالية أن تكون (X) بين (٣٠.٥ و ٣٢)ملم مثلا (ينظر شكل ٣)، فعلينا أن نحسب المساحة تحت المنحنى على يسار كل قيمة ثم نطرحهما لنحصل على المساحة بين هاتين القيمتين، وهي تساوي احتمالية وقوع (X) بين هاتين القيمتين:

$Z1 = (30.5 - 35) \setminus 2 = -2.25$ & $Z2 = (32 - 35) \setminus 2 = -1.5$

وباستخدام الجداول (أو الحاسوب) نجد أن المساحتين هما (٠.١٢٢ و ٠.٠٦٦) والفارق بينهما يساوي (٠.٠٥٤) أي أن احتمالية وقوع (X) بين (٣٠.٥ و ٣٢) هي (٥.٤ %).

شكل (٣)



٢.١. <u>الأستخدام لأغراض التنبؤ بعدد أيام التساقط والجفاف</u>:

لتطبيق نظرية الأحتمالات في الدراسات الجغرافية لابد من تحديد حجم العينة ومجالها وحجم مجتمعها. ويقصد بمجال العينة أو فضاء العينة (Sample space) بأنه مجموع النتائج كافة المتوقعة للتجربة العشوائية، ويرمز له بالرمز (Ω) ويقرأ (أوميغا). الا أن العمليات تتعدد والعوامل تتداخل في الجغرافية وتكون النتائج غير معروفة بصورة كافية لتحديد مجالات العينة ومجتمعها بصورة دقيقة. فمثلا في الدراسات المناخية، إذا أراد الجغرافي معرفة إحتمالات المطر ليوم ما من السنة فعليه معرفة حالات المطر المسجلة في المنطقة، أي اعتماد دورة مناخية كاملة أمدهـــا (٣٠)

عاماً، أو على الأقل دورة مناخية صغرى (١١) عاماً(*).

ولتقريب هذه الفكرة، فقد أورد شو وزميله ويلر (١٩٨٥) المثال الآتي : "سجلت إحدى محطات الرصد الجوي قرب مدينة درم (Durham) شمال شرق انكلترا الأيام المطيرة لشهر آذار ولمدة عشر سنوات، فبلغ مجموعها (١٩٦) يوماً من مجموع أيام شهر آذار (٣١٠ يوماً)". فأذا كان المطلوب معرفة أحتمال: (أ) المطر والجفاف في اليوم الواحد؛ (ب) ثلاثة أيام مطيرة؛ (جـ) يومين مطيرين ويوم واحد جاف؛ (د) تتابع التبدلات في هذه الأيام؟ (العمر، ١٩٨٩، ص ١٣٩-١٤٠).

قبل البدء بالإجابة على هذه التسائلات لابد من الأشارة الى مايسمى بـ "التكرار النسبي و الأحتمال" (Relative frequency and probability)، فلو اجريت تجربة عشوائية عدد من المرات بمقدار (n)، وكان عدد مرات الحصول على الحدث المطلوب (E) يبلغ (h) مرة، فأن (h / n) تدعى بالتكرار النسبي للحادث أو الأحتمال التجريبي للحادث. وعندما تصبح قيمة (n) كبيرة جدا بحيث ($n \leftarrow \infty$)، فان التكرار النسبي يقترب من قيمة محددة يرمز لها بالرمز Pr(E)، وتسمى الأحتمال النظري للحادث (E)، أي:

(أ) أن إحتمال المطر في اليوم الواحد يبلغ $P = Pr(E) = h / n$

: $P = 196 / 310 = 0.63$ أما إحتمال الجفاف (q) فأنه يبلغ $q = 1 - 0.63 = 0.37$

(ب) إحتمال ثلاثة أيام مطيرة (r^3) هو:

$$p(r^3) = 0.63 \times 0.63 \times 0.63 = 0.2$$

(جـ) إحتمال يومين مطر ويوم جاف (r^2d) هو:

$$p(r^2d) = 0.63 \times 0.63 \times 0.37 = 0.147$$

(*) لابد في الدراسات المناخية الموجهة لأغراض التنبؤ أو الدراسات التطبيقية من توفر سلسلة زمنية طويلة من المعطيات الرصدية لا يقل طولها عن ثلاثين عاماً. فهناك دورتان مناخيتان احدهما مدتها (٣٥) عاماً قد ينقص طولها أو يزيد قليلاً، وهي ماتعرف بدورة (بروكنز) المناخية المستخدمة لأستقراء ماسيحدث من الأوضاع الجوية العامة لسنة ما من خلال تسلسل السنوات في دورة سابقة فأكثر؛ ودورة البقع الشمسية ومدتها الوسطية (١١) عاماً الذي يربط مابين تغيرات أعداد البقع الشمسية وازدياد مساحاتها ومايظهر على سطح الأرض من تغيرات وتبدلات في الأحوال الجوية خلال السنة. للمزيد ينظر: (موسى، ٢٠٠٦، ص ٤٩٣-٤٩٤).

(د) إحتمال تتابع تبدلات الأيام

$p(r^2d) = 0.147 + 0.147 + 0.147 = 0.44$:($r^2d + rdr + r^2d$)

٣.١. الأستخدام في تقدير دقة التنبؤ:

مع أن نموذج التنبؤات يتوقع تفاصيل الطقس بشكل تسلسلي، إلا أن الأخطاء في النموذج أمر حتمي بسبب عدم استقرار الغلاف الجوي وعدم دقة البيانات الأولية أو الكفاءة في تحليلها. ومن أجل تقدير دقة التنبؤ (Forecasting accuracy) يمكن استخدام المعادلة الآتية Miller, 1983, P.229-234

:(Skill score (S) = (C – N) / (T – N)

C. = عدد التوقعات الجوية الصحيحة نتيجة دقة تنبؤ دائرة الأرصاد

N = عدد التنبؤات الصحيحة التي تتحقق بالصدفة لا بسبب دقة دائرة الأرصاد (*).

T = مجموع التنبؤات خلال السنة (ويعوض برقم موحد = ٣٦٥).

وهذه المعادلة بنيت على أساس المقارنة بين التنبؤات الجوية التي تحققت وتلك التي لم تتحقق: فاذا كان ناتج المعادلة موجباً، فأن ذلك يشير الى كون التنبؤات واقعية وحقيقية؛ بينما اذا كانت النتيجة صفراً أو سالباً، فأن ذلك يؤشر الى أحتمالية عالية للخطأ وعدم كفاءة الدوائر المعنية بالارصاد وتلك المعنية بتحليل البيانات والنتائج. فلو افترضنا ان نتائج التنبؤ باحتمالية سقوط المطر في منطقة ما خلال السنة كانت كالأتي:

ما حدث في الواقع بالفعل

التنبؤ	يوجد مطر	لا يوجد مطر	المجموع
يوجد مطر	١١٠	٦٠	١٧٠
لا يوجد مطر	٧٠	١٢٥	١٩٥
المجموع	١٨٠	١٨٥	٣٦٥

(*) ورد سهواً في الكتاب المنهجي للمناخ التطبيقي (الراوي ١٩٩٠، ص ٥٨) إن الرمز (N) يمثل "تنبؤات غير صحيحة". وحصل ذلك بسبب الخطأ في ترجمة التفسير الذي جاء به (Miller, 1983, P.229) للرمز (N)، وهو(Number of correct "no-skill" forecasts) والذي يعني"تسجيلات صحيحة تتحقق لصالح المتنبىء من دون وجه مهارة".

يلاحظ هنا بأنه من غير الصحيح الحكم على مثل هذه الحالات بمجرد أستخراج النسبة المئوية للتنبؤات الصحيحة، كما يلي: مجموع التنبؤات الصحيحة خلال السنة 235 = 125 + 110 عليه فأن النسبة المئوية للتنبؤات الصحيحة هي: ٦٤ % = ٣٦٥ / (١٠٠ × ٢٣٥) بل يستلزم- قبل الشروع بتطبيق القانون الخاص بدقة التنبؤ- أجراء عملية الطرح لقيمتيين أساسيتين هما:

الأولى: حساب عدد التنبؤات الصحيحة الذي يمكن أن يتحقق بالصدفة (By chance) في المجموع المعلن حول أحتمالية سقوط المطر (١٧٠ يوم في المثال الحالي). أي بمعنى آخر، لو أفترضنا جدلاً أن دائرة الأرصاد باتت تعلن وتكرر طوال العام (٣٦٥ مرة) بأن الجو سوف يكون ممطراً، فأنها- ورغم مثل هذا الأجراء الغريب- سوف تحقق عدد من النتائج الصحيحة بالصدفة (N1)، وسوف يكون هذا العدد متناسباً مع العدد الفعلي للأيام التي أمطرت السماء فيها حقاً خلال السنة (١٨٠ يوماً في المثال الحالي)، وحسب المعادلة الآتية :

$$N1 = (170 \times 180) / 365 = 84$$

الثانية: للسبب نفسه وبالطريقة نفسها أعلاه يستلزم حساب نسبة التنبؤات الصحيحة بالصدفة في الرقم الخاص بأنعدام تساقط المطر والبالغ (١٩٥ يوماً في المثال أعلاه):

$$N2 = (195 \times 185) / 365 = 99$$

ومع جمع الرقمين معاً يتم الحصول على أجمالي التنبؤات التي تحققت صدفة:

$$N = ٨٤ + ٩٩ = ١٨٣$$

وبهذا يصبح الآن بالأمكان تطبيق القانون بشكل صحيح:

$$(٢٣٥ - ١٨٣) / (٣٦٥ - ١٨٣) = ٠.٢٨٦$$

وهذه النتيجة تشير الى أن مستوى الدقة في التنبؤ هي جيدة الى حد ما، على إعتبار أن ناتج المعادلة موجبة.

٢. استخدام النظرية في الدراسات المناخية:

التنبؤ بدرجات الحرارة المثلى للقمح في محافظة نينوى أنموذجاً:

بما أن المواضيع السابقة – بما في ذلك الامثلة والجداول- قد تمحورت حول الأمطار حصراً، فأن أستخدام النظرية في هذا المبحث سوف يوجه نحو التنبؤ بدرجات الحرارة، وتحديداً تلك التي لها علاقة بالأنتاج الزراعي وتتحقق عندها أفضل نمو أو أفضل غلة أو نوعية، وتسمى أختصاراً بدرجات الحرارة المثلى (Optimum temperature)(*).

أتخذ الباحث محصول القمح موضوعا للدراسة خلال طورَي البذار ونمو البادرات (تشرين الأول والثاني)، والأزهار وتكوين السنابل (آذار ونيسان ومايس)، لغرض اعتمادها بوصفها مقياسا لترتيب ووضع أولويات نجاح الانتاج في محافظة نينوى على إعتبار انهما أهم أطوار نمو المحصول. وهذا الأمر يعطي مسوغاً كافياً للبحث على خلفية أمكانية الأستفادة منه في وضع أولويات يمكن اعتمادها من قبل الجهات الزراعية عند وضعها سياسات اقتصادية مدعومة من قبل الدولة ترمي الى تشجيع زراعة القمح في بعض المناطق دون أخرى على قدر تعلق الأمر بالجانب المناخي، وتحديداً درجات الحرارة (على أساس أن عنصر التساقط قد أشبع بالبحث والدراسة من قبل باحثين آخرين، كما ان العوامل الطبيعية والبشرية والزراعية البحتة الاخرى ليس من اختصاص البحث الحالي).

أعتمد التحليل الأحصائي لبيانات السلسلة الزمنية على فكرة تصنيف درجات الحرارة الشهرية الى فئات، ثم حساب النسب المئوية لأحتمال تكرار كل فئة تارةً في ضوء البيانات الحقيقية للمحطة، وتارةً اخرى في ضوء احتمال تسجيل درجة حرارة مثلى تناسب المحصول في الطور الذي يكون فيه: البذرة والبادرة خلال شهري تشرين الأول وتشرين الثاني أولاً؛ ثم الأنتقال مباشرة الى طور الثالث وهو التزهير وتكوين السنابل (النضج العجيني) خلال أشهر آذار ونيسان ومايس. وبهذا فأنه تم أستبعاد طورين هما: الثاني وهو النمو الخضري لملاءمة أشهر الشتاء له، والرابع وهو النضج

(*) وهي الدرجة التي تكون فيها الفعاليات النباتية على أحسن وجه وتتحقق عندها أقصى نمو نباتي ممكن (Maximum growth)؛ علماً بأن لكل طور من أطوار النبتة – كالبذرة والبادرة والنمو الخضري والنمو الزهري والأثمار- درجات حرارة مثلى متباينة بعضها عن بعضها الأخر (شير محمد، ٢٠٠٤، ص٢).

التام واصفرار السنابل على إعتبار ان جل مايحتاج اليه المحصول في هذا الطور هو الأرتفاع في درجات الحرارة، وهذه الصفة عامة وشاملة في عموم محافظات العراق خلال شهر حزيران.

تنمو بذور الحنطة وبادراتها في مدى من درجات الحرارة يتراوح بين (٣-٣٢) درجة مئوية، مع درجة حرارة مثلى مقدارها (٢٥)م° للأنبات (جواد، ١٩٨١، ص٥٦)؛ ويلائم إزهارها درجات حرارة تتراوح بين (١٨-٢٢)م° أو (٢٠)م° كمعدل (يعقوب، ٢٠١١، ص٣٥). ويناسب تكوين الحبوب والنضج درجات حرارة آخذة في الارتفاع بتقدم النضج (العزاوي، ٢٠٠٥، ص٥٤).

لذا فأن المبحث الأخير هذا يقع في مبحثين فرعيين لتغطية طوري النمو المقرر تناولهما حصراً، مستهدفين من وراء ذلك إعطاء مثال حول إمكانية إستخدام النظرية للتنبؤ بالنسبة المئوية لاحتمالية تسجيل الدرجة الحرارية المثلى للطور المدروس بمعزل عن الأطوار الاخرى. وينتهي هذا المبحث بجملة من الأستنتاجات، وكذلك توصيات بخصوص إمكانية الاستفادة من هذه التقنية وتكرار تطبيقها على محاصيل زراعية اخرى وفي أرجاء مختلفة من العراق؛ بل الذهاب الى أبعد من ذلك وهو وضع أولويات لتلك المناطق في زراعة المحصول المعني بأعتماد درجات الحرارة المثلى معياراً لذلك.

أولاً- معدلات درجات الحرارة في طور البذرة ونمو البادرات:

يظهر الجدول (١) المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة في محطة الموصل في شهري تشرين الأول وتشرين الثاني، اللذين يمثلان أنسب وقت للبذار ونمو بادرات القمح في منطقة الدراسة. وقبل البدء بتطبيق النظرية، يستلزم الأمر إعادة جدولة البيانات تصاعدياً؛ وسوف يتم في الوقت نفسه تقسيم السلسلة الزمنية(*) الى ثلاث مجاميع، تضم كل مجموعة عشر سنوات (ينظر جدول ٢).

(*) بسبب كثرة البيانات المفقودة في السنوات التي تلت عام ٢٠٠٣، إضطر الباحث أعتماد بيانات المدة (١٩٧١- ٢٠٠٠).

جدول (١): المتوسط الحسابي لمعدلات درجات الحرارة (م˚) لشهري تشرين الأول وتشرين الثاني في منطقة الدراسة، للمدة من ١٩٧١- ٢٠٠٠

السنة	معدل الدرجات (م˚)	السنة	معدل الدرجات (م˚)
1971	١٧.٢	1986	١٦.٩
1972	١٨.١	1987	١٦.٢
1973	١٧.١	1988	١٦.٥
1974	١٨.٣	1989	١٨.٠
1975	١٥.١	1990	١٨.٦
1976	١٦.٧	1991	١٨.٧
1977	٢٤.٣	1992	١٦.٧
1978	٢٥.٦	1993	١٦.٨
1979	٢٥.٤	1995	١٦.٤
1980	٢٣.٤	1996	١٧.٣
1981	١٦.٣	1997	١٨.٣
1982	١٤.٧	1998	١٩.٧
1983	١٧.٧	1999	١٨.١
1984	١٧.١	2000	١٧.٣
1985	١٧.٣	1986	١٦ ٩

المصدر: من عمل الباحث إعتماداً على بيانات الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية، قسم المناخ، (بيانات غير منشورة).

جدول (٢): الترتيب التصاعدي وتصنيف معدلات درجات حرارة (م˚) لشهري تشرين الأول والثاني في ثلاث مجاميع

المجموعة الاولى	الترتيب التصاعدي	المجموعة الثانية	الترتيب التصاعدي	المجموعة الثالثة	الترتيب التصاعدي
١	١٤.٧	١١	١٧.١	٢١	١٨.٣
٢	١٥.١	١٢	١٧.١	٢٢	١٨.٣
٣	١٦.٢	١٣	١٧.٢	٢٣	١٨.٥
٤	١٦.٣	١٤	١٧.٣	٢٤	١٨.٦
٥	١٦.٤	١٥	١٧.٣	٢٥	١٨.٧
٦	١٦.٥	١٦	١٧.٣	٢٦	١٩.٧
٧	١٦.٧	١٧	١٧.٧	٢٧	٢٣.٤
٨	١٦.٧	١٨	١٨.٠	٢٨	٢٤.٣
٩	١٦.٨	١٩	١٨.١	٢٩	٢٥.٤
١٠	١٦.٩	٢٠	١٨.١	٣٠	٢٥.٦
	١٧.٠		١٨.٢		

المصدر: من عمل الباحث بالأعتماد على بيانات الجدول (١).

يلاحظ في هذا الجدول بأنه تم أستخراج معدل يمثل الحدود الفاصلة بين المجموعة الأولى والثانية ومقداره (١٧.٠)، وآخر بين الثانية والثالثة ومقداره (١٨.٢)؛ وهذان المعدلان حسبتا كالآتي :

$1/2\ (16.9 + 17.1) = 17.0$

$1/2\ (18.1 + 18.3) = 18.2$

لذا فأن أية درجة حرارة ضمن المدى (١٤.٧- ١٧.٠)م˚ سوف تقع في المجموعة الأولى، وبين (١٧.١- ١٨.٢)م˚ في المجموعة الثانية، وبين (١٨.٣- ٢٥.٦)م˚ في الثالثة. وحيث إن كل (١٠) سنوات من مجموع (٣٠) سنة (ثلث العدد) تم تنظيمها في مجموعة واحدة، لذا فأن احتمالية

ظهور أية مجموعة تتمثل بالنسبة المئوية (٣٣.٣%)، مما يعني أنه من المحتمل توقع أن تنخفض درجات حرارة سنة واحدة من بين كل ثلاث سنوات في محطة الموصل عن (١٧.٠)م°، وسنة اخرى عن (١٨.٣)م°، بينما ترتفع في السنة الثالثة فتقع ضمن المدى (١٨.٣- ٢٥.٦)م°. عليه على سبيل الأفترض، لو كانت الأرقام دون (١٧.٠)م°، تمثل درجات حرارة غير مناسبة تماماً لبذور القمح ونمو بادراتها، فيمكن التنبؤ بأنها سوف تتكرر كل ثلاث سنوات تزرع فيها المحصول في الموصل. وبالفعل – كما سبق الأشارة الى ذلك- فأن الدرجة المثلى لهذه المرحلة هي (٢٥)م°. ومن أجل التعامل مع هذا الرقم وإقحامها مع البيانات الخاصة بالمحطة، يستوجب عندئذ المرور بثلاثة مراحل (شير محمد، ٢٠١١، ص ٢٣٧- ٢٥٢)، وهي:

المرحلة الأولى: تحديد (٣١) مجموعة رقمية من السلسلة الزمنية المعتمدة (٣٠ عاماً) الواردة في الجدول (٢) بالطريقة الآتية :

(١) المجموعة التي تقل فيها درجة الحرارة عن (١٤.٧)م°.

(٢) المجموعة التي تتراوح بين (١٤.٨- ١٥.١)م°.

(٣) المجموعة التي تتراوح بين (١٥.٢- ١٦.٢)م°....وهكذا الى:

(٣٠) المجموعة التي تتراوح بين (٢٥.٥- ٢٥.٦)م°.

(٣١) المجموعة التي تتجاوز (٢٥.٧)م°.

المرحلة الثانية: حسب الطريقة السابقة التي تم التعامل فيها مع احتمالية (٣٠) سنة، فأن احتمالية أن تسجل فيها درجة الحرارة الخاصة بأحدى المجاميع الجديدة تتمثل بالفرصة: ١/ ٣١ = ٠.٠٣٢؛ وبالنتيجة فأن فرصة ظهور بعض المجاميع الخاصة بمحطة الموصل تكون كالآتي :

(١) أقل من ١٤.٧ هو ١/ ٣١= ٠.٠٣٢

(٢) أقل من ١٥.١ هو ٢/ ٣١= ٠.٠٦٥

(١٠) أقل من ١٦.٩ هو ١٠/ ٣١= ٠.٣٢٣

(٢٠) أقل من ١٨.١ هو ٢٠/ ٣١= ٠.٦٤٥

(٢٩) أقل من ٢٥.٤ هو ٢٩/ ٣١= ٠.٩٣٥

(٣٠) أقل من ٢٥.٧ هو ٣٠/ ٣١= ٠.٩٦٨

المرحلة الثالثة: في هذه المرحلة سوف يتم إستخدم الدرجة المثلى (٢٥)م˚ مع المجاميع التي حددت في المرحلة السابقة للكشف عن أقرب الأرقام اليها والنسبة التي تشكلها عند إعتماد (٣١) مجموعة. ففي جدول (٢) يلاحظ إن أقرب الأرقام هو (٢٥.٤)م˚ ، الذي يمثل احتمالية (٠.٩٣٥)، لذا تطبق المعادلة:

النسبة المئوية لتوقع أقل من (٢٥.٤)م˚ = [٠.٩٣٥ + (٢٥.٤ - ٢٤.٣) / (٢٥.٦ - ٢٤.٣) × ٠.٠٣٢] × ١٠٠ = ٩٦.٢%

بينما توقع احتمالية أعلى من (٢٥.٤)م˚ لا تمثل سوى ١٠٠ – ٩٦.٢ = ٣.٨%

الأستنتاج: لو حاولنا الأبتعاد بعض الشيء عن الدقة المتناهية في فرض الرقم (٢٥)م˚، بل أعتمدنا المتوسط الحسابي للقيم الثلاثة الأخيرة الواردة في الجدول (٢٤.٣، ٢٥.٤، ٢٥.٦)، - الذي يبلغ (٢٥.١)م˚ -لأمكننا ذلك من أفتراض قيمة معقولة للدرجة المعيارية (أبو صالح، ٢٠١٠، ص١٩٦)؛ كأن لا تتجاوز (± ١) وأعتمادها في قبول أو رفض المعدل الشهري للسنة المعنية، على إعتبار إن هذه المدى قريب جداً من درجة الحرارة المثلى للمحصول. وحيث ان الأنحراف المعياري للقيم الثلاثة يبلغ (٠.٥١٢)، فيكون درجاتها المعيارية عندئذ - اعتماداً على المعادلة - { $Z = (x-\mu) / \sigma$ } هي كلآتي: (١.٥٦٣، ٠.٥٨٦، ٠.٩٧٦) على التوالي، مما يعني وجوب قبول القيمتين الأخيرتين بوصفهما أقل من (+١). وهذا يشير الى أن حوالي (٢ ÷ ٣٠ = ٦.٧%) من مجموع سنوات السلسلة الزمنية المعتمدة لزراعة المحصول في مركز هذه المحافظة تشهد درجات حرارة نموذجية لنجاح نمو البذور والبادرات تتراوح بين (٢٤.٣- ٢٥.٦)م˚. الا أن هذا لا يعني بالتأكيد إن باقي الدرجات في هذه المحطة سوف تعيق النمو في هاتين الطورين، وذلك على إعتبار إن المدى الحراري لهذه المرحلة كاملة تتراوح بين (٣- ٣٢)م˚ -كما سبق الأشارة الى ذلك آنفاً-.

ثانياً- معدلات درجات الحرارة في طور التزهير والنضج العجيني :

يظهر الجدول (٣) المتوسط الحسابي للمعدلات الشهرية لدرجات حرارة آذار ونيسان ومايس في محطة الموصل، على إعتبار إنها تمثل الأشهر الثلاثة للتزهير وتكوين السنابل والنضج العجيني؛ نحتاج بعدها الى ترتيب البيانات تصاعدياً مع تصنيفها في ثلاث مجاميع كالسابق (ينظر جدول ٤)، لمطبقتها مع الدرجة المثلى للمحصول في هذه المرحلة – والتي تبلغ ٢٠ م˚ .

جدول (٣): المتوسط الحسابي لمعدلات درجات الحرارة (م˚) للأشهر آذار ونيسان ومايس في منطقة الدراسة، للمدة من ١٩٧١- ٢٠٠٠

السنة	معدل الدرجات (م˚)	السنة	معدل الدرجات (م˚)
1971	19.5	1986	18.5
1972	17.5	1987	17.5
1973	18.9	1988	17.4
1974	18.4	1989	20.5
1975	19.0	1990	18.3
1976	16.8	1991	18.5
1977	19.5	1992	16.0
1978	19.0	1993	16.3
1979	19.4	1995	19.1
1980	17.8	1996	18.7
1981	17.1	1997	18.4
1982	18.1	1998	16.9
1983	18.0	1999	18.6
1984	18.6	2000	20.2
1985	17.8	1986	19.8

المصدر: من عمل الباحث إعتماداً على بيانات الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية، قسم المناخ، (بيانات غير منشورة).

جدول (٤): الترتيب التصاعدي وتصنيف معدلات درجات حرارة (م˚) للأشهر آذار ونيسان ومايس في ثلاث مجاميع

المجموعة الاولى	الترتيب التصاعدي	المجموعة الثانية	الترتيب التصاعدي	المجموعة الثالثة	الترتيب التصاعدي
١	١٦.٠	١١	١٨.٠	٢١	١٨.٩
٢	١٦.٣	١٢	١٨.١	٢٢	١٩.٠
٣	١٦.٨	١٣	١٨.٣	٢٣	١٩.٠
٤	١٦.٩	١٤	١٨.٤	٢٤	١٩.١
٥	١٧.١	١٥	١٨.٤	٢٥	١٩.٤
٦	١٧.٤	١٦	١٨.٥	٢٦	١٩.٥
٧	١٧.٥	١٧	١٨.٥	٢٧	١٩.٥
٨	١٧.٥	١٨	١٨.٦	٢٨	١٩.٨
٩	١٧.٨	١٩	١٨.٦	٢٩	٢٠.٢
١٠	١٧.٨	٢٠	١٨.٧	٣٠	٢٠.٥
	١٧.٩		١٨.٨		

المصدر: من عمل الباحث بالأعتماد على بيانات الجدول (٣).

وعند التمعن في الجدول الأخير يتبين إن أقرب الأرقام الى الدرجة المثلى هي (٢٠.٢)م˚، عليه فأن النسبة المئوية لتوقع أقل من (٢٠.٢) م˚ تبلغ:

$$\left[٠.٩٣٥ + \frac{(١٩.٨ - ٢٠.٢)}{١٩.٨ - ٢٠.٥} \times ٠.٠٣٢ \right] \times ١٠٠ = ٩٥.٣\%$$

بينما توقع احتمالية أعلى من (٢٠.٢) م˚ هي ١٠٠ – ٩٥.٣ = ٤.٧%

الأستنتاج: مع إعتماد انحراف معياري لا تتجاوز (± ١) عن درجة المثلى البالغة (٢٠)م˚ أساساً لقبول أو رفض البيانات المحسوبة كمتوسطات لثلاثة أشهر، يظهر لنا مايلي: يمكن اعتماد الأرقام التي تقع بين (١٩.٨ و ٢٠.٢) لكونها تقل أو تزيد بمقدار (٠.٢) فقط عن الرقم المطلوب وبانحراف تقل عن(± ١). وعلى هذا الأساس يظهر بان هذين الدرجتين مناسبتين تماماً لطور التزهير والنضج

العجيني، مما يشير الى ان مركز محافظة الموصل تحظى بسنتين من بين كل (٣٠) سنة (٦.٧%) تتصف معدلات درجات الحرارة فيها بأنها مناسبة جداً لطور التزهير والنضج العجيني. إلا إنه يجب أن لا نغفل بأن هنالك جملة كبيرة من العوامل البشرية والطبيعية الأخرى تؤثر في نجاح زراعة القمح، كالأرواء والتربة والآفات والمكننة وعمليات خدمة المحصول...الخ، مما يعني أن توليفة من كل هذه العوامل تتفاعل معاً – فضلا عن درجات الحرارة- في أشتهار وتميز بعض أرجاء العالم في زراعته.

المصـــــــادر

١- أبو صالح، محمد صبحي، مبادىء الأحصاء، دار اليازوري للنشر والتوزيع، عمان ٢٠١٠.

٢- جواد، كامل سعيد؛ عرفان راشد، إنتاج المحاصيل الحقلية في العراق، مؤسسة المعاهد الفنية، مطبعة اوفسيت الوسام، بغداد، ١٩٨١.

3- الراوي، عادل سعيد؛ قصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، مطابع دار الحكمة للطباعة والنشر، الموصل، ١٩٩٠.

٤- شير محمد، طه رؤوف، الميكانيكية التي تعمل بها درجات الحرارة المتطرفة في الأضرار بالمحاصيل الزراعية، مجلة كلية التربية للبنات، المجلد ١٥ (٣)، ٢٠٠٤.

٥- شير محمد، طه رؤوف، استخدام الإحتمالات الشهرية لتسجيل درجات الحرارة المثلى للقمح معياراً لتعيين أنسب مناطق زراعته في الأقليم المتموج من العراق، مجلس الوحدة الأقتصادية العربية، من بحوث "المؤتمر الدولي الثالث للإحصائيين العرب: الإحصاء في الأستراتجيات التنموية"، فندق الرويال-عمان، الأردن، ١٨- ٢٠/ ١٢/ ٢٠١١.

٦- العزاوي، مريم صالح شفيق، واقع زراعة القمح والذرة الصفراء في محافظة كركوك (دراسة في الجغرافية الزراعية)، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة بغداد، كلية التربية للبنات، قسم الجغرافية، ٢٠٠٥.

٧- العمر، مضر خليل، الأحصاء الجغرافي، مطابع التعليم العالي، جامعة البصرة، ١٩٨٩.

٨- محمد، يحيى، تاريخ نظرية الاحتمال والتطورات المعاصرة لها

http://fahmaldin.com/index.php?id=651

٩- موسى، علي حسن، موسوعة الطقس والمناخ، الطبعة الأولى، نور للطباعة والنشر والتوزيع، دمشق، ٢٠٠٦.

١٠- وزارة المواصلات، الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بيانات غير منشورة.

١١- يعقوب، رلى؛ يوسف نمر، تقنات إنتاج محاصيل الحبوب والبقول، جامعة دمشق، ٢٠١١.

12- David, F.N. ،Games, Gods and Gambling, Printed in UK, Glascow, ed.1, 1962.

13- King, A. C. ; C. B. Read, Pathways to Probability, Printed in the U.S.A, 1963.

14- Kneale, W." ،Probability and Induction" ،the University Press, Oxford, 1963.

15- Miller, A. ; Jack C. and Richard E., Elements of Meteorology, 4th. Edition, Charles E. Merrill Publication, Co., Columbus, Ohio, 1983.

16- National Weather Service, Weather Forecast Office, Peachtree City, 2009.

17- Oblack, Rachelle ،http://weather.about.com/od/c/g/chance_of_rain.htm

18- Tartaglione, N., "Relationship between forecast precipitation relative errors and skill Scores: the case of rare event frequencies". In: Advances in Geosciences, 20, 2009.,