مجلة جامعة الملك سعود، م ٣، الآداب (٢)، ص ص ٥٢٩ - ٥٥١ (١٤١١هـ/١٩٩١).

نماذج لتقدير متوسطات درجة الحرارة الشهرية في المملكة العربية السعودية: تطبيق لتحليل العلاقة الاعتمادية المتدرجة

محمد العبدالله الجراش

أستاذ مشارك، قسم الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك عبدالعزيز، جدة، المملكة العربية السعودية

ورد بتاريخ ١٤٠٩/٨/٢٢هـ، وقبل للنشر بتاريخ ١٤١٠/٥/١٥هـ

ملخص البحث. تمثل هذه الدراسة ربط متوسطات درجات الحرارة الشهرية في اثنتين وخمسين محطة مناخية في المملكة العربية السعودية بالعوامل الجغرافية المعروفة بـ: خط العرض، خط الطول، والارتفاع التضاريسي وذلك بتطبيق تحليل العلاقة الاعتمادية المتعددة المتدرجة من أجل فحص مدى صحة الافتراض القائل بأن هناك علاقة خطية بين هذه العوامل وبين متوسط درجة الحرارة الشهرية الوسطى.

ومن نتائج التحليل يتضح أن عامل الارتفاع التضاريسي يبرز تأثيره في الفترة الدافئة من السنة والتي تمتد من أبريل إلى أكتوبر، في حين أن عامل خط الطول يبرز تأثيره في فصل الصيف فقط من مايو إلى أغسطس، بينما خط العرض يبرز تأثيره في الفترة الباردة من السنة والممتدة بين نوفمبر إلى مارس.

والنماذج التي تم الوصل إليها لا تمثل في الحقيقة كل العوامل التي تتحكم في التفاوتات المكانية لمتوسط درجة الحرارة الشهرية لأن عامل التحديد يتراوح بين ٠,٩٤٩ لشهر فبراير وبين ٠,٧٩١ لشهر يونية. وقد تم تمثيل الفروق بين القيم المقاسة والقيم المقدرة خرائطيًا للتدليل على أحجام النسب المئوية التي يجب تبنيها لتصحيح القيم التي يتم الحصول عليها بتطبيق هذه النماذج على أي موقع في المملكة.

تتميز شبكة المحطات المناخية في المملكة العربية السعودية والتي يتم فيها رصد درجات الحرارة بشكل متواصل بأنها:

١ ـ غير منتظمة في توزيعها المكاني على طول البلاد وعرضها.
٢ ـ ضئيلة كثافيًا بالنسبة للوحدة المساحية.

وهـذان السببـان يعيقـان إمكانية وضع خرائط خطوط تساوي درجات الحرارة في المملكة بمستوى دقيق. ولأن هذا الوضع ليس من المتوقع أن يتم تصحيحه في المستقبل القريب فإن هناك حاجة ملحة إلى تلمس بدائل تسمح بسد الفراغ المكاني بين المحطات المناخية القائمة عن طريق تقدير متوسط درجة الحرارة الشهرية لأي موقع بين هذه المحطات المنـاخية. وهـذه الدراسة محاولة لتحقيق ذلك بوضع نماذج تستند على معادلات العلاقة الممثلة لاعتمادية متـوسط درجـة الحرارة على العوامل الجغرافية التي يفترض أنها الرئيسة المتحكمة في التفاوتات المكانية لدرجات الحرارة الا وهي: خط العرض، وخط الطول، والارتفاع التضاريسي. وقد سبق أن طبق هذا الأسلوب فلوكاس وجايلز وانجوريداكس في دراستهم عن تقدير المتوسطات السنوية والشهرية لمتوسط درجة الحرارة في اليونان.[١] كما طبقه الجراش في دراسته لتقدير المتوسط السنوي لكمية الأمطار على غرب المملكة العربية السعودية.[٢]

وعـلى أية حال، فإن اقتصـار هذه الدراسة على هذه المتغيرات الثلاث يرتكز على اعتبارين هما:

١ ـ أن هذه الـدراسة هي محاولة مبدئية لمعالجة مشكلة الضعف في شبكة الرصد المناخي وبالتالي فإن نتائجها قابلة للتعديل والدراسة التفصيلية فيما بعد بإضافة متغيرات أخرى.

(١) A. A. Flocas, B. D. Giles, and V. E. Angouridakis, "On the Estimation of Annual and Monthly Mean Values of Air Temperature over Greece Using Stepwise Multiple Regression Analysis." *Arch. Met. Geoph. Biol.* (Ser. B), 32 (1983), 287-95.

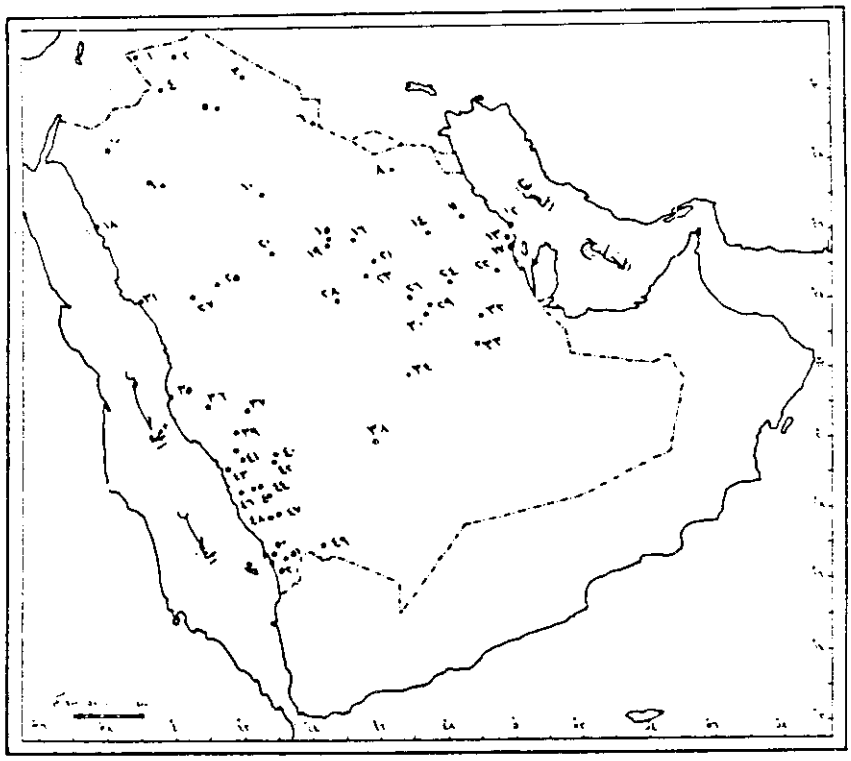
(٢) محمد العبدالله الجراش، «نماذج لتقدير المتوسط السنوي لكمية الأمطار على غرب المملكة العربية السعودية،» *مجلة كلية الآداب والعلوم الإنسانية ـ جامعة الملك عبدالعزيز*، مج٣ (١٤٠٣هـ)، ص ص ١٠٧ ـ ١٥٢.

٢ ـ من الثابت أن هذه العوامل الثلاث هي العوامل الأساسية المتحكمة في الاختلافات المكانية لدرجة الحرارة.(٣) كما أن عاملي خط العرض وخط الطول يمثلان تأثيرات مركبة بحكم طبيعتهما كضوابط للمواقع المكانية على سطح الكرة الأرضية. فخط العرض بتمثيله لتأثير الابتعاد عن خط الاستواء وما يعنيه من اختلافات في زاوية الإسقاط الشمسي وتأثير ذلك على درجة تركز تسخين الطبقة الهوائية السطحية يلغي الحاجة إلى إدخال متغير يمثل بُعد مواقع المحطات المناخية عن مركز الفاصل الحراري. كما أن اختلاف قيم خط العرض بالزيادة صوب الشمال يكفل تمثيل الخطوط التي تمثل مداخل الجبهات الباردة إلى المملكة مما يعني إلغاء الحاجة إلى تمثيل ذلك بمتغير يمثل المسافات الفاصلة بين مواقع المحطات المناخية وتلك الخطوط الوهمية. بالمنطق نفسه نجد أن خطوط الطول بحكم الاختلاف في قيمتها صوب الشرق (إلى الخليج العربي) وصوب الغرب (إلى البحر الأحمر) تكفل تمثيل تأثير بعد أو قرب المحطات المناخية إلى هذه المسطحات المائية الحدودية والتي ما من شك لها تأثيرها، وإن كان ينحصر في نطاق شريطي، على درجات حرارة المناطق الساحلية. وهذا بدوره يلغي حاجة إدخال متغيرات تمثل البُعد المسافي الذي يفصل المحطات المناخية عن ساحل البحر الأحمر من جهة وعن ساحل الخليج العربي من جهة أخرى.

وقد تم تجميع المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة لاثنتين وخمسين محطة مناخية تمثل ٣٧ محطة منها فترة تمتد بين ١٩٧٠ ـ ١٩٨٧م، في حين تمثل البقية فترات أقل، أقصرها الفترة الممتدة بين ١٩٧٥ ـ ١٩٨٧م (انظر خريطة رقم ١)، جدول رقم ١.

وعلى أية حال، فبحكم الحجم المساحي الهائل للمملكة والوضع الجغرافي المتميز لها، فإن من المتوقع أن يتأثر التوزيع المكاني لدرجات الحرارة على سطحها بشكل أساسي بالعوامل الثلاثة التي أشرنا إليها هنا، ومن أجل تحديد مدى تأثير كل من هذه العوامل على هذا التوزيع لمتوسط درجة الحرارة الشهرية جرى استخلاص اثنتي عشرة معادلة تمثل العلاقة

(٣) M. E. Budyko, *"Climate and Life,"* International Geophysics Series, Vol. 18 (London: Academic Press, 1974), p. 147.



خريطة رقم ١ . المحطات المناخية .

جدول رقم ١ . المحطات المناخية .

الرقم على الخريطة	الاســـم	خـط العـرض دقيقة	خـط العـرض درجة	خـط الطـول دقيقة	خـط الطـول درجة	الارتفاع (م)	الفتـــرة
١	مطار طريف	٤١	٣١	٤٠	٣٨	٨١٦	١٩٧٣ ـ ١٩٨٧م
٢	القريـــات	٢٥	٣١	١٦	٣١	٥٤٩	١٩٧١ ـ ١٩٨٧م
٣	مطار بدنة	٤٥	٣٠	٠٨	٤١	٥٢٥	١٩٧٣ ـ ١٩٨٧م
٤	طبرجـــل	٣١	٣٠	١٧	٣٨	٥٦٦	١٩٧٠ ـ ١٩٨٧م
٥	سكاكـــا	٥٨	٢٩	١٢	٤٠	٥٤٧	١٩٧٠ ـ ١٩٨٧م
٦	مطار رفحة	٣٨	٢٩	٢٩	٤٣	٤٤٧	١٩٧٧ ـ ١٩٨٧م
٧	تبـــوك	٢٢	٢٨	٣٥	٣٦	٧٧١	١٩٧١ ـ ١٩٨٧م
٨	مطار حفر الباطن	٢٠	٢٨	٠٧	٤٦	٣٥٦	١٩٧٢ ـ ١٩٨٧م

(تابع) جدول رقم ١ . المحطات المناخية .

الرقم على الخريطة	الاسم	خط العرض دقيقة	خط العرض درجة	خط الطول دقيقة	خط الطول درجة	الارتفاع (م)	الفترة
٩	تيماء	٣٨	٢٧	٢٩	٣٨	٨٢٠	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
١٠	مطار حائل	٣١	٢٧	٤٤	٤١	٩٨٨	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
١١	السرار	٥٩	٢٦	٢٣	٤٨	٠٧٥	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
١٢	رأس تنورة	٤٢	٢٦	٠٥	٥٠	٠١٠	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
١٣	القطيف	٣٠	٢٦	٠٠	٥٠	٠٠٥	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
١٤	معقلة شملول	٢٢	٢٦	٢٢	٤٧	٤٥٠	١٩٧١ـ١٩٨٧م
١٥	مطار القصيم	١٨	٢٦	٥٨	٤٣	٦٤٨	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
١٦	الزلفي	١٨	٢٦	٤٨	٤٤	٦٠٥	١٩٧١ـ١٩٨٧م
١٧	مطار الظهران	١٦	٢٦	١٠	٥٠	٠١٧	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
١٨	مطار الوجه	١٤	٢٦	٢٦	٣٦	٠٢١	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
١٩	عنيزه	٠٤	٢٦	٥٩	٤٣	٧٤٢	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
٢٠	عقلة الصقور	٥٠	٢٥	١١	٤٢	٧٤٠	١٩٧٤ـ١٩٨٧م
٢١	حوطة سدير	٣٢	٢٥	٣٧	٤٥	٦٦٥	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
٢٢	الهفوف	٣٠	٢٥	١٤	٤٩	١٦٠	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
٢٣	شقراء	١٥	٢٥	١٥	٤٥	٧٣٠	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
٢٤	خريص	٠٥	٢٥	٠٨	٤٨	٤٣٠	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
٢٥	الحناكية	٥٠	٢٤	٣١	٤٠	٨٤٩	١٩٧٤ـ١٩٨٧م
٢٦	الرياض	٣٤	٢٤	٤٣	٤٦	٥٦٤	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
٢٧	المدينة المنورة	٣١	٢٤	٣٥	٣٩	٥٩٠	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
٢٨	الدوادمي	٢٩	٢٤	٢٢	٤٤	٩٤٠	١٩٧٤ـ١٩٨٧م
٢٩	دير اب	٢٥	٢٤	٣٤	٤٦	٦٠٠	١٩٧٥ـ١٩٨٧م
٣٠	الخرج	١٠	٢٤	٢٤	٤٧	٤٣٠	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
٣١	مطار ينبع	٠٧	٢٤	٠٣	٣٨	٠٠٦	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
٣٢	حرض	٠٤	٢٤	٠١	٤٩	٣٠٠	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
٣٣	يبرين	١٩	٢٣	٥٧	٤٨	٢٠٠	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
٣٤	الأفلاج	١٧	٢٢	٤٤	٤٦	٥٣٩	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
٣٥	مطار جدة	٣٠	٢١	١٢	٣٩	٠١٧	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
٣٦	الطائف	٢٤	٢١	٢٧	٤٠	١٥٣٠	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
٣٧	تربه	١١	٢١	٤٠	٤١	١١٢٦	١٩٧٣ـ١٩٨٧م
٣٨	السليل	٢٨	٢٠	٣٤	٤٥	٦٠٠	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
٣٩	المندق	٠٦	٢٠	١٧	٤١	٢٤٠٠	١٩٧٠ـ١٩٨٧م
٤٠	بيشة	٠١	٢٠	٣٦	٤٢	١٠٢٠	١٩٧٠ـ١٩٨٧م

(تابع) جدول رقم ١. المحطات المناخية.

الرقم على الخريطة	الاسم	خط العرض دقيقة	خط العرض درجة	خط الطول دقيقة	خط الطول درجة	الارتفاع (م)	الفترة
٤١	بلجرشي	٥٢	١٩	٣٣	٤١	٢٤٠٠	١٩٧٠-١٩٨٧م
٤٢	الحيفة	٥٢	١٩	٣٢	٤٢	١٠٩٠	١٩٧٤-١٩٨٧م
٤٣	المظيلف	٣٢	١٩	٠٣	٤١	٠٠٥٣	١٩٧٠-١٩٨٧م
٤٤	النماص	٠٦	١٩	٠٩	٤٢	٢٦٠٠	١٩٧٠-١٩٨٧م
٤٥	خوش (الخوش)	٠٠	١٩	٥٣	٤١	٠٣٥٠	١٩٧٠-١٩٨٧م
٤٦	كياد	٤٤	١٨	٤٢	٤١	٠٠٢٠	١٩٧٠-١٩٨٧م
٤٧	مطار خميس مشيط	١٨	١٨	٤٨	٤٢	٢٠٦٠	١٩٧٠-١٩٨٧م
٤٨	أبها	١٢	١٨	٢٩	٤٢	٢١٩٠	١٩٧٠-١٩٨٧م
٤٩	مطار نجران	٣٧	١٧	٢٦	٤٤	١٢١٠	١٩٧٤-١٩٨٧م
٥٠	صبيا	١٠	١٧	٣٧	٤٢	٠٠٤٠	١٩٧٠-١٩٨٧م
٥١	ملاكي	٠٣	١٧	٥٧	٤٢	٠١٩٠	١٩٧٠-١٩٨٧م
٥٢	مطار جيزان	٥٢	١٦	٣٥	٤٢	٠٠٠٥	١٩٧٠-١٩٨٧م

الاعتمادية المتدرجة لمتوسط درجة الحرارة الشهرية (العامل المعتمد) على العوامل الثلاثة الأخرى (العوامل المستقلة) (انظر الجدول رقم ٢). وقد جرى، لهذا الغرض، تطبيق طريقة التحسين الأقصى لمعامل التحديد المتعدد الذي يشمله برنامج العلاقة الاعتمادية المتدرجة والذي هو بدوره جزء من المجموعة الإحصائية المعروفة باسم: ساس SAS[٤] التي يختزنها الحاسب الآلي في جامعة الملك عبدالعزيز، على قيم المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة للمحطات المذكورة.

وهكذا فإن النماذج التي يقدمها هذا البحث تستند على معادلة العلاقة الاعتمادية الخطية المعروفة، والتي يمكن أن نكتب صيغتها العربية على النحو التالي:

$$\hat{م} = \pm ا \pm \hat{ب}_{١} م_{١} \pm \hat{ب}_{٢} م_{م} \pm \hat{ب}_{٢} م_{٢} \pm \ldots \text{ إلخ}$$

(٤) Statistical Analysis System.

جدول رقم ٢ . ملخص تحليل العلاقة الاعتمادية التدرجية للمتوسط الشهري لدرجة الحرارة .

معادلات تقدير متوسط درجة الحرارة	رقم الخطوة	المتغير المضاف	معامل الارتباط المتعدد	معامل التحديد المتعدد	الزيادة في قيمة معامل التحديد	قيمة فشر	قيمة مالوس
يناير = ٥٧,٣٩٤ - ١,٠٨٥٩ × خط العرض - ٠,٢٩٣٤ ×	١	خط العرض	٠,٦٨٣	٠,٤٦٧		٤٣,٨	٣٦٨,١
خط الطول - ٠,٠٠٥٥ × الارتفاع	٢	الارتفاع	٠,٩٤٣	٠,٨٩١	٠,٤٢٤	١٩٢,٦	٣٨,٣
	٣	خط الطول	٠,٩٦٨	٠,٩٣٨	٠,٠٤٧	٣٦,٣	٤,٠
فبراير = ٢٤٩,٥٥ - ٠,٩٧٨٣ × خط العرض - ٠,٢٦٤٩ ×	١	خط العرض	٠,٦٤٨	٠,٤٢١		٣٦,٤	٤٩٨,٣
خط الطول - ٠,٠٠٥٤ × الارتفاع	٢	الارتفاع	٠,٩٥٠	٠,٩٠٤	٠,٤٨٣	٢٤٨,٠	٤٤,١
	٣	خط الطول	٠,٩٧٤	٠,٩٤٩	٠,٠٤٥	٤٢,١	٤,٠
مارس = ٤٧,٤٢١ - ٠,٨١٢٣ × خط العرض - ٠,١٠١٤ ×	١	خط العرض	٠,٥٨٤	٠.٣٤٢		٢٦,٠	٤١٨,١
خط الطول - ٠,٠٠٥٠ × الارتفاع	٢	الارتفاع	٠,٩٦٠	٠,٩٢٣	٠,٥٨١	٣٧٤,٩	٧,٨
	٣	خط الطول	٠,٩٦٥	٠,٩٣٢	٠,٠٠٩	٥,٨	٤,٠
أبريل = ٣٩,٢١٩ - ٠,٥٤٥٥ × خط العرض + ٠,٠٣٧٤	١	الارتفاع	٠,٧٤٤	٠,٥٥٤		٦٢,٢	١٢٥,٠
× خط الطول - ٠,٠٥٢ × الارتفاع	٢	خط العرض	٠,٩٣٥	٠,٨٧٦	٠,٣٢٢	١٢٧,٦	٢,٥
	٣	خط الطول	٠,٩٣٦	٠,٨٧٧	٠,٠٠١	٠,٥	٤,٠
مايو = ٢٨,٧٣٤ - ٠,٣١٤٤ × خط العرض + ٠,٢٣٩٣ ×	١	الارتفاع	٠,٨٠٦	٠,٦٥١		٩٣,٦	٢٩,٣
خط الطول - ٠,٠٠٤٩ × الارتفاع	٢	خط العرض	٠,٨٧٨	٠,٧٧١	٠,١٢٠	٢٥,٥	١٥,٥
	٣	خط الطول	٠,٩٠٦	٠,٨٢١	٠,٠٥٠	١٣,٥	٤,٠
يونية = ٢٥٨,٢٤ - ٠,١٢٢٨ × خط العرض + ٠,٢٨٤٤ ×	١	الارتفاع	٠,٨٢٥	٠,٦٨٢		١٠٧,٦	٢٠,٦
خط الطول - ٠,٠٠٤٣ × الارتفاع	٢	خط الطول	٠,٨٧٩	٠,٧٧٣	٠,٠٩١	١٩,٦	٦,٠
	٣	خط العرض	٠,٨٨٩	٠,٧٩١	٠,٠١٨	٤,٠	٤,٠

(تابع) جدول رقم ٢ . ملخص تحليل العلاقة الاعتمادية التدرجية للمتوسط الشهري لدرجة الحرارة .

معادلات تقدير متوسط درجة الحرارة	رقم الخطوة	المتغير المضاف	معامل الارتباط المتعدد	معامل التحديد المتعدد	الزيادة في قيمة معامل التحديد	قيمة فشر	قيمة مالوس
بولية = ٢٠,٧٠٨ - ٠,٠٠٨٢ × خط العرض + ٠,٣٢٤٩ ×	١	الارتفاع	٠,٨٤٩٠	٠,٧٢٠٩		١٢٩,١	٢٨,٢
خط الطول - ٠,٠٠٤٣ × الارتفاع	٢	خط الطول	٠,٩٠٥٨	٠,٨٢٠٦	٠,٠٩٩٧	٢٧,٥	٢,٠
	٣	خط العرض	٠,٩٠٥٩	٠,٨٢٠٧	٠,٠٠٠١	٠,٢	٤,٠
أغسطس = ٢٣,٥١٩ - ٠,٠٢٠٨ × خط العرض + ٠,٢٥٩٩ ×	١	الارتفاع	٠,٨٥٤٨	٠,٧٣٠٨		١٣٥,٨	١٨,١
خط الطول - ٠,٠٠٤٣ × الارتفاع	٢	خط الطول	٠,٨٩٤٤	٠,٨٠٠١	٠,٠٦٩٣	١٦,٩	٢,١
	٣	خط العرض	٠,٨٩٤٧	٠,٨٠٠٦	٠,٠٠٠٥	٠,١	٤,٠
سبتمبر = ٢٨,٦٤٧ - ٠,٠٧٢٨ × خط العرض + ٠,١٣٠٣ ×	١	الارتفاع	٠,٨٧٣	٠,٧٦٣		١٦١,٦	٦,٣
خط الطول - ٠,٠٤٤ × الارتفاع	٢	خط الطول	٠,٨٨٦	٠,٧٨٥	٠,٠٢٢	٤,٩	٣,٦
	٣	خط العرض	٠,٨٨٩	٠,٧٩٢	٠,٠٠٧	١,٥	٤,٠
أكتوبر = ٣٨,٢٤٠ - ٠,٣٢٥٢ × خط العرض - ٠,٠٤٤١ ×	١	الارتفاع	٠,٨٥٣	٠,٧٢٩		١٣٤,٥	٤٧,٣
خط الطول - ٠,٠٠٥١ × الارتفاع	٢	خط العرض	٠,٩٢٦	٠,٨٥٨	٠,١٢٩	٤٤,٨	٢,٧
	٣	خط الطول	٠,٩٢٧	٠,٨٦٠	٠,٠٠٢	٠,٧	٤,٠
نوفمبر = ٤٨,٣٠٦ - ٠,٧٤٠٦ × خط العرض - ٠,١٥٢٧ ×	١	الارتفاع	٠,٦٥٩	٠,٤٣٥		٣٨,٥	٢١٦,٨
خط الطول - ٠,٠٠٥٨ × الارتفاع	٢	خط العرض	٠,٩٣٨	٠,٨٨٠	٠,٤٤٥	١٨٢,٩	٩,٨
	٣	خط الطول	٠,٩٤٧	٠,٨٩٧	٠,٠١٧	٧,٨	٤,٠
ديسمبر = ٥٧,٢٣١ - ٠,٩٩٣٣ × خط العرض - ٠,٣١٢٧ ×	١	خط العرض	٠,٦١٦	٠,٣٨٠		٣٠,٧	٢٨٨,١
خط الطول - ٠,٠٠٥٦ × الارتفاع	٢	الارتفاع	٠,٩٢٤	٠,٨٥٥	٠,٤٧٥	١٦٠,٦	٣٢,٣
	٣	خط الطول	٠,٩٥٤	٠,٩١١	٠,٠٥٦	٣٠,٣	٤,٠

ملاحظة : قيم خطوط العرض وخطوط الطول يمثلها القيم المزدوجة للدرجات والدقائق فقيمة خط العرض ٣١° ٤١' مثلاً تكتب ٣١,٤١ وهكذا .

حيث إن :

مْ = القيمة المقدرة للمتغير المعتمد، وهو في دراستنا هذه المتوسط الشهري لدرجة الحرارة.

ا = القيمة القاعدية التي تستند عليها خطوط العلاقة الاعتمادية للمتغير المعتمد على المتغيرات المستقلة. وتقع عند نقاط قطع هذه الخطوط للمحور الممثل للانتشار الرأسي لقيم المتغير المعتمد، أي عند النقاط التي تكون فيها قيم المتغيرات المستقلة صفرًا.(٥)

بْ١، بْ٢، بْ٣ = معاملات العلاقة الاعتمادية للمتغير المعتمد على المتغيرات المستقلة.

م١، م٢، م٣ = المتغيرات المستقلة، وهي في دراستنا هذه خط العرض، خط الطول، والارتفاع التضاريسي.

وقد تم اختيار طريقة التحسين الأقصى لمعامل التحديد المتعدد من بين عدة طرق يشملها برنامج العلاقة الاعتمادية المتدرجة لأنها لا تستقر على نموذج وحيد فهي تبحث عن أفضل النماذج على أساس عدد المتغيرات المستقلة من واحد إلى نهاية عدد المتغيرات المستقلة التي تشملها الدراسة.(٦) وقد طور هذه الطريقة جودنايت في المقالة التي نشرها في سنة ١٩٧٩م.(٧) وتبدأ هذه الطريقة بالبحث عن المتغير المستقل الذي يفرز أعلى نسبة لمعامل التحديد المتعدد، ثم بعد ذلك المتغير الآخر الذي ينجم عن إدخاله في النموذج الحصول على أقصى زيادة ممكنة في قيمة معامل التحديد المتعدد، وبعد الحصول على نموذج المتغيرين

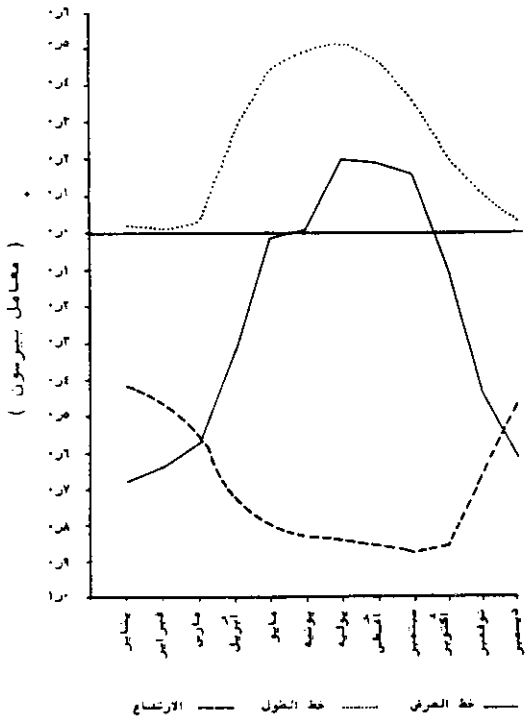
(٥) لمعرفة تفصيلات حساب هذه المعاملات يمكن للقارىء أن يرجع إلى أي من الكتب المرجعية للوسائل الكمية في الجغرافيا مثل كتاب : W. A. A. Clark and P. L. Hosking, *Statistical Methods for Geographers* (Chichester: John Wiley & Sons, 1986), pp. 334 - 48.

(٦) SAS Institute Inc., SAS User's Guide: Statistics, 5th ed. (Cary, NC, U.S.A.: SAS Institute Inc., 1986), p. 765.

(٧) J. Goodnight, "A Tutorial on the Sweep Application," *The American Statistician*, 33 (1979), 149-58.

المستقلين تبدأ عملية مقارنة كل من المتغيرين المستقلين في النموذج الثنائي بكل من المتغيرات المستقلة الأخرى التي لم تدمج بعد في النموذج لتحديد ما إذا كان حذف أحد المتغيرات في النموذج لإحلال متغير من المجموعة التي لم تدمج محله بعد سينجم عنه زيادة في قيمة معامل التحديد المتعدد. وبعد إتمام مقارنة كل الاحتمالات للتغيير تتم إضافة المتغير الذي سيُسهم بالزيادة الأكبر في معامل التحديد المتعدد وهكذا حتى النهاية، وسنتعرض فيما يلي لمناقشة نتائج تطبيق هذه الطريقة:

نبدأ بالتعرض لمعاملات الارتباط البسيط بين متوسط درجة الحرارة الشهرية الوسطى وبين كل من العوامل الثلاثة، والتي تم تجسيمها بالرسم البياني رقم ١ ويتضح من هذا الرسم:



رسم بياني رقم ١. الارتباط بين المتوسط الشهري لدرجة الحرارة الوسطى والعوامل الجغرافية.

١ ـ أن المتوسط الشهري لدرجة الحرارة الوسطى يرتبط بشكل سالب مع عامل الارتفاع التضاريسي على مدار السنة، وتزداد حدة هذا الارتباط خلال الفترة من أبريل إلى أكتوبر حيث يمثلها معاملات تتراوح بين -٠,٧٤٤ لشهر أبريل و -٠,٨٥٤ لشهر أغسطس ويتقلص هذا المستوى في بقية أشهر السنة بحيث لا تزيد على -٠,٦٩٥ .

٢ ـ أن الارتباط بين المتوسط الشهري لدرجة الحرارة الوسطى وبين عامل خط الطول يأخذ الشكل الموجب على مدار السنة إلا أن قيمته تظل دون الوسط، وتمثل القيم العليا له والمنحصرة بين ٠,٥١١ و ٠,٣٥٤ الفترة من مايو إلى سبتمبر، وتتلاشى هذه القيم بالنسبة للفترة الباردة من السنة بشكل حاد ينعدم معه وجود ارتباط ذي معنى وبالذات للشهور من ديسمبر إلى فبراير.

٣ ـ أن معامل الارتباط بين عامل خط العرض وبين المتوسط الشهري لدرجة الحرارة الوسطى يمثله خليط من القيم السالبة والموجبة. فالارتباط السالب يمثل الفترة من أكتوبر إلى مايو ويتأرجح من ضعيف جدًّا ـ ٠,٠٩٥ لشهر مايو إلى فوق المتوسط ـ ٠,٦٨٣ لشهر يناير، في حين يظهر الارتباط الموجب بمستويات ضعيفة في بقية الفترة من السنة وبقيم ضئيلة تتراوح بين ٠,٠٨٢ لشهر يونية و ٠,٢٠٥ لشهر يولية مما يدل على ضآلة تأثير هذه العوامل على التوزيع الجغرافي لدرجة الحرارة في فصل الصيف.

على أية حال يظهر التأثير المركز لخط العرض في الفترة من ديسمبر إلى مارس بقيم تتراوح بين ـ ٠,٥٨٤ (مارس) و-٠,٦٨٣ (يناير).

ومن خلال تحليل العلاقة الاعتمادية المتدرجة تم التوصل إلى سلسلة من المعادلات التي تجسم أحسن العلاقات بين المتوسط الشهري لدرجة الحرارة الوسطى التقديرية وبين العوامل الثلاثة الآنفة الذكر. ويشمل جدول رقم ٢ على ملخص لنتائج الخطوات الثلاث الأولى من التحليل. ومن هذه النتائج يتضح أن معامل الارتباط المتعدد تتراوح قيمته بين ٠,٩٧٤ (فبراير) وبين ٠,٨٨٩ (يونية) وبالتالي فإن قيمة معامل التحديد، أي القيمة

الممثلة لحجم تحكم هذه المعالم الثلاثة في التغيرات المكانية لمتوسط درجة الحرارة الشهرية الوسطى تتراوح بين ٠,٩٤٩ (٩٥٪) وبين ٠,٧٩٠ (٧٩٪). وعلى أية حال، فإن هذه القيم تمثل مقاييس الاختلاف بين القيم المقاسة لمتوسط درجة الحرارة الشهرية الوسطى في المحطة المعينة وبين القيم المقدرة لها على أساس معادلات نماذج الأشهر المختلفة.

كما يشتمل الجدول أيضًا على قيم تمثل إسهامات كل من العوامل الثلاثة في تحديد القيمة المقدرة لمتوسط درجة الحرارة الشهرية مرتبة حسب أهميتها:

وبتفحص هذا الجدول تبرز لنا حقائق مثيرة نلخصها فيمايلي:

١ ـ إن عامل الارتفاع التضاريسي هو العامل الذي يفرز ويتحكم في الجزء الأكبر من الاختلافات المكانية لمتوسط درجة الحرارة الشهرية، ويحتل المرتبة الأولى في الترتيب التنازلي من حيث حجم معامل التحديد المتعدد في كل أشهر السنة باستثناء شهري يناير ونوفمبر حيث يتراجع إلى المرتبة الثانية بفروق ضئيلة بعد عامل خط العرض في هذين الشهرين، وتتراوح مساهمة عامل الارتفاع التضاريسي في التحكم في الاختلافات المكانية لمتوسط درجة الحرارة الشهرية في أرجاء المملكة بين ٧٦,٣٪ (سبتمبر) وبين ٤٢,٤٪ (يناير).

٢ ـ إن عامل خط العرض ينحسر دوره في إفراز الاختلافات المكانية إلى مستوى ضئيل للغاية في الأشهر الحارة من السنة وهي يونية ويولية وأغسطس وسبتمبر حيث تتراوح مساهمته بين ١,٨٪ (يونية) وبين ٠,١٪ (يولية). ويحتل بذلك المرتبة الثالثة بعد عامل الارتفاع التضاريسي وخط الطول. هذا الوضع ينعكس في بقية أشهر السنة حيث تتصاعد مساهمة خط العرض متأرجحة بين حد أقصى قدره ٤٦,٧٪ (يناير) وحد أدنى قدره ١٢٪ (مايو).

٣ ـ إن عامل خط الطول يلعب دورًا ثانويًا في إفراز الاختلافات المكانية لمتوسط درجة الحرارة الشهرية الوسطى في أرجاء المملكة، ولم يتخط مستوى مساهمته في ذلك حد الـ ١٠٪ ويبرز بشكل واضح في الفترة من يونية إلى سبتمبر حيث يحل محل خط العرض في المرتبة الثانية بنسب تراوحت بين ٩,٩٪ (يولية) و ٢,٢٪ (سبتمبر).

ويتضح من هذه النسب أن هذه العوامل الثلاثة لا تتحكم في كل الاختلافات المكانية للمتوسط الشهري لدرجة الحرارة، وأن المستوى الأدنى لهذا التحكم يبرز في الأشهر الحارة من السنة (مايو ـ سبتمبر) حيث تراوحت مساهمة هذه العوامل مجتمعة بين ١ , ٨٢٪ في شهر مايو و ٢ , ٧٩٪ في شهر سبتمبر، في حين أن هذا المستوى يتحسن في الأشهر الباردة من السنة متأرجحًا بين ٩ , ٩٤٪ كحد أقصى في فبراير وبين ٨٦٪ كحد أدنى في أكتوبر. وهذا معناه أن العوامل الفاعلة الأخرى التي لم يتم تمثيلها في هذه الدراسة تنشط في تأثيرها على الاختلافات المكانية في درجة الحرارة خلال النصف الحار من السنة، ويتقلص حجم تأثيرها نسبيًا النصف البارد من السنة. ومن الملاحظ أن هذا النشاط يبرز مع انحسار مستوى تأثير خط العرض في هذه الفترة من السنة، مما يعني أن التقارب في معدلات تسخين السطح على البعد العرضي للمملكة خلال الفترة الحارة من السنة تحت تأثير تركز المنخفض الحراري الصيفي على الجزيرة العربية بحكم الزيادة في رأسية زاوية الإسقاط الشمسي وبالتالي التزايد في حجم الوحدة الحرارية الساقطة على الوحدة المساحية. هذا الوضع ينجم عنه إضعاف لتأثير الاختلافات في درجة العرض الذي يدفع إلى التقلص النسبي في الحجم الإجمالي لتأثير هذه العوامل الثلاثة وبالتالي استحواذ العوامل الأخرى التي لم يتم فرزها لهذه الدراسة على التحكم بالاختلافات المكانية بنسب تتراوح بين ٨ , ٢٠٪ وبين ٩ , ١٧٪. وتمثل هذه القيم قراءات غير مباشرة لدرجة الخطأ في قيم المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة الوسطى التي يمكن تقديرها لأي موقع في النطاق الجغرافي لهذه الدراسة بتطبيق المعادلات التي توصلت إليها هذه الدراسة.

وقد تمت مقارنة القيم التي تم تقديرها للمتوسط الشهري لدرجة الحرارة الوسطى بتطبيق هذه المعادلات على المحطات المناخية التي بنيت عليها هذه الدراسة بالقيم المقاسة في هذه المحطات والتي استخدمت كمادة خام في هذا التحليل. وبعد تحديد الفروق بين القيم المقدرة والقيم المقاسة لكل محطة تم تحويلها إلى نسب مئوية تمثل الأحجام التصحيحية التي تضاف إلى أو تحذف من القيمة التي يتم تقديرها لأي موقع جغرافي في المملكة العربية السعودية. وهذه النسب المئوية والتي تظهر بفواصل حسابية سالبة وموجبة من نطاق جغرافي لآخر داخل المملكة تم تجسيمها في خرائط توضح النطاقات المكانية للمستويات المختلفة للنسب التعديلية (خرائط أرقام ٢ ـ ١٣). وقد تم تصميم هذه الخرائط لكل شهر على حدة

بحيث إن النطاقات السالبة تدلل على وجوب طرح ما يعادل النسب المئوية المحددة من القيمة المقدرة وذلك من قيمة متوسط درجة الحرارة الشهرية الوسطى التي جرى تقديرها للموقع الذي يقع في أي منها. والعكس بالنسبة للنطاقات الموجبة حيث يتعين إضافة ما يوازي نسبتها المئوية من القيمة المقدرة إلى القيمة المقدرة ذاتها لتصحيحها.

ولتوضيح كيفية الإضافة والحذف هذه دعنا نفترض أننا بحاجة إلى معرفة متوسط درجة الحرارة الوسطى لشهر يولية لمكان يقع على خط العرض ٣٠-٢٥° وخط الطول ١٠-٤٢° وعلى ارتفاع ٦٤٠م، وبالرجوع إلى سجل المحطات المتوافرة نجد أن هذا الموقع ليس به محطة مناخية. في هذه الحالة يمكننا تطبيق معادلة شهر يولية التي توصلت هذه الدراسة لتقدير متوسط درجة الحرارة الوسطى في شهر يولية في هذا الوضع، وبالرجوع إلى جدول رقم ٢ نجد أن معادلة شهر يولية تقول بأن تقدير هذا المتوسط يكون على النحو التالي:

٢٠,٧٠٨ - ٠,٠٠٨٢ × خط العرض + ٠,٣٢٤٩ × خط الطول - ٠,٠٠٤٣ × الارتفاع

= ٢٠,٧٠٨ - ٠,٠٠٨٢ × ٢٥,٣٠ + ٠,٣٢٤٩ × ٤٢,١٠ - ٠,٠٠٤٣ × ٦٤٠

= ٢٠,٧٠٨ - ٠,٢٠٧ + ١٣,٦٧٨ - ٢,٧٥٢

= ٣١,٤٢٨

وبالرجوع إلى خريطة شهر يولية (خريطة رقم ٨) نجد أن موقعنا هذا يقع في نطاق النسبة المئوية + ٥، أي يتعين علينا تصحيح هذه النتيجة بإضافة ما يعادل ٥٪ من القيمة المقدرة أعلاه إلى القيمة نفسها. والقيمة المعادلة لـ ٥٪ من القيمة المقدرة تكون (٣١,٤٢٧ × ٥) ÷ ١٠٠ = ١,٥٧١.

وهكذا فإن القسمة التقديرية المعدلة لمتوسط درجة الحرارة في شهر يولية في موقعنا هذا = ٣١,٤٢٧ + ١,٥٧١ = ٣٢,٩٩٨ أي ٣٣°م.

ونـأمـل أن تقـدم هذه النماذج الشهرية بديلاً مقبولاً بالضرورة لتقدير المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة الوسطى على أي نقطة في المساحات البينية الشاسعة التي تفصل المحطات القائمة لرصد درجات الحرارة التي يتسم توزيعها الجغرافي كما ذكرنا في بداية هذ المقال بالقلة العددية بالنسبة للوحدة المساحية للمملكة وبانعدام انتظامية التوزيع لها على أرجاء البلاد. ولعله من المناسب أن نشير هنا إلى أن عالم المناخ المعروف ميخائيل بوديكو يرى بأن المجـال المسمـوح به للأغـراض العملية المناخية بالنسبة «لدقة قيم المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة يمثله مقدار ± ١م° عن القيمة الحقيقية.»

ومن المعروف أن هذه القيمة الحقيقية قد لا تمثلها بدقة كاملة القيم المقاسة في محطة الرصد والتي تتعرض لعمليات حسابية محددة لتحويلها إلى قيمة متوسط شهري. ولذا فإن من الجائز أن نشير هنا إلى أن تبني نماذج التقديرات التي توصلت إليها هذه الدراسة للمواقع التي لا توجد فيها محطات قياس مباشر يمكن ممارسته دون تحفظ وبالذات بالنسبة للنطاقات التي يمثلها قيم تعديلية في حدود ≥± ٥٪.

مصادر قيم المتوسط الشهري لدرجة الحرارة

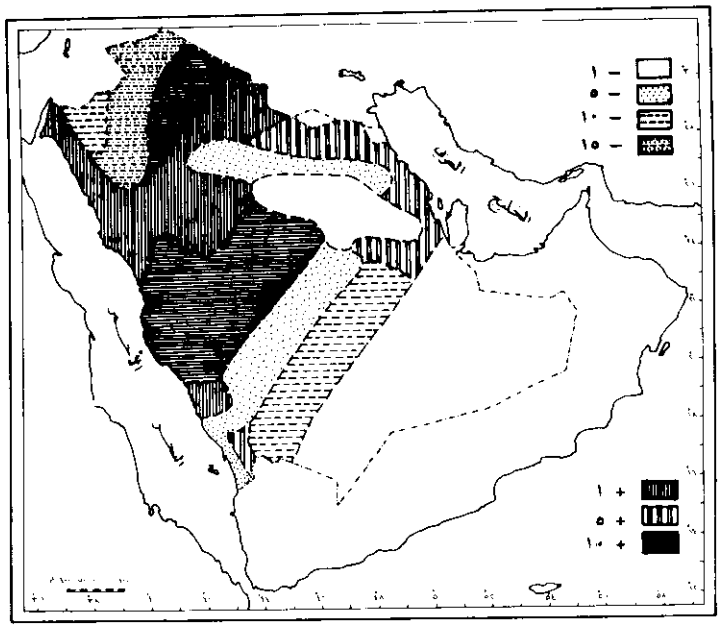
أولاً: محطة رأس تنورة (١٢) تديرها شركة أرامكو وتم الحصول على قيم درجات الحرارة الشهرية من قسم الطقس في المقر الرئيس للشركة بالظهران عن طريق المراسلة وذلك في شكل جداول ملخصات مفردة.

ثانيًا: المحطات التي يسبق تسميتها كلمة مطار في جدول رقم ١ تديرها مصلحة الأرصـاد وحماية البيئة وتم استخلاص معلوماتها للفترة ١٩٧٠ ـ ١٩٨٥م من المطبوعات التالية التي نشرتها المصلحة:

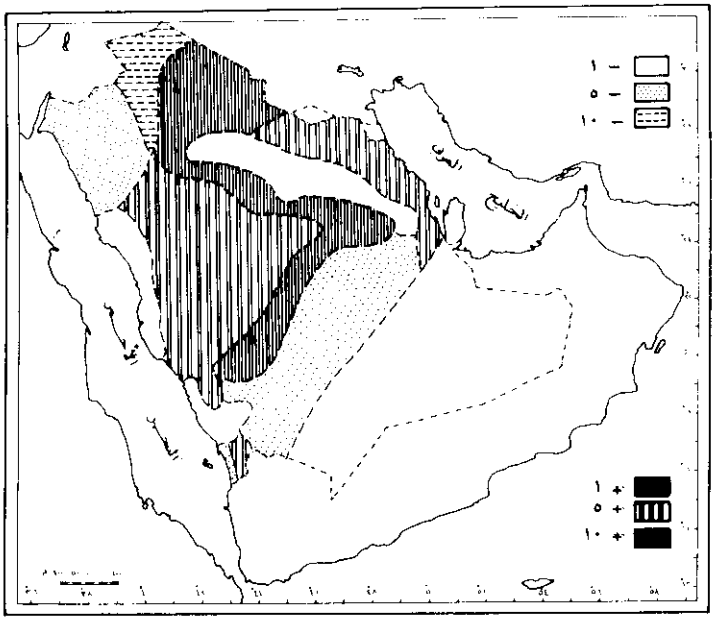
١ ـ التقرير السنوي (١٩٧٠ ـ ١٩٧٦م)

٢ ـ التقرير السنوي البيئي (١٩٧٧ ـ ١٩٨٥م)

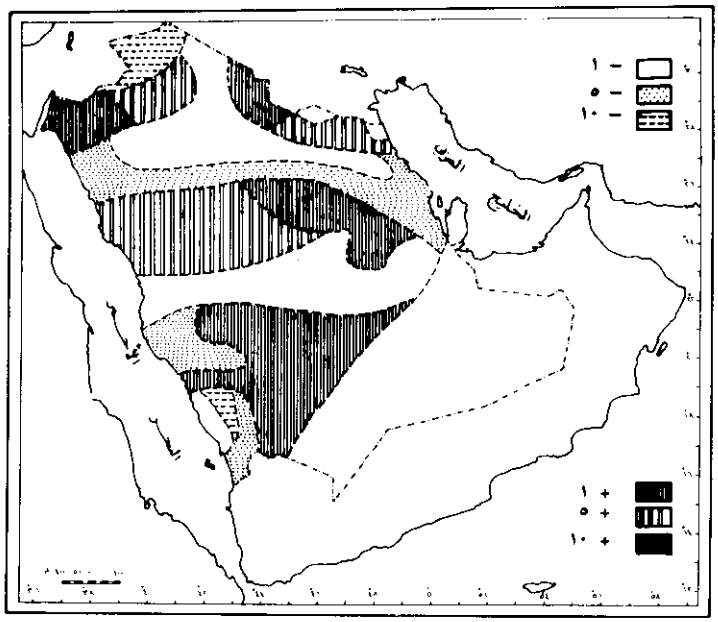
أمـا بالنسبـة لسنتي ١٩٨٦ ـ ١٩٨٧م فقـد تم استخلاص معلوماتها مباشرة من ملفات المحطات المودعة لدى قسم المناخ بالمقر الرئيس للمصلحة بمدينة جدة.



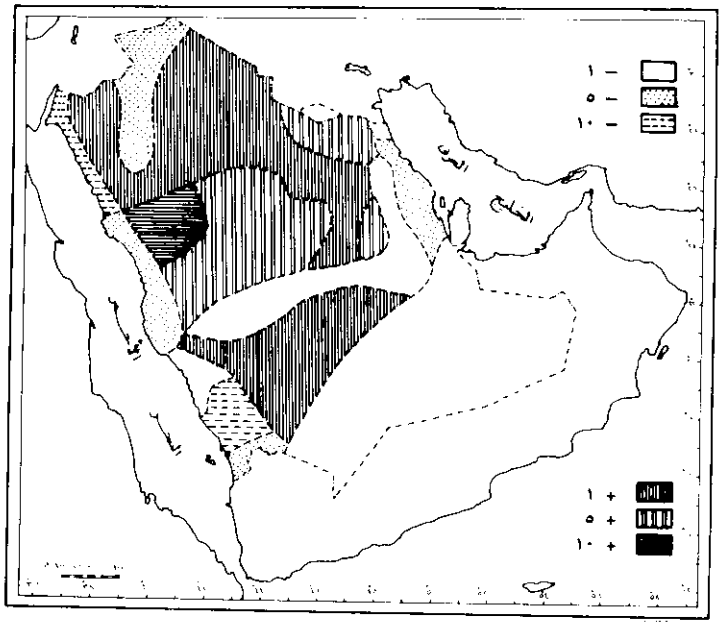
خريطة رقم ٢ . نطاقات النسبة المئوية لتعديل متوسط درجة الحرارة الشهرية حسب أنموذج يناير.



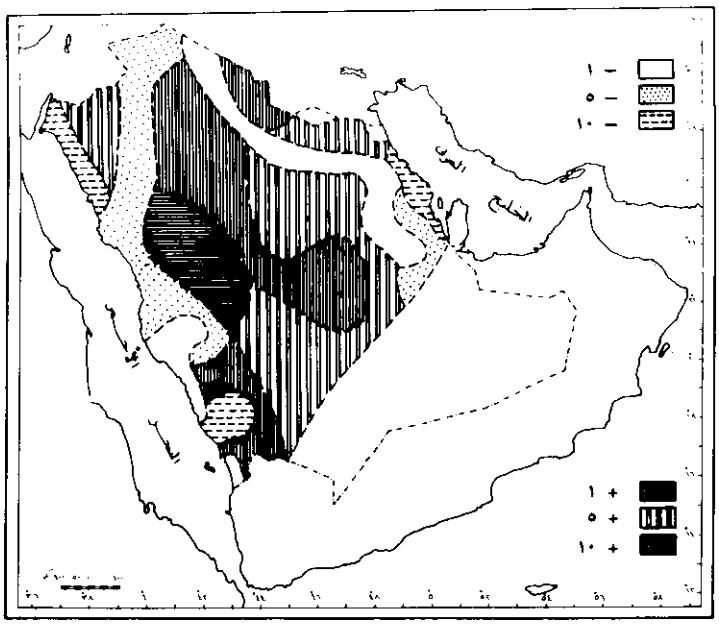
خريطة رقم ٣ . نطاقات النسبة المئوية لتعديل متوسط درجة الحرارة الشهرية حسب أنموذج فبراير.



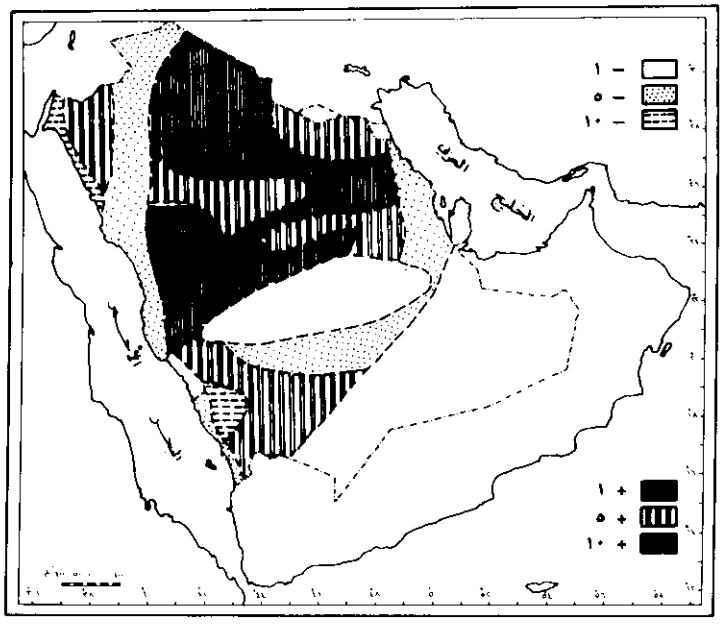
خريطة رقم ٤ . نطاقات النسبة المئوية لتعديل متوسط درجة الحرارة الشهرية حسب أنموذج مارس .



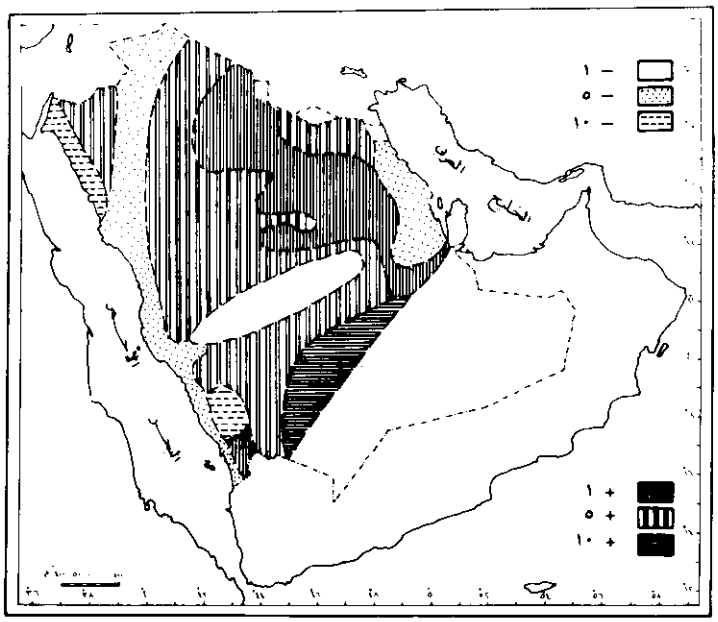
خريطة رقم ٥ . نطاقات النسبة المئوية لتعديل متوسط درجة الحرارة الشهرية حسب أنموذج أبريل .



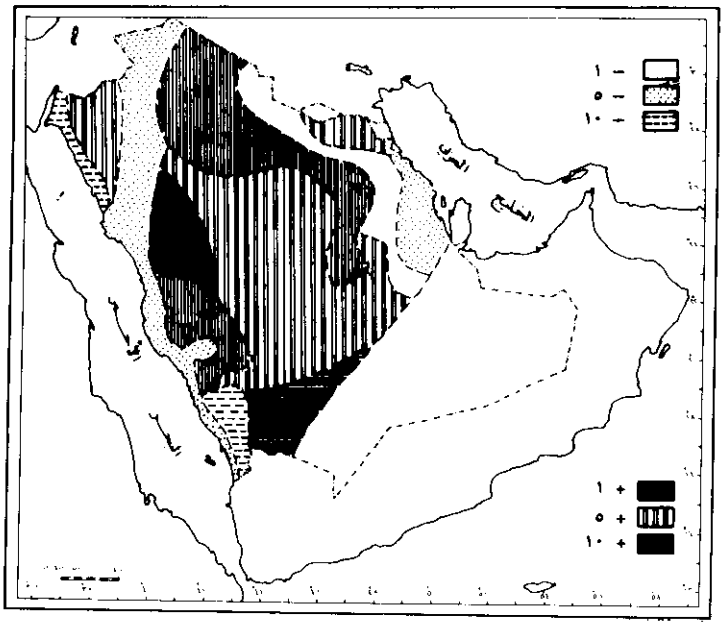
خريطة رقم ٦ . نطاقات النسبة المئوية لتعديل متوسط درجة الحرارة الشهرية حسب أنموذج مايـو.



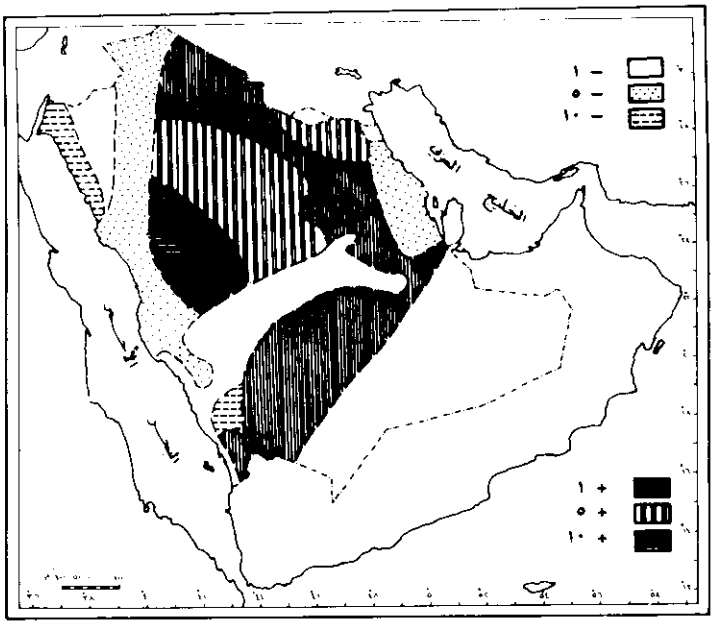
خريطة رقم ٧ . نطاقات النسبة المئوية لتعديل متوسط درجة الحرارة الشهرية حسب أنموذج يونية.



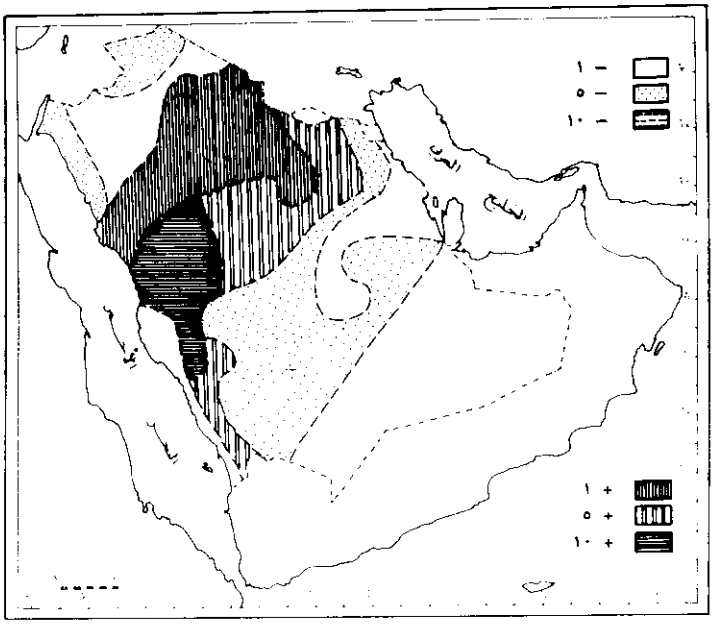
خريطة رقم ٨ . نطاقات النسبة المئوية لتعديل متوسط درجة الحرارة الشهرية حسب أنموذج يولية .



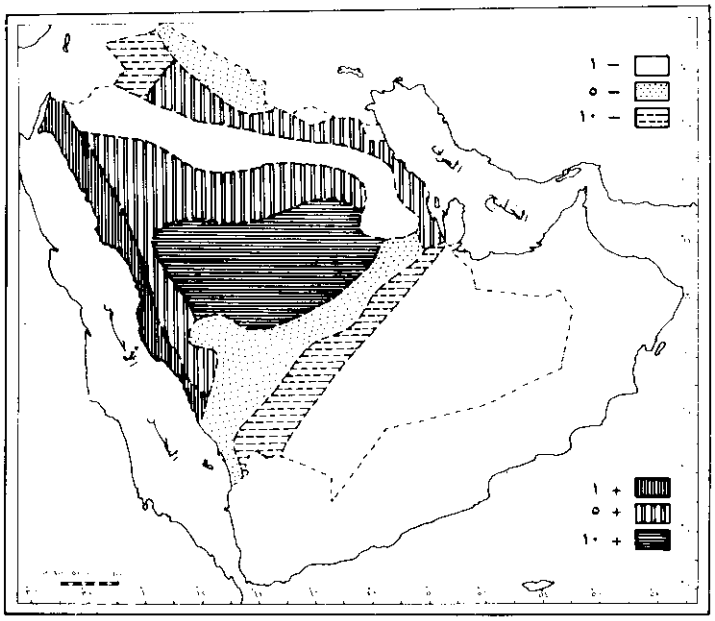
خريطة رقم ٩ . نطاقات النسبة المئوية لتعديل متوسط درجة الحرارة الشهرية حسب أنموذج أغسطس .



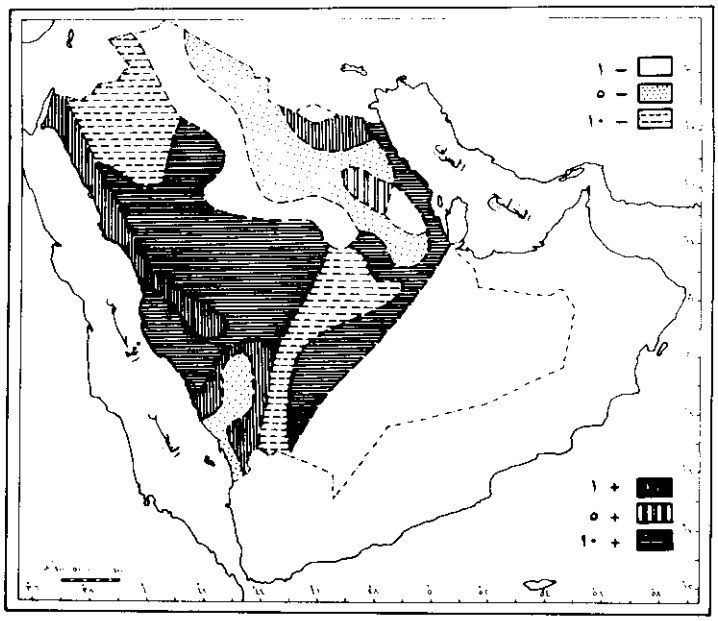
خريطة رقم ١٠ . نطاقات النسبة المئوية لتعديل متوسط درجة الحرارة الشهرية حسب أنموذج سبتمبر.



خريطة رقم ١١ . نطاقات النسبة المئوية لتعديل متوسط درجة الحرارة الشهرية حسب أنموذج أكتوبر.



خريطة رقم ١٢ . نطاقات النسبة المئوية لتعديل متوسط درجة الحرارة الشهرية حسب أنموذج نوفمبر.



خريطة رقم ١٣ . نطاقات النسبة المئوية لتعديل متوسط درجة الحرارة الشهرية حسب أنموذج ديسمبر.

ثالثًا: بقية المحطات تديرها وزارة الزراعة والمياه واستخلصت قيمها من النشرة الهيدرولوجية التي يصدرها قسم الهيدرولوجيا بالوزارة وذلك بالنسبة للفترة ١٩٧٠ ـ ١٩٨٤م وأرقام هذه النشرة لكل سنة من سنوات هذه الفترة هي كالتالي:

٤٥ (١٩٧٠م)، ٥٣ (١٩٧١م)، ٦١ (١٩٧٢م)، ٧٤ (١٩٧٣م)، ٨٢ (١٩٧٤م)، ٨٩ (١٩٧٥م)، ٩٠ (١٩٧٦م)، ٩١ (١٩٧٧م)، ٩٢ (١٩٧٨م)، ٩٤ (١٩٧٩م)، ٩٦ (١٩٨٠م)، ٩٩ (١٩٨١م)، ١٠٢ (١٩٨٢م)، ١٠٧ (١٩٨٣م)، ١١٠ (١٩٨٤م).

أما بالنسبة للسنوات ١٩٨٥ ـ ١٩٨٧م فقد تم الحصول على قيمها مباشرة من ملفات المحطات التي يحتفظ بها قسم الهيدرولوجيا في المقر الرئيس لوزارة الزراعة والمياه بمدينة الرياض.

Models for Estimating Mean Monthly Average Temperature in Saudi Arabia: An Application of Stepwise Multiple Regression

Mohammad Abdullah Al-Jerash
Associate Professor, Geography Department, College of Arts and Humanities, King Abdul Aziz University, Jeddah, Saudi Arabia

Abstract. This study relates, through the application of stepwise analysis, the mean monthly average temperature in fifty-two climatic stations in Saudi Arabia to three geographical factors namely: latitude, longitude and altitude. The aim is to test the hypothesis that there is a linear relationship between the M.M.A.T. and the said factors. The results of the application show that the influence of the altitude factor stands out in the warm part of the year (April-August), while that of longitude is felt in the summer season only (May-August). In contrast we find that the influence of latitude on the special variations of M.M.A.T. stands out in the colder part of the year (November-March). The models obtained do not, however, represent all the factors that contribute to the special variations of M.M.A.T. for the coefficient of determination varies between 0.949 for November and 0.791 for June. The residual values have been converted into percentage values and mapped as a reference for the error value of the models to be adapted when applied to any point within the Kingdom.