

الفصل السابع

دورة الغلاف الجوي واختلاف المناخ

توطئة

تتحكم الدورة العامة للغلاف الجوي في مدخلات الطاقة ومخرجاتها في صورة الانحدار الحراري فوق سطح الأرض . يستند فهم الجغرافيا المناخية واستيعاب الاحتياجات الإقليمية للمناخ على الإلمام المعرفي بمكونات الهواء والدورة العامة للهواء . ويبحث هذا الفصل نتائج اختلاف نماذج الدورة العامة مقارنة بخصائصها العادية.

مقدمة

يوصف المناخ بأنه معدلات الطقس. وينطوي هذا التحديد على بعض الحقيقة ، إذ لا يستطيع أحد أن يجادل حينما يوصف مناخ ولاية مينسوتا Minnesota بأنه سلسلة متصلة من الأيام الباردة ، وكذلك بالنسبة لمناخ فلوريدا الذي يوصف بأنه في أغلبه حار ورطب . وعلى أية حال ، فإن هذا التحديد يجانبه التوفيق لكونه يتجاهل حقيقة مهمة ترتبط بكون المناخ هو نتيجة ديناميكية للغلاف الجوي الذي يتسم باختلاف مكوناته الأساسية . وبناءً على ذلك ، فإنه من الضروري توجيه الاهتمام الكامل بالتعقيدات المناخية التي تتطلب دراسة ديناميكية لأصول الجغرافيا المناخية . ويبحث المناخ المحلي في ديناميكية الهواء والدورة العامة فوق يابس القارات، كما يصنف نماذج الدورة ويحللها على نطاق واسع Large Scale. وهكذا ينبغي أن يوصف المناخ بأنه معدلات القيم خلال مدى زمني واسع ، ويهتم علماء المناخ بالاختلافات التي تتجاهلها المتوسطات وأسباب حدوثها . وفي السنوات الحديثة ، قد حدثت اختلافات حادة في الطقس والمناخ ، ومن أمثلتها ، الشتاء البارد والشتاء الثلجي ، وتعاقب فترات الجفاف والرطوبة التي شهدتها الولايات المتحدة الأمريكية وجهات أخرى متفرقة من العالم . وسواء إن كانت تلك الأحداث تعد شاذة أو إنها إنعكاساً لتغير المناخ فستدرس تفصيلاً في الفصل الثاني عشر . وفيما يتعلق بذلك المفهوم، فإن هناك إصراراً على تحليل نماذج الغلاف

الجوي، وما يرتبط بها من ظروف ومشكلات قد تكون نتيجة لحدوث اختلاف أو تغير في المناخ.

وتعتمد الدراسة الأولى على نتائج حدوث شتاء قاسي (كما أتضح في الفصل الرابع) ، مع الأخذ في الاعتبار أن الجغرافيا المناخية هي مجال دراسة مثل تلك الأحداث المناخية .

نماذج الدورة

قد تم عنونة شتاء ١٩٧٧/٧٦ بأنه " شتاء الرياح البارد Cold, Windy Winter " ويشير هذا العنوان إلى شدة برودته كما يتضح في جدول (٧-١) حيث تشير التسجيلات إلى الانخفاض الشديد في درجة الحرارة خلال تلك الفترة. وتعتبر تسجيلات درجة الحرارة بالقرب من سطح الأرض انعكاساً لبعض الرياح المحلية التي هي في الواقع جزءاً من الدورة العامة للغلاف الجوي. هذا وللفهم المتكامل لمثل هذه الحالات لابد من دراسة واستيعاب كل من التيارات السطحية، والتيارات الهوائية في طبقات الجو العليا، فضلاً عن الإلمام بنظرة ثلاثية الأبعاد .

جدول (٧-١) متوسط درجة الحرارة الصغرى بالدرجات الفهرنهايتية خلال شهر يناير ١٩٧٧

مقارنة بمعدل درجة حرارة شهر يناير	متوسط درجة حرارة شهر يناير ١٩٧٧	المحطة
١٥,٧-	١٣,٦	Columbia
١٤,٣-	٣,٤	Dubuque, Iowa
١٦,٤-	٠,١-	Waterloo, Iowa
١٥,٣-	٨,٥	Peoria
١٦,٤-	١٠,٣	Springfield
١٦,١-	٩,٢	Ft. Wayne, Ind.
١٧,٨-	١٤,٨	Evansville, Ind.
١٩,١-	١٤,٨	Cincinnati, Ohio
١٧,٠-	١٢,٠	Columbus, Ohio
١٤,٩-	١١,٤	Akron, Ohio
١٥,٤-	١٠,٣	Youngstown, Ohio
١٥,٩-	١١,٠	Cleveland, Ohio

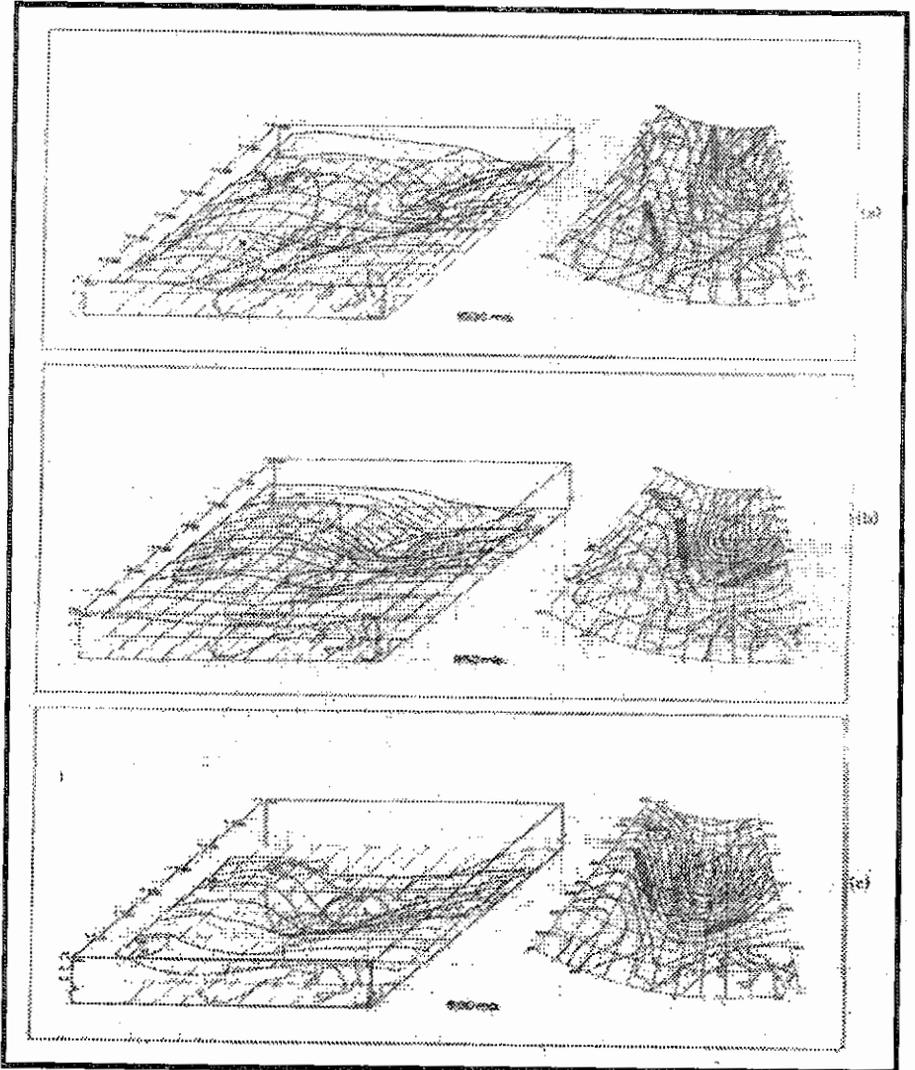
١٦,٧-	١١,٤	Pittsburgh ,Pa.
١١,٠-	١٥,٠	Avoca ,Pa
١٢,٣-	٢٠,٠	Philadelphia ,Pa.
١٠,٠-	١٠,٦	Concord , N.H.
١٥,١-	١٧,٨	Lexington
١٤,٧-	١٨,٦	Louisville , Ky.
١٣,٨-	٢٤,٥	Nashville , Tenn.
١٢,٢-	٣١,٢	Athens ,Ga.
١٢,٢-	٢٨,٩	Rome , Ga.
٧,٠-	٥٨,٥	West Palm Beach , Fla.
٨,٨-	٥٢,٠	Lakeland , Fla.

إن التوصل إلى نظرة ثلاثية الأبعاد ، قد يبدو خطوة صعبة على نحو ما ، إذ ينبغي الانتقال من خرائط خطوط الضغط الجوي السطحية إلى خرائط خطوط الضغط الجوي في طبقات الجو العليا . إذ تعكس الخرائط السطحية قيم الضغط الجوي (وحدة متغيرة Variable Unit) وتناقصها إلى مستوى سطح البحر (وحدة ثابتة Fixed Unit). وتظهر خرائط طبقات الجو العليا أحوال الطقس من خلال متوسطات الضغط الجوي الثابتة على أساس عامل الارتفاع المتغير .

وفي إطار الجهود المبذولة لتوضيح تلك العلاقات ومحاولة إظهارها ، فإن العالم جيلز Giles قد أسس لتحقيق رؤية ثلاثية الأبعاد للغلاف الجوي في نموذج عام وشامل . ويظهر شكل (٧-١) بعض تلك الرسوم البيانية ، إذ يوضح شكل (٧-١) خطوط التساوي للضغط الجوي على أساس خط الضغط الجوي ١٠٠٠ ملليبار " فوق مستوى سطح البحر " في رسم بياني مغلان يعكس الرؤية من جهة الجنوب الشرقي للبحر المتوسط . وترتبط أنظمة الضغط الجوي المنخفض فوق شبه جزيرة اسكندنافيا وشبه جزيرة أيبيريا معا في جبهات تبدو واضحة . أما على الجانب الغربي للمحيط الأطلنطي ، تظهر أصداد الأعاصير " المرتفعات الجوية " على هيئة سطح الموجة . أما في شكل (٧-١ب) ، فإنه يظهر خطوط تساوي الضغط على ارتفاع ٨٥٠ ملليبار ، ويظهر الضغط الجوي المنخفض فوق اسكندنافيا أكثر عمقا ، بينما يظهر الضغط المرتفع الأطلنطي على شكل موجة مرتفعة " حافة جبلية مرتفعة

" Ridge - Like " . أما خطوط الضغط المنخفض الاسكندنافي يبدو أكثر عمقا لدرجة تؤدي إلى إخفاء بعض القطاعات للضغط المرتفع فوق وسط أوروبا .

شكل (٧-١) منظر ثلاثي الأبعاد لأحوال الضغط الجوي على ارتفاعات مختلفة



المصدر: ١٩٧٦، Giles

ووفقاً لهذه العلاقات ، فإن هناك حاجة ملحة لاستخدام وحدة قياسية محددة توضح خرائط الضغط الجوي وحركة الهواء المرتبطة بها . إذ يتم تمثيل الارتفاعات في طبقات الجو العليا بوحدة متر الجهد الأرضي **Geo Potential Meters(gpm)** ، وهي وحدة قياس الطاقة الكامنة للجسم وفقاً للجاذبية الأرضية **Earth' Gravity** . وتعتمد تلك الوحدة على الارتفاع فوق قاعدة وهمية "اعتباطية **Arbitrary Base** " يمثلها مستوى سطح البحر. وإذ تختلف الجاذبية فوق مستوى سطح البحر ، فإن الأسطح الأفقية ليست بالضرورة هي مستوى الأسطح **Level Surfaces** ، ومن ثم ينبغي توفير كمية محددة من الطاقة لدفع جزيئات الهواء عبر الأسطح الأفقية فوق اليابس . وفي واقع الأمر ، هناك اختلاف ضئيل بين وحدة متر الجهد الأرضي، وبين المتر الهندسي العادي **Ordinary Geometric Meter (m)** (إذ يظهر الفرق بين متر الجهد الأرضي وبين المتر الهندسي ضئيل جداً في الرسوم التوضيحية) ، ولذا يمكن اعتبار وحدة جهد المتر الأرضي هي وحدة المتر الهندسي .

هذا، ولكي يمكن إمعان النظر في حركة الهواء في مختلف المستويات ، فقد تم إضافة أسهم لإتجاهات الرياح في خرائط خطوط الضغط المتساوي (خرائط الايزوبار) كما هو في شكل (٧-١) . ويمكن ملاحظة دوران الرياح حول مراكز الضغط المرتفع والمنخفض في الخرائط السطحية **Surface Map** ، وتخترق خطوط الايزوبار بزواوية ، بينما في خرائط ارتفاع ٥٠٠ ملليبار ، تتحرك الرياح موازية لخطوط الايزوبار . وفي الواقع ، فإن المنحنيات المتوجة **Sinuuous Curves** في خرائط ٥٠٠ ملليبار تمثل جزءاً من نظام روسبي **Rossby** الذي يطوق دوائر العرض الوسطى والعليا .

وترتبط الدورة العامة لانسياب الهواء العلوي مع نظام روسبي كما يتضح في شكل (٧-١٢) ، وبخاصة حركة الهواء في الاتجاه من الغرب إلى الشرق حيث تتقاطع مع الموجات الممتدة لنظام روسبي . أما الرياح الشديدة في طبقات الجو العليا ، فإنها تتحرك في مسارات بسرعات كبيرة ، ويطلق عليها التيارات النفائة . وتظهر الحدود بين الهواء القطبي البارد والهواء المداري الدافئ بطريقة ما ، وتظهر الجبهات عند التقائهما عند السطح. أما الوضع الطبيعي - العادي - يقع التيار النفائ في نفس موقع حدوث الشتاء عبر الأجزاء الجنوبية من الولايات المتحدة الأمريكية على شكل موجات ضحلة. وبالنسبة للرياح القطبية ، تشير الأسهم إلى أن حركاتها

ترتبط بزيادة نشاط ونمو الهواء البارد . هذا وينبغي عدم الخلط بينهما وبين نموذج التيار النفاث الذي يتضح في شكل (٧-٢ب) . وبمقارنة مثل هذه الظروف العادية مع تلك التي حدثت في شتاء ١٩٧٧/٧٦ في شكل (٧-٢ب) يتضح وجود بعض الاختلافات فيما بينهما:

أ - اتساع شكل الموجة

ب - موقع حافة الضغط الجوي المرتفع فوق المحيط الهادي

ج - الامتداد الجنوبي للضغط المنخفض على شواطئ الجزر الكندية الشمالية

د - عمق نظام ضغط جزر الألوشيان " الضغط الألوشي "

هـ - تركيز الضغط المرتفع فوق المناطق القطبية

وبصفة عامة، فإن الشكل العام في ذلك الشتاء مختلف كلية عن الوضع العادي، مع وضوح حقيقة اختلاف مواسم فصل الشتاء في عدة مواقع في الولايات المتحدة الأمريكية بشكل واضح عند مقارنتها بالظروف العادية التي سبق شرحها.

شتاء ١٩٧٧/٧٦

ويتضح عند مقارنة الدورة العامة العادية في طبقات الجو العليا شكل (٧-١٢)، بالأخرى المتسببة في حدوث الشتاء القاسي ١٩٧٧/٧٦ في شكل (٧-٢ب) أن:

أ - حافة الضغط المرتفع تتسع فوق المحيط الهادي الشرقي لتحدد الممر الأساسي للتيار النفاث الذي يتوغل بعيداً لأبعد من حدوده الشمالية في الأحوال العادية. ويشير ذلك إلى أن السواحل الغربية للولايات المتحدة لا تقع في نطاق ممر النظام الجبهي الذي يؤدي إلى وصول المطر إليها من المحيط الهادي . ومن ثم تصبح تلك السواحل جافة .

ب - ذات التأثير لتلك الحافة (حافة أو حدود الضغط المرتفع) يشير إلى الدفء والهواء الرطب الذي يتوغل حتى أسكا . وعادة ما يسود الهواء البارد ، ويألف سكان منطقة أسكا ذلك الشتاء البارد الرطب .

ج - يتعاطم بقاء التيار النفاث نتيجة حركته حول الضغط المنخفض فوق شبه جزيرة لبرادور ، بينما يتوغل الهواء القطبي البارد عابراً أغلب الولايات الأمريكية في وسط القارة .

وقد تم افتراض هذه الظروف بناءً على نماذج الدورة التي تمت ملاحظتها، وقد حدثت بالفعل. ويظهر شكل (٧-٣) انحراف درجة الحرارة عن الوضع العادي أثناء يناير ١٩٧٧ . ويمكن بمجرد النظر للخريطة رؤية انحراف درجة الحرارة في الغرب الوسط الأمريكي حيث انخفضت معدلات درجة الحرارة بمقدار ١٨ ف مقارنة بمعدلاتها العادية ، ومثل هذا الاختلاف له العديد من النتائج التي تنذر بكوارث في أحوال الطقس .

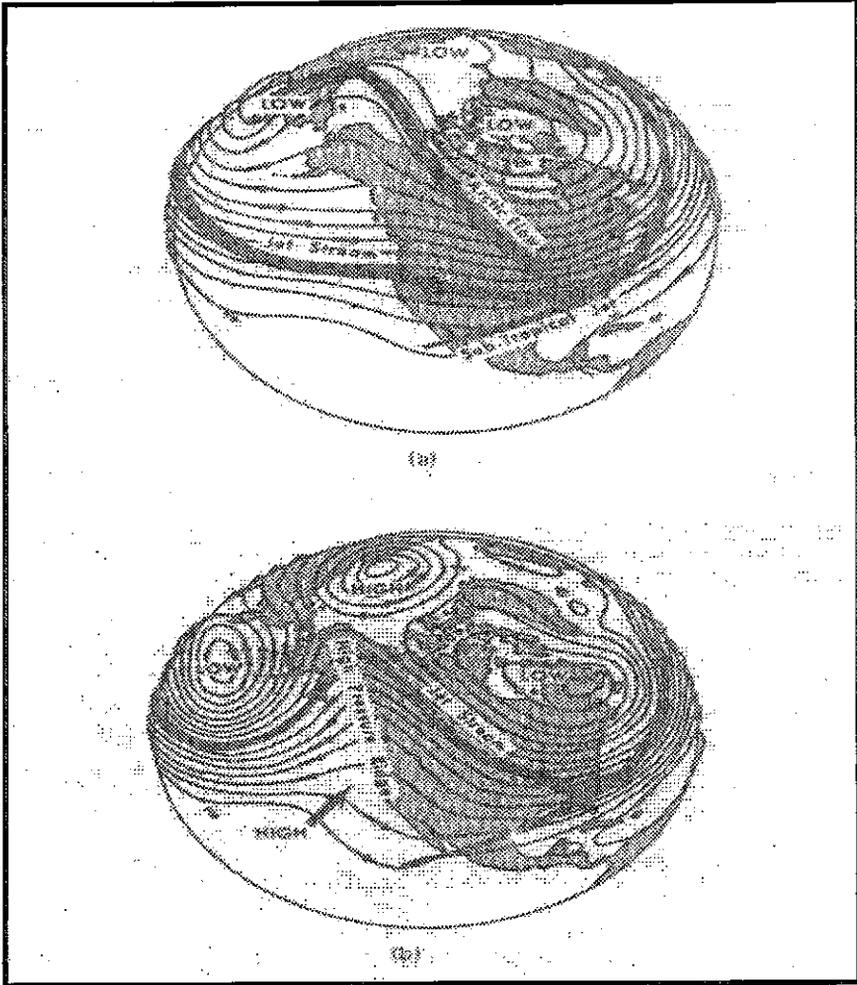
فقد بدأ شتاء ١٩٧٧ بموجة برد قاسية توغلت نحو الجنوب الشرقي من جهة السهول الشمالية في يوم رأس السنة، ثم انتهت بعاصفة تليجية عنيفة. وقد توغلت بقوة في اتجاه الأطراف الشرقية نحو بحيرتي إيري وأونتاريو . وفيما بين هذين الحدثين ، تشير العديد من التسجيلات إلى انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون مستوى التجمد خلال شهر يناير في منطقة تمتد من الحدود الشرقية لولاية أيوا حتى ولاية بنسلفانيا الغربية ، كما تشير التسجيلات إلى حدوث انخفاض عام في درجة الحرارة عن معدلاتها العادية في ذلك الوقت من السنة على نطاق واسع من الولايات الأمريكية.

هذا ، وقد حدث اندفاع عنيف لموجة الهواء البارد من حوض ماكينزي في الأراضي القطبية الكندية حيثما كانت درجة الحرارة أعلى من معدلاتها . وفي أثناء رحلتها التي امتدت لمسافة ٢٠٠٠ ميل من جهة الجنوب الشرقي لتعبر مناطق جبلية باردة تغطيها الثلوج ، أشدت برودة الهواء لتتخفف درجة حرارته لأقل من المعدل الطبيعي لدرجات الحرارة في ذات دوائر العرض . وقد كان أكبر انحدار في درجة الحرارة هو انخفاضها ١٨ ف (أي ١٠ م) في وسط ولاية ألينوي وفي اتجاه جنوب غرب ولاية أوهايو وولاية كنتاكي . أما في نهر أوهايو ، فقد أصبحت درجات الحرارة أكثر انخفاضاً مقارنة بدرجات الحرارة في شهر يناير الأبرد على الإطلاق ذلك الذي حدث ١٩١٨ .

وبعد شهر يناير ١٩٧٧ مثالا لأحد شهور شتاء غير عادي لم يحدث له
مثيلا وفق السجلات المناخية لأمريكا الشمالية . فقد كانت المرة الأولى التي يصبح
فيها الطقس محل اهتمام الصحف ليتصدر العناوين الرئيسية في الصحف المختلفة في
قارة أمريكا الشمالية. ولم يكن ذلك نتيجة لأحوال الطقس العنيفة فقط ، بل أيضاً
لمخاطره التي أمتد تأثيرها إلى الصحة والاقتصاد ورفاهية السكان في جميع مناطق
الولايات المتحدة الأمريكية . حيث ارتفعت تكلفة اتساع تلك الفترة الباردة لتشمل
العديد من الولايات الشرقية والجنوبية ، وما صاحبها من جفاف متصل في الولايات
الغربية ، إذ بلغت تقديرات التكلفة عدة بلايين من الدولارات . وعلى سبيل المثال ،
فقد شهدت منطقة البحيرات العظمى ونهر أوهايو تقلصاً واضحاً في ساعات العمل
والإنتاج مما أدى إلى تقلص الدخل والمرتبات ، فارتفعت بالتالي تكاليف الرفاهية
وراحة الإنسان . أما المناطق الزراعية في نطاق السهول العظمى وكذلك في
الولايات الباسيفيكية ، فقد عانت معاناة كبيرة من جراء فصل جاف آخر ، فضلاً عن
تجمد نطاقات الأراضي المنزرعة بالخضروات في ولاية فلوريدا مما أدى إلى
إتلاف المحاصيل الحقلية من الخضروات بالإضافة إلى تدمير الأشجار المثمرة .
وجدير بالذكر ، أن صناعة السياحة وخاصة سياحة العطلات القصيرة لنهاية
الأسبوع قد توقفت بسبب البرودة الشديدة في ولاية فلوريدا .

شكل (٧-٢) أ : نماذج دورة الهواء العادية في طبقات الجو العليا

ب : نماذج دورة الهواء في طبقات الجو العليا التي تتبعها حدوث الشتاء
القاسي ١٩٧٧/٧٦



ويظهر شكل (٧-٣) النسبة المئوية لنصيب شهر يناير من المطر ١٩٧٧، حيث يتضح أن أجزاء واسعة قد انخفضت كمية أمطارها بنسبة ٥٠% عن المعدل الطبيعي. وقد صاحب انخفاض نصيب شهر يناير في ذلك العام حدوث فترة جفاف تنذر بتوابع سيئة في العام التالي. هذا، وكما أتضح في الفصل الرابع، أن أغلب مياه الأنهار التي تنحدر من جبال الروكي يتم تغذيتها عن طريق ذوبان الثلوج.

وفي هذه الفترة ، لم تحظ الجبال الغربية بالإمدادات الشتوية المرتقبة ، ومن ثم كان التنبوء بالحاجة الملحة لري صيفي كثيف .

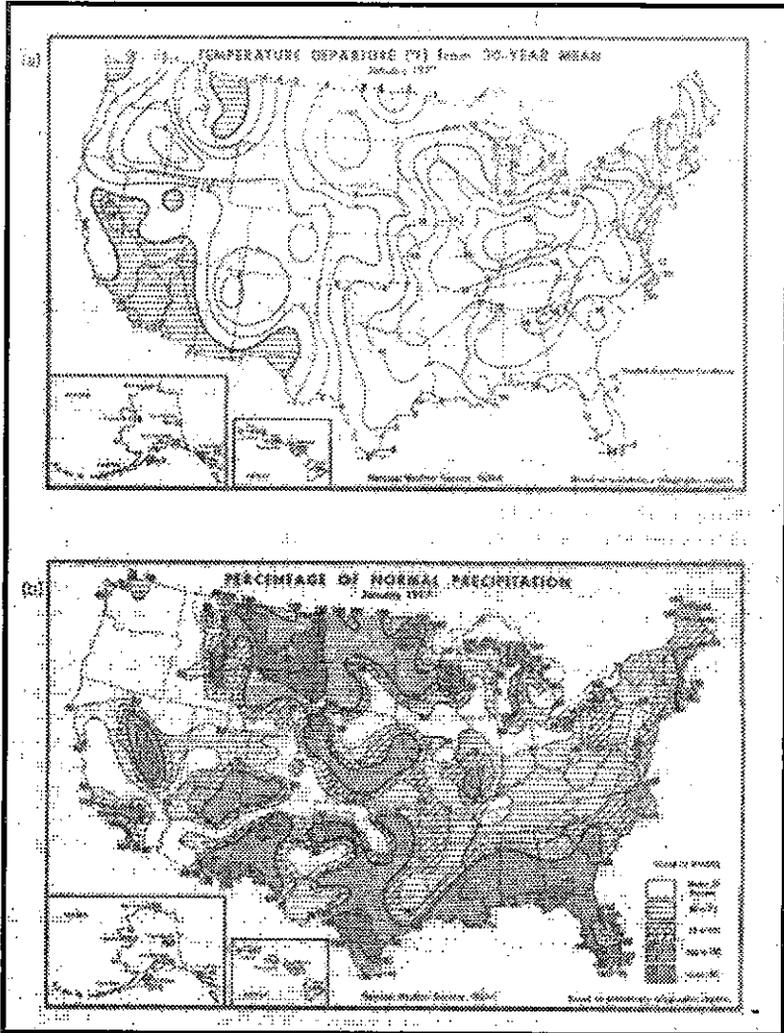
هذا ، وقد أمكن التحقق من وصول هواء دافئ لولاية ألسكا من خلال تحليل نماذج دورة الرياح كما يتضح في شكل (٧-٤) . حيث ارتفعت درجة الحرارة ١٠ ف (٥،٦ م) مقارنة بمعدلاتها الطبيعية في وسط ألسكا ، كما ارتفعت درجة الحرارة ٤،٠ ف (٢،٠ م) في باقي مناطق الولاية فوق معدلاتها الطبيعية . وقد ساد توقع باعتدال درجة الحرارة من خلال العديد من الظواهرات. إذ لم يظهر الضباب الثلجي في فيربانكس Fairbanks خلال تلك الفترة ، ولم تنخفض أقل درجة حرارة دون -٢٤،٠ ف (-٣٢،٠ م) . هذا ، وعلى مدار السجلات المناخية خلال ٦٠ سنة ، كانت درجة الحرارة دائماً ما تنخفض في فيربانكس إلى ما دون -٣٠،٠ ف (-٣٤،٠ م) خلال فصل الشتاء باستثناء شتاء ١٩٧٧/٧٦ . وقد كانت شهور نوفمبر ويناير وفبراير هي الأدفء على مدار ٣٠ سنة في جينيو Juneau . هذا، وبسبب ارتفاع درجة الحرارة فوق مستوى التجمد ، لم تتراكم الثلوج فوق القمم الجبلية المنخفضة نسبياً في أغلب أجزاء جنوب شرق ألسكا خلال شهر فبراير في تلك السنة .

وقد تأثرت أيضاً المياه في ألسكا حيث أكد الصيادون أن درجة حرارة المياه السطحية قد ارتفعت عن معدلها الطبيعي في خليج ألسكا . وقد شهدت حقول الزيت في خليج كوك Cook أدفء شتاء في درجة حرارة المياه السطحية منذ بداية الرصد. إذ أنه لم يحدث على الإطلاق أن يتراكم هذا الكم الضئيل جداً من الثلوج خلال شهر يناير في كوك في أي من فصول الشتاء. أما في بحر بيرنج ، فقد ترحزت أطراف الغطاء الثلجي القطبي نحو الشمال بأكثر من معدل تراجع الطبيعي خلال فصل الشتاء .

هذا وبصفة عامة ، فإن الأحوال الجوية السطحية التي نتجت عن الدورة العامة للهواء في شتاء ١٩٧٧/٧٦ تشير بوضوح إلى أن مفتاح استيعاب وفهم ما يطلق عليه القيم الشاذة في الأحوال الجوية هو الدورة العامة في طبقات الجو العليا.

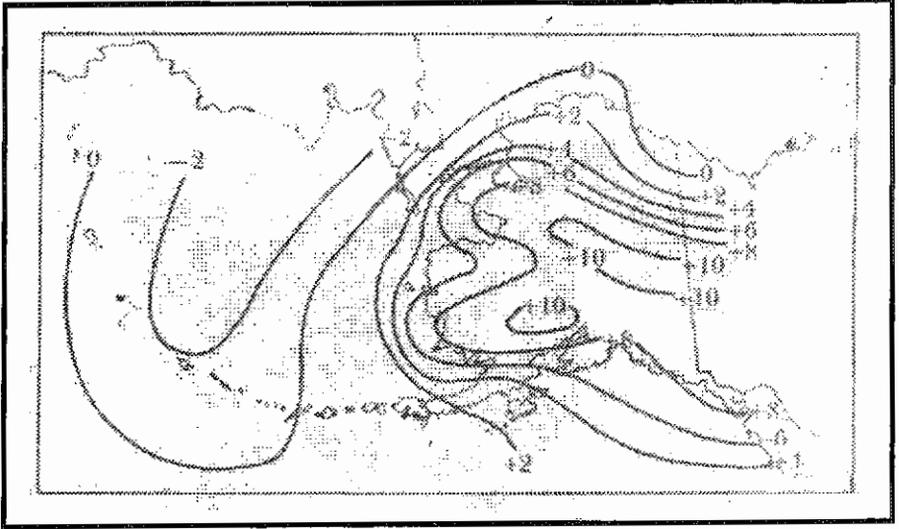
شكل (٧-٣) أ : الانخفاض الحراري في يناير ١٩٧٧ عن متوسط درجة الحرارة

ب : النسبة المئوية لكمية المطر في شتاء ١٩٧٧ من كمية المطر العادية



المصدر : NOAA

شكل (٧-٤) الانحدار الحراري (ف°) مقارنة بمثيله الطبيعي في السكا
خلال الفترة من أكتوبر ١٩٧٦ حتى فبراير ١٩٧٧



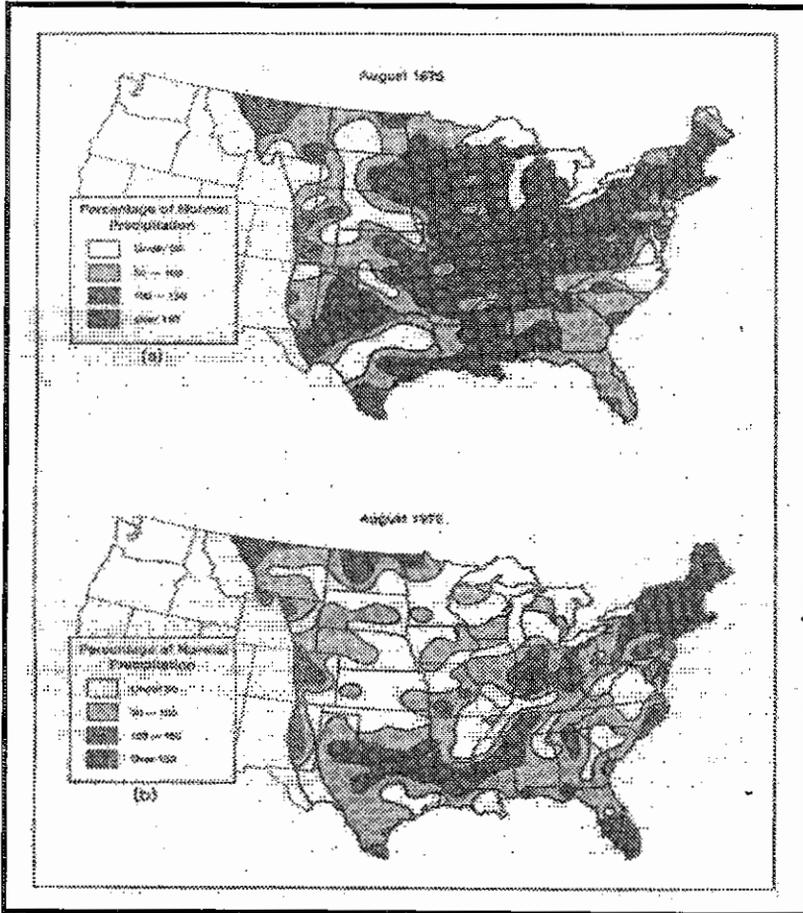
اختلافات الدورة في غرب الوسط الأمريكي

إنه في صيف ١٩٧٥ ، قد استقبل غرب الوسط الأمريكي كمية مطر تجاوزت المعدلات العادية ، وقد أتضح ذلك من مراجعة تسجيلات قياسات كمية المطر في عدد من المحطات المستحدثة في مواقع عديدة . وقد ظهر تناقضا واضحا بين تلك الكميات التي سقطت على مدار السنوات السابقة منذ بدايات الرصد، وبين الأخرى التي سقطت في صيف ١٩٧٦ تلك التي انخفضت عن معدلاتها الطبيعية حينما ظهرت ملامح الجفاف في العديد من المواقع. ويظهر هذا التناقض الواضح في شكل (٧-٥) إذ يعكس التباين في كمية التساقط خلال شهر أغسطس في عامي ١٩٧٥ و١٩٧٦ مقارنة بالتوزيع الطبيعي لكميتها . ففي ولاية ميسوسوتا الجنوبية في أغسطس ١٩٧٥ ، على سبيل المثال ، سقطت كمية مطر تزيد بمقدار ١,٥ مرة عن معدل كمية التساقط في نفس الولاية وخلال نفس الشهر ، بينما وفي المقابل ، كانت كمية المطر أقل من نصف المعدل خلال شهر أغسطس ١٩٧٦ في نفس الولاية. هذا، ولمحاولة فهم هذه الأحداث، فلا بد أن نأخذ أمرين في الاعتبار. أولا : الحاجة إلى ضرورة فهم العمليات التي تسببت في كمية المطر الصيفي غير العادية في

منطقة غرب الوسط . أما الأمر الثاني : فهو الحاجة إلى ضرورة تقويم العوامل التي تتحكم في تلك العمليات مع الأخذ في الاعتبار كونها تختلف بشكل حاد من سنة إلى أخرى .

شكل (٧-٥) أ : النسبة المئوية للانخفاض في كمية التساقط العادية خلال شهر أغسطس ١٩٧٥

ب : النسبة المئوية للانخفاض في كمية التساقط العادية خلال شهر أغسطس ١٩٧٦



المصدر : NOAA

وقد قام كل من هارمان Harman و هاررينجتون 1987 Harrington بتحليل هذه الظروف الخاصة ، وقد أعتمد المؤلف في الجزء التالي على ملاحظتهما واستنتاجاتهما .

يرتبط المطر الصيفي في غرب الوسط الأمريكي بالهواء المداري البحري الذي ينشأ فوق خليج المكسيك. وحيث تتحرك الرياح في اتجاه الشمال ، فإن رطوبتها ترتبط بالاضطرابات الجوية (بما في ذلك الجبهات السطحية والمرتفعات الجوية في الطبقات العليا من التروبوسفير) التي تتحرك عبر الأجزاء الشمالية لمنطقة غرب الوسط الأمريكي وكندا . وترتبط كمية المطر في هذه المنطقة بصورة معقدة بالتيارات العلوية كجزء من هذا الاضطراب .

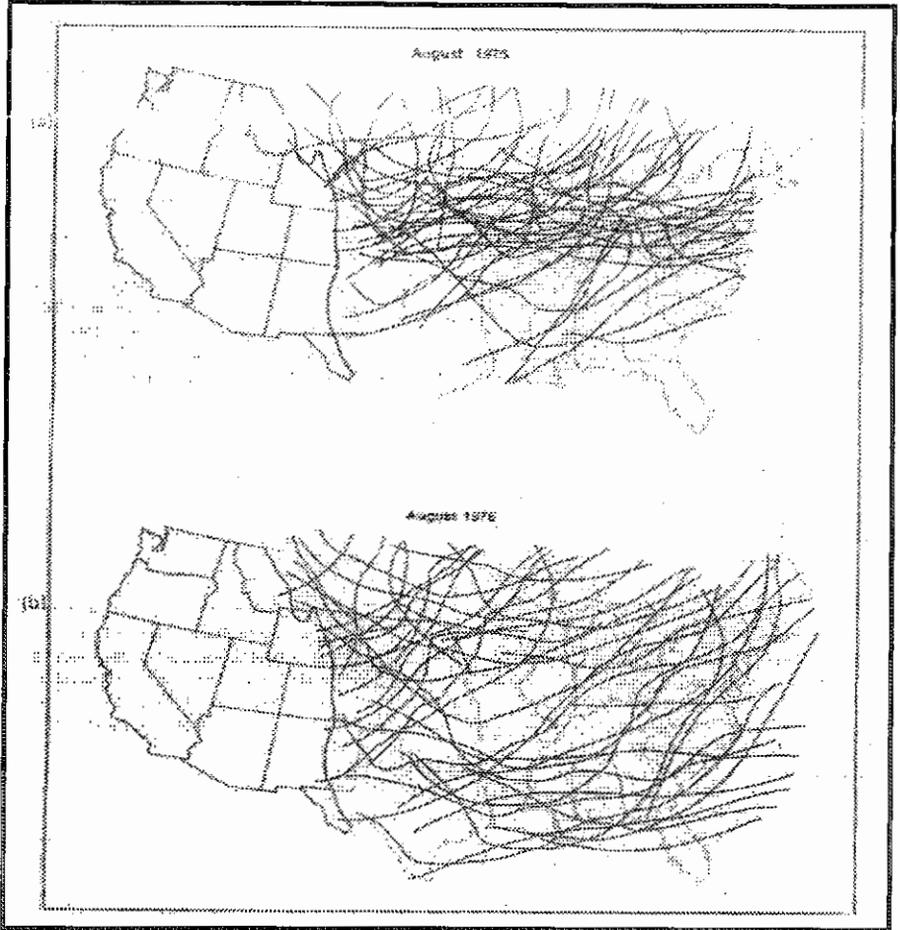
وتبعاً لطبيعة ذلك الاضطراب، قد يصبح المطر غزيراً وواسع الانتشار، أو قد يسقط مطراً خفيفاً ومبعثراً على بقع متناثرة. ويرتبط ذلك بسرعة تحركات الاضطرابات الجوية عبر المنطقة ، وكذلك الممر الذي تسلكه . ويمكن أن تصبح كمية المطر محدودة في حالة ما إذا كانت مدة التعرض للاضطرابات غير كافية للسماح بحدوث دورة كاملة للهواء الرطب ووصوله وتوغله شمالاً ، أو إذا طرأ أي تعديل على ممراتها ومسالكها من خليج المكسيك تبعه توقف أو ركود لأضداد الأعاصير . وإجمالاً ، فإن مفتاح توزيع المطر الصيفي ورطوبته وفقاً لظروف وأوضاع الدورة العامة .

ويمكن تقدير الامتداد النسبي لانسياب الهواء الرطب من خليج المكسيك عند رسم خريطة لتوزيع أنظمة الجبهات السطحية . ويوضح شكل (7-6) توزيع الجبهات السطحية في كل من أغسطس 1975 وأغسطس 1976 الساعة 6 مساءً بتوقيت جرينتش يومياً . ويتضح في هذا الشكل أنه في أغسطس 1975 ، قد انحصرت وتمركزت الجبهات في حزام يمتد من ولاية أليزوي إلى جنوبي ولاية ويسكونسن . ويشير ذلك إلى تمركز الهواء الرطب إلى الجنوب من الجبهات التي تتوغل عادةً إلى منطقة غرب الوسط. وعلى النقيض من ذلك، تظهر خرائط أغسطس 1976 توزيع مواقع الجبهات التي تمتد لتغطي مساحة أكثر اتساعاً، فتصل العديد من الجبهات إلى خليج المكسيك. وفي مثل هذا الوضع ، لا يتوغل هواء الخليج الرطب بحيث يمكن أن يصل لغرب الوسط الأمريكي. ونتيج مثل تلك الظروف حدوث امتلاء بالهواء الرطب الذي يتحرك نحو الأمام ليساعد في تطور الاضطراب ، وإن كان أقل قوة بسبب اتساع الرحلة التي يقطعها ذلك الهواء الرطب .

وتهيمن كتل الهواء المختلفة بأشكال ونماذج متباينة لتظهر بوضوح في قياسات كمية الرطوبة في الرياح السائدة . وتعد نقطة الندى إحدى مؤشرات الرطوبة الجوية، وتمثل درجة حرارة الهواء حينما يبلغ درجة التشبع ببخار الماء فيصبح غير قادراً على حمل رطوبته. وتعكس درجة حرارة نقطة الندى مثلاً، بداية تكون الندى، وهو عبارة عن ماء يتكاثف حينما تنخفض درجة حرارة الهواء بالقرب من سطح الأرض لدرجة تجعله يصل لدرجة التشبع. وتعد درجة حرارة نقطة الندى للهواء البحري الدافئ مرتفعة مقارنة بنقطة الندى للهواء القطبي الأبرد ، كما إنها تعد مؤشراً واضحاً لطبيعة وخصائص الكتل الهوائية المهيمنة . وهكذا، فإنه يمكن التوقع بأن متوسط درجة حرارة نقطة الندى قد تكون أكثر ارتفاعاً حينما يكون هواء الخليج عابراً في اتجاه غرب الوسط. هذا وتظهر اختلافات حادة عند دراسة نقطة الندى خلال عامي ١٩٧٥ / ١٩٧٦ . فحينما يسود الهواء البحري الجاف خلال أغسطس ، تصبح نقطة الندى أكثر انخفاضاً مقارنة في حال ارتفاع رطوبته. إذ بلغ متوسط نقاط الندى في لحظة مرور جبهة الهواء البارد ٦٥,٧ ف (١٥ م) في أغسطس ١٩٧٥ ، بينما بلغ ٥٩,٩ ف (١٥,٥ م) في أغسطس ١٩٧٦ . وفي السنوات الجافة ، يصبح مستوى الرطوبة أكثر انخفاضاً لارتباطها بمرور جبهات أقل مما يحفز فرص سيادة ظروف الجفاف .

ويعد اختلاف كل من حالة الهواء بالقرب من سطح الأرض والهواء العلوي في غرب الوسط انعكاساً للدورة العامة للهواء التي تسود خلال فترة زمنية محددة . وبناءً على ما سبق ، فإن الاختلافات في الهواء الرطب ونظام الجبهات فيما بين أغسطس ٧٥ وأغسطس ٧٦ يفرض اختلافاً في نماذج التروبوسفير العلوية . وكلما أمكن التوقع مبكراً بحدوث شتاء بارد ، فإن ذلك يعد مفتاحاً لنماذج الدورة المحلية استناداً على انسياب الهواء العلوي .

شكل (٦-٧) توزيع الجبهات السطحية أ : في أغسطس ١٩٧٥ ب :
في أغسطس ١٩٧٦



الأخطار

إن المؤشرات التحذيرية للصيف الجاف الرطب لها تأثيرات بارزة في الأنشطة الزراعية في غرب الوسط الأمريكي . وتعتبر الرطوبة عنصراً ضرورياً لنمو النبات وصولاً به إلى مرحلة النضج لكونها توفر لبيئة النبات " التربة " الماء اللازم لنقل احتياجات النبات من الأملاح المعدنية والنترات التي تمثل العناصر الحرجة لنمو النبات . وفي الواقع ، يعد الماء عنصراً حيوياً في حد ذاته لكونه :

أ - المكون الرئيس لخلايا النبات

ب - يذيب الأملاح والمعادن بالتربة وكذلك السكر، وبواسطته يتم انتقالها من خلية إلى أخرى ومن عضو إلى آخر

ج - عنصراً أساسياً لانتفاخ النبات ونضرتة، فعلى سبيل المثال، يسمح الماء للساق أن يبقى منتصباً

وحيثما يكون المحتوى الرطوبي للتربة غير كافياً ، فإن النبات يفقد انتفاخه ونضرتة ويذبل مما يعد إشارة إلى نقص رطوبة التربة المتاحة للنبات ، ومن ثم يصل إلى نقطة الذبول .

هذا وعلى الجانب الآخر ، فإن ارتفاع رطوبة التربة له تأثيره السلبي أيضاً ، إذ أن الأكسجين الذي يشغل فراغات التربة وكذلك ثاني أكسيد الكربون الناتج عن التنفس لا يمكنهما الوصول إلى السطح بسبب انسداد مسام التربة بالماء . ويؤدي ارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى تناقص قدرة خلايا الجذور التي تحاط بالرطوبة - أو قد تغطيها - على توصيل ونقل احتياجات النبات إلى الساق ومنه إلى باقي أجزاء النبات . ويتبع ذلك وصول النبات إلى ما يعرف بالجفاف الفسيولوجي **Physiological Drought** حيث يؤدي ماء التربة إلى إحداث تعديل في طريقة تفاعل النبات خاصة رد فعل الجذور في حالة حدوث ندرة في كمية المياه المتاحة .

ولتقييم العلاقة بين الظروف المناخية وإنتاجية المحاصيل ، يمكن استخدام التحليل الإحصائي خاصة معامل الارتباط وخط الانحدار وغيرها .

هذا، فيما يتعلق بمحاولة تحليل ظروف وخصائص الدورة العامة للغلاف الجوي واستيعابها . إلا إننا في واقع الأمر في حاجة إلى وسيلة ما لقياس وحساب درجة الجفاف . ولكي نصل إلى مؤشر لتحديد درجة الجفاف ، فإن علماء المناخ قد ابتكروا عدداً من المعايير ، ويعتبر أوسعها انتشاراً هو المعيار الذي وضعه بالمر **W.C.Palmer** للجفاف ، وأطلق عليه معيار بالمر **Palmer Index** . وقد عرف بالمر الجفاف بأنه حدوث انخفاض مؤثر وواضح في كمية التساقط بحيث يؤثر في كمية الرطوبة المتاحة لتصبح دون مستوى احتياجات العمليات الاقتصادية قريبة الأجل لمنطقة ما . ويعني هذا التعريف أن المنطقة الجافة **Arid Region** هي تلك

التي خبرت الجفاف من قبل ، وهو ما يطلق عليه الجفاف الدائم Perpetual Drought حتى حتى تلك التي يرتبط اقتصادها باحتياجات مائية منخفضة .

ولكي نحصل على قيمة عددية تعبر عن استمرار فترة الجفاف ومدى قسوته ، فقد وضع بالمر طريقة معقدة نسبياً ليتمكن الرجوع إلى تفاصيلها في البحث الذي قدمه عن الجفاف الميئورولوجي Meteorological Drought ١٩٦٤ } .
وأخيراً ، فإن القيم العددية التي وضعها بالمر تتراوح بين $4+$ إلى $4-$ ، ويوضح جدول (٧-١٢) مدلول هذه الأرقام . وعند تطبيق مدلول هذه الأرقام على منطقة غرب الوسط الأمريكي لتحديد درجة الجفاف الذي تعرض له خلال عام ١٩٧٦ وفق بيانات جدول (٧-٢) ، نستنتج أن المناطق المحصورة بين ولايات كلورادوا ، أيوا ، داكوتا ، وكنساس ، قد تعرضت لجفاف شديد حيث انخفضت قيم معيار بالمر إلى أقل من $4-$.

جدول (٧-١٢) معيار بالمر للجفاف الميئورولوجي

درجة الجفاف نسبة لموقع محدد	القيمة
شديد الرطوبة	أكبر أو = ٤,٠٠
رطب جداً	٣,٩٩ : ٣,٠٠
رطوبة معتدلة	٢,٩٩ : ٢,٠٠
رطوبة خفيفة	١,٩٩ : ١,٠٠
بداية نوبة رطبة	٠,٩٩ : ٠,٥٠
قريب من المعدل	٠,٤٩ - : ٠,٤٩
بدايات الجفاف	٠,٩٩ - : ٠,٥٠ -
جفاف متوسط	١,٩٩ - : ١,٠٠ -
جفاف معتدل	٢,٩٩ - : ٢,٠٠ -
جفاف قاسي	٣,٩٩ - : ٣,٠٠ -
جفاف شديد القسوة	أقل أو = ٤,٠٠ -

جدول (٧-٢ب) التوزيع الشهري لمتوسط معيار بالمر في ولاية نبراسكا والأقاليم المتاخمة خلال فصل النمو (مارس - أكتوبر) ١٩٧٦

الولاية	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر
شرق كلورادوا	١,٤-	-	-	١,٢-	-	٣,١-	٣,٥-	٠,٥-
كانساس	١,١-	٠,٥	٠,٥	٠,٢-	١,٩	٠,٨-	١,٨-	٠,١
شمال غرب ميسوري	٠,٤	١,٢	١,٢	٠,٥-	-	١,٤-	٢,٢-	١,٥-
غرب أيوا	١,٣	٠,٩	٠,٩	٠,٧-	-	١,٩-	٣,٠-	٢,٨-
جنوب غرب مينسوتا	١,٣	-	-	٢,٣-	-	٣,٧-	٤,٥-	٤,٤-
جنوب داكوتا	===	-	-	٢,٤-	-	٢,٧-	٤,٠-	٣,٥-
جنوب شرق يومنچ	===	-	-	٠,٢-	-	٠,٢-	٢,٢	١,٢-
نبراسكا	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١-	-	١,٤-	٢,١-	١,٠-

المصدر: Rosenberg and Verma ١٩٧٨

وهناك نقطة أخيرة يمكن ملاحظتها فيما يتعلق بمعيار بالمر. فقد قام بالمر ١٩٨٦ بتطوير معيار الجفاف الزراعي Agricultural Drought Index، حيث وضع بعض التعديلات على التفاصيل الداخلية لمعادلته. وقد أستخدم ذلك لتطوير وتحديث خريطة عامة لتوضيح التأثيرات غير العادية للطقس الجاف على نمو المحاصيل، وهذه الخرائط كانت عبارة عن صور متلاحقة ومنتظمة صادرة عن NOAA في "مجلة الطقس الأسبوعي والمحاصيل Weekly Weather & Crop Bulletin".

قد بحث هذا الفصل أهمية دراسة خصائص الدورة العامة في طبقات الجو العليا في تحليل أسباب الاختلافات المناخية عند سطح الأرض . ويمكن تحديد الشتاء البارد والجفاف الشديد وتفسيرهما بسهولة في حال الإلمام الدقيق بالدورة العامة للغلاف الجوي . وبجانب الفهم والإلمام بالإحداث المناخية الطارئة ، فإن خصائص الدورة العامة للغلاف الجوي ، يمكن أن تفيد في التنبؤ بالاختلافات المناخية . فعلى سبيل المثال ، إذا كانت خصائص الدورة العامة للغلاف الجوي تنبأ بشتاء بارد كما حدث ١٩٧٦ / ١٩٧٧ ، فإن ذلك قد يساعد في التنبؤ بالأحوال الجوية في الشتاء الذي يليه .

هذا ويمكن تحديد مجالات دراسة العناصر المناخية على النحو التالي :

العنصر	مجال الدراسة
الاختلافات في الدورة العامة	الجغرافيا المناخية الديناميكية Dynamic Climatology
خصائص الدورة العامة في منطقة ما	الجغرافية المناخية العامة Synoptic Climatology
التغيرات في درجة الحرارة / التساقط في منطقة ما	الجغرافية المناخية الإقليمية Regional \ Physical Climatology
المخاطر على الزراعة والمحاصيل	المناخ التطبيقي Applied Climatology

وإجمالاً، فإن دراسة الاختلافات الفصلية في المناخ لمنطقة محددة، قد يفتح المجال أمام أبحاث متنوعة ومتعمقة في المناخ. وقد تبدأ تلك الأبحاث صغيرة وبسيطة ، إلا إنها يمكن أن تصبح مشروعاً مناخياً محلياً ضخماً ، قد يتطور لاحقاً ليصبح بمثابة تحليلاً متكاملاً يجيب عن العديد من التساؤلات حول مسببات المناخ وتأثيراته .