

علم المناخ
تطبيقات مختارة

Climatology – Selected Applications

تأليف

John E. Oliver

**Professor of Physical Geography,
Indiana State University**

١٩٨١

ترجمة

أ.د. / إيمل محمد حمادة

أستاذ الجغرافيا الطبيعية – جامعة المنوفية

٢٠١٠

خداء إلى روح والدي.....

... ورحلت عن دنياي فسكنت جوارحي منذ عِقدٍ

خافت بيننا عِقداً نسجته .. جينياً .. ورأثياً .. عقائدياً

كللت صدري بعقدٍ حباته .. حُبك .. حلمك .. علمك

ترسبت في روعي عِقداً طبقاتها .. اعتزازي .. فخري ..
حنيني

بسم الله الرحمن الرحيم

" ربنا اغفر لي ولوالدي وللمؤمنين يوم يقوم الحساب "

صدق الله العظيم { سورة إبراهيم آية ٤١ }

ابنتك إيملي

Re: Climatology
From: John Oliver (joliver@isugw.indstate.edu)
Sent: Wednesday, June 27, 2007 4:30:20 AM
To: emily_helmy@hotmail.com

Dear Emily:

Thank you for your email. I appreciate your comments and am happy that you found my books useful. For the two texts that you name, for which I hold copyright, a translation would be fine. Let me know if you have questions about my more recent volumes.

In relation to your second request, visiting Indiana State University, I will pass your message on to Dr. Susan Berta, Chair of the Department.

This is because I recently retired and no longer play an active role in Departmental decisions. I am sure that you will be hearing from her.

Sincerely,
John (Oliver)

تقديم

تعد الترجمة نافذة من نوافذ المعرفة التي يطل منها الباحثون على آفاق الفكر العالمية نحو ثقافة حضارية من شأنها أن تدفع بالإنسانية إلى قمم العلم الشامخة وإيماناً مني بما للترجمة من عطاء ثر في مجال الفكر الإنساني ، فقد أثرت أن أسهم في بناء هذا الصرح التليد ولو بلبنة متواضعة .

وبعد بحثٍ مضمّن وقع اختياري على كتاب " Climatology – Selected Applications" لمؤلفه جون أوليفر " John E. Oliver" أستاذ الجغرافية المناخية بجامعة ولاية أنديانا ، وشرفت بموافقة مؤلف هذا الكتاب على ترجمته إلى العربية ليستفد منه الباحثون في مجال الجغرافية المناخية عامة والمناخ التطبيقي خاصة . لقد أدركت أهمية هذا الكتاب منذ بدايات مشواري العلمي في التخصص في الجغرافية المناخية ، واستفدت منه كثيراً في الأبحاث في مجال المناخ التطبيقي . إذ يقدم هذا الكتاب العديد من فروع المناخ التطبيقي، ويعرض نماذج تطبيقية لكل منها. ويتميز أسلوب المؤلف بالسلاسة وروعة تحليل الاتجاهات العلمية وعرض وجهات النظر المتباينة وشرحها وانتقادها دون أن يفرض رأياً بعينه، بل كثيراً ما ينتهي بطرح علامات استفهامية تفتح مجالاً للتفكير وتثير الباحثين للتعلم في تحليلها. ويحرص المؤلف على إرشاد الباحث إلى كيفية الحصول على البيانات المناخية ، والحكم على درجة صحتها مع استعراض الأمثلة التوضيحية لأساليب تحليل العناصر المناخية ، وتطبيق العديد من المعادلات المستخدمة ، وغيرها مما يفيد الباحث. ولهذه الأسباب وغيرها أثرت أن أقدم هذا الكتاب للباحثين العرب في مجال الجغرافيا المناخية ليكون عوناً لهم على خوض غمار هذا المجال مستندين إلى قاعدة علمية راسخة .

قائمة المحتويات

الفصل	العنوان	الصفحة
	إهداء	٢
	موافقة المؤلف وإذن بالترجمة	٣
	تقديم	٤
	قائمة المحتويات	٦
	الأشكال	٧
	الجداول	١٢
الأول	فروع علم المناخ	١٤
الثاني	الاستخدام المباشر للطاقة الشمسية - رؤية مناخية	٢٩
الثالث	البيئة الحرارية - درجة الحرارة والمحاصيل	٥٧
الرابع	المناخ والدورة الهيدرولوجية - مخاطر تساقط الثلوج	٧٧
الخامس	المظاهر المناخية للدورة الهيدرولوجية - باستخدام بيانات الأقمار الصناعية	٩٦
السادس	حركة الرياح - استخدام الرياح وتأثيراتها	١٢١
السابع	دورة الغلاف الجوي واختلاف المناخ	١٤٦
	العواصف العاتية : ملاحظات ووضوابط	١٦٥
التاسع	الصحاري والتصحر	١٩٦
العاشر	المناخ والناس - طبيعة الإجهاد المناخي	٢١٩
الحادي عشر	المناخ في الماضي	٢٤٢
الثاني عشر	المناخ في المستقبل	٢٦٦
	الملاحق	٢٨٦
	المراجع	٢٩٠

قائمة الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
١-١	مجموعات ، ومناهج التحليل ، وحدود الدراسات المناخية	١٨
١-٢	يوضح حركة الشمس الظاهرية عند الدائرة القطبية . مع الأخذ في الاعتبار أن الراصد الجوي يقف في وسط الكرة	٣٢
٢-٢	(أ) تناقص زاوية الشمس يؤدي إلى تناقص كثافة الإشعاع (ب) تباين توزيع كثافة الإشعاع الشمسي على سطح الأرض	٣٥
٣-٢	تفسير مخطط مسار الشمس	٣٧
٤-٢	مخطط مسار الشمس عند دائرة عرض ٤٠ درجة شمالاً	٣٨
٥-٢	أ : المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي في يناير (لاتجلي) ب : المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي في يوليو (لاتجلي)	٤٣
٦-٢	أ : النسبة المئوية لضوء الشمس الممكن في يناير بالساعة في محطات مختارة ب : النسبة المئوية لضوء الشمس الممكن في يوليو بالساعة في محطات مختارة	٤٤
٧-٢	المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي (لاتجلي) على مدار السنة	٤٥
٨-٢	المعدل اليومي لإجمالي الإشعاع الشمسي (وات / م ^٢)	٤٥
٩-٢	ولجهة المباني والفراغات البيئية فيما بين الكتل السكنية لتفادي تأثير الظل والرياح شتاءً وتوضيح المساحة المظللة مساحة الظل في أثناء الانقلاب الشتوي	٥٠
١٠-٢	تصميم منزل تقليدي أ : في منطقة مدارية رطبة ب : في صحراء مدارية	٥٣
١١-٢	كمية المدخرات النقدية الناتجة عن تطبيق نظام التسخين الشمسي في مواقع أمريكية مختارة . مع ملاحظة تثبيت سعر الوقود وتكلفة أنظمة تجميع طاقة الشمس في جميع الولايات	٥٦
١-٣	رسم بياني مبسط لتوضيح المتوسط والانحراف المعياري	٦٣
٢-٣	أ : متوسط التواريخ ب : الصقيع الأول في ولاية إلينوي	٦٦
٣-٣	مدة فصل النمو في الولايات المتحدة على اعتبار إنها تتمثل في الفترة الخالية من الصقيع	٦٧
٤-٣	الاتجاه الصاعد في إنتاجية الذرة نتيجة للتوسع في استخدام الأسمدة النيتروجينية في حزام الذرة في ولايات أديانا ، إلينوي	٧٣
١-٤	المتوسط السنوي للتمساق الثلجي في الولايات المتحدة الأمريكية	٧٩
٢-٤	حزام الثلج في الولايات المتحدة الأمريكية والتأثير البحري على هذا التوزيع : مثل حزام الثلج الذي يقع في منصرف التأثير البحري ، ويوضح القطاع العرضي الظروف المصاحبة لتساقط الثلوج من اتجاه الشمال الغربي نحو الجنوب الشرقي	٨٠
٣-٤	أ : المتوسط الفصلي للثلج المتساقط (بالبوصة) في ولاية إلينوي ب : الثلج المتساقط (بالبوصة) في شتاء ١٩٧٧/١٩٧٨ في ولاية إلينوي	٨٣
٤-٤	يشغل الحوض الأعلى والأدنى لنهر كلورادوا مساحة كبيرة من القطاع الجنوبي	٩٠

٩٢	الغربي . ويوضح بداية منابع مجرى نهر كلورادوا من جبل سان جوان قطاعات طبوغرافية والتساقط الثلجي على جبل سان جوان والمنطقة المظلمة هي موقع التجربة لبرنامج حقن السحب بهدف زيادة كمية الثلج الساقط	٥-٤
١٠١	الطيف الألكترومغناطيسي والأدوات المستخدمة لرصد أطوال الموجات المختلفة	١-٥
١٠٣	أ : صورة مرئية في الليل ب : صورة مرئية بالأشعة تحت الحمراء من SMS - GOES	٢-٥
١٠٤	أ : صورة ضوئية لغطاء السحب لمساحة واسعة من الولايات المتحدة ب : صورة فضائية بالأشعة تحت الحمراء لغطاء السحب في ذات المساحة من الولايات المتحدة	٣-٥
١٠٧	تكوينات السحب المرتبطة بالجهات الباردة أ : تظهر تشكيلات السحب المرتفعة متصلة ، بينما السحب المنخفضة فتظهر متقطعة ب : الجهة الباردة تشطر تشكيلات السحب	٤-٥
١٠٨	السحب الركامية ومساحة واسعة من عدم استقرار الهواء	٥-٥
١٠٩	رؤية مبسطة لتصنيف كونوفر للسحب باستخدام المرئيات الفضائية	٦-٥
١١٢	نموذج لتشكيل عاصفة هاركين فوق المحيط الأطلنطي الغربي في أكتوبر ١٩٧٥	٧-٥
١١٣	تصنيف الاضطرابات المدارية ودون المدارية بواسطة البيانات الفضائية	٨-٥
١١٤	كمية المطر بالبوصة " على اليسار" وخطوط تساوي المطر " على اليمن " من مرئية فضائية لمنطقة شيكاغو	٩-٥
١١٩	أ: حزام ضيق من السحب المرتفعة التي تمتد نحو الشمال الشرقي من نقطة " أ " تزامنا مع التيار دون المداري . وقد تم تحديد قطاع آخر من الرياح ب : سحب السمحاق تقع عند بؤرة مركزية في التيار النفاث فوق أفريقيا	١٠-٥
١٢٦	المعدل السنوي لطاقة الرياح الممكنة (وات/متر مربع) في الولايات الأمريكية	١-٦
١٢٧	الاختلافات الشهرية في طاقة الرياح الكامنة في ٥ محطات أمريكية مختارة	٢-٦
١٢٩	نموذج لتكوين رياح القهن وخصائصها	٣-٦
١٣٢	الظروف الطباقية العامة المصاحبة لهبوب رياح المسترال	٤-٦
١٣٧	وردة الرياح لشهر يناير في مختلف المحطات في الولايات المتحدة الأمريكية	٥-٦
١٣٨	عرض تخطيطي لتأثير حزام التشجير في سرعة الرياح	٦-٦
١٤٠	النسبة المئوية للتغير في سرعة الرياح على أساس الاختلاف في كثافة وارتفاع الحاجز الشجري	٧-٦
١٤٩	منظر ثلاثي الأبعاد لأحوال الضغط الجوي على ارتفاعات مختلفة	١-٧
١٥٣	أ : نماذج دورة الهواء العادية في طبقات الجو العليا ب : نماذج دورة الهواء في طبقات الجو العليا التي تبعها حدوث الشتاء القاسي ١٩٧٧/٧٦	٢-٧
١٥٥	أ : الانخفاض الحراري في يناير ١٩٧٧ عن متوسط درجة الحرارة ب : النسبة المئوية لكمية المطر في شتاء ١٩٧٧ من كمية المطر العادية	٣-٧
١٥٦	الانحدار الحراري (ف) مقارنة بمثيله الطبيعي في أسكا خلال الفترة من	٤-٧

١٥٧	أكتوبر ١٩٧٦ حتى فبراير ١٩٧٧ أ : النسبة المئوية للانخفاض في كمية التساقط العادية خلال شهر أغسطس ١٩٧٥ ب : النسبة المئوية للانخفاض في كمية التساقط العادية خلال شهر أغسطس ١٩٧٦	٥-٧
١٦٠	توزيع الجبهات السطحية أ : في أغسطس ١٩٧٥ ب : في أغسطس ١٩٧٦	٦-٧
١٦٨	كبر كتلة برد سقطت في الولايات المتحدة الأمريكية في القرن العشرين ، وقد سقطت في كوفي فيل Coffeyville في كانساس خلال شهر سبتمبر ١٩٧٠ ، وقد بلغ وزنها ٧٦٦ جرام	١-٨
١٦٩	يعتمد حجم البرد المتساقط من سحب السحاق الركامي الهرمية العملاقة على الرحلة التي يقطعها البرد ومدة بقاءه في السحب	٢-٨
١٧١	أ : المعدل السنوي لعدد أيام البرد ١٩٤٣/١٩٠٤ ب : عدد عواصف البرد خلال فصل النمو	٣-٨
١٧٣	المعدل السنوي لخسائر المحاصيل بفعل البرد وفقاً لترتيب الولايات المضارة على المستوى الإقليمي خلال الفترة ١٩٦٧/١٩٤٨	٤-٨
١٧٤	مناطق البرد في الولايات المتحدة وفقاً لمسببات البرد ، وتكراره ، وفصليته ، وكتافته	٥-٨
١٨٨	عاصفة الثورنادو	٦-٨
١٨٩	قطاع رأسي لنموذج الهاريكين	٧-٨
١٩٢	مسار هاركين إليوسي خلال الفترة ٢١-٢٣ سبتمبر ١٩٧٥	٨-٨
٢٠٥	أ : الموقع الجغرافي لمحطات غرب أفريقيا ب : أوجه التشابه والاختلاف بين التصنيف المناخي للمحطات وفق معادلاتي كوبن Koppen وثورنثويت Thornthwaite	١-٩
٢٠٨	المنطقة المظلمة تشير إلى المساحة التقريبية لإقليم الساحل	٢-٩
٢١١	الحدود التقريبية لمواقع تفرق الكتل المدارية (٩-١٣) : في الصيف (٩-٣) : في الشتاء (٩-٣) : تظهر طبيعة وخصائص كل نطاق مناخي	٣-٩
٢١٥	موقع الهند العظمى وصحراء راجبوتانا	٤-٩
٢٢٦	رسم تخطيطي يوضح آليات التغذية الاسترجاعية	١-١٠
٢٣٠	أ : تحليل معيار الحرارة / الرطوبة ب : درجة الحرارة المكافئة لسرعة تبريد الرياح	٢-١٠
٢٣٢	مقارنة الوفيات الفصليّة الناتجة عن أمراض الجهاز التنفسي وأمراض القلب في إنجلترا ، وويلز ، وأستراليا	٣-١٠
٢٣٤	التوزيع الفصلي لوفيات بعض الأمراض في الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٧٢	٤-١٠
٢٣٥	الوفيات الشهرية في مدينة شيكاغو الأمريكية خلال ثلاث فترات زمنية	٥-١٠
٢٣٥	توزيع وفيات الأطفال الرضع أقل من سنة في اليابان والولايات المتحدة الأمريكية	٦-١٠
٢٣٦	الرسم البياني العلوي : الوفيات اليومية في الولايات المتحدة ١٩٧٥	٧-١٠
٢٤٤	التغيرات المناخية العامة على مدار ٦٠٠ مليون سنة أ : درجات الحرارة أكثر ارتفاعاً مما كانت عليه في الوقت الحاضر على مدار العصور الجيولوجية ب : حدوث الفترات الجليدية وبينجليدية خلال البليوسين	١-١١

	ج : التغيرات في ارتفاع خط الجليد في المناطق الجبلية خلال ١٠,٠٠٠ سنة الأخيرة	
٢٤٥	التغيرات المناخية الحديثة في نصف الكرة الشمالي تمثل قيم درجة الحرارة اختلاف درجة الحرارة عن متوسطها خلال الفترة ١٨٨٤/١٨٨٠ بالدرجات المئوية	٢-١١
٢٤٩	صورة واقعية لوادي جليدي في الأراضي السويسرية تظهر الظواهرات المرتبطة بالتعرية الجليدية في جبال الألب	٣-١١
٢٥٤	درجة حرارة المياه السطحية، اتساع الجليد، وارتفاع منسوب سطح البحر في أغسطس منذ ١٨,٠٠٠ سنة ماضية	٤-١١
٢٥٩	رسم كروكي يوضح مبادئ تحليل حبوب اللقاح	٥-١١
٢٧٢	التنبوء بالدفء العالمي أ : البيانات المناخية الحديثة ومقارنتها ببيانات قرن المناجم ب : الدفء العالمي نتيجة زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ج : الإتجاه المرتقب كنتيجة لزيادة ثاني أكسيد الكربون والدورات الطبيعية	١-١٢
٢٧٨	العلاقة بين الأحواض المحيطية والدورة العامة للهواء أ : يوضح فصلين للشتاء القاسي ب: شتاء معتدل	٢-١٢
٢٨١	تقديرات الزيادة السكانية وفقاً لعدد من الباحثين	٣-١٢

قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
١-١	أهم الأحداث المؤثرة في تطور علم المناخ	١٧
٢-١	حيز الدراسات المناخية	٢٠
٣-١	أهم مصادر البيانات المناخية في الولايات المتحدة	٢٤
١-٢	الإجمالي اليومي للإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض (ك كالوري / سم ^٢)	٤٦
٢-٢	ألوان الطلاء المرغوبة في مواقع مختارة في أمريكا الشمالية	٥٤
١-٤	أضرار العواصف الشتوية العنيفة في شتاء ١٩٧٨/٧٧ في ولاية أليوني	٨٤
٢-٤	الأضرار والوفيات في ولاية أليوني في شتاء ١٩٧٨/٧٧	٨٨
١١-٥	الأقمار الصناعية التي انطلقت بنجاح لرصد الطقس ١٩٧٠/١٩٦٠	٩٨
١-٦	طاقة الرياح في محطة إسكدالينير Eskdalenur: التحليل الشهري لبيانات الرياح للفترة ١٩٧٣/١٩٧٢	١٢٤
٢-٦	خصائص بعض أنواع الرياح المحلية	١٣٣
١-٧	متوسط درجة الحرارة الصغرى بالدرجات الفهرنهايتية خلال شهر يناير ١٩٧٧	١٤٧
١٢-٧	معيان بالمر للجفاف الميئورولوجي	١٦٢
٢-٧	التوزيع الشهري لمتوسط معيار بالمر في ولاية نبراسكا والأقاليم المتاخمة خلال فصل النمو (مارس - أكتوبر) ١٩٧٦	١٦٣
١١-٨	بيانات العشرة ولايات الأعلى نصيباً من خسائر البرد وفقاً للهيئة الأكتوارية لتأمين برد المحاصيل خلال الفترة ١٩٦٩/١٩٦٠	١٧٢
١-٨	المعدل السنوي لعدد أيام خسائر البرد لمحصول القمح ١٩٦٨/١٩٥٧	١٧٢
٢-٨	تاريخ حقن السحب خلال الفترة ١٩٧٥/١٩٥٨	١٧٨
٣-٨	تكرار التورنادو وإعداد الوفيات في بعض الولايات الأمريكية المختارة ١٩٧٤/١٩٥٦	١٨٠
٤-٨	استبيان قياس الاستجابة الشخصية تجاه تجربة التورنادو	١٨٣
٥-٨	استبيان التحكم الداخلي والخارجي	١٨٤

١٩٠	مقياس سافير / سيمبسون للهاركين	٦-٨
١٩٨	الصحاري العالمية الرئيسية	١-٩
١٩٩	بيانات مناخية لمحطة صحراوية مدارية في الصحراء الكبرى الأفريقية في الجزائر (٢٧ درجة شمالا و ٢ درجة شرقا)	١٢-٩
٢٠٠	بيانات مناخية " درجة الحرارة " لمحطة ساحلية في الصحراء الكبرى المدارية (في المغرب) محطة كاب جوبي على دائرة عرض ٢٦ درجة شمالا تقريبا وخط طول ١٢ درجة شرقا تقريبا	٩-٢ب
٢٠١	بيانات مناخية " درجة الحرارة في صحراء تكلامكان (غرب الصين) محطة كاب جوبي على دائرة عرض ٢١ درجة شمالا تقريبا وخط طول ٧٦ درجة شرقا تقريبا	٩-٢ج
٢١٠	خصائص التساقط بالمليمتر في محطات مختارة في إقليم الساحل	٣-٩
٢١٢	الحد الأقصى والأدنى لفترات المطر في غرب أفريقيا خلال الفترة ١٨٧٤/١٩٧١	٤-٩
٢٢٤	إنتاج الحرارة الأيضية وعلاقته بالأنشطة البشرية	١-١٠
٢٢٥	التوازن الحراري للجسم	٢-١٠
٢٦٩	كميات ثاني أكسيد الكربون والدفء العالمي المرتقب	١-١٢
٢٨٠	مدى الطاقة العالمية المستخدمة	٢-١٢
٢٨٦	ملحق (١) قائمة تحويل بعض المقاييس	
٢٨٩	ملحق (٢) قائمة تحويل الدرجات الفهرنهايتية إلى الدرجات المئوية	

الفصل الأول

فروع علم المناخ

توطئة

إنه لمن الضروري عند مستهل دراسة أحد فروع المعرفة أن نتعرف على ما يتضمنه هذا الفرع، والخوض في محتوياته، والهدف من دراسته. ويلقي هذا الفصل الضوء على الملامح العامة لمجال دراسة علم المناخ، ومصادر معلوماته، والهدف من دراسته.

مقدمة

يعتبر الغلاف الجوي للأرض مكوناً رئيساً لبيئة كوكب الأرض. ولو افترضنا جدلاً غياب الغلاف الجوي، أو في حالة ما إذا كانت مكوناته الغازية تختلف عن تلك الفعلية، عندئذٍ تصبح الأرض غير مناسبة لسكنى الإنسان وبالتالي كوكباً مهجوراً على غير حقيقتها الفعلية. مما يعكس الدور الحيوي للغلاف الجوي، ويُعد مبرراً لدراسته بكل هذا الاهتمام لسنوات عديدة. وقد احتلت دراسات الغلاف الجوي مجالات أوسع في الجغرافية المناخية، وكذلك فيما يتعلق بعلم الغلاف الجويويؤدي تعقد خصائص الغلاف الجوي، وتعدد الأساليب واختلاف الوسائل التي يمكن من خلالها استيعابه ورؤية أبعاده، يُعد مبرراً لإعادة تقسيم علم الغلاف الجوي إلى ثلاثة علوم معرفية لكل منها اهتماماته الخاصة وهي علم الجو Aero logy، علم الأرصاد الجوية Meteorology، وعلم المناخ Climatology. ويدرس علم الجو الغلاف الجوي الحر وامتداده الراسي. ومن ثم فإن جلة اهتمام ويركز علماء الغلاف الجوي - الهواء - بشكل جوهري على التفاعلات الكيميائية والعمليات الفيزيائية في كل طبقة من طبقاته كمجال للدراسة في علم الأرصاد الجوية. أما علم الميتيورولوجيا " الأرصاد الجوية " هو علم يركز على حركات وظواهر الغلاف الجوي بالإضافة إلى التنبؤ بالطقس. ويبحث هذا العلم في خصائص الغلاف الجوي خلال فترات زمنية قصيرة استناداً إلى مبادئ الفيزياء والرياضيات في تحقيق أهدافه خاصة فيما يتعلق بالتنبؤ. أما علم المناخ، فيركز على الظروف الجوية خلال فترات زمنية طويلة، وتبعاً لذلك، فهو علم يعتمد على معدلات الطقس.

ويعرف علم المناخ على أنه وصف مسط زمني للطقس في مكان ما . وكان هذا التعريف العام للمناخ يهمل كونه علماً يبحث في حالات تطرف واختلاف عناصر الطقس التي تُعد جزءاً مكملًا للتغير الديناميكي في الغلاف الجوي. وربما من الأجدر القول بأن المناخ هو معدلات الطقس لموقع معين خلال فترة زمنية محددة.

وفي إطار العلاقة المتداخلة بين المناخ والطقس ، فإن المناخ بوضوح هو جزء من الميتيورولوجيا . وهنا تجدر الإشارة إلى حقيقة كون المناخ يركز أيضاً على الظروف المناخية الخاصة والمحددة لمواقع معينة من سطح من سطح الأرض ، ومن ثم فهو جزء أساسي من علم الجغرافيا Geography . ويرى أسترنجر Stringer " إن الاختلافات على سطح الأرض لها تأثيراتها العميقة في إحداث تغير في التسخين ، الرطوبة الجوية ، وفي الحركة ما بين الأرض والماء والغلاف الجوي . هذا ، ومن الضروري بل ومن الحيوي لتحديد الظروف المناخية الخاصة بأي موقع ، أن نعتمد على الملاحظات المحلية فضلاً عن الاستعانة بالنظريات المتيورولوجية " .

وخلاصة القول ، أن علم المناخ ينتمي بشكل جوهري ليقع ضمن مجال اهتمامات الميتيورولوجيا أو الجغرافيا . وهو علم تطبيقي أساليبه ووسائله ميتورولوجية خالصة ، ولكن أهدافه ونتائجه جغرافية .

تطور علم المناخ

قد نشأ علم المناخ عند قدماء الإغريق على يد أرسطو Aristotle's في كتابه " المتيورولوجيا Meteorological " وهيوقراط Hippocrates في كتابه "Airs , Waters and Places" الهواء والماء والأماكن " الذي يُعد بداية الدراسات المتيورولوجية وبحوث علم المناخ تحديداً . وقد أهتم الإغريق بطبيعة الغلاف الجوي، وإن كان هذا الاهتمام قد توقف لعدة مئات من السنين اللاحقة، إلى أن تجدد في منتصف القرن الخامس عشر مع بداية عصر الكشوف الجغرافية. وحينما اتسعت الرحلات البحرية اكتشفت مناطق تجارية جديدة ، فأصبحت التقارير الوصفية لهذه المناطق الجديدة متاحة ، وإن كانت في أغلبها تقارير وهمية تروج لمعتقدات خاطئة .

وقد بدأ بحق الأسلوب العلمي مع بداية القرن إل ١٧ حينما تطورت أجهزة رصد الطقس وتم ترسيخ قوانين دراسة الهواء. وقد اخترع تروسيللي Torricelli البارومتر ١٩٦٤ ، وأخترع جاليليو Galileo التليسكوب ١٥٩٣ ، وقد اكتشف بولي Boyle العلاقة بين الضغط الجوي وحجم الغازات .

ويعتبر القرن الثامن عشر البداية الحقيقية لدراسة المناخ حين تطورت أجهزة الرصد الجوي وتم معايرتها، وبدأ تجميع البيانات وحظي وصفها بالجزء الأكبر من الاهتمام. وتركز الاهتمام فيما بعد على فحص ومحاولة تحليل القياسات وفهم العمليات الفيزيائية المتسببة فيها . وقد أنشأ فون هامبولت Von Humboldt ما يمكن أن نطلق عليه خريطة لدرجة الحرارة باستخدام خطوط التساوي سنة ١٨١٧ ، واستطاع دوف Dove سنة ١٨٢٧ أن يشرح المناخ المحلي وأستخدم مصطلحات التيارات الهوائية القطبية والتيارات الهوائية الاستوائية . وفيما بعد، تعددت الإسهامات ، وأخذت تتبلور الأسس ، وتطورت النظريات لشرح خصائص الغلاف الجوي. ويوضح جدول (١ - ١) أهم تلك الإسهامات البشرية المؤثرة {التي أصبح من الصعوبة حصرها خلال القرن التاسع عشر ، ولذا أقتصر الجدول على بعض منها} في تطور الدراسات المناخية .

فروع علم المناخ

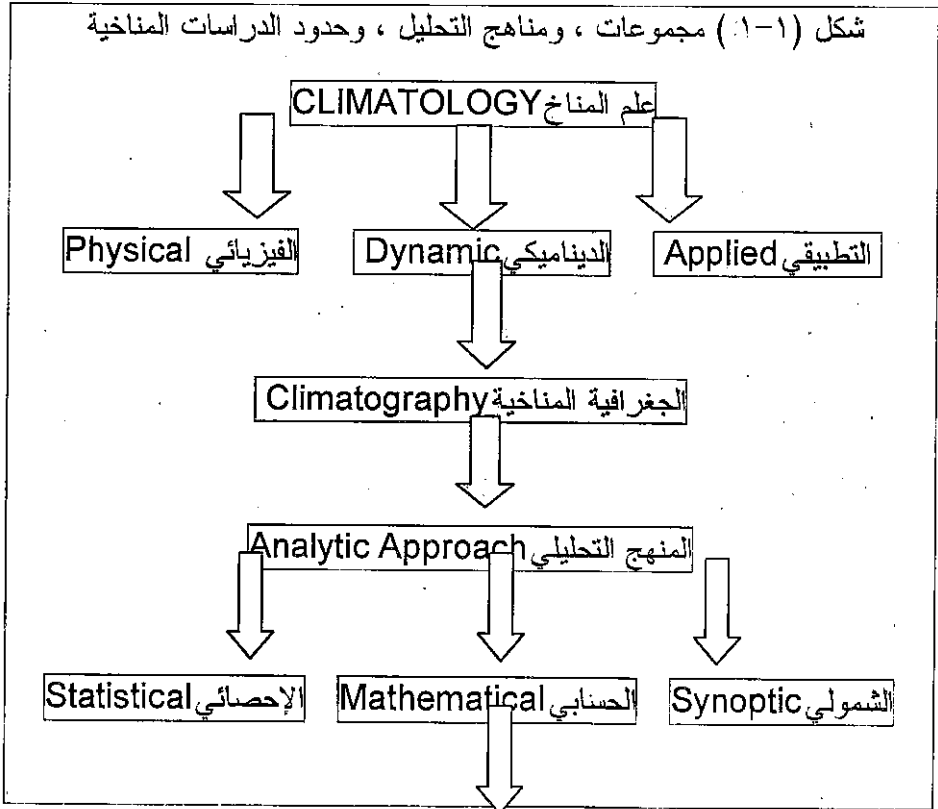
يمكن تتبع تطور العلوم التي تبحث في الغلاف الجوي من خلال عدة أساليب. فلنأخذ أي منطقة ، ولنكن غرب الوسط في الولايات المتحدة الأمريكية مثلا . فيمكن تحليل مناخها باتباع العديد من السبل : ماهية الأحوال المناخية السائدة ؟ ما هن مسببات هذا المناخ ؟ هل مناخها متغيراً ؟ هل هناك اختلافات جوهرية في مواقع محددة ؟ كيف يؤثر المناخ في الأنشطة الزراعية ؟ هل المناخ يفرض استخدام آليات ومواد محددة في إنشاء الطرق وعمليات حفرها. وتمثل هذه الأسئلة جزءاً من عدد هائل من الأسئلة الأخرى التي يجيب عنها المناخ. ولتوفير الإجابات الشافية لمثل تلك الأسئلة ، يتطلب ذلك دراسات تفصيلية تعتمد على البيانات المناخية المتاحة بمختلف الطرق . وكننتيجة لذلك ، تم وضع التقسيمات المناخية الرئيسية ، والمناهج التي يمكن الاعتماد عليها في دراسة كل قسم مناخي منها ، والحيز المساحي الذي يمكن الاعتماد عليه عند دراسة كل منها ، والمنهج المتبع كما يتضح في شكل (١-١) .

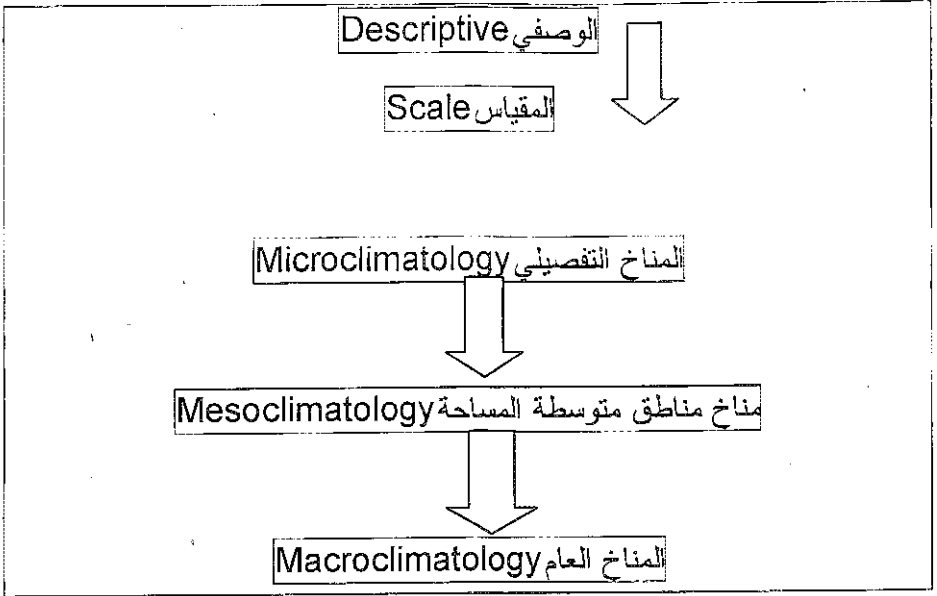
جدول (١-١) أهم الأحداث المؤثرة في تطور علم المناخ

السنة	الحدث
٤٠٠ ق.م.	تأثير المناخ في الصحة على يد هيبوقراط في كتابه "الهواء ، المياه ، والأماكن"
٣٥٠ ق.م.	علم الطقس على يد أرسطو في كتابه "ميتروولوجيا"
٣٠٠ ق.م.	وصف الرياح وتطوير أفكار أرسطو على يد ديفينيس Deventis
١٥٩٣	اختراع التليسكوب على يد جاليليو ، كما أسهم في اختراع الترمومتر
١٦١٢	
١٦٢٢	دراسة الرياح على يد فرانسيس باكون Francis Bacon
١٦٤٣	اختراع البارومتر على يد توريسيلي Torricelli
١٦٦١	وضع قوانين غازات الغلاف الجوي على يد بولي Boyle
١٦٦٤	بداية الرصد الجوي في باريس - فرنسا
١٦٦٨	إنشاء خريطة الرياح التجارية على يد آدموند هالي Edmund Halley
١٧١٤	تم وضع مقياس الفهرنهايت
١٧٨٣	تم وضع مقياس الهيجروميتر الشعري Hair Hygrometer
١٨٠٢	تم وضع تصنيفاً للسحب على يد كل من لامارك وهوارد Lamark & Howard
١٨١٧	تم إنشاء أول خريطة للمتوسط السنوي لدرجة الحرارة على مستوى العالم باستخدام خطوط الحرارة المتساوية
١٨٢٥	تم اختراع جهاز السيكروميتر لقياس رطوبة الجو على يد أوجست August
١٨٣١	تم إنتاج أول خريطة طقس في الولايات المتحدة الأمريكية على يد ويليام ردفيلد William Redfield
١٨٣٧	تم اختراع البيرهليوميتر - المشماس - مقياس طاقة الشمس - Pyrheliometer
١٨٤٤	تم وضع معادلات القوة الكوريولية على يد كورليوس Coriolis
١٨٤٥	تم إنشاء أول خريطة لتوزيع التساقط على مستوى العالم على يد برجهوس Berghaus
١٨٤٨	نشر العالم دوف أول خريطة للمتوسط الشهري لدرجة الحرارة
١٨٦٢	إنشاء أول خريطة لغرب أوروبا توضح متوسط الضغط الجوي على يد

رينو Renou	١٨٧٩
إنشاء أول خريطة للأقاليم الحرارية على مستوى العالم على يد سابان Supan	
١٨٩٢	بداية الاستخدام المنظم للبالونات في الرصد الجوي
١٩٠٠	استخدام مصطلح "التصنيفات المناخية" على يد كوبن Koppen
١٩٠٢	اكتشاف وجود طبقة الأستراتوسفير
١٩١٣	اكتشاف طبقة الأوزون
١٩١٨	بداية تطوير نظرية الجبهات القطبية
١٩٢٥	بداية التجميع الدقيق للبيانات المناخية باستخدام المناطيد Aircraft
١٩٢٨	الاستخدام الأول للراديو سوند Radiosondes
١٩٤٠	بداية مناقشة طبيعة التيارات النفاثة Jet Streams
١٩٦٠	إطلاق أول قمر صناعي ميترولوجي بواسطة الولايات المتحدة الأمريكية

شكل (١-١) مجموعات ، ومناهج التحليل ، وحدود الدراسات المناخية





ويتكون المناخ من قاعدة بيانات لآبد من شرحها ووصفها كميًا وكراتوجرافيًا ، ويستقي كل فرع من فروع المناخ تسميته من مجال دراسته . فالمناخ الفيزيائي والمناخ الكيميائي ، تسميتهما مشتقة من ارتباطهما بفيزيائية وديناميكية الغلاف الجوي ، إذ يتعامل المناخ الفيزيائي بشكل محوري مع تبادل الطاقة في الغلاف الجوي ومكوناته الفيزيائية ، بينما المناخ الديناميكي يركز على حركة الهواء والتبادل الذي يؤدي إلى حدوث هذه الحركة وما ينتج عنها . أما المناخ التطبيقي فيعتمد على البيانات المناخية التي يطبقها على مشكلة محددة في مساحة محددة كنطاق غابي أو زراعي أو صناعي وهكذا . كما يتضمن تطبيقات للبيانات المناخية وعلاقتها بالعلوم الأخرى مثل الجيومورفولوجيا وعلم التربة وغيرها ١٠ .

ويمكن استخدام المنهج التحليلي وتطبيقاته في أي من الأقسام المناخية بطرق متعددة . ويمكن شرح وتوضيح المعطيات المناخية بأبسط أسلوب من خلال المناخ الوصفي والمنهج الإحصائي والمنهج الرياضي . وعند استخدام المنهج الشمولي " العام " في الدراسات المناخية ، لآبد من استخدام الخرائط العامة لتوضيح شيئًا محددًا ، وفي هذه الحالة يعتمد على الظروف الجوية خلال فترة زمنية طويلة .

أما بالنسبة لمساحة المنطقة محل الدراسة ، فإنها تختلف باختلاف حيز الدراسة المناخية سواء المساحة الواسعة العامة Macro ، أو مساحة محددة Meso

، أو حيز صغير أو صيق Micro . وفيما يتعلق بمناخ المساحة الواسعة ، فإنه يهتم بدراسة المناخ على مستوى القارات أو مستوى الكرة الأرضية كلها . أما مناخ المساحات المحدودة (متوسطة المساحة) ، فيتضمن دراسة مناطق تتراوح في اتساعها بين وحدة إقليمية معينة ، أي مناخ إقليم مناخي واسع ، أو إقليم مناخي لا تتجاوز مساحته بضعة أميال مربعة . أما المناخ التفصيلي ، فيرتبط تحديداً بدراسة مساحة صغيرة مختلفة الامتداد . ويوضح جدول (١-٢) تحديد تلك التقسيمات في علم المناخ كما حددها يوشينو Yoshino .

جدول (١-٢) حيز الدراسات المناخية

المناخ	التوزيع الأفقي بالمتر	التوزيع الرأسي بالمتر	مثال
التفصيلي	١٠ ^١ - ١ ^{١٠}	١٠ ^١ - ١ ^{١٠}	مناخ المناطق المحيطة بالمنزل
المحلي	١٠ ^١ - ١٠ ^٢	١٠ ^١ - ١٠ ^٢	مناخ وادي - نهر - منحدرات
المحدود	١٠ ^٢ - ٢,١٠ ^٥	١٠ ^٢ - ٦,١ ^٢	مناخ إقليم خاص محدد
العام	٢,١٠ ^٥ - ٥,١٠ ^٧	١٠ ^٥ - ١٠ ^٧	مناخ نطاق، الموسمي مثلاً، مناخ قارة

المصدر: After Yoshino, ١٩٧٥

البيانات المناخية

إن البيانات المناخية ضرورية في أي دراسة مناخية . ويحتاج أي باحث في المناخ إلى ضرورة التحقق من ركيزتين أساسيتين ، الأولى : أن يتحقق من البيانات المناخية المتاحة ، وكيفية الحصول عليها ، والثانية : كيفية تعامله مع تلك البيانات . وهناك العديد من الأمثلة البسيطة لأساليب التحليل المتبعة وفقاً لموضوع الدراسة (ستعرض الفصول التالية بعضاً منها) . وعلى أية حال ، ينبغي قبل تطبيق أي أسلوب إحصائي على نوع معين من البيانات المتاحة التأكد قبلاً بأنها متجانسة . وهناك مثال على الأسلوب المتبع فيما يتعلق بتجانس البيانات المناخية في المثال التوضيحي رقم (١) .

يعتمد التحليل الإحصائي لعينة من البيانات على كون هذه البيانات قد تم تجميعها من محطة معينة وتم رصدها في نفس موقع المحطة ، مع تحديد الفترة الزمنية التي أخذت خلالها تلك القياسات أو البيانات المناخية . وفي بعض الحالات قد يحدث انقطاع في عملية الرصد لسبب أو لآخر ، أو قد يحدث نقل لموقع المحطة فتصبح البيانات المناخية تمثل موقعين مختلفين . وقد يحدث تعديل في موضع المحطة سواء بسبب نقل موضعها لسبب ما، أو قد يحدث نتيجة لتغيير

نوعية الأجهزة المستخدمة في الرصد. ويستوجب ذلك تحديد التغييرات في عملية الرصد للتأكد من تجانس البيانات المستخدمة. ويشترط في البيانات المتجانسة أن يتم رصدها في موقع بعينه وبواسطة أجهزة واحدة، بينما الأخرى غير المتجانسة هي تلك التي تؤخذ من أكثر من موقع.

مثال توضيحي رقم (١)

ولتوضيح هذه الفكرة ، عند تحليل المتوسط السنوي للتساقط في وسط ولاية إنديانا خلال الفترة ١٩٠١ / ١٩٢٠ (لمدة ١٩ سنة في حين أنه في الدراسات المناخية ينبغي أن لا تقل المدة عن ٣٠ سنة) ، قد حصل الباحث على تسجيلات للبيانات المناخية في مدينة إنديانا بولس (محطة أ) Indiana Polis ، بالإضافة إلى بيانات قام بتسجيلها الراصد في موقع الدراسة تحديداً (محطة ب) . فهل يمكن للباحث أن يعتمد على بيانات التسجيلات المناخية التي تم رصدها في موقع الدراسة تحديداً أم أنه من الضروري أن يستخدم بيانات تم تسجيلها في أكثر من موقع على مسافات مختلفة ؟ أم يعتمد بشكل أساسي على بيانات إنديانا بولس فقط ؟ وهنا تصحح الخطوة الأولى هي فحص البيانات للتأكد من درجة تجانس البيانات .

وتتم تلك الخطوة بحساب قيم الوسيط Median، وهي القيمة الوسيطة بين قائمة قيم البيانات العديدة. وإذا كان عدد القيم فردياً، لا يوجد رقم وسيط واحد، وهنا ينبغي أخذ قيمتين من قيم البيانات { ينبغي الانتباه إلى ترتيب القيم تنازلياً من الأكبر إلى الأصغر قبل تحديد قيمة الوسيط} لتمثيل الوسط وجمعهما وقسمتهما على رقم ٢ لنحصل على متوسط قيمة الرقمين "القيمتين" لتصبح هي قيمة الوسيط. وقد بلغت قيمة الوسيط مثلاً في محطة إنديانا بولس ٣٧,٩ بوصة ، مقابل ٤١,٢ بوصة في المحطة المحلية .. وهنا نستنتج قيمة الوسيط ، ونفحص قيم التساقط (كما هي في ترتيبها الزمني) ونحسب ما إذا كانت القيمة السنوية أكثر من الوسيط الخاص بمحطة (أ) ، أم أنه أقل من الوسيط في محطة (ب) على أساس أن الوسيط (أ) هو الأقل مقارنة بقيمة الوسيط (ب) وهو الأعلى . وعند فحص ومعاينة سلاسل قيم لبيانات محطة (أ) من سنة إلى أخرى ، نجد أنها تشتت صعوداً وهبوطاً حول قيمة ذلك الوسيط ، بينما قيم المحطة المحلية فتشير إلى أن كل مجموعة من السنوات تأخذ اتجاهها واضحاً إما أعلى من قيمة الوسيط (أ) أو أقل من قيمة الوسيط (ب) ، ولذلك كان عدد مرات اختلاف القيم الفعلية عن الوسيط سواء (أ) أو (ب) قد بلغ ١٢ مرة ، في حين بلغ ذلك العدد ٥ مرات فقط بالنسبة للمحطة المحلية (ب) . ويعني هذا أن تعاقب القيم المتقاربة واضح في المحطة المحلية في أنه يكاد يختفي في محطة إنديانا بولس . وعندما يتأكد الباحث من كون الأرقام متجانسة بين المحطتين، فإنه يمكن أن يستفيد من بياناتهما. أما إذا استنتج أن البيانات غير متجانسة ، فيستوجب هذا تبديل بيانات المحطة المحلية بأخرى .

البيانات المناخية المحلية Local Climatological Data

إن البيانات المناخية المحلية عبارة عن إصدارات شهرية بصورة منفصلة لحوالي ٣٠٠ مدينة وبلدة . وتحتوي هذه الإصدارات على معلومات يومية لدرجة الحرارة (تتضمن أعلى درجة حرارة) ، نقطة الندى ، التساقط ، الضغط الجوي ، الرياح ، سطوع الشمس ، وغطاء السحب . وتشتمل أيضاً على المتوسطات الشهرية لتلك العناصر، فضلاً عن إجمالي كمية المطر الشهرية والكمية الساعية. وفي حالة ما إذا كانت المحطة تعمل على مدار ساعات اليوم ، فإنها توفر ٨ رصدات يومية ، إذ يتم الرصد كل ٣ ساعات .

البيانات المناخية المحلية مع بيانات للمقارنة Comparative Data

ويتم إعداد البيانات المناخية المحلية مع بيانات للمقارنة في صورة إصدارات سنوية بعد تجميع البيانات الشهرية السابقة ، ثم تلخيصها على مستوى الشهور خلال السنة السابقة ، ثم تصدر في صورة بيانات لسنة محددة توضح الخصائص الشهرية للعناصر المناخية في صورة ملخص شهري . ثم يتم حساب المعدل، والمتوسطات، والقيم المتطرفة خلال فترة زمنية طويلة لكل عنصر من العناصر السابقة. هذا بالإضافة إلى جداول المعدلات الشهرية والسنوية لدرجة الحرارة والأيام الحارة ، والتساقط والتلوج ، وغيرها خلال فترات زمنية طويلة من السجلات المناخية .

البيانات المناخية Climatological Data

وهذه الإصدارات الشهرية الأولية تضم القياسات اليومية والملخصات الشهرية للتساقط ودرجة الحرارة بعد مقارنتها بمحطات مختارة . ويتم ذلك على مستوى كل ولاية على حدة أو على مستوى عدد من الولايات الأمريكية لها خصائص معينة.

البيانات المناخية ، الملخص القومي Climatological Data , National Summary

يتضمن التقرير الشهري الضغط الجوي ، درجة الحرارة ، التساقط ، وبيانات الرياح لمحطات أمريكية مختارة . وينتهي بملخص لأحوال الطقس على مستوى الدولة مع إضافة بعض المقالات التي تصنف الهاريكين ، وأحوال الطقس الطارئة ، وأحوال الأنهار والفيضانات . هذا ويتم وصف وتلخيص الخسائر

المرتبطة بالعواصف العنيفة في الولايات المتحدة الأمريكية . هذا ، ويتم إعداد الخرائط والرسوم البيانية التي توضح درجة الحرارة ، والتساقط ، الثلوج ، النسبة المئوية لسطوع الشمس ، مسارات الأعاصير وأضداد الأعاصير ، الإشعاع الشمسي ، المعدل الشهري للرياح في طبقات الجو العليا ، وارتفاع مستوى الضغط الجوي الثابت . ويلخص التقرير السنوي جميع البيانات السابقة على مدار السنة ، كما يتضمن معلومات على كثافة المطر ومسارات الهاريكين والترونادو .

البيانات الساعية للتساقط Hourly Precipitation

وتتضمن بيانات المطر على مدار ساعات اليوم في كل ولاية على حدة (أو في بعض الولايات المتشابهة) باستثناء ولاية ألسكا . ويتم تسجيل بيانات التساقط على مدار ساعات اليوم في جميع المحطات ذات التسجيل الأوتوماتيكي بشرط أن تضم هذه المحطات جهاز مقياس المطر .

بيانات العاصفة Storm Data

وهي إصدارات شهرية تتضمن تلخيصاً لبيانات ٥٠ ولاية أمريكية ، ويتم فيها تحديد مكان العاصفة ووقت حدوثها وخصائصها مع تقدير الخسائر الناجمة عنها ، بالإضافة إلى تحديد العاصفة العاتية وأحوال الطقس الطارئة . ويتم جدولة وترتيب هذه البيانات على مستوى الولاية وموقع حدوثها .

البيانات المناخية الشهرية على مستوى العالم

وتتضمن الإصدارات الشهرية للعناصر المناخية في محطات الرصد السطحية وفي طبقات الجو العليا على مستوى عدد ضخم من المحطات المختارة عالمياً . وتشتمل على الرصد السطحي لدرجة الحرارة ، الضغط الجوي ، الرطوبة النسبية ، والتساقط . أما بالنسبة لبيانات الرصد في طبقات الجو العليا فتتضمن الارتفاع في طبقات الغلاف الجوي ، درجة الحرارة ، نقطة الندى ، اتجاه الرياح ، سرعة الرياح على مستويات ضغط جوي محددة .

خرائط نصف الكرة الشمالي عند مستوى سطح البحر وعند مستوى ٥٠٠ مليونارومتر من خرائط الطقس العامة اليومية ، ويحتوي كل جزء على خرائط لنصف الكرة الشمالي لشهر واحد فقط . أما الخريطة الخاصة بمستوى سطح البحر ، والأخرى الخاصة بارتفاع ٥٠٠ مليونار فهي عبارة عن خرائط يومية .

وجدير بالذكر ، بأن نك الخرائط الخاصة بمستوى سطح البحر أو على ارتفاع ٥٠٠ مليوناً فيتم رسمها وإعدادها على أساس الرصد الساعة ١٢٠٠ ظهراً بتوقيت جرينتش .

النشرة الأسبوعية للطقس والمحاصيل

وبالرغم من الأهمية الخاصة لهذا الإصدار بالنسبة للمزارعين وكذلك المتخصصين ، فإن هذا التقرير يصدر عن المنظمة الأم لخدمة البيانات البيئية Environmental Data Service ، وتصدر في واشنطن الساعة ١٢ ظهراً يوم الثلاثاء . ويقوم قطاع الزراعة الأمريكية والمستشارين الزراعيين الأمريكيين بتجميع بيانات المحاصيل. ويضم هذا التقرير تلخيصاً لأحوال الطقس على مستوى الولايات الأمريكية وتأثيرها في الزراعة ، فضلاً عن توفير بيانات أحوال الطقس وتأثيرها على المحاصيل الزراعية . وتعرض هذه النشرة دراسة تفصيلية لبعض المحاصيل مثل الذرة والقطن والشوفان والقمح وغيرها في موسم زراعتها . هذا ، وتتضمن بيانات الطقس المجدولة ملخصاً لدرجة الحرارة ، الأيام الحارة ، التساقط ، وسمك الثلوج على سطح الأرض والأنهار والمرافئ والبحيرات خلال فصل الشتاء. هذا ويوضح الجدول التالي (١-٣) بعض مصادر الحصول على البيانات المناخية في الولايات المتحدة الأمريكية .

جدول (١-٣) أهم مصادر البيانات المناخية في الولايات المتحدة

العنصر - الغلاف الجوي	الهيئة
الأرصاد الجوية	NCC ,USAFETAC ,FNWC ,NCAR ,GFDL ,NMC
المرئيات الفضائية	NESS ,NASA ,EROS ,NCC ,NGSDC
كيميائية الغلاف الجوي	EPA /ERC ,NCC
نوعية الهواء	EPA /ERC ,NCC ,NASA
جزيئات الغلاف الجوي	EPA /ERC ,NCC
النشاط الإشعاعي	ERDA

	للغلاف الجوي
GFDL ,NMC ,FNWC ,USAFETAC MNCAR	الدورة العامة للرياح
NCC ,NSSL	العواصف
	العنصر - الميزانية الإشعاعية للأرض
NCC ,NSSDC ,NESS ,ERDA NGSDC	الإشعاع الشمسي الفاك
NCAR ,GFDL ,NASA	الميزانية الحرارية للأرض
NCC ,NESS ,NSSDC ,NCAR	الأليدو
	العنصر - الهيدرولوجيا والتساقط
USGC ,NESS ,NSSD ,NOS ,NCC NESS ,NCC ,USDA /SCS	الهيدرولوجيا التلج والجليد
USGS ,NGSDC ,USCG ,CRREL ,NAVOCEANO ,NWS	الغطاء الثلجي والجليدي
	العنصر - المحيطات
NCDC ,FNWC ,NMC ,NESS ,GFDL ,NCC ,NOS ,NAV-OCEANO ,NORD FNWC ,GFDL ,NCAR	علم الإقليموغرافيا الميزانية الحرارية للمحيطات
NOS ,USCG ,DMA	الملاحة البحرية عناصر أخرى
USDA ,CCEA ,NASA	الإنتاج الزراعي
DOI ,NASA ,USGS ,EROS ,DRI ,ARS USDA	أشكال اليابس واستغلالها أمراض النبات
USDA	الحشرات
USFS	الإنتاج الغابي
USFS	حرائق الغابات/ الحرائق
ERDA	احتياجات الطاقة
USGS ,USDA /SCS	التحت والإرساب
USGS	الأخطار الطبيعية

وإنه لمن الضروري عندما يقوم أي شخص بدراسة أي علم أن يفهم أولاً لماذا يدرس هذا العلم. وبالطبع، مثل أي علم من علوم الأرض والسماء، فإن دراسة المناخ مفيدة لكونها تُجيب عن تساؤلات حول العالم الذي نعيش فيه. ويجعل ذلك من دراسة المناخ أهمية ملموسة وقيمة عالمية. وتطورت الدراسات المناخية لتشتمل على مجالات حيوية: تمس حياة الإنسان { كما سلاحظ ذلك في الفصول الأخيرة من هذا الكتاب }، مما دفع الحكومة الفيدرالية الأمريكية إلى سرعة الاستجابة لمتطلبات هذا العلم. وقد كان لزاماً وضع وصفاً دقيقاً في المنشورات الخاصة بالمناخ مع وصفها بدرجة (أ) من حيث أهميتها، ومنها على سبيل المثال " خطة برنامج المناخ للولايات المتحدة الأمريكية United States Climate Program Plane ". ويمكن هنا اقتباس بعض من هذه الخطة التي جاء فيها:

قد يسهم مناخ الأرض، واختلافه، في تحديد مسار مستقبل المجتمع. وإذا يتحكم المناخ في العديد من مناحي الحياة الأساسية: الماء، والهواء، الغذاء، المنتجات، البناء، الطاقة، النقل، والصحة، وغيرها. وحيث يتزايد السكان في أي مكان زيادة مطردة بينما مساحة الأرض المنزرعة أو القابلة للزراعة تتناقص سنوياً ، فإنه يمكن تقييم رؤيا علماء الاقتصاد الاجتماعيين في مختلف الأمم من خلال مدى نجاحها في فهم ، استيعاب ، تحليل ، والتنبؤ بالاختلافات المناخية . يضاف إلى ذلك كون أسلوب حياة الإنسان Human Life Style قد وصل إلى نقطة أصبحت معها الأنشطة البشرية لها تأثيرات واضحة تم قياسها فعلاً في مناخ المدن .

إن مشكلات المناخ عالمية ولا تعرف أي حدود قومية أو سياسية أو طبيعية. هذا، ومع وضوح الأبعاد التأثيرية للمناخ في الصحة ورفاهية الإنسان في جميع الأمم، فإن تأثيره يصبح أشد قسوة في الدول الأكثر فقراً والأقل تطوراً ونمواً. وحينما تحدث تقلبات في المناخ مثل تلك التي حدثت في الماضي بدون أن تخلف تبعات سلبية قاسية ، فإنه من المحتمل عند حدوثها في حاضرننا ، فقد يتبعها كوارث بسبب الزيادة اللانهائية في الاحتياجات البشرية نتيجة الزيادة المطردة لسكان العالم وما يتبعها من ضغطاً هائلاً ومتزايداً على الأرض . وبالرغم من أن احتياجات الطاقة والمياه العذبة شديدة الحساسية للمناخ ، فإن التقلبات الطبيعية في المناخ لها تأثيرات كارثية على الإنتاج الغذائي . ويعد الانتشار المأساوي للمجاعات في أجزاء من جنوب شرق آسيا والهند خلال عام ١٩٧٤ ، وكذلك في الساحل الأفريقي على

مدار عدة سنوات تُظهر إلى أي مدى يلعب المناخ الدور الأكبر في مثل هذه المشكلات . وقد تأثرت بهذه التقلبات جميع الأمم بما فيها الغنية ، لما تبعها من آثار سلبية في المحاصيل الغذائية الخاصة بالاستهلاك المحلي ، وكذلك إنتاجية المحاصيل النقدية للتصدير ، وقد نتج عن ذلك عجز الدول الغنية عن مساعدة الدول المنكوبة بالمجاعات والنقص الكارثي في الغذاء بسبب الجفاف . وقد أتضح ذلك جلياً في ارتفاع أسعار الغذاء في الولايات المتحدة وعالمياً أيضاً، فضلاً عن عدم كفاية الإنتاج السوفيتي (سابقاً) من الحبوب في عام ١٩٧٦ { وهو من أكبر الدول المصدرة للقمح } ، مما دفعه إلى شراء القمح الأمريكي . وصدرت أيضاً الولايات المتحدة الأمريكية البطاطس إلى دول أوروبا الغربية في هذا العام بسبب ما واجهته في هذا الصيف الأكثر جفافاً والأشد حرارة في التاريخ الحديث .

وقد تصبح مثل تلك الأحداث قاعدة أكثر من كونها أحداثاً طارئة استثنائية كما يظن العديد من المناخبين الذين يعتقدوا بأن العالم مقبل على حقبة مناخية يغلب عليها الغموض والتشويش بدرجة أكبر من تلك التي ألفناها في العقود الأخيرة الحديثة .

يعتبر الاهتمام المتنامي بالاختلافات الطبيعية في المناخ دليلاً على كون الإنسان قد أسهم في تغيير المناخ غير عامداً أو قاصداً . وبالرغم من التحقق من التسخين وأنماط تلوث الهواء الأخرى ، فإن الجنس البشري ، قد أحدث تأثيراً في درجة الحرارة الإقليمية ونماذج المطر . وأن مثل تلك العناصر التي تأثرت على المستوى الإقليمي يمكن أن يمتد تأثيرها إلى المستوى العالمي ، بل وقد يمتد حتى لدرجة تبديل خصائص الإشعاع الشمسي الذي يخترق طبقة الأستراتوسفير ، أو امتصاص الإشعاع الأرضي في طبقة التروبوسفير . ولعل من أمثلتها الشائعة ، زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون { التي أمكن توثيقها وتتبعها الدقيق } الذي يعتبر واحداً من التغييرات العديدة المحتملة التي نجمت عن التحضر . ويمكن أن ينتج عن التغيير في تراكيزات الأوزون في الغلاف الجوي تأثيراً واضحاً في كل من المناخ والإنسان بصورة مباشرة كنتيجة للتغييرات في كمية الأشعة فوق البنفسجية الواصلة لسطح الأرض .

إن تركيز الاهتمام على التعديلات والتبديلات التي تحدث في طبقة الأستراتوسفير (بسبب غفلة الإنسان) نتيجة استخدام طائرات تتجاوز سرعتها سرعة الصوت ، كانت مدعاة لما تم وضعه في "برنامج تقييم الآثار المناخية عام ١٩٧٠ - ١٩٧٤ " CIAR " Climate Impact Assessment Program" ضمن هيئة النقل الحكومية " DOT " Department of Transportation . هذا ، وهناك اهتماماً واسعاً بطبقة الأوزون الأستراتوسفيري بسبب بعض الآثار المحتملة الناجمة عن مشتقات الكلورفلوروميثان ، مما دفع ما أطلق عليه الحملة العسكرية لمجابهة تلك التعديلات على هذه الطبقة سنة ١٩٧٥ .

وبالقاء نظرة مستقبلية ، فإنه من المفيد تقدير الآثار المناخية العالمية المحتملة التي ترجع إلى زيادة الاحتياجات المحلية والعالمية من الطاقة ، والاحتياجات الداعية لاستخدام الطائرات الحديثة تلك التي تخترق طبقة الأستراتوسفير {على سبيل المثال الطائرات أسرع من الصوت - فوق الصوتي (Supersonic)} ، والتوسع في استخدام الأسمدة النيتروجينية ، وغيرها . إن الفهم الجيد لخطورة التحضر في إحداث تعديلات مناخية يحتاج إلى سياسة لا بد من الإعداد الجيد لها لإصلاح أو على الأقل منع تفاقمها ، إن كان لا يمكن الحيلولة دون حدوث التغير في المناخ ، وعلى ذات الدرجة من الأهمية ، ينبغي أن تمنع التطور المفرط في الصناعة والزراعة على حد سواء .

الفصل الثاني

الاستخدام المباشر للطاقة الشمسية - رؤية مناخية

توطئة

إن دراسة الطاقة الشمسية يندرج في نظام الغلاف الجوي - الأرضي ، وميزانيته وتوازنه ، ويُعد العنصر المحوري في الدراسات المناخية الحديثة . وفي الواقع ، تتناول الجامعات في أغلب مقرراتها الدراسية المعتمدة دراسة هذه المفاهيم في مستهل أي دراسة مناخية . ويهدف هذا الفصل إلى إرساء القواعد المعرفية الخاصة بانسياب الطاقة الشمسية لتقدير مدى مساهمة الطاقة الشمسية بصورة مباشرة في مواقع مختارة في الولايات المتحدة الأمريكية .

مقدمة

قد أدت أزمة الطاقة إلى دراسات وتحليلات مستفيضة عن مصادر الطاقة التي يمكن تأمينها للاستفادة منها ، وخلق بدائل للزيت كأحد أهم مصادر الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية . وقد تركزت أغلب تلك الأبحاث على الفحم والطاقة النووية لاعتبارها أكثر البدائل المتاحة إكمانية، على الرغم من الحديث عن أنواع أخرى مثل طاقة الحرارة الأرضية Geothermal Energy، اندخارات درجة حرارة المحيط، الكتلة الحيوية Biomass، الرياح، ولاستخدام المباشر للطاقة الشمسية. وفيما يتعلق بتلك المصادر الثانوية كبديل للزيت ، فإن طاقة حرارة الأرض هي مصدر الطاقة الوحيد الذي يقع خارج منظومة مجال اهتمام المناخيين ، أما المصادر الأخرى ، فإنها بصورة مباشرة أو غير مباشرة ، فإنها ترتبط بانسياب الطاقة من الشمس وإسهامها في نظام الغلاف الجوي - الأرضي ، وهو ما يُعد محل الاهتمامات الحيوية للمناخيين في الآونة الأخيرة .

ولإلقاء نظرة ثاقبة حول الدور الذي يلعبه المناخ في تقدير مصادر الطاقة ، فإن هذا الفصل يولي اهتماماً جوهرياً للدور المبدئي للمناخيين فيما يتعلق بالاستخدام المأمول لطاقة الشمس . وينبغي الإشارة إلى أنه بطبيعة الحال - الرؤية الشمولية - لاستخدام طاقة الشمس المحتملة يتطلب تعاوناً مشتركاً من جانب العديد من المتخصصين بجانب المناخيين . ومن ثم ، فإن الفيزيائيين والمهندسين المعماريين يركزون على الطريقة المثلى لتجميع الطاقة وسبل تخزينها ، فالمهندس المعماري

يلعب دوراً مهماً في تصميم الوحدة المنزلية لنظام تجميع الطاقة ، و يوفر الاقتصادي البيانات الأساسية لما يتعلق بتكاليف التركيب والصيانة والعوائد المادية من تلك التقنية . وإجمالاً ، فإن العديد من المتخصصين يركزون على التنفيذ الناجح لنظام طاقة الشمس ، ولكن بؤرة هذا النجاح تنحصر في تقييم الاختلافات المكانية للإشعاع الشمسي . وهذا ، ما ينوط بعلم المناخ .

العوامل المؤثرة في توزيع الطاقة الشمسية

يطلق على كمية الطاقة الشمسية التي تخترق طبقات الغلاف الجوي لتصل الأرض في صورة حزمة عمودية الثابت الشمسي solar Constant . ويحدد هذا الثابت الشمسي كمية الطاقة التي يتم تسنيتها عن طريق كل من الشمس ومتوسط المسافة بين الأرض والشمس . ومنذ عام ١٩٠٠ ، كان هناك عدداً من التقديرات لقيمة الثابت الشمسي ، وقد خلصت تلك التقديرات إلى أن كميته تتراوح بين ١,٩٤ - ٢,٠٠ لانجلي / دقيقة . والانجلي [هو الوحدة الشائعة لقياس الإشعاع الشمسي ويرتبط باسم الرائد الأمريكي لأبحاث الإشعاع الشمسي وهو J.P. Langley] هي وحدة كمية الطاقة الحرارية لكل ك كالوري في السنتمتر (لانجلي/ك كالوري/سم^٢) ، والك كالوري هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة واحد سنتمتر مكعب من الماء من ١٥ م - ١٦ م .

وعلى أية حال ، فإن سطح الأرض لا يمثل سطحاً مستوياً بالنسبة للأشعة الشمسية ، كما أن محور الأرض ليس عمودياً على مدار الأرض . وتبعاً لذلك ، فإن هناك العديد من العوامل التي تؤثر في تعديل توزيع ضوء الشمس على سطح الأرض . وتدرس مثل تلك العوامل تفصيلاً في المناخ الفيزيائي ، ولكنها لن تناقش هنا تفصيلاً لأننا لن نحتاج إلى التعمق فيها . وبدلاً من التعمق في تلك التفاصيل ، فإننا هنا نسلط جُل الاهتمام على المفاهيم الأساسية التي يمكن تطبيقها فيما يتعلق بتوزيع الطاقة الشمسية .

العلاقات الفلكية Astronomic Relationships

يميل محور الأرض بزاوية مقدارها ٢٣,٥° عن الوضع الرأسي لمدار الأرض حول الشمس مما يؤثر بشكل مباشر على كل من زاوية الشمس فوق مستوى الأفق ، وطول النهار والليل على مدار السنة . ويعتبر هذان العاملان حاسمان فيما يتعلق بتحديد كمية الإشعاع الشمسي الواصلة لأي موقع على سطح

الأرض . ويتطلب لحساب الاختلافات في كل من هذين العاملين ضرورة توفر معلومات تفصيلية عن ارتفاع الشمس Solar Altitude ، والانحراف الشمسي solar Declination ، وزاوية السمات Azimuthal Angle .

والانحراف الشمسي هو المسافة الزاوية لشمالها وجنوبها مروراً بخط الاستواء على الأرض . ويتبع هذا المدار البيضاوي وميل محور الأرض ، أن الشمس تتحرك ظاهرياً بمقدار $23,5^\circ$ شمالاً و $23,5^\circ$ جنوباً خلال السنة . وتبعاً لهذه الحركة الظاهرية للشمس، يدون ارتفاع الشمس في السماء عند مستوى الأفق - على دوائر عرض محددة - ثم يزيد ارتفاعها على مدار السنة. ولمحاولة فهم واستيعاب ارتفاع الشمس، فإنه من المفيد الرجوع إلى الشكل التوضيحي (٢-١٠). إذ يقف الراصد الجوي في وسط الكرة محاطاً بالمستوى الذي يمثل الأفق، فتظهر الشمس وكأنها ترتفع فوق مستوى الأفق، وتتحرك الشمس في قوس عبر الكرة السماوية Celestial Sphere، وبالتدرج تنخفض الشمس إلى دون مستوى الأفق. ويستخدم هذا الشكل كمثال لتوضيح مسار الشمس عند دائرة عرض $66,5^\circ$ شمالاً ، الدائرة القطبية الشمالية . وتبقى الشمس فوق مستوى الأفق خلال الانقلاب الصيفي Solstice Summer، لتصل إلى ارتفاع بزاوية 47° وقت الظهيرة.

وفي أثناء الانقلاب الشتوي Solstice Winter ، لا تظهر الشمس فوق مستوى الأفق ، إذ يصبح ارتفاع الشمس صفراً . ويمكن استنتاج زاوية ارتفاع الشمس بسهولة من الانحراف الشمسي وفق المعادلة التالية :

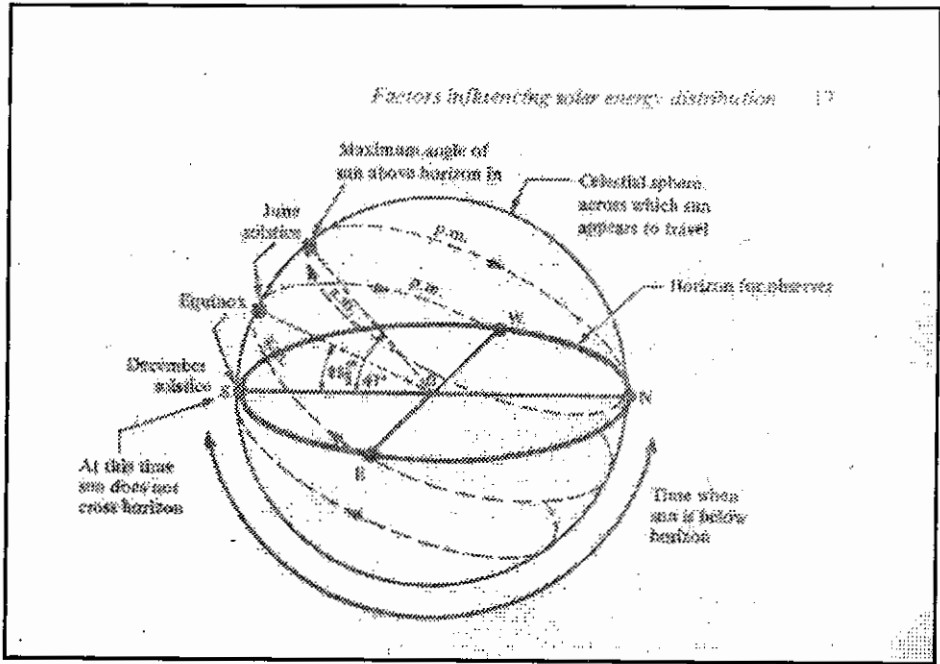
$$\text{ارتفاع الشمس} = 90^\circ - (\text{دائرة العرض} \pm \text{الانحراف الشمسي})$$

ويتم الجمع أو الطرح في هذه المعادلة الحسابية حينما تكون الشمس في نفس نصف الكرة أو في نصف الكرة الآخر. ويمكن ضرب مثالين لتوقيت حدوث الانقلاب لتوضيح ذلك .

المثال الأول : عند دائرة عرض $66,5^\circ$ شمالاً في ٢٢ ديسمبر حينما تتعامد الشمس على النصف الجنوبي

$$\text{ارتفاع الشمس} = 90^\circ - (23,5^\circ + 66,5^\circ) = \text{صفر}$$

(شكل ٢ - ١) يوضح حركة الشمس الظاهرية عند الدائرة القطبية . مع الأخذ في الاعتبار أن الراصد الجوي يقف في وسط الكرة



أما في ٢١ يونيو تتعامد الشمس في نصف الكرة الشمالي عند دائرة عرض $23,5^\circ$ شمالاً { مدار السرطان }

$$\text{ارتفاع الشمس} = 90^\circ - (66,5^\circ - 23,5^\circ) = 47^\circ$$

المثال الثاني : عند دائرة عرض 50° شمالاً في ٢٢ ديسمبر حينما تتعامد الشمس على نصف الكرة الجنوبي { مدار الجدي }

$$\text{ارتفاع الشمس} = 90^\circ - (50^\circ - 23,5^\circ) = 16,5^\circ$$

أما في ٢١ يونيو حينما تتعامد الشمس في نصف الكرة الشمالي

$$\text{ارتفاع الشمس} = 90^\circ - (50^\circ - 23,5^\circ) = 63,5^\circ$$

هذا ، وقد تم توضيح ارتفاع الشمس عند القطب وعند دائرة عرض 50° شمالاً من الشكل (٢ - ١) .

ويمكن تقدير طول الفترة الزمنية التي تبقى خلالها الشمس في السماء واستنتاجه من شكل (٢ - ١) .

ففي الاعتدالين Equinoxes ، حينما يكون طول النهار وطول الليل متعادلين على الأرض ، فإن مدار الشمس يشطره أفق الراصد . وفي شهر ديسمبر ، تلامس الشمس الأفق وبالتالي لا يكون هناك ساعات نهار فعلية ، بينما في حالة الانقلاب الصيفي في يونيو ، فإن الشمس لا تغرب . وهكذا ، فإنه عند الدائرة القطبية ، تتراوح ساعات النهار بين صفر و 24 ساعة ، أما عند دائرة عرض 50° شمالاً كما هو في المثال الثاني ، فإن طول النهار في يوم ٢١ يونيو يبلغ حوالي 16 ساعة ، مقابل 8 ساعات في ٢٢ ديسمبر .

إن طول النهار في غاية الأهمية لتحديد كمية وكثافة الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض . هذا وعلى نفس القدر من الأهمية ، فإن تقدير تأثير زاوية ارتفاع الشمس الذي يمكن تحديده وفق قانون لامبرت لزاوية الجيب Lambert's cosine Law . ويحدد هذا القانون كثافة أو تدفق الطاقة على سطح الأرض من خلال زاوية الجيب المحصورة بين دائرة العرض وبين زاوية اتجاه سقوط الأشعة . ولكي يسهل التطبيق ، فإنه يمكن تعديل هذه المعادلة بحيث تصبح المعلومة الوحيدة المطلوبة هي ارتفاع الشمس وتصبح المعادلة على النحو التالي:

$$I = i \cdot \sin \beta$$

حيث I = كثافة الإشعاع على سطح الأرض ، i = الكثافة الأصلية لحزمة الشمس β = ارتفاع الشمس ويوضح شكل (٢-٢) هذه المعادلة ، كما يظهر الرسم البياني الأساس العلمي والمنطقي لهذه المعادلة . وتوضح التطبيقات التالية كيفية استنتاج قيمة (I) أي كثافة الإشعاع الشمسي على سطح الأرض في ثلاثة مواقع في الاعتدالين .

وفي كل مثال تكون قيمة الكثافة الأصلية لحزمة الشمس (i) = ١

عند خط الاستواء: ارتفاع الشمس = ٩٠° أي أن $\beta = ٩٠^\circ$

كثافة الأشعة عند سطح الأرض = الكثافة الأصلية لحزمة الشمس (i) = ١ زاوية السمت ٩٠°

$$١ = ١ * ١ = ١$$

عند دائرة عرض ٦٠° شمالاً فإن ارتفاع الشمس = ٦٠°

$$١,٥ = ٠,٥ * ١ = ٠,٣٠ = i \cdot \sin = ١$$

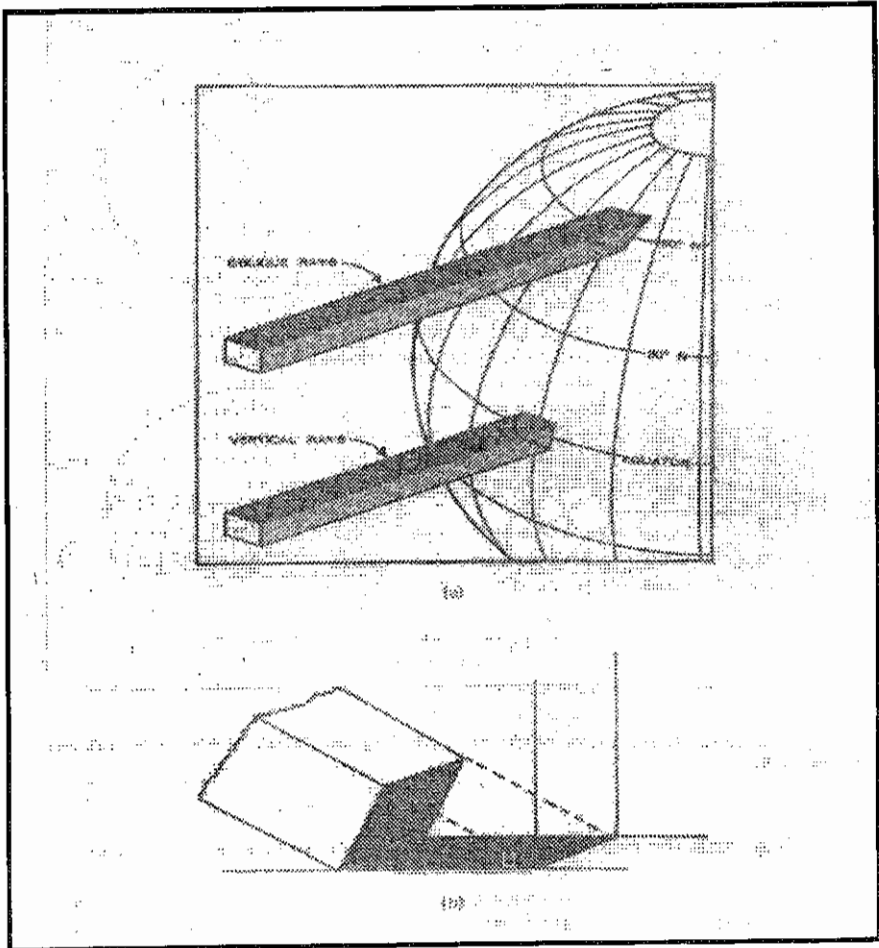
ويمكن ملاحظة تناقص كثافة الإشعاع الشمسي مع تناقص ارتفاع الشمس. وعند دائرة ٦٠° شمالاً كما في المثال السابق ، إن كثافة الأشعة تعادل $\frac{1}{2}$ مثلتها عند خط الاستواء . أما عند القطبين في نفس الوقت ، حينما يكون ارتفاع الشمس صفراً ، فإنه لا تسقط أي أشعة شمسية على الأرض . إن حركة الشمس الظاهرية للشمس تعني أن زاوية السمت (الزاوية المحصورة بين الشمال الجغرافي وبين سقوط حزمة الأشعة الشمسية على السطح الأفقي) تختلف على مدار الوقت . عند الظهيرة ، تبلغ زاوية السمت تبلغ ١٨٠° (وتشير إلى الجنوب) في نصف الكرة الشمالي ، بينما في نصف السماء الشرقي ، فإنها تختلف ما بين $١٨٠^\circ - ٣٦٠^\circ$. وفي الواقع ، فإنه بضرب مثال آخر عند دائرة عرض ٥٠° شمالاً في أثناء الاعتدالين ، فإن الشمس تشرق بزاوية سمث ٩٠° ، ويبلغ أقصى ارتفاع لها عند زاوية سمث ١٨٠° ، وتغرب الشمس بزاوية سمث ٢٧٠° .

وإذ تعتبر العوامل السابقة هي الركيزة الأولية في تقدير إمكانيات استخدام الطاقة الشمسية، إلا إنه يمكن تجاهلها عند استنتاج المعاملات الرياضية ووصولاً للبيانات اللازمة لتقدير طاقة الرياح. وهناك العديد من المصادر المتاحة لمثل تلك التطبيقات العملية. ويعد من أهمها الرسوم البيانية التي توضح مخططات الشمس، وبمجرد فهم هذا التصور التوضيحي لتلك المسارات، يصبح من السهل استخدامها. وتبدو الشمس ظاهرياً أنها متحركة في سماء الأرض كما يتضح في تلك المخططات البيانية لمسار الشمس. ويتكون هذا المخطط من دائرة ، محيطها يمثل الأفق ، بينما مركزها السمث فوق الرأس مباشرة [وهو ما يطلق عليه أن الشمس في كبد السماء] كما يتضح في شكل (٢-١٢) .

ولكي يمكن تحديد أي موقع في السماء فإننا نحتاج إلى زاوية السمـت وارتفاع . وفي مخطط مسار الشمس ، فإن تمثيل السمـت يكون بالزاوية من صفر - 360° حول الدائرة . ويتم حساب الزاوية من اتجاه الشمال الذي يمثل (صفر $^{\circ}$) ثم تتدرج الزاوية في اتجاه عقارب الساعة . أما نقطة أو موقع ارتفاع الشمس يتم تحديده من خلال عدد من الدوائر متحدة المركز ويكون الأفق الذي يمثل (صفر $^{\circ}$) إلى سمـت التي تمثل 90° كما يتضح في شكل (٢-٢) .

شكل (٢-٢) : (أ) تناقص زاوية الشمس يؤدي إلى تناقص كثافة الإشعاع

(ب) تباين توزيع كثافة الإشعاع الشمسي على سطح الأرض

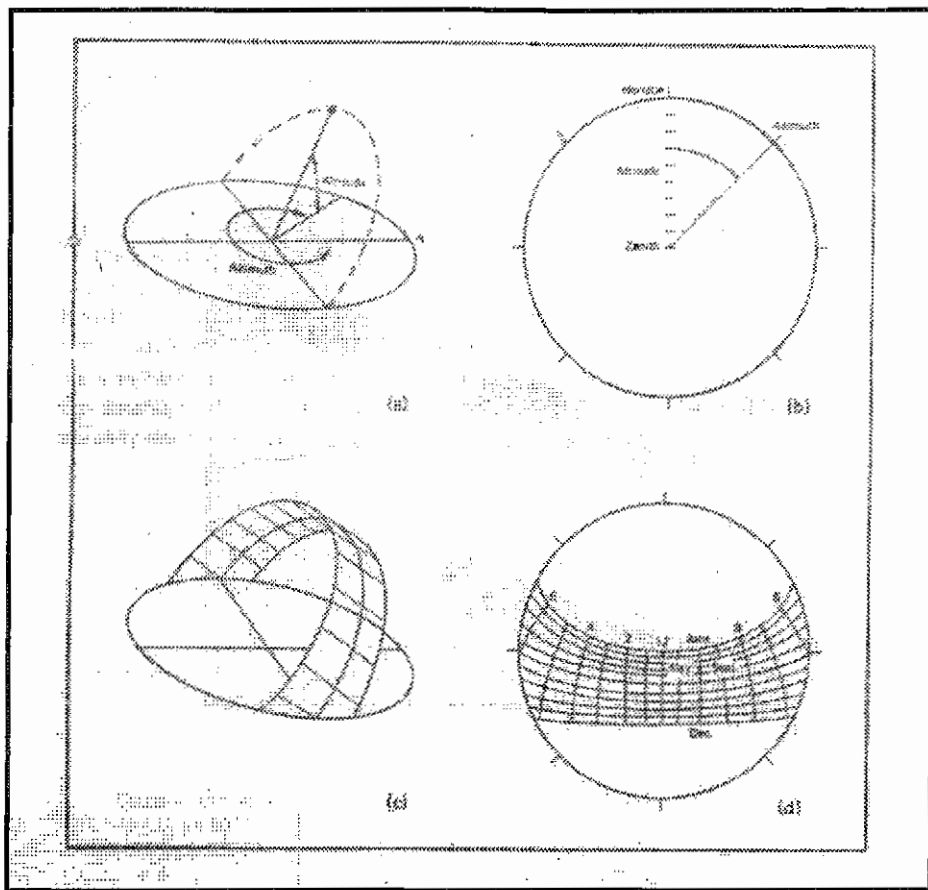


ويتضح مسار الشمس عبر السماء من خلال عدد من الخطوط التي تبدأ من الجانب الشرقي للدائرة الذي يمثل الشروق وينتهي عند الجانب الغربي الذي يمثل الغروب . ويمثل أقصى خط شمالي مسار الشمس في ٢٢ يونيو أي في الانقلاب الصيفي ، يقابله أقصى خط جنوبي في مسار الشمس في ٢٢ ديسمبر أي الانقلاب الشتوي . وفيما بين هذين الخطين (الانقلابين) يوجد العديد من الخطوط الأخرى التي توضح مسارات الشمس في السماء على مدار السنة . ويمثل كل خط منها مسار الشمس لمدة يومين فقط من السنة ، واليوم الأول يمثل مسار الفترة من يناير إلى يونيو ، حينما يتحرك مسار الشمس إلى أبعد نقطة شمالا يوميا ، والثاني حينما يتحرك مسار الشمس من يونيو إلى ديسمبر في أثناء حركة مسار الشمس في طريق عودتها جنوبا (شكل ٢-٣ ج) . ويعكس أقصر تلك الخطوط {عبر مسار الشمس {عدد ساعات النهار. وتُظهر شروق الشمس حوالي الساعة ٦ صباحا ، ثم تعبر من الشمال إلى الجنوب عند منتصف النهار ، لتغرب حوالي الساعة ٦ مساء . ويطلق على ذلك التوقيت الشمسي Solar Time الذي يختلف اختلافا طفيفا عن التوقيت المحلي Local Time ، و يتجاهل المخطط الشمسي مثل تلك الاختلافات لأنها لا تكاد تذكر . ويوضح شكل (٢-٣د) المسار الشمسي عبر السماء لتوضيح السمات والارتفاع .

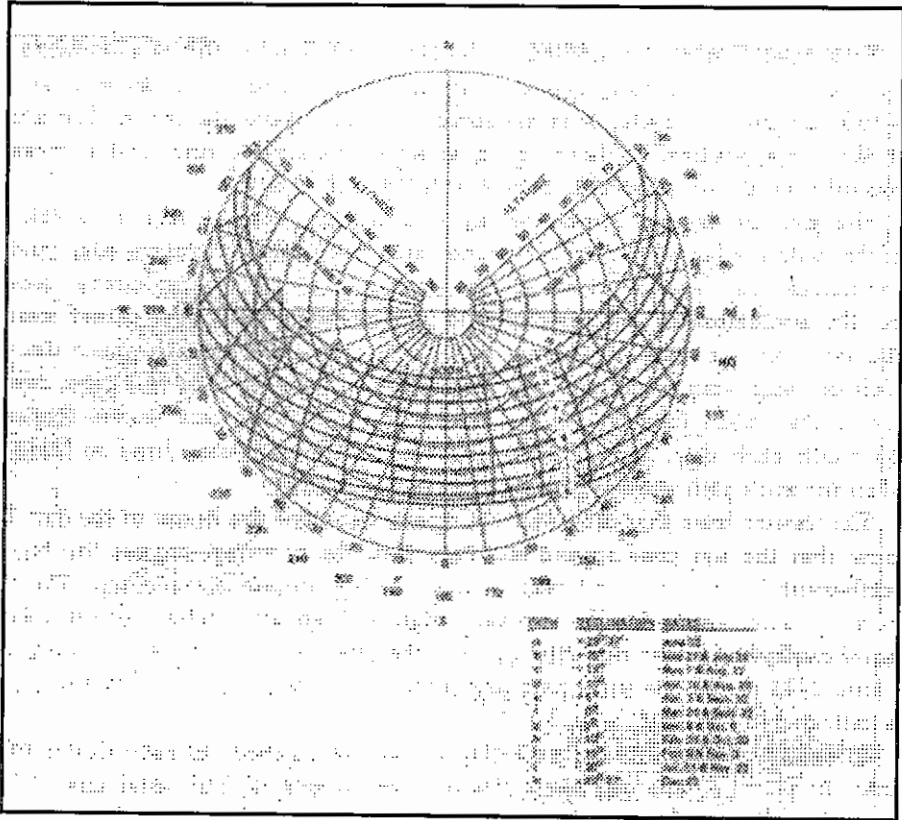
ونظريا ، فإن مختلف مخططات مسار الشمس تمثل درجة واحدة من درجات ارتفاع الشمس . وعمليا، يمكن إدراك ارتفاع الشمس من خلال ملاحظة عدد أقل من الخطوط. وعند إعداد الخرائط الشمسية Solar charts فإن كل ٤ درجات ارتفاع يمثلها خطا واحدا، ويعد ذلك كافيا للاستخدامات العملية. ويضرب شكل (٢-٤) نموذجا كاملا لمخطط مسار الشمس عند دائرة عرض ٤٠ درجة شمالا .

ويمكن أيضا استنتاج أو تقدير مسار الشمس من خلال الرجوع إلى جداول منشورة. ويعد أحد أهم تلك الجداول ما نجده في التقويم الأمريكي American Ephemeris، والتقويم البحري Nautical Almanac أو غيرها. وإجمالا يمكن القول بأن، البيانات الضرورية قد أصبحت متاحة بالفعل، ويمكن الحصول عليها بسهولة، مما لا يستدعي إجراء أي عمليات حسابية طويلة ومعقدة عند تقدير علاقات الأرض / الشمس.

شكل (٢-٣) : تفسير مخطط مسار الشمس



شكل (٢-٤) مخطط مسار الشمس عند دائرة عرض ٤٠ درجة شمالا



دور الغلاف الجوي

إن المكونات الغازية التي تحيط بالأرض تسهم بشكل أساسي في تعديل انسياب الطاقة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض. فحينما تخترق أشعة الشمس الأجزاء العليا من الغلاف الجوي ، فإنها لا تختلف كثيراً بسبب شدة خلخلة تلك الغازات . وعلى أية حال ، فإن نسبة ضئيلة من تلك الحزم الإشعاعية تصطدم بالجزيئات مما يحدث أثراً ذات أهمية واضحة . ولعل من أبرزها الأضواء القطبية، تلك الستائر الضوئية التي تمتد ما بين ١٢٥-٦٠٠ ميل (٢٠٠-٩٦٥ كم) فوق سطح الأرض، وتتكون من جزيئات تلمع وتتوهج حينما ترتطم بالأشعة الشمسية. وحينما تتوغل أكثر الأشعة الشمسية في الغلاف الجوي ، فإن الحزم الشمسية تصل إلى أجزاء

أخرى تصبح عندها الغازات أكثر كثافة مما يسمح بحدوث تعديلات جوهرية في الأشعة الشمسية. ويمكن حصر العمليات التي تتعرض لها الأشعة الشمسية فيما يلي:

١ - الامتصاص: تتعرض الأشعة الشمسية ذات الموجات القصيرة مثل الأشعة فوق البنفسجية (طول موجاتها أقل من ٠,٣ ميكرون) لعملية الامتصاص Absorption بواسطة طبقة الأوزون . أما موجات الطاقة الطويلة (٠,٩-٢,١ ميكرون) فيتم امتصاصها بشكل أساسي بواسطة غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء .

٢ - التشتت : إن الجسيمات العالقة وجزيئات الغاز الموجودة في الهواء تُعرض ضوء الشمس لعملية التشتت Scattering في جميع الاتجاهات . ويصل بعض تلك الأشعة الضوئية إلى الأرض وبعضها الآخر يرتد إلى الفضاء. وتعتبر عملية التشتت والانعكاس سبب ضعف كمية الأشعة الشمسية الواصلة للأرض .

٣ - الانعكاس: إن كمية الطاقة التي تنعكس إلى الفضاء الخارجي تتوقف على كل من غطاء السحب وطبيعة سطح الأرض التي تسقط عليه أشعة الشمس الضوئية. ويعد كل من التوهج، العتمة الدائمة، قمم السحب، الثلج، الأسطح الصحراوية في مجملها مؤشرات واضحة لعملية الانعكاس Reflection لضوء الشمس. ويطلق على هذا الضوء المنعكس (المرعد) الألبيدو . ويعتبر هذا الانعكاس البسيط بالإضافة إلى صور الانعكاسات الأخرى مضافاً لها مساهمة عملية التشتت هي الأكثر تأثيراً في كمية الإشعاع الواصل للأرض وهي ما يطلق عليه الألبيدو الكوكبي . هذا ولو قدرنا اعتبارياً أن كمية الأشعة الواصلة إلى قمة الغلاف الجوي تعادل ١٠٠ وحدة، نجد أن :

• يتم امتصاص ١٧ وحدة بواسطة غاز الأوزون، وبخار الماء، وقطرات الماء، وغاز ثاني أكسيد الكربون.

• يتم انعكاس ٣٠ وحدة إلى الفضاء الخارجي ، منها ٢٣ وحدة بواسطة السحب و ٧ وحدات بواسطة سطح الأرض فيما يطلق عليه الألبيدو.

• يتم تشتيت ٦ وحدات لتعود ثانية إلى الفضاء الخارجي بواسطة
 الجزيئات الغازية وجزيئات الغبار ، وعليه يعادل الألبيدو الكوكبي
 Planetary Albedo ٣٠ وحدة انعكاس + ٦ وحدات تشتت = ٣٦ وحدة

وهكذا فإن ٥٣ وحدة تحجب من الوصول إلى سطح الأرض. وهذه
 الوحدات المفقودة (٥٣ وحدة) تعني أن هناك ٤٧ وحدة باقية (من إجمالي ١٠٠
 وحدة افتراضية) تمثل إجمالي الطاقة التي تدخل فعليا السطح. ومن ثم ، فإن أقل
 من نصف طاقة الشمس تصل إلى الحدود الخارجية للغلاف الجوي ، وهي كمية
 الطاقة المتاحة لسطح الأرض فعليا .

هذا وعند وصف التغيرات التي تطرأ على الطاقة المتدفقة ، فإن هناك العديد
 من المفاهيم المعبرة عنها . إذ يمكن تحديد القيمة العددية لكمية الضوء التي تمايزت
 بالامتصاص والتشتت من خلال ما يطلق عليه بمعامل التمايز Extinction
 Coefficient . وبالمثل مصطلح التعكير Turbidity الذي يتعلق بشفافية الغلاف
 الجوي. وينصب هذا المصطلح على تغير الضوء المرئي بواسطة الغبار، والطلع
 (حبوب اللقاح)، والجسيمات العالقة بالهواء. وتختلف عكارة الغلاف الجوي من
 مكان إلى آخر ومن فصل إلى آخر . وقد أتضح على سبيل المثال ، أن متوسط
 عكارة cp (القارية القطبية) لكثافة الهواء الشتوية هي أقل تعكيراً من mt (البحرية
 المدارية) خلال فصل الصيف . وإن الأيام السديمية Hazy Days (هي أيام ذات
 سحب غبارية دقيقة وشفافة) في الصيف مقارنة بالأيام الشتوية تعكس الاختلافات
 في درجة تعكير الغلاف الجوي . وهناك طريقة أخرى لوصف دور الغلاف الجوي
 في تغير انسياب الطاقة الشمسية وهو ما يُطلق عليه العمق البصري Optical
 Depth أو السمك البصري Optical Thickness للغلاف الجوي. ويقاس
 السمك البصري من خلال التناقص التراكمي للتدفق الشمسي وهو ما يرتبط جزئياً
 بقانون بير Beer's Law، وهو قانون أطلق في القرن التاسع عشر نسبة إلى العالم
 الفيزيائي الألماني أوجست بير August Beer . ويقدم هذا القانون صياغة
 رياضية لطول الحزمة الشمسية خلال الغلاف الجوي . ويتضح في شكل (٢-٢) أن
 طول حزمة أشعة الشمس حينما ينخفض ارتفاع الشمس في السماء تكون الأشعة
 مائلة فتكون أطول من تلك التي تخترق الغلاف الجوي حينما تكون الشمس أكثر
 ارتفاعاً في السماء وأن الأشعة تسقط بزاوية تقترب من ٩٠ درجة (الوضع
 العمودي).

إن التأثيرات التي تضعف ضوء الشمس حينما ينخفض ارتفاع الشمس في السماء يمكن إدراكه على سبيل المثال وقت الغروب حينما تتعرض بعض الأشعة الضوئية للتشتت مما يؤدي إلى تلون السماء بالألوان التي تميل للقرمزي والأحمر وغيره .

وهكذا فإن كل من العوامل السابقة تسهم في تناقص كمية ضوء الشمس المتاح في مركز تجميع طاقة الشمس Solar Energy . إن الموقع النسبي للشمس في السماء بالإضافة إلى التغييرات التي تطرأ على الأشعة الشمسية كنتيجة لحالة الغلاف الجوي تُحدث اختلافات واسعة في الاستخدام المحتمل للإشعاع الشمسي كمصدر للطاقة الباقية والدائمة .

توزيع الإشعاع الشمسي في الولايات المتحدة الأمريكية

نماذج إقليمية Macro patterns

بدون الغلاف الجوي، يصبح من السهل حساب كمية الإشعاع التي تصل إلى سطح الأرض. ويمكن باستخدام العوامل الفلكية الأساسية تحديد كمية الطاقة الواصلة إلى كل دائرة عرض كما يتضح في جدول (٢-١). ويشير الجدول إلى الاختلافات البارزة التي تحدث في أثناء شهور الشتاء حينما تكون زاوية ميل الشمس صغيرة (قريبة من مستوى الأفق) ، ويقصر طول النهار في العروض العليا . إنه في يوم ٢٢ ديسمبر على سبيل المثال، تبلغ كمية الطاقة المتاحة عند دائرة عرض ٦٠ درجة شمالاً ٠,٠٥ ك كالوري / سم^٢، وتقل هذه الكمية كثيراً عن ١/١٠ الكمية الواصلة لدائرة عرض ٢٠ درجة شمالاً إذ تبلغ ٠,٦٢ ك كالوري / سم^٢ . وعلى النقيض من ذلك ، في ٢٢ يونيو ، فإن طول النهار في المناطق القطبية حيث ينخفض الفرق في كمية الطاقة عند ٦٠ درجة شمالاً (١,٠١ ك كالوري / سم^٢) فترتد قليلاً عن مثلتها على دائرة ٢٠ درجة شمالاً (٠,٩٦ ك كالوري / سم^٢) .

إن هذه الصورة البسيطة تتغير بدرجة كبيرة حينما نأخذ في الحسبان دور الغلاف الجوي . إذ يمكن نظرياً حساب مقدار التعديل أو التغيير في حزمة أشعة الشمس بواسطة الغلاف الجوي باستخدام المعادلات السابقة ، ولكن نتائج تلك المعادلات تصبح أقل ثقة مقارنة بالنتائج التي نحصل عليها من القياس المباشر . ولسوء الحظ ، على الرغم من كون الإشعاع الشمسي يتم رصده عبر العديد من السنوات ، فجدير بالذكر أن شبكة الرصد الأمريكية قد تم تحسينها ، ولكنها غير

كافية مقارنة بتلك الشبكات على المستوى العالمي . ومما يدعو إلى ضرورة تطوير الوسائل التكنولوجية لرصد الإشعاع الشمسي في الولايات المتحدة الأمريكية، أن الهيئة القومية للمحيطات والغلاف الجوي، بالتعاون مع هيئة تطوير بحوث الطاقة، قد قامت حديثاً بإنشاء شبكة كثيفة من محطات الرصد.

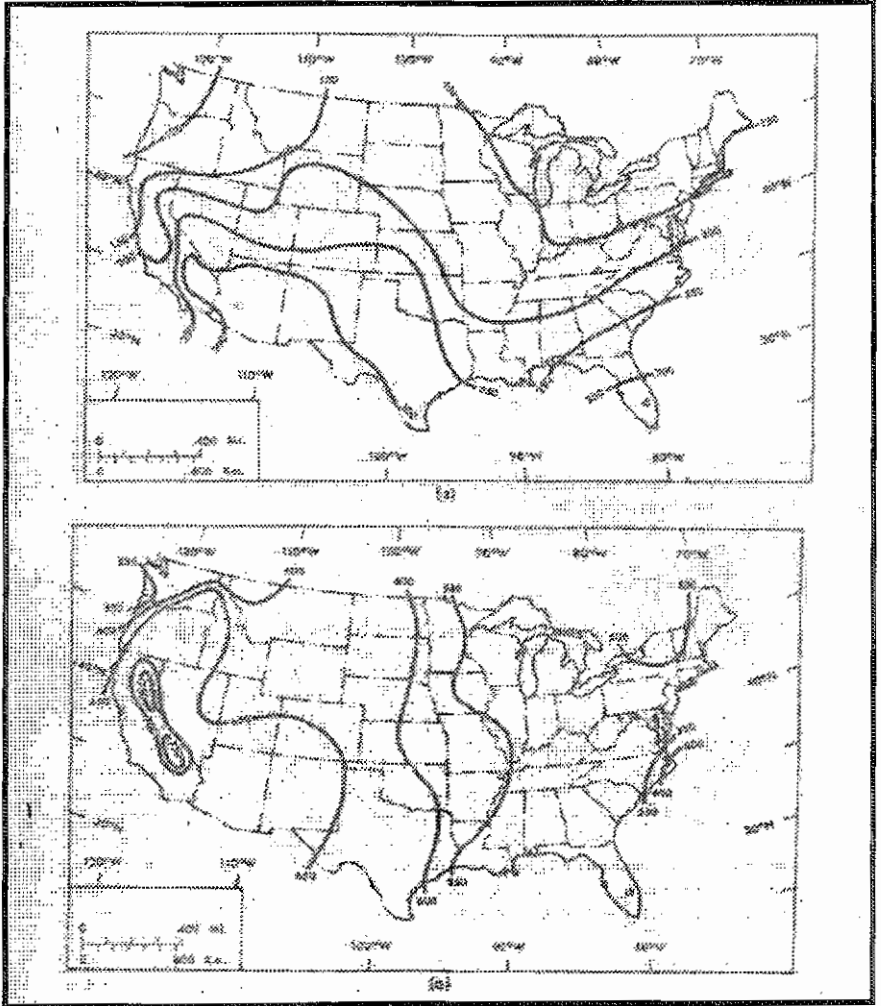
ويمكن عند مناقشة العلاقة بين الأرض والشمس، أن نفترض أن توزيع الطاقة الشمسية يرتبط أساساً بدوائر العرض. ويبدو ذلك واضحاً بالنسبة لشهر يوليو (شكل ٢-٥ ب). إذ يمكن ملاحظة تناقص المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي خلال شهر يوليو وفقاً لخطوط الطول، فترتفع القيم في منطقة كاليفورنيا - نيفادا بينما تنخفض القيم بالاتجاه نحو المحيطات. ويتضح هذا التوزيع جزئياً في شكل (٢-٦) الذي يوضح النسبة المئوية لسطوع الشمس الممكن في يناير ويوليو. ويقاس هذا دور وتأثير الغلاف الجوي في تعديل وتغيير حزم الأشعة الشمسية، وربما تلعب الغيوم دوراً أساسياً في ذلك، إذ تؤدي إلى تناقص الأشعة بكمية ينبغي أخذها في الاعتبار. وفي مدينتي دينفر وفيلادلفيا، يبلغ إجمالي ساعات سطوع الشمس الممكنة في منتصف شهر يناير يبلغ ٩,٥ ساعة. ويبلغ المتوسط الفعلي للسطوع ٥,٧ ساعة فقط من تلك الساعات، ويبلغ ٤,٣ ساعة في فيلادلفيا.

وعند مقارنة شكل (٢-٥) مع شكل (٢-٦)، يمكن أن نضع تفسيراً للمناطق التي يصل إليها الإشعاع الشمسي بصورة حادة. إن تقع أقل قيم الإشعاع الشمسي في الشمال الغربي وكذلك المنطقة المحيطة بالبحيرات العظمى وإلى جنوبها الشرقي حيث يبلغ معدل المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي في مدينة بتسبرج في يناير لتبلغ ١٠٠ لانجلي، ويتضح أن هذه المناطق تستقبل أقل من ٣٠% من ساعات سطوع الشمس الممكنة كما في شكل (٢-٦).

وتختفي هذه الاختلافات بشكل أو بآخر في الخرائط العامة التي تمثل المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي في الولايات المتحدة الأمريكية في سنة ما كما يتضح في شكل (٢-٧).

شكل (٢-٥) أ : المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي في يناير (لانجلي)

ب : المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي في يوليو (لانجلي)

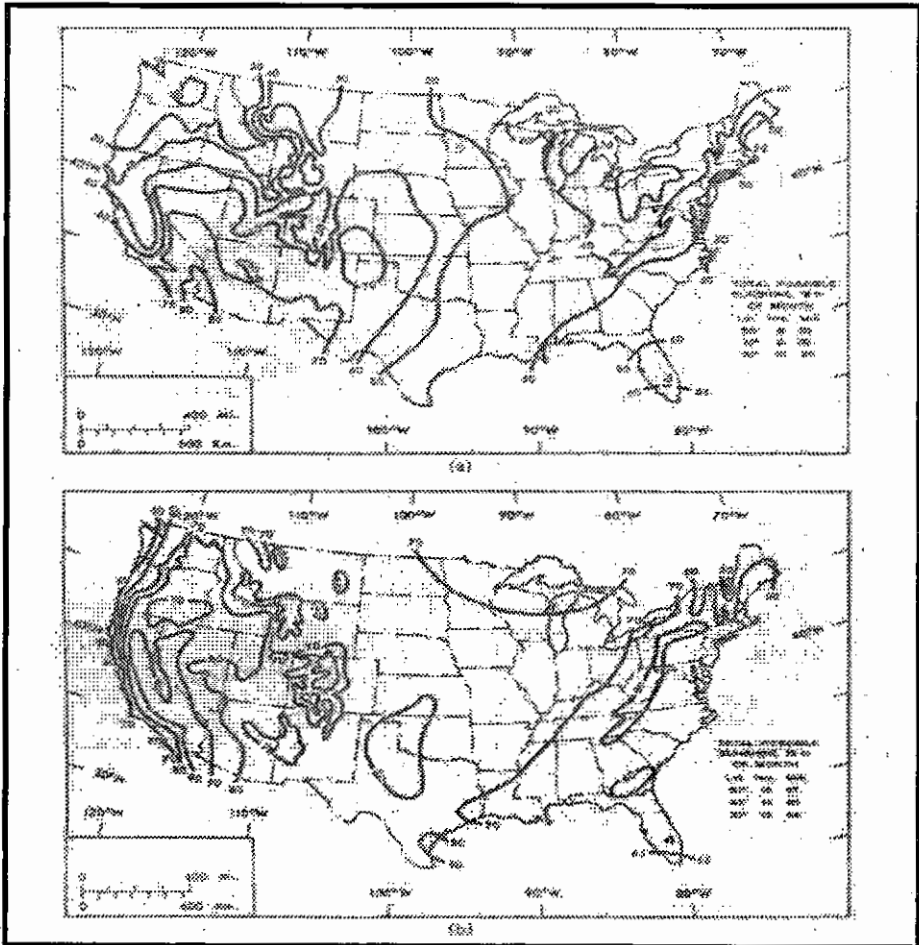


إذ تعكس، مثل تلك الخرائط صورة مدمجة تقريبية للطاقة الشمسية المحتملة، ويتضح ذلك عند مقارنتها بخرائط توزيع القيم الشهرية. ويدفعنا ذلك إلى ضرورة شرح وتحليل كل منهما تحليلا دقيقا ومتعمقا لفهم مدلول هذه الخرائط بدقة، وماهية

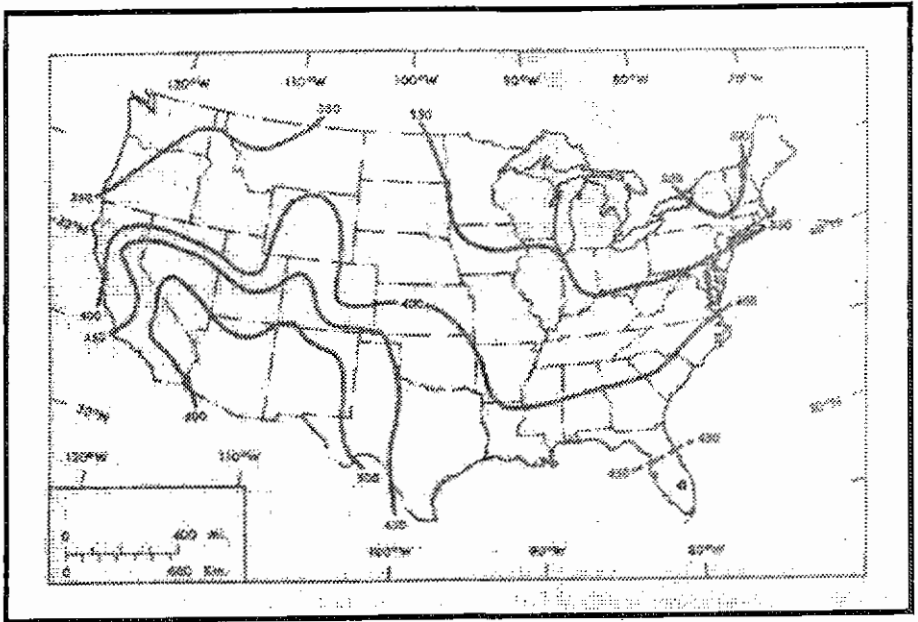
قيم المتوسط ؟ ويجدر التنويه، إلى أن المتوسط هو أحد مقاييس النزعة المركزية التي تتجاهل الاختلافات في القيم. ثانياً ، فيمكن أن تعطي الخريطة السنوية انطباعاً شديد العمومية . وهكذا فإن الدراسات المتعمقة تحتاج إلى تحليلات على نطاق أوسع.

شكل (٢-٦) : أ : النسبة المئوية لضوء الشمس الممكن في يناير بالساعة في محطات مختارة

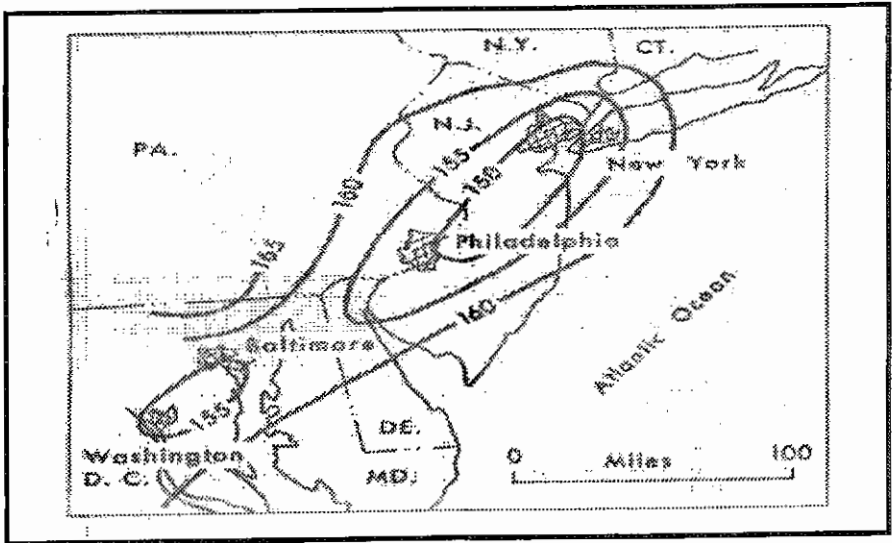
ب : النسبة المئوية لضوء الشمس الممكن في يوليو بالساعة في محطات مختارة



شكل (٧-٢): المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي (لانجلي) على مدار السنة



شكل (٨-٢) المعدل اليومي لإجمالي الإشعاع الشمسي (وات / م^٢)



المصدر : Atwater & ball

جدول (٢-١) الإجمالي اليومي للإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض (ك ك كالوري / سم^٢)

دائرة العرض لدرجة	٢١ مارس	٦ مايو	٢٢ يونيو	٨ أغسطس	٢٣ سبتمبر	٨ نوفمبر	٢٢ ديسمبر	٤ فبراير
٩٠ شمالاً	-----	٠,٨٠	١,١١	٠,٧٩	-----	-----	-----	-----
٨٠	٠,١٦	٠,٧٨	١,٠٩	٠,٧٨	٠,١٦	-----	-----	-----
٧٠	٠,٣٢	٠,٧٧	١,٠٤	٠,٧٦	٠,٣١	٠,٠٢	-----	٠,٠٢
٦٠	٠,٤٦	٠,٨٣	١,٠١	٠,٨٣	٠,٤٦	٠,١٥	٠,٠٥	٠,١٥
٥٠	٠,٥٩	٠,٨٩	١,٠٢	٠,٨٩	٠,٥٩	٠,٣٠	٠,١٨	٠,٣٠
٤٠	٠,٧١	٠,٩٤	١,٠٢	٠,٩٣	٠,٧٠	٠,٤٤	٠,٣٣	٠,٤٥
٣٠	٠,٨٠	٠,٩٦	١,٠٠	٠,٩٥	٠,٧٩	٠,٥٨	٠,٤٨	٠,٥٩
٢٠	٠,٨٧	٠,٩٥	٠,٩٦	٠,٩٤	٠,٨٦	٠,٧١	٠,٦٢	٠,٧١
١٠	٠,٩١	٠,٩٢	٠,٩٠	٠,٩١	٠,٩٠	٠,٨١	٠,٧٦	٠,٨٢
صفر	٠,٩٢	٠,٨٦	٠,٨١	٠,٨٦	٠,٩١	٠,٩٠	٠,٨٧	٠,٩٠
١٠	٠,٩١	٠,٧٨	٠,٧١	٠,٧٨	٠,٩٠	٠,٩٦	٠,٩٦	٠,٩٦
٢٠	٠,٨٧	٠,٦٨	٠,٥٨	٠,٦٧	٠,٨٦	٠,٩٩	١,٠٣	١,٠٠
٣٠	٠,٨٠	٠,٥٦	٠,٤٥	٠,٥٦	٠,٧٩	٠,٩٩	١,٠٧	١,٠٠
٤٠	٠,٧١	٠,٤٣	٠,٣١	٠,٤٢	٠,٧٠	٠,٩٧	١,٠٩	٠,٩٨
٥٠	٠,٥٩	٠,٢٨	٠,١٧	٠,٢٨	٠,٥٩	٠,٩٣	١,٠٩	٠,٩٤
٦٠	٠,٤٦	٠,١٤	٠,٠٥	٠,١٤	٠,٤٦	٠,٨٧	١,٠٨	٠,٨٧
٧٠	٠,٣٢	٠,٠٢	-----	٠,٠٢	٠,٣١	٠,٨٠	١,١١	٠,٨١
٨٠	٠,١٦	-----	-----	-----	٠,١٦	٠,٨١	١,١٧	٠,٨٢
٩٠ جنوباً	-----	-----	-----	-----	-----	٠,٨٣	١,١٨	٠,٨٣

دعونا نفترض أن هناك شخصاً في نيوجرسي يرغب في إنشاء وحدة شمسية لتجميع أشعة الشمس وكان لديه الخيار أن يضعها في أي مكان في الولاية . ويتضح من توزيع المعدل اليومي للإشعاع الشمسي كما في شكل (٢-٧) أن الاختلافات في الإشعاع الشمسي تبدو في حدودها الدنيا . ويعتبر ذلك مضللاً ، فقد أوضح كلر من أتوتر وبول Atwater & Ball أن هناك اختلافات إقليمية واضحة في الإشعاع الشمسي في هذه الولاية وغيرها من الولايات الشرقية. قد أظهر الباحثان باستخدام محصلة بيانات نموذج الإشعاع الشمسي، إلى أي مدى هناك اختلافات بارزة في الإشعاع الشمسي في مناطق صغيرة نسبياً. وعلى سبيل المثال في شكل (٢-٨) ، يتضح أن المناطق المجاورة لولاية نيوجرسي (وهي ولاية صغيرة المساحة) ، تختلف فيها القيم بنسبة ١٠% . وقد لا يظهر مثل هذا الاختلاف في القيم بصورة تفصيلية فيما بين فيلادلفيا ، نيويورك ، وواشنطن كما في شكل (٢-٨) ، وربما تكون الاختلافات بين القيم ضئيلة لدرجة يصعب حسابها ، وذلك لكون تأثيرات الإشعاع الشمسي لم تؤخذ في الحسبان وليست ضمن مدخلات نموذج الإشعاع . إن التناقص الواسع في الإشعاع الشمسي بين فيلادلفيا وسواحل ولاية نيوجرسي، مقارنة بتلك بين نيويورك والساحل هي في مجملها اختلافات تعكس تأثيرات المناطق متوسطة المساحة . وتُظهر مثل تلك الصورة المخاطر الدراماتيكية التي يتضمنها تقدير الإشعاع الشمسي ، حتى وإن كان ذلك على أساس التقديرات السنوية ، حيث يمثل خطأ واحداً بقيمة معينة بين محطتين يفصل بينهما ٥٠٠ كيلومتراً كمحطتين للرصد الجوي . ونخلص مما سبق، إلى أن التوزيع المكاني لإجمالي الإشعاع الشمسي يتأثر بنفوذ الأراضي الساحلية - Coastal Inland، والاختلافات بين المدن والمناطق الريفية Urban - Rural. ومن ثم يصبح الاعتماد على نماذج ذات مساحات محدودة غير مجدياً، ويصبح الحل المثالي هو تحليل البيانات على مستوى تفصيلي Micro scale.

النماذج التفصيلية Micro patterns

إذ ربما التحليلات التالية لتوزيعات الطاقة الشمسية قد توفر لنا قاعدة استرشادية لكمية الطاقة المتاحة ، فإن الاستخدام الأمثل لهذه الطاقة يعتمد على اختيار موقع إنشاء محطات الطاقة الشمسية الذي يتيح تحقيق الاستخدام الأمثل لها .

ويعتمد هذا في جزء كبير منه على الخصائص التفصيلية للسطح المعرض للإشعاع الشمسي .

إن الوسائل والطرق المتبعة للاستفادة من الطاقة الشمسية المتاحة يعد بعضها فعالاً بينما بعضها الآخر قد يكون غير فاعلاً . إن الأنظمة التي قد يطلق عليها غير فاعلة Passive Systems هي تلك التي تعتمد على الخصائص التفصيلية للبيئات Microenvironments مثل الاعتماد على الطاقة الشمسية المجمعة بواسطة الامتصاص أو السقوط على الأسطح مباشرة. وتختلف مثل تلك الأنظمة عن الأنظمة الفاعلة Active Systems التي قد تكون أحد أشكالها تجميع الطاقة الشمسية الواصلة إلى السطح ثم يتم تجميعها بواسطة نظام تجميع الطاقة ثم تنتقل لتصبح في صورة طاقة يمكن الاستفادة منها، ومن أمثلتها أنظمة تسخين المياه " السخانات " .

الأنظمة غير الفاعلة

يمكن التعبير عن الأنظمة غير الفاعلة بمصطلح " التصميم بالمناخ design with Climate " . الذي يعتمد في مضمونه على أنه بعد الأخذ في الاعتبار خصائص المناخ ، يصبح من الممكن تصميم المبنى بحيث يعظم من شأن التأثيرات الإيجابية الممكنة من خلال توكيد العناصر الإيجابية وإبرازها وصولاً إلى المنزل المريح . وترتبط الراحة بالمنزل ولحد بعيد بالخصائص الحرارية لمواد البناء، التي تتأثر مباشرة بالإشعاع الشمسي. ويصبح لدى المهندسين المعماريين عدداً من الخيارات لوضع تصميماً مثالياً للمنزل، ومن الطبيعي أن يتحكم الموقع الجغرافي وظروف المناخ في اختيارهم.

قد يكون الإشعاع الشمسي غير مرغوباً فيه في بعض المواقع الجغرافية، بينما في مواقع أخرى يكون مرغوباً وبشدة. ولتحديد التصميم الأمثل لا بد أن نأخذ في الاعتبار عدة عوامل :

أ - مادة البناء

إن كمية الطاقة المطلوبة للحفاظ على درجة الحرارة داخل المنزل تعتمد على الظروف المناخية ومواد بناء الحوائط . وفي وقتنا الحاضر ، فإن البيوت سابقة التجهيز ومواد البناء شائعة الاستخدام ، لا تراعي أحياناً خصائصها الحرارية

الطبيعية . ويتفق هذا بالطبع مع الفلسفة القائلة بأن وسائل التدفئة والتبريد الصناعية تحل مشكلات المباني السكنية وغيرها بمجرد إمدادها بالطاقة. وبعد هذا عين الخطأ، إذ أنه عند تطبيق بعض المبادئ البسيطة يمكن تحديد السمك المثالي ومواد البناء الملائمة لكل مناخ.

وعلى الرغم من أن العديد من مواد البناء يمكن استخدامها في كثير من المناطق المناخية في ولاية نيويورك وكذلك الولايات الجنوبية الغربية ، ولكن طريقة البناء نفسها مختلفة تماماً فيما بين تلك الولايات.

ولفهم كيفية تفاعل المبنى مع المناخ الخارجي ، فإنه من الضروري الأخذ في الحسبان عدد من خصائص الطاقة . وبشكل أساسي ، ينصب التركيز على انسياب الطاقة من الحوائط والأسطح سواء من حيث كمية تلك الطاقة أو الفترة الزمنية التي تستغرقها في التدفق . ويمكن حساب تدفق الطاقة من مادة البناء من المعادلة التالية :

$$T\Delta Q=KIXA$$

حيث: K = خصائص التوصيل لمادة البناء X = سمك المبنى A = مساحة السطح

$$T\Delta = \text{الاختلاف في درجة الحرارة بين جانبي الحائط}$$

هذا، وفي حالة ما إذا كانت الحوائط تتكون من أكثر من طبقة من مواد البناء، يصبح من الضروري استخدام المعادلة التالية: $Q=UA(T \Delta)$

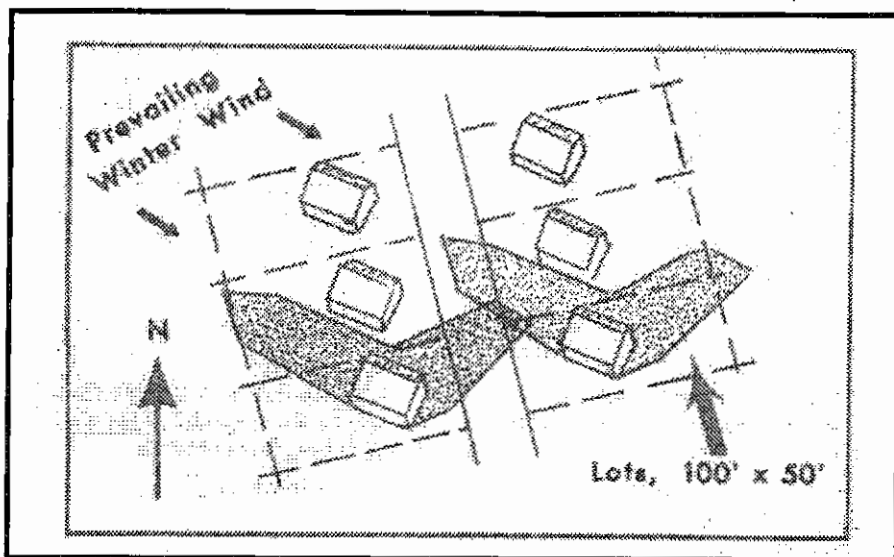
حيث U = التبادلية بين خصائص كل طبقة على حدة وبين مساحات الهواء في الحائط أو السقف ، وحينما تستخدم العديد من الطبقات بمواد بناء مختلفة ، فينبغي الحصول على قيمة U ، هذا ومن الملائم أن نوضح الخصائص الحرارية في هذه المعادلة ، وهو ما يعبر عنه بقيمة R أي الاحتفاظ بالحرارة Heat Resistance، وهي غالباً ما تشير إلى التبادلية U . وتختلف قيم R بدرجة كبيرة كما يتضح فيما يلي :

مادة البناء / الطبقات	قيمة R الاحتفاظ بالحرارة
مادة كلفانية (مطلية بالزنك) فوق الفتحات	٠,٦ درجة
مادة كلفانية (مطلية بالزنك) بارتفاع بوصة فوق سطح عازل	٣,٦ درجة
مادة كلفانية (مطلية بالزنك) بارتفاع ٣-٥ / بوصة من نشارة الخشب وتحتوي في داخلها على مادة كلفانية	١٠,٥ درجة

هذا ، وبينما يعتبر معدن الزنك بمثابة قرن في المناخ الحار ، فإن إجراء بعض التعديلات في البناء واستخدام مواد بناء معينة قد يؤدي إلى تغيير الصورة بأكملها .

وعند دراسة العلاقة بين مواد البناء وبين انسياب الحرارة ، يمكن أن نأخذ في الاعتبار عاملاً آخر على قدر كبير من الأهمية ، ألا وهو انتقال الحرارة عبر المبنى الذي لا يتم بشكل فجائي ، ولكن هناك دائماً بعض الوقت بين درجة الحرارة العظمى في الخارج وبين درجة الحرارة العظمى داخل المبنى . ويمكن أن تتراوح هذه المسافة الزمنية بين ٣ ساعات في حالة الحوائط الرقيقة التي تتكون من طبقتين منفصلتين بفرغ يشغله الهواء، وبين على الأقل ٨ ساعات في حالة الحوائط الأرضية المضغوطة بسمك ٣٠٠ ملليمتر. هذا وينبغي التنويه، إلى أنه ليس فقط الفرق في الفجوة الزمنية تلك، وإنما هناك أيضاً انخفاض في حدة التطرف في درجة الحرارة داخل المبنى مقارنة بالمناخ في خارج المبنى.

شكل (٢-٩) واجهة المباني والفراغات البيئية فيما بين الكتل السكنية لتفادي تأثير الظل والرياح شتاءً وتوضيح المساحة المظللة مساحة الظل في أثناء الانقلاب الشتوي



- الواجهات

إن طول الفترة الزمنية التي يتعرض خلالها المبنى لأشعة الشمس المباشرة ، أو تلك التي يغطي الظل خلالها المبنى تؤثر بصورة مباشرة في كمية الأشعة النافذة إلى المبنى . حيث يعتبر موقع الظل وامتداده انعكاساً لزاوية ارتفاع الشمس في السماء، ويمكن حسابها مباشرة لأي مبنى معروف المساحة. ولسوء الحظ، أن الكتل السكنية خاصة تلك ذات التكلفة الإنشائية المنخفضة أو المتوسطة، أن يكون التوجه العام لدى المهندسين أن تصطف المباني في خطوط متجانسة في بؤر تمثل مجمعات سكنية. ويحدث ذلك فعلياً في المناطق السكنية التي يغلب عليها شكل الصفوف المترابطة للمباني . ويعد إجراء أي تعديل ولو طفيف على واجهات المباني ، يمكن أن يعظم الاستفادة من الطاقة الشمسية إلى حدودها القصوى . ويتضح ذلك على سبيل المثال في شكل (٢-٩) الذي يبين إنشاء المباني في صفوف محددة بحيث يصبح موقع كل مبنى خارج منطقة الظل التي يحدثها المبنى المجاور له خلال شهور الشتاء. وإن مثل تلك التعديلات تسهم لحد بعيد في السماح بتوغل الأشعة الشمسية داخل المبنى حينما تشتد الحاجة إليها خلال شهور الشتاء . وينبغي

أن تؤخذ اتجاهات الرياح السائدة عند تصميم واجهات المباني السكنية. وفي المناخ البارد ، ينبغي أن يؤخذ اتجاه الرياح السائدة في الحسبان لأن الأسطح تفقد حرارتها بفعل تيارات الهواء الباردة . وهكذا ، فإن واجهات المباني التي يوضحها شكل (٢-٩) تظهر كيفية تقليص المساحة المواجهة من أي بناية لرياح الشتاء الباردة بحيث تصبح في حدودها الدنيا . وبينما نحرص على تجنب التعرض للتبريد بفعل الرياح Chilling Wind في المناخ البارد ، فإن نسيم الهواء يصبح محبباً ومرغوباً بشدة في المناخ المداري الرطب . ومن ثم ، فإن واجهات المباني في ذلك المناخ لابد أن تكون حوائطها عالية حتى تتعرض المساحة الأكبر منها للرياح السائدة .

٣ - فتحات الحوائط

تعتبر النوافذ والأبواب والشرفات هي فتحات في السطح الخارجي للمبنى ، ويجب أخذها في الحسبان بعناية لعلاقتها بالإشعاع الشمسي داخل المسكن . وإن مثل تلك الفتحات لابد أن يُراعى في تصميمها علاقتها بالرياح السائدة في الإقليم المناخي إنه في كل من العروض الباردة والأخرى الدفينة الجافة ، يجب تقليص حجم فتحات الحائط . ويصبح تقليصها في المناخ الأبرد أمراً شديد الأهمية خاصة على الجانب الذي لا يستقبل أشعة الشمس المباشرة ، إذ أن مثل تلك الفتحات وظيقتها الأولية هي كونها نقاط للتخلص من الحرارة الداخلية . وعليه يجب أن تضيق تلك الفتحات في واجهات الحوائط التي تقع في مهب الرياح السائدة شتاءً ، خاصة وأن الحدود القصوى لتسرب الهواء تقع حول النوافذ وإطارات الأبواب . ويصبح ضرورياً في المناخ الحار الجاف حجب ضوء الشمس من الخارج، وينبغي أن تضم الحوائط المواجهة للشمس في أثناء النهار الطويل الحد الأدنى من الفتحات. ويراعى عند إنشاء البيوت التقليدية في مثل ذلك المناخ أن تبنى بحوائط سميكة وفتحات نوافذ ضيقة، وغالباً ما تكون البيوت متقاربة للتمتع بالظل البيني بأقصى درجة ممكنة.

وينطبق هذا النموذج على العديد من الشوارع الضيقة في الكثير من الدول العربية كما هو موضح في شكل (٢-١٠) . أما في المباني الحديثة ، فإن الفتحات في الجوانب والحوائط المعرضة لأشعة الشمس ينبغي حمايتها بتركيب الشيش . وعادة ما يقل هذا الشيش نهاراً ، ويفتح بعد الغروب للسماح بتوغل النسيم البارد . أما في المناطق الدفينة الرطبة ، تصبح الفتحات مرغوبة بشدة . وثانية ، فإن المعمار التقليدي يستند على قاعدة تصميم مناسبة تسمح بأن تكون جوانب المبنى

مفتوحة من الداخل أو على الأقل يمكن فتحها باستخدام الشيش المتحرك كما يتضح في شكل (٢-١٠) .

٤ - شكل المبنى

تؤثر أبعاد الاتساع والارتفاع في عملية التبريد أو التسخين داخل المبنى . إذ ينبغي في الأقاليم المناخية الباردة الاحتفاظ بالدفء الداخلي، أما في الأقاليم المناخية الدفينة الجافة، ينبغي أن تكون مساحة الأسطح الخارجية المعرضة للإشعاع الشمسي في حدودها الدنيا، وتصبح الوحدات السكنية المندمجة هي الأفضل وظيفياً. أما فيما يتعلق بالواجهات الشمسية [تلك التي تستقبل الشمس عند الشروق والغروب] ، فإن الشكل الأمثل للمباني هو الذي يتم تصميمه وفقاً لمختلف الظروف المناخية

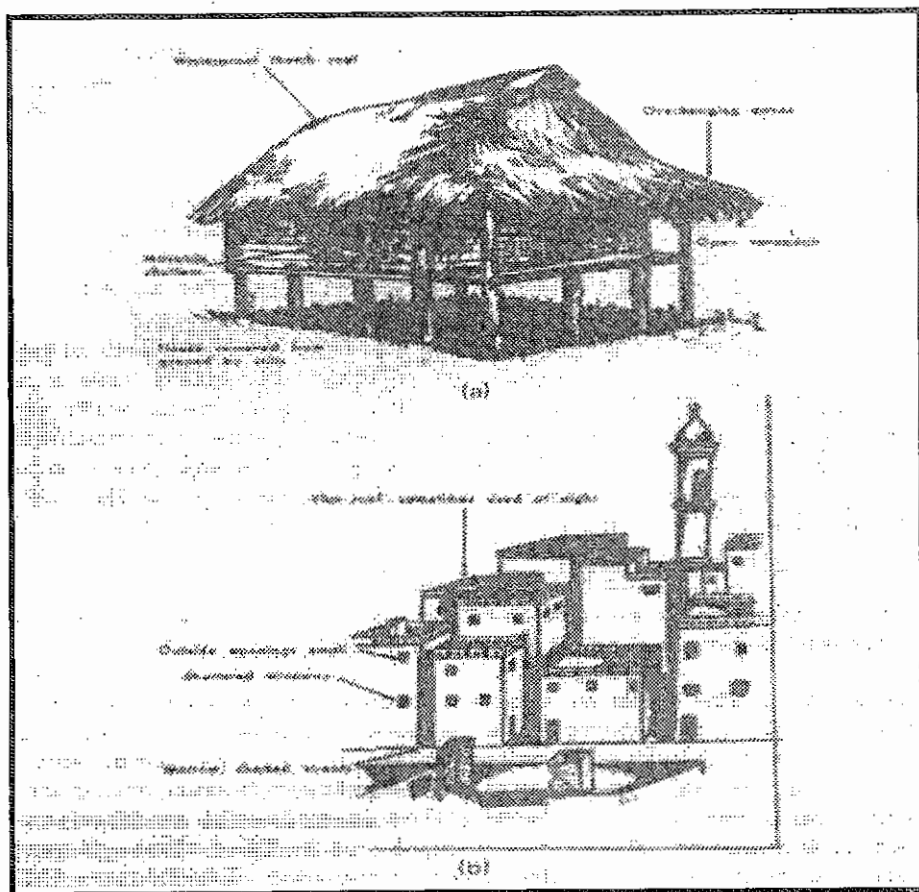
٥ - لون طلاء السطح

يعتبر اللون عاملاً مهماً في تحديد العاكسية النسبية لأسطح المباني . إذ تصبح الألوان القائمة مرغوبة في المناطق الباردة لأنها تمتص الطاقة . أما في المناطق المعتدلة، التي تتمتع باختلافات فصلية واضحة في كمية الإشعاع الشمسي، يصبح استخدام الألوان المتوسطة فعالاً للأسطح المعرضة للشمس سواء في الصيف أو الشتاء. أما الأجزاء الداخلية للمباني التي تتعرض فقط للشمس بزوايا ميل منخفضة [قريبة من مستوى الأفق] شتاءً، يصبح طلائها بالألوان القائمة مرغوباً. وفي النطاقات الدفينة الجافة ذات ضوء الشمس الكثيف ، تصبح الألوان الباهتة أكثر ملائمة . ويعتبر التناقض الحاد بين المناطق المضيئة والأخرى الواقعة في الظل من الأمور العادية في تلك المناطق حيث أن انعكاس اللون الفاقع يعطي تدرجاً لونياً غير مستساغ من الناحية الجمالية. وحيثما تسود الظروف الدفينة الرطبة، تكون الألوان الفاتحة مناسبة أكثر، إذ تمتص الألوان كمية منخفضة من الطاقة الشمسية، وفي نفس الوقت لا تكون متوهجة كما يتضح في جدول (٢-٢). ولقد استخدم المهندسون المعماريون المعاصرون معظم هذه المبادئ الأساسية عند وضع تصميمات للبيوت الشمسية.

شكل (١٠-٢) : تصميم منزل تقليدي أ : في منطقة مدارية رطبة

ب : في صحراء مدارية

وفي الواقع، إن مثل تلك الأفكار قد درست بعناية وقتلت بحثًا في العديد من الأبحاث والدوريات العلمية. بينما إنشاء الطرق وتصميم البنايات السكنية وغير



السكنية، فيعد من صميم اهتمامات الباحثين في بيئة المناخ التفصيلي.

أما بيوت الشمس غير الفاعلة Passive Solar Homes غالباً ما يتم بحثها في سياق دراسة الإشعاع الشمسي وعلاقته بالعمل المعماري Architectural Framework .

جدول (٢-٢) ألوان الطلاء المرغوبة في مواقع مختارة في أمريكا الشمالية

الموقع	الألوان المرغوبة
ميناً بوليس	متوسطة: الأسطح المعرضة لأشعة الشمس مظلمة: الأجزاء الداخلية أو الأسطح الواقعة في الظل صيفاً
مدينة نيويورك	متوسطة: أغلب الأسطح مظلمة: الأجزاء الداخلية أو الأسطح الواقعة في الظل صيفاً مضيئة : الأسطح العلوية- الرووف
فينكس	أبيض مشع: الأسطح المعرضة لأشعة الشمس مظلمة: حيثما يحدث انعكاس خارجي، مثل الطوابق تحت سطح الأرض التي لا يصلها ضوء الشتاء
ميامي	الألوان المشرقة البراقة تتناسب الخصائص الإقليمية الألوان البستيلية الفاتحة والبراقة حيث تعكس جميع المباني ألوان الطلاء البراقة سواء الأسطح الداخلية أو تلك الخارجية

النماذج الفاعلة Active Systems

إن هناك العديد من الدراسات والمحاضرات التي تنصب حول النماذج المختلفة التي يمكن استخدامها في تجميع الطاقة الشمسية. وتركز تلك الدراسات في المقام الأول على المدخلات المناخية Climatic Inputs، بالإضافة إلى الطاقة الشمسية المتاحة، والحجم المثالي ومواقع أسطح تجميعها. وفي الواقع، إن حساب التكلفة الاقتصادية لاحتياجات التبريد والتدفئة، يمكن أن تكون الأساس الذي يُرتكز عليه عند تحديد المواقع المثلى لتركيبة الوحدات الضخمة لتجميع طاقة الشمس مع تقدير الأحجام النسبية لأسطح التجميع اللازمة لتوليد كمية محددة من الطاقة.

هذا وقد تم إرساء ذلك المفهوم بواسطة العاملين في معمل الطاقة الشمسية

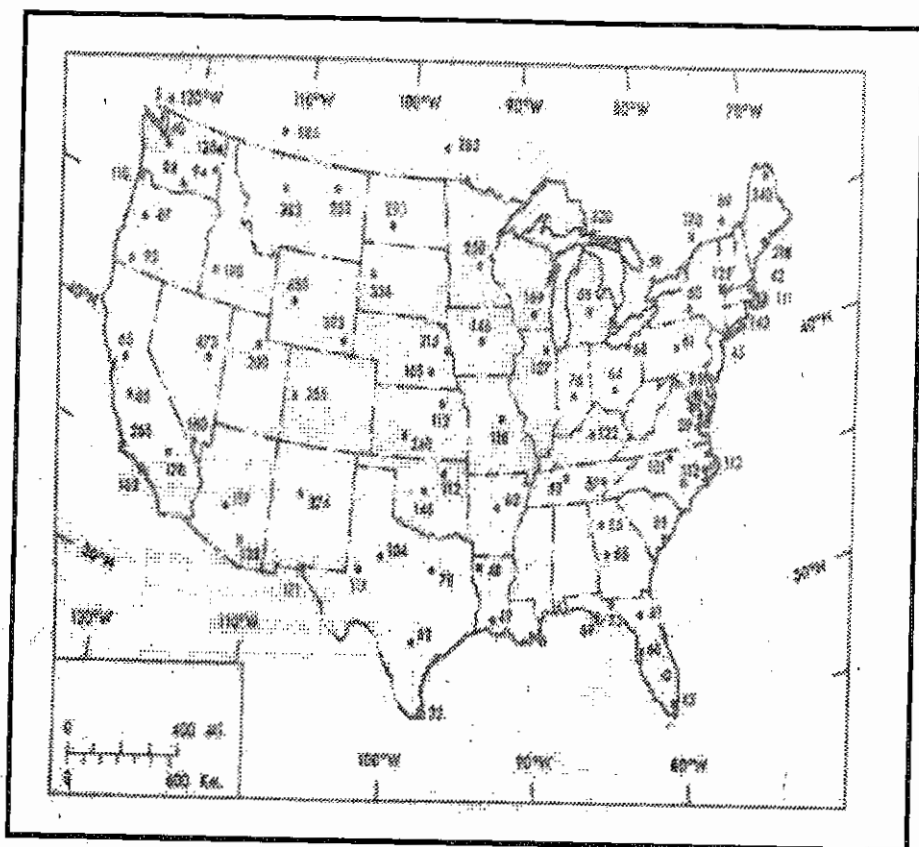
Solar Energy Laboratory في جامعة ويسكونسن Wisconsin University

في مدينة ماديسون Madison. وقد تم عرض نتائج دراساتهم في هذا الفصل بهدف توضيح إلى أي مدى تتحكم الأسس الجغرافية في تفعيل الطاقة الشمسية. ويوضح شكل

(٢-١١) على سبيل المثال، المعدل السنوي لإجمالي السيولة المدخرة نتيجة استخدام أنظمة تجميع الطاقة الشمسية على أساس تقدير التكلفة الاقتصادية بحوالي ١١٠ دولار / متر مربع. ولكي نحسب تلك القيم ، فإنه من الضروري الإلمام بعدد من المتغيرات ، وهي في هذه الحالة ، تعني تكلفة الوقود ، والعائد السنوي لرأس المال المدفوع . ويظهر ذلك التوزيع كمية الوقود المستخدم (وفقاً لعامل درجة الحرارة)، وكفاءة نظام تجميع طاقة الشمس.

إذ نجد أدنى كلفة في الجنوب حيث تنخفض تكلفة الوقود نتيجة ارتفاع درجة الحرارة . أما المنطقة الثانية في الترتيب التصاعدي في كلفة الوقود المستخدم هي منطقة الشمال الغربي حيث درجة الحرارة معتدلة والسحب الكثيفة تحول دون تجميع أشعة الشمس . أما أعلى كلفة نجدها في تلك المناطق الداخلية القارية حيث الشتاء البارد والسماء الصحو التي تخلو من السحب . وتعد مثل تلك الأبحاث واحدة من بين العديد من الدراسات التي تهتم ببحث الاستخدام المباشر للطاقة الشمسية.

شكل (٢-١١) كمية المدخرات النقدية الناتجة عن تطبيق نظام التسخين الشمسي في مواقع أمريكية مختارة . مع ملاحظة تثبيت سعر الوقود وتكلفة أنظمة تجميع طاقة الشمس في جميع الولايات



الفصل الثالث

البيئة الحرارية - درجة الحرارة والمحاصيل

توطئة

يسخن الغلاف الجوي من خلال الطاقة الناتجة عن الأشعة الشمسية . ومن ثم تصبح دراسة توزيع الطاقة هي الوسيلة المناسبة لتحليل مسار الاختلافات الحرارية فوق سطح الأرض. مع الأخذ في الاعتبار ، أن البيئة الحرارية يمكن تتبعها على أكثر من مسار ، ويتم التركيز في هذا الفصل على العلاقة بين البيئة الحرارية ونمو المحاصيل .

مقدمة

يعد إنتاج الغذاء أهم الأنشطة البشرية في جميع أنحاء العالم . ويعتبر إنتاج الغذاء هو النشاط البشري الذي يلعب فيه الطقس والمناخ الدور الأهم، إذ يتحكم كل منهما " الطقس والمناخ " في مدى نجاح أو فشل هذا النشاط البشري " الزراعة " . وفي القرن العشرين ، فإن الطفرة السكانية التي لم يشهدها العالم من قبل قد صاحبها ضغطاً متزايداً على القاعدة الزراعية التي تتولى تغذية سكان الأرض ، وبالرغم من سنوات الجفاف وبعض أحوال الطقس القاسية التي أدت إلى تدمير المحاصيل الزراعية في بعض أجزاء من العالم ، فإن الإنتاج الزراعي - على الأقل المزارع في العروض الوسطى - قد غطت الاحتياجات المتنامية من الغذاء . إن نجاح الزراعة الحديثة على نطاق واسع بسبب ما حققته من أرباح تجارية نتجت عن استخدام سلالات " فصائل " نباتية جديدة واستخدام الأسمدة والمبيدات الحشرية ، فضلاً عن سيادة المناخيات المعتدلة Mild Climates في أغلب تلك السنوات . هذا، وإن كان من المفترض استمرار التأثير في كمية الإنتاج الزراعي من خلال استخدام التطور الجيني Genetic Development ، وتحسين خصائص التربة " مدخلات التربة Soil Inputs " ، فإنه لا توجد أية ضمانات لاستمرار هذا المناخ المرغوب فيه . ومن ثم يصبح الدور الأهم للمناخيين هو فحص وتحليل العلاقة بين المناخ / الزراعة بكل تفاصيلها وخصائصها بهدف فهم واستيعاب هذه العلاقة مما يساعدهم في الحيولة قدر المستطاع من تعرض النباتات لإضرار بالغة حينما يحدث تغير مفاجئ وسبئ في المناخ .

أن هناك العديد من العوامل البيئية التي تحدد إمكانية نجاح النشاط الزراعي . وفيما يتعلق ببعض المفاهيم مثل المتغيرات المناخية Climatic Variables ، الطاقة المتاحة Available Energy ، موارد المياه ، فهي ولا شك من أهمها . وعلى أية حال ، فإن التغير الواسع في الاختلاف في درجة حرارة الهواء هو محور التركيز في هذا الفصل .

الأسس العامة

إن التوزيع غير المتكافئ للطاقة الواصلة للأرض بصفة عامة يؤدي إلى تناقص تدريجي في درجة الحرارة باتجاه عام من خط الاستواء إلى القطبين فيما يعرف بانحدار درجة الحرارة Temperature Gradient .

إن علماء الجغرافية الزراعية Plant Geographer قد تبينوا ذلك الانحدار في درجة الحرارة ، ومن ثم حددوا عدداً من النطاقات التي تضم أنواعاً نباتية مختلفة . وتعد الحدود التي أستخدمها العالم كاندولي وهي تلك التي أعتمد عليها Koppen في تصنيفه المناخي ، وهي على النحو التالي :

مجموعات النباتات الفسيولوجية Physiologic Plant Groups	حدود درجة الحرارة بالدرجات الفهرنهايتية Temperature Limits
Megistotherms الحرارة الشديدة	أكثر من ٨٦° ف (٣٠° م)
Megatherms الحرارة المرتفعة	٦٨-٨٦° ف (٢٠-٣٠° م)
Xerophiles الجفافيات	٥٩-٦٨° ف (١٥-٢٠° م)
Mesotherms المعتدلات	٣٢-٥٩° ف (صفر-١٥° م)
Microtherms القطبيات	أقل من ٣٢° ف (أقل من الصفر المئوي)

وسواء إن كان النبات يقع أو لا يقع ضمن هذه النطاقات التصنيفية ، فإنه من المفترض أن كل النباتات لها حدودها الحرارية الحدية " الحرجة " Critical Temperature ، كما أن لها حد أقصى وحد أدنى ، وكذلك حد أمثل تنمو خلاله النباتات بدرجة أسرع . وفي الواقع ، فإن مثل هذه الحدود يمكن تحديدها بدقة في

بعض الحالات، وان كان استنتاج مثل هذه الدرجات الحدية (أو حتى الحرارة العادية أو المثالية) لا يعد من الأمور السهلة بسبب:

١ - تؤثر العمليات الفسيولوجية تبعاً لمرحلة نمو النبات بشكل أساسي في الاحتياجات الحرارية .

٢ - تختلف درجة الحرارة الحرجة خلال الفترة الزمنية لنمو النبات .

وبالرغم من هذه الصعاب ، فإنه من الممكن ربط توزيع بعض النباتات بالمعطيات الحرارية . وبما أن بعض النباتات تنمو وتتطور وفقاً لحدود درجة الحرارة ، فإن أي اختلاف سواء بالارتفاع أو الانخفاض عن درجة الحرارة الحرجة يصيب النبات بالضرر. إذ يؤدي الارتفاع الشديد في درجة الحرارة Excessive Heat عند ١٣٠ ف (٥٤ م) إلى تدمير مادة البروتوبلازما ، كما ينتج عن حدوث انخفاض طفيف في درجات الحرارة أضراراً بالنباتات . وإن إصابة النبات بمرض سفع الشمس Sun Scald (احتراق النبات واستمراره بسبب شدة الضوء أو ارتفاع درجة الحرارة) ، على سبيل المثال ، وهو مرض يصيب غالباً الأشجار حينما يتعرض القلب Cambium (هي طبقة من النسيج الخلوي اللين واقعة بين لحاء الشجرة وخشبها وهي المسئولة عن انقسام الخلايا في الظلام) إلى الضرر الشديد مما يؤدي إلى قتلها . وتؤدي مثل تلك الإصابات أو أمراض النباتات إلى سرعة تدمير الأشجار من خلال تدمير أعضاء وخلايا النبات . هذا ويؤدي الارتفاع الشديد في درجة الحرارة إلى إحداث آثار تجفيفية في النبات ، كما أن سرعة فقدان الرطوبة يؤدي إلى ذبول النبات Wilting . وتحت تأثير مثل هذه الظروف ، قد يصبح النبات أكثر سخونة ، وتؤدي عملية النتج إلى حدوث عدم توازن في عملية التمثيل الضوئي Photosynthesis والعمليات الأيضية Metabolic ، وقد يؤدي إلى حدوث حالة عدم التوازن Imbalance ، ومع تكرارها خلال فترات زمنية قصيرة واستمرارها لمدة طويلة نسبياً ، فإن ذلك يؤدي إلى موت النبات .

هذا وينتج أيضاً عن انخفاض درجة الحرارة هلاكاً للنبات. إذ يؤدي الانخفاض المفاجئ أو السريع في درجات الحرارة {حتى مستوى التجمد} إلى تجمد الخلايا الحية ، وكذلك تجمد الماء بين الخلايا ، وهكذا يتم سحب الماء من المركبات الكيميائية داخل النبات فيما يطلق عليه Dehydration . هذا، والنباتات التي تنمو عادة في ظروف برودة شديدة، يمكن هي الأخرى أن تتعرض للتلف بفعل الصقيع.

وتؤثر فترات الدفاء - حتى ولو قصيرة - خلال الفترة الباردة على النتح Transpiration، ولكن هذه الكمية التي تفقد بواسطة النتح لا يتم تعويضها حتى لو عادت درجة الحرارة إلى انخفاضها مرة ثانية ، وينتج عن ذلك حدوث ما يطلق عليه حروق الشتاء Winter Burn . ويوجد العديد من التأثيرات للبرد الشديد أو الدفاء على النبات ، وتتأرجح فيما بين الآثار السلبية للتجوية الميكانيكية بفعل طبقة الصقيع المتراكمة على أسطح النباتات إلى حدوث حريق للغطاء النباتي . وسيناقش هذا الفصل كل تلك التأثيرات بالتفصيل.

ويمكن القول بأن درجة الحرارة تحتل الصدارة فيما يتعلق بوضع حدوداً لتوزيعات الغطاء النباتي ، ويسهل وضع عدد من المفاهيم المناخية التي تتيح وضع الحدود المناخية الدائمة للتوزيعات النباتية . وسيبحث هذا الفصل في الصفحات التالية هذه المفاهيم المناخية ، وكيفية الاستفادة منها في وضع الحدود المناخية للأقاليم النباتية

فصل النمو

تنمو المحاصيل على مدار السنة في مناطق قليلة من العالم . وغالباً ما تضع درجة الحرارة حدوداً جازمة ومحددة لمرحلة النمو فيما يطلق عليه فصل النمو . Growing Season . ومن أجل المناقشة، فإن فصل النمو هنا يعادل الفترة التي تخلو من الصقيع، وتمتد من آخر مرة حدث فيها الصقيع خلال فصل الربيع إلى أول ظهور للصقيع مرة أخرى. وتعتبر هذه الفترة البيئية ذات أهمية واضحة في الولايات المتحدة الأمريكية لنمو العديد من المحاصيل (مثل القطن على سبيل المثال) التي تعتبر حساسة تجاه الآثار المدمرة لموجات الصقيع . وحينما تنحصر الفترة التي تخلو من الصقيع في ٢٠٠ يوماً، فإن فرصة الحصول على عائد جيد من محصول القطن تعتبر ضعيفة جداً. وينطبق ذلك أيضاً حينما يحدث انحرافاً في الخصائص الحرارية لفصل النمو المناسب لنمو محاصيل زراعية بعينها في جهات متفرقة من العالم. وبناءً على ذلك، فإنه من الأهمية بمكان، أن يتم تحديد تواريخ بداية ونهاية فترات الصقيع وفترات الدفاء التي تتخلل موسم تساقط وتكون الصقيع وكيفية تكرارها ومدة استمرارها. وفي ولاية أليزوي ، تعد تواريخ الصقيع مهمة جداً بالنسبة لعملية الزراعة ، ولذا تؤخذ كمثال على أهمية تحديد فترات الصقيع . فمتوسط تاريخ حدوث آخر الصقيع في فصل الربيع هو يوم ١٠ أبريل. ويشير هذا التاريخ (لآخر يوم صقيع في الربيع) إلى أن هناك إمكانية بنسبة ٥٠% لحدوث

الصقيع مقابل ٥٠% أخرى لعدم حدوث الصقيع في ذلك اليوم. وبالمثل تماماً ، حينما نذكر أن بداية حدوث الصقيع في ألينوي هو يوم ٢٠ أكتوبر ، مما يعني أن تكراره يمكن أن يحدث بنسبة ٥٠% مقابل عدم تكراره بنسبة ٥٠% أيضاً [لأن يوم ١٠ أبريل أو ٢٠ أكتوبر هو تاريخ متوسط لتكرار حدوث الصقيع خلال الشهرين] .

وبوضوح ، فإن المزارع لا يستطيع أن يغامر ويعتمد على متوسط ذلك التاريخ الذي يحدد بداية أو نهاية حدوث الصقيع حينما يبدأ عملية بذر البذور وبداية موسم الزراعة الفعلية ، لأنه يحتاج إلى المزيد من المعلومات الدقيقة والتفصيلية لكي يعتمد عليها لوضع جدول زراعته . وهذا ما يمكن الحصول عليه من خلال دراسته للاحتمالية حدوث الصقيع. ولتحديد ومعرفة احتمالات ومواقيت حدوث الصقيع ، فإن ذلك يحتاج إلى تواريخ حدوثه خلال عدد كبير من السنوات المتاحة من خلال الرصد المناخي في المحطات المختلفة ، ثم حساب المتوسط والانحراف المعياري لهذه التواريخ ، وتوضيحها بالرسوم البيانية خاصة التوزيع التكراري للظاهرة .

وقد سبقت الإشارة في الفصل الثاني إلى أن المتوسط أو المعدل لأي قيم يشير إلى الفئة المتوسطة بين القيم، ويتم حسابها بجمع القيم المرصودة وقسمتها على عددها . وعليه فإن قيمة المتوسط Mean أو المعدل Average لا توضح المدى (أكبر وأقل قيمة) بين الظاهرة . وعلى سبيل المثال ، إذا كانت القيم (٥-٦-٧) و(١-٦-١١) فإن كل منهما متوسطها رقم ٦ ، وهو رقم يختلف كثيراً عن القيم الأصلية . وعلى هذا فإن معامل التباين Variability يصبح مفيداً عند مقارنة مجموعتين أو أكثر من القيم لأنه يصف كل فئة بين فئات تلك القيم وصفاً خاصاً بها . ولهذا يستخدم الانحراف المعياري Stander Deviation .

مقاييس التشتت Measures of Dispersion

إن مقاييس التشتت لا تعطينا إشارة حول تشتت القيم حول المقاييس المركزية. وفيما يتعلق بالدراسات المناخية ، فإن هذا التشتت يظهر بوضوح في حال حساب المدى $range$ أو الانحراف المعياري $Stander deviation$. ويمكن الحصول على المدى من حساب الفرق بين أعلى قيمة وأقل قيمة . . وحينما يتم تمثيل أكبر وأقل قيمة مع قيمة المتوسط، تتضح إشارات التباين. وعلى سبيل المثال ، إن المتوسط السنوي لدرجة الحرارة في كيتو $Quito$ ، إكوادور $Ecuador$ ، يبلغ $59^{\circ}F$ ، بينما يبلغ في ناشفيل $Nashville$ وتينيس $Tennessee$ $59,5^{\circ}F$. ويبلغ المدى الحراري في كيتو درجة واحدة فهرنهايتية ($59,5-58,5^{\circ}F$)، وفي المقابل يبلغ المدى في ناشفيل $40^{\circ}F$) $79,0-39,0^{\circ}F$. وعلى أية حال ، فإن المدى لا يعكس طريقة توزيع البيانات ، بينما يشرحه بوضوح الانحراف المعياري .

مثال : بيانات تواريخ حدوث أول سقوط للصفيع في إحدى مدن ولاية إنديانا لمدة 11 سنة على النحو التالي : مجموع القيم $\sum X = 3291$ المتوسط الحسابي $X = 299 = 11/3291 =$

$$\text{مربع الفرق بين القيم عن المتوسط} \sum (X-X)^2 = 1356$$

ويتم حساب المتوسط \bar{X} ، ثم حساب الفرق بين كل قيمة عن المتوسط سواء بالسالب أو الموجب، ثم تربيع مجموع هذا الفرق مع إهمال الإشارات، وأخيراً حساب التباين من المعادلة التالية:

$$S^2 = \sum (X_i - \bar{X})^2 / N - 1 \quad \text{حيث } N = \text{عدد القيم (11)}$$

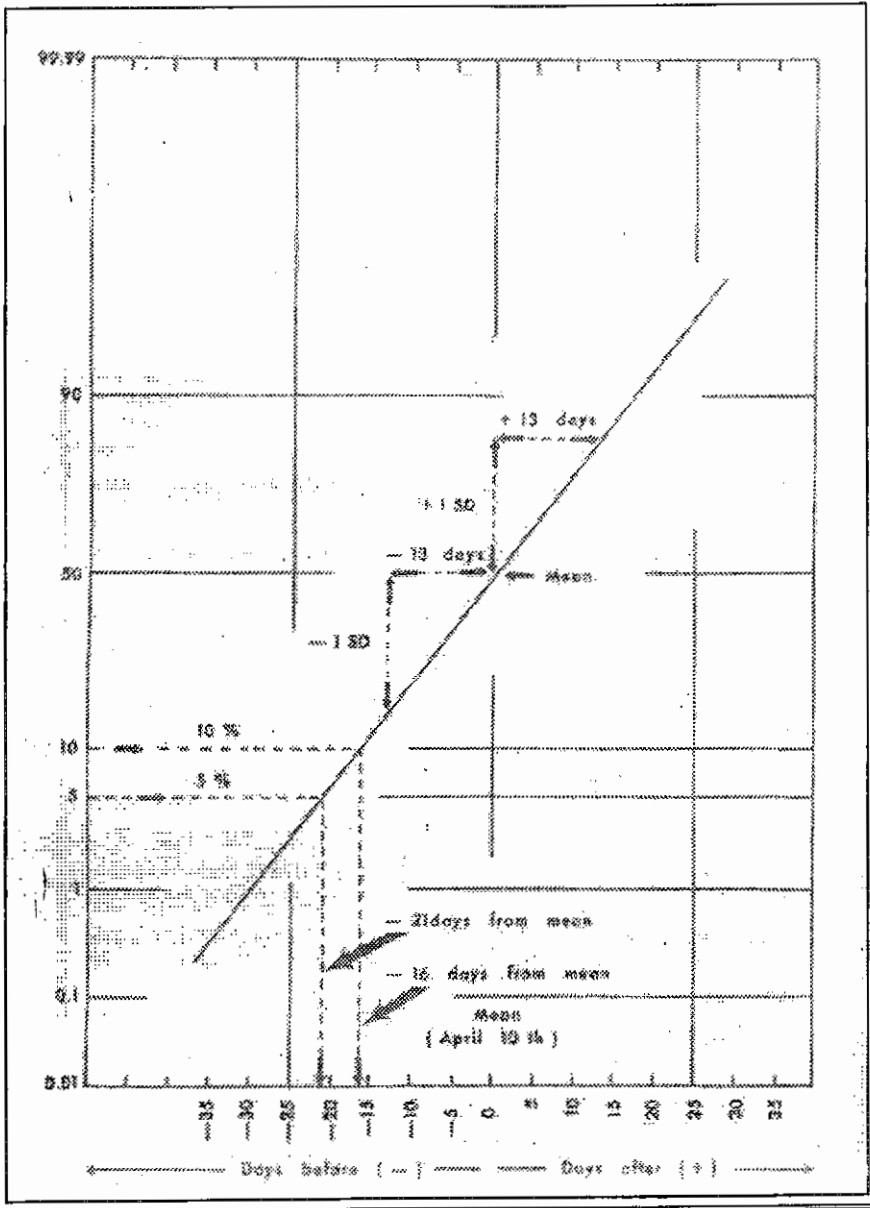
$$S^2 = \text{التباين} = 135,6$$

ثم يتم حساب الانحراف المعياري Sd بالحصول على الجذر التربيعي لقيمة التباين $11,6 =$

ويتضح من قيمة الانحراف المعياري أن ٦٨% من القيم ترتفع أو تنخفض عن قيمة المتوسط، وأن المتوسط يزيد أو يقل عن ضعف الانحراف المعياري في حوالي ٩٥% من القيم.

وعند التطبيق وتحليل النتائج نخلص إلى أنه في تلك المدينة بولاية إنديانا ٩٥% من حدوث أول سقوط للصقيع تقع بين قيمة المتوسط (١١) أو تزيد أو تقل عن ضعف قيمة الانحراف المعياري (١٢) .

شكل (١-٣) رسم بياني مبسط لتوضيح المتوسط والانحراف المعياري



ووفقاً لتحليل بيانات التجمد في ولاية أليوني ، حيث كان متوسط آخر يوم حدث فيه التجمد في الشتاء الماضي هو ١٠ أبريل ، وكان تاريخ الانحراف المعياري ١٣ أبريل ، ويشير ذلك إلى أن ٦٨% من بيانات التجمد أنه يحدث خلال الفترة ما بين ٢٨ مارس إلى ٢٣ أبريل (أي ١٣ يوماً ± ١٠ أبريل) ، و ٩٥% ما بين ١٥ مارس و ٦ مايو (١٠ أبريل ± ٢٦) .

ويمكن أن تستخدم التواريخ التي يحددها الانحراف المعياري في تقييم احتمالات حدوث التجمد. ويمكن استخدام طريقة التمثيل البياني للاحتمال العادي Normal Probability، وتعد تلك طريقة مفيدة جداً في مثل هذه الحالات. ويوضح شكل (١-٣) الرسم البياني لبيانات التجمد في ولاية أليوني حيث يمثل المحور الأفقي تاريخ حدوث حالات الصقيع، ويمثل المحور الرأسي التوزيع العادي التراكمي Cumulative Normal distribution، ويتم تقسيم هذا المحور الرأسي بنسب مئوية.

إن متوسط تاريخ حدوث الصقيع في فصل الربيع الماضي في ولاية أليوني (١٠ أبريل)، وقد تم تحديده بيانياً على المحور الأفقي . أما الانحراف المعياري (أي رقم ١٣) فيمثل ٦٨% من ذلك التوزيع . وهكذا فإن زيادة قيمة الانحراف المعياري (+١ أي +١٣) يمكن أن يقع في أكثر من ٣٤% بعد المتوسط، وأن انخفاض الانحراف المعياري (-١ أي -١٣) يمكن أن تقع قبل المتوسط بنسبة ٣٤%. ويمكن توصيل تلك النقاط مع خط الاحتمال ومن ثم قراءة القيم . ويمثل خط الرسم البياني ٢٥% احتمالية (أي أن كل نقطة احتمال تكرارها ٤ فرص) أما ٥% تمثل احتمالية (أي أن كل نقطة احتمال تكرارها ٢٠ فرصة) في تاريخ حدوث الصقيع . وباستكمال الرسم البياني يمكن تحديد القيم التالية :

الأيام التي تسبق المتوسط (أقل من المتوسط) والأيام التي تأتي بعد المتوسط (أعلى من المتوسط) واحتمالية حدوثها:

٥%	١٠%	٢٥%	٥٠%	٧٥%
-٢١	-١٦	-٩	صفر	+٩

ويمكن الاعتراض على هذه البيانات بأكثر من وسيلة . وعلى سبيل المثال، تحديد تاريخ متوسط التجمد هو يوم ٢٠ أكتوبر، فإن هناك عدد من الفرص يتراوح ما بين ١٠-١٠ فرصة (١٠%) يمكن أن يحدث فيها التجمد يوم ٤ أكتوبر [المتوسط - ١٦ = ٢٠ - ١٦ = يوم ٤ أكتوبر)، ولكن هناك ٣ فرص من كل ٤ فرص (٧٥%) يمكن أن يحدث فيها الصقيع يوم ٢٩% (أي المتوسط + ٩ = ٢٠ + ٩ = يوم ٢٩ أكتوبر)].

وبتطبيق ذلك التقييم على التجمد وتاريخ احتمالات حدوثه يمكن الحصول عليها من العديد من الهيئات والوكالات الزراعية (Growing Agencies) التي تم تحديدها في الشكل (٣-٢). وبصفة عامة، وكما يتضح في شكل (٣-٣)، أن طول أو مدة فصل النمو Growing Season في غالبية المناطق الزراعية في الولايات المتحدة الأمريكية خلال العديد من السنوات السابقة هي ١٢٠ يوماً في ولايات السهول الشمالية Northern Plain States .

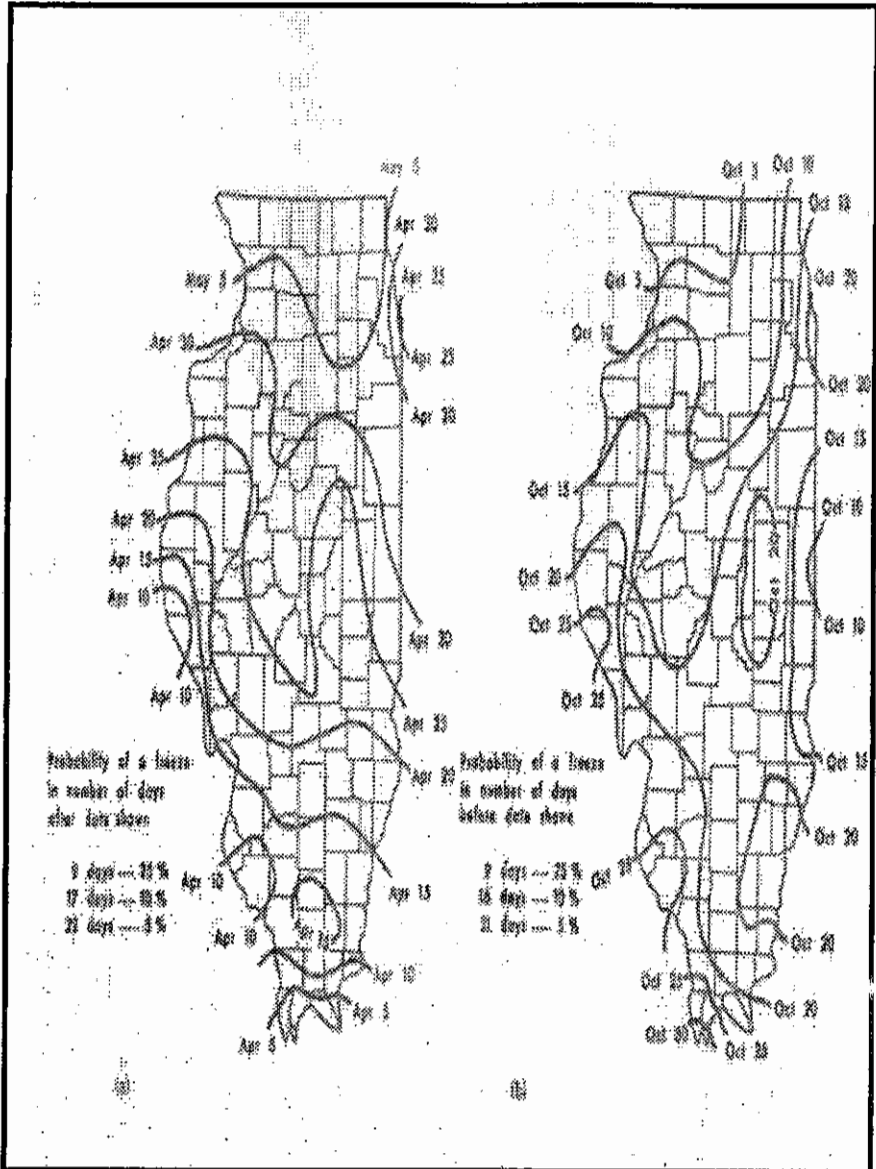
أما في الولايات الجبلية Mountain States، فإن طول فصل النمو متغير بوضوح عبر المسافات المحدودة، ويعكس نماذج شديدة التعقيد . وإن تواريخ (مواقيت) حدوث التجمد الأول والتجمد الأخير على منحدرات الجبال يتدرج بشدة من الشمال إلى الجنوب، ففي الجزء الشمالي من ولاية كلكتا الشمالية على سبيل المثال، فإن متوسط التواريخ Average Dates لحدوث الصقيع الأول والأخير تقع في ١٥ سبتمبر و ١ يونيو على التوالي، ومن ثم تمتد الفترة التي تخلو من الصقيع ١٦٠ يوماً .

الحدود الحرارية ونمو المحصول Heat Limits and Crop Growth

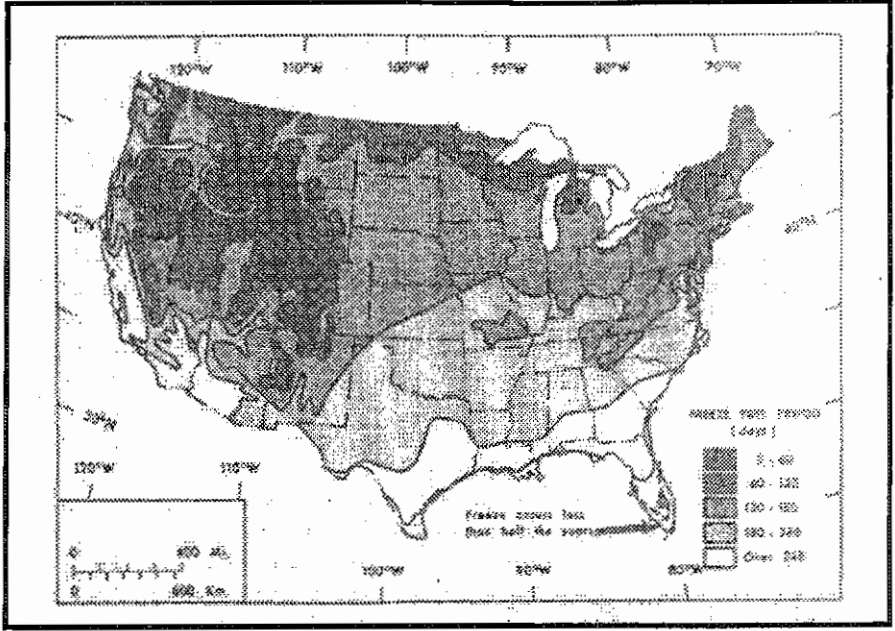
إن الزراعة في الولايات المتحدة الأمريكية تعد عملاً شديداً التنظيم، إلى درجة ينبغي معها أن تصبح العملية فعالة قدر الإمكان . ولنضرب مثلاً اعتبارياً مثل عبوة حبوب البازلاء في سوبر ماركت . إذ أنه لإنتاج هذه العبوة من حبوب البازلاء بل والملايين منها، فإن المزارع يجيب عليه زراعتها والاهتمام بها على مدار فصل النمو، وأن يراعيها حتى تصل إلى مرحلة الحصاد، ثم يقوم بتعليقها . وقد تظهر بعض المشكلات في أي مرحلة لدرجة لتؤثر سلبياً في الإنتاج . ولنفترض على سبيل المثال، أن كل مزارع في الساحل الشرقي يزرع البازلاء بمساحات مختلفة في نفس الوقت .

ب : الصقيع الأول في ولاية ألباني

شكل (٢-٣) أ : متوسط التواريخ



شكل (٣-٣) مدة فصل النمو في الولايات المتحدة على اعتبار إنها تتمثل في الفترة الخالية من الصقيع



المصدر : NOAA

وفي وقت الحصاد ، قد يكون عدد المستأجرين للقيام بالأعمال الزراعية غير كافياً ، أو قد تكون آلات الحصاد غير كافية لتحصد البازلاء بتلك المساحات الواسعة في ذات الوقت ، أو قد تكون معامل التعليب غير كافية لاستيعاب إجمالي كمية الإنتاج خلال فترة زمنية محددة . ومن ثم ، يظهر بوضوح ضرورة توزيع العائد الإنتاجي من المحصول على فترة أطول من السنة قدر الإمكان لتفادي الضغط الناتج من ضرورة تجميع وتعليب المحصول من جميع الأراضي الزراعية في جميع الولايات الأمريكية في ذات التوقيت . وهكذا فإن المناخيين يقدمون المعطيات الأساسية والضرورية لجدولة العملية الزراعية برمتها . وأحد أهم هذه المعطيات التي يمكن أن يقدمها علماء المناخ هو استخدام مفهوم الوحدة الحرارية Heat Unit. إذ أن للنباتات احتياجات حرارية لنجاح النمو وهو ما يمكن ملاحظته منذ حوالي ٢٠٠ سنة ماضية . وقد استطاع أببي Abbe سنة ١٩١٦ تطوير هذه الفكرة أو المفهوم لتصبح معبرة عن قيمة محددة . وبشكل أساسي ، فإن نظرية الوحدة

الحرارية Heat Unit Theory تقوم على أساس أن لكل نبات قاعدة حرارية ترتفع أعلى من درجة الحرارة التي تعتمد عليها عملية النمو .

وتعتمد سرعة النمو (معدل النمو) في جزء منها على مقدار درجة الحرارة التي ترتفع فوق ما يمكن اعتباره صفر النمو أو قاعدة النمو، ويمكن التعبير عنها في أيام درجة النمو. وهكذا ، إذا كان للمحصول قاعدة حرارية أساسية تبلغ ٤٢ ف ($٥,٦$ م) ، ويبلغ المعدل اليومي لدرجة الحرارة ٥٠ ف (١٠ م) ، فعندئذ يتم تجميع درجة الحرارة خلال ٨ أيام . وأن مقدار درجة الحرارة الذي يرتفع لأكثر من درجة الحرارة على مدار الأيام التي ترتفع فيها درجة الحرارة فوق ($٥,٦$ م) لتعبر في مجملها عن ما يطلق عليه " حرارة أيام النمو الناجح Growing Degree Days Successive Summation " . ويكون الناتج الإجمالي عند نضج المحصول وهو ما يطلق عليه " معامل البقاء Remainder Index أو المجموع الثابت Constant " . ويعد ذلك بالطبع ، أبسط مفهوم لكون عدد الأيام الافتراضية Number of Assumptions يتضمن (أ) : قيمة المتوسط اليومي لدرجة الحرارة نهاراً وليلاً ولهما نفس الأهمية ، أما (ب) : وتعني نمو النبات وتطوره بسرعة ثابتة خلال فصل النمو ، أما (ج) : وتعني أن الرطوبة الكافية متاحة دائماً ، أما (د) : فتعني أن المعامل لا يؤخذ أو لا يحسب في أثناء تغير فترة التمثيل الضوئي ، وكذلك ساعات الشروق المتغيرة بتغير دوائر العرض والارتفاع فوق سطح البحر . هذا وللتغلب على تلك الاعتراضات ، فإن هناك عدداً متزايداً من الأبحاث المستمرة . وعلى أية حال ، فإن أية منها لم يحقق أي تحسن ، بينما يبقى المعامل على اعتباره كونه يقدم مؤشراً جيداً وعادلاً لفترة خصوبة النبات . وقد ظهرت أهمية مفهوم الوحدة الحرارية وأهميتها من خلال عدد من المؤسسات التجارية والزراعية. وقد أوضح كل من هولمز Holmes وروبرتسون Robertson فاعلية بعض العناصر وأهميتها ومنها مثلاً ، معدل الإنبات ، وجدولة المحاصيل وغيرها وصولاً لعملية التعليب . وقد لاحظ المؤلف أنه من الصعب زراعة سلسلة من الزراعات المتعاقبة بحيث تتوالى مراحل الإنمار والنضج على فترات متلاحقة. وبما أن نجاح مراحل الزراعة تتناسب مع الوحدات الحرارية المتجمعة، فإنه من المتوقع أن يتم الحصاد بشكل منظم وآمن. وعلى سبيل المثال ، إذا كانت الطاقة الاستيعابية لمصانع تعليب البازلاء تعادل إنتاج هكتار يوماً ، فإن وقت الحصاد قد بات معروفاً من خلال وحدات الحرارة المتجمعة يومياً ، وعندئذ

فإن الزراعة يجب أن تتناسب مع الواحدات الحرارية المتجمعة في الربيع . وفي حالة ما إذا كانت الواحدات الحرارية المتجمعة يوميا عند الحصاد قد بلغت ٣٠ وحدة ، وأن الطاقة الاستيعابية للتغليب في وقت الحصاد تبلغ ٦٠ هكتار يوميا ، فعندئذ تصبح النسبة بين الحرارة المتجمعة في وقت الحصاد وعدد الهكتارات التي يتم حصادها يوميا هي ٢:١ (٣٠:٦٠) . وبناءً عليه ، وبعد تجميع كل وحدة حرارية في وقت الزراعة ، فإنه يقابلها هكتارين يجب زراعتهما ، وعند توفر ١٠ وحدات حرارية متجمعة فإنه يجب زراعة ٢٠ هكتارا ، وهكذا . وينبغي أن ينعكس هذا الالتزام القاطع بهذا المعدل في عملية الزراعة بحيث يلزم بتأجيل الزراعة خلال فصل الربيع البارد ، وفي هذه الحالة ، فإن عدد أكبر من الهكتارات يجب زراعتها لتزيد عن الواحدات الحرارية المتجمعة . ويمكن بهذه الوسيلة التنبؤ بالوقت التي تصل خلاله مصانع التعبئة إلى حد الانفخاخ .

جدول (٢-٣) حساب الواحدات الحرارية - حساب الحرارة المتجمعة

Accumulated Degree

ويتم حساب الحرارة المتجمعة من المعادلة التالية :

$$D = N [\sigma \sqrt{N} (t-b)] + L$$

حيث : D = درجة الحرارة المتجمعة

N = عدد أيام الشهر t = المعدل الشهري لدرجة الحرارة بالدرجات الفهرنهايتية

B = درجة الحرارة الأساسية للنبات Plant Base Temperature
= σ الانحراف المعياري

L = معامل احتمال قيمة H

$$\text{قيمة } H = \frac{(t-b)}{\sigma \sqrt{N}}$$

مثال (أ) : محطة فورت يوكون Fort Yokon في ولاية أسكا كانت بيانات شهر مايو على النحو التالي :

$$D = 31 (43,4 - 42,0) + 0,16 (19,49) = 140$$

أي ١٤٠ درجة حرارة يومية وإجمالي فصلي يبلغ = ١٧٥٥ درجة حرارة
بالدرجات الفهرنهايتية

مثال (ب) : أوتوا في كندا كانت بيانات شهر مايو على النحو التالي :

$$D = 31 (54,7 - 42,0) + 0,3 (0,06) = 394$$

أي ٣٩٤ درجة حرارة يومية وإجمالي فصلي يبلغ = ٣٤٣٢ درجة حرارة
بالدرجات الفهرنهايتية

ويطلب الحصول على قيمة الوحدات الحرارية، عملاً متواصلًا لتطبيق
بيانات المعادلة وحساب الحرارة اليومية المتجمعة على مدار عدة سنوات. ولمحاولة
التغلب على تعقيدات تلك الحسابات ، وضع العالم ثوم Thom ١٩٥٤ معادلة
لدرجة الحرارة الشهرية المتجمعة على أساس أنها هي المدخل الرئيس. والمعادلة
التي أقترحها ثوم على النحو التالي : [$D = N [\sigma \sqrt{N}(t-b)+L$]

وقد أتضح من قبل تفاصيل هذه المعادلة. وبتطبيقها نحصل على درجة
الحرارة المتجمعة للنبات فيما يزيد عن درجة الحرارة الأساسية للنبات على مدار
الشهر، ثم تحسب خلال فصل النمو، ليتم تجميعها لتعبر عن الوحدات الحرارية
المتاحة للنبات خلال فصل النمو.

تغير درجة الحرارة وإنتاج الحبوب

قد سن الكونجرس الأمريكي في عام ١٩٧٨ القانون رقم ٧٥ ضمن القانون
العام ٩٥ - ٣٦٧ ، وقد نشر هذا القانون المعنون بفهم وتنظيم السياسة المناخية
وبرامجها **A Comprehensive and Coordinated Climate Policy and Program**
وقد أبرز هذا القانون أحد أهم المفاهيم التي يجب أن تأخذها
الحكومة الأمريكية في الاعتبار وتوليها الاهتمام والدراسة الواجبتين ألا وهي التغير
المناخي .

وقد يبدو مستغرباً أن البرنامج الحكومي يجب أن يتعامل مع جوانب
وموضوعات بحثية ظلت لفترات طويلة محل اهتمام الباحثين الأكاديميين فقط .
وعلى أية حال ، وفقاً للمعطيات التكنولوجية التي يعيشها المجتمع المدني حالياً ، فقد

بدا واضحا أن تعديل المناخ الذي نعتبره من الأمور العادية يمكن أن يصبح ذو أهمية عظمى وعلى درجة عالية من الأهمية والخطورة على حد سواء . وقد ظهر ذلك جلي من خلال سلسلة الأزمات الاقتصادية والمعاناة البشرية التي حدثت خلال شتاء ١٩٧٧/٧٦ حينما حدث "التجمد الكبير Big Freeze"، وكذلك خلال شتاء ١٩٧٩ / ٧٨ الذي تميز بالثلوج الكثيفة . وهناك العديد من التوقعات التي وصفت بدقة تأثيرات هذين الشتائين { كما سيتضح لاحقا في الفصل الرابع الذي سيعرض بعضها بشيء من التفصيل} . إن تصنيف المناخ القاسي Severe Climate في سياق هذا المحتوى يهدف للتبويه بأن تغير المناخ لم يمثل في ذلك الوقت بؤرة الاهتمام حيث لم يركز في ذلك الفصل على حدوث ذوبان في كتل الجليد البحري أو الجليد القاري.

وعند الأخذ في الاعتبار، أن إل ٤٠ سنة الماضية قد شهدت نموا مطردا في عدد سكان العالم ، فقد حدث أيضا ارتفاع ملحوظ في قدرة المزارع على تلبية الاحتياجات الغذائية لعدد هائل من البشر . وعلى الرغم من كون ذلك يتطلب إضافة كميات ضخمة من الأسمدة وما يتبعها من ارتفاع إنتاجية الأراضي من المحاصيل التي ترتبط بالأحوال المناخية السائدة ، فإن الفرق بين المحصول الوفير Bumper Crop والمحصول الهزيل Mesger Crop دائما ما يرتبط بالاختلافات في أحوال الطقس .

هذا، وتبدو اختلافات الطقس المؤثرة في إنتاج الغذاء بوضوح في التغير الواسع في الإنتاج الزراعي الروسي حيث يرتبط نقص إنتاج الحبوب بالأحوال الجوية مما يؤدي إلى تزايد الضغط على استيراد الحبوب من الدول المجاورة . وفي الهند وباكستان، قد حدث تأخرا محدودا في وصول أمطار الرياح الموسمية، ويعني ذلك مسألة حياة أو موت بالنسبة للآلاف من السكان. وحينما يستمر هذا الشذوذ سنة تلو الأخرى، لدرجة يصبح معها هذا الشذوذ هو القاعدة المتحكمة، يصبح شبح تغير المناخ محل الاهتمام الأكبر. وهناك دليلا واضحا على النتائج المدمرة لتغير المناخ لتستحوذ على التركيز والاهتمام الأكبر وتشغلنا عن بحث إمكانية حدوث عصر جليدي آخر وتقدم الثلجات الجليدية لتغطي مساحات قارية جديدة ، وكذلك بالنسبة للدفع المتزايد الذي قد يذيب الغطاءات الجليدية ، وارتفاع مستوى البحر ، وغمر الأراضي الساحلية . وبعيدا عن مثل هذه الأحداث ، فإن الإخفاقات الزراعية قد تقود إلى انتشار واسع للجماعات . وتشير مواد القانون العام رقم (٩٥-٣٦٧) إلى أن "

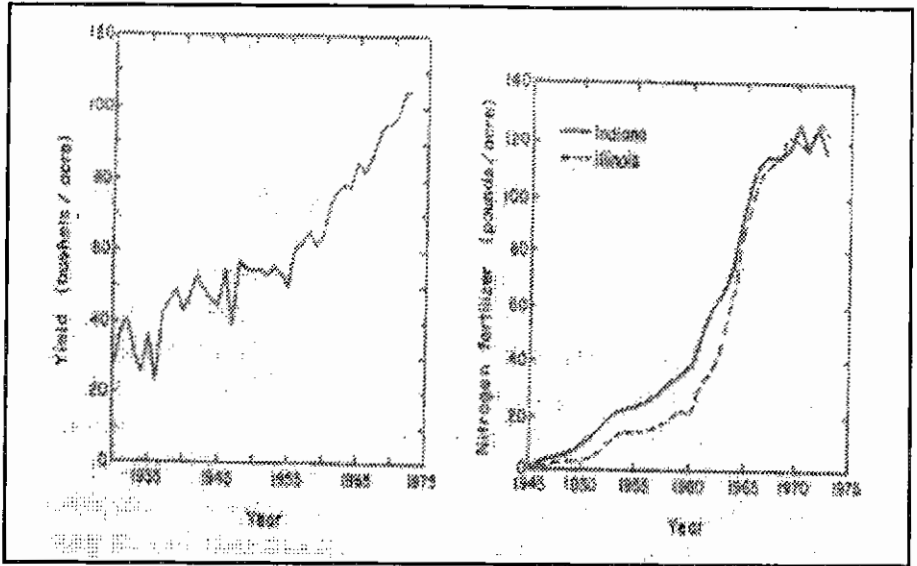
تغير الطقس والمناخ يؤثران في إنتاج الغذاء Weather & Climate Change Affect Food Production، وهذا هو محل الاهتمام الأكبر في هذه المادة من القانون ، خاصة فيما يتعلق بإنتاج الحبوب . هذا ، ويعد السؤال الأهم هنا هو كيف لتغير درجة الحرارة أن يؤثر في إنتاجية الحبوب ؟ ولناخذ مثالا على اتجاه درجة الحرارة العالمي نحو التبريد ، فإن ذلك يشير إلى حدوث تغير في الانحدار الحراري Temperature Decline، وربما لا يعد ذلك صحيحا . أما مخاطر الانحدار الحراري في كمية محصول القمح والذرة في أمريكا الشمالية ، فهو بمثابة نموذجا صارخا على هذه العلاقة .

التأثيرات في حزام الذرة في الولايات المتحدة الأمريكية

يرتبط نطاق الذرة في الولايات المتحدة الذي يضم أوهايو ، أنديانا ، أليوني ، وإيوا بالمعدل الصيفي لدرجة الحرارة حيث يبلغ $22,2^{\circ}\text{م}$ لشهر يونيو ، $24,4^{\circ}\text{م}$ لشهر يوليو ، $23,3^{\circ}\text{م}$ لشهر أغسطس . ويبلغ المعدل اليومي لدرجة الحرارة المثالية $22,2^{\circ}\text{م}$ حيث يرتبط بأعلى إنتاجية لمحصول للذرة ، خاصة مع توفر كمية مطر كافية ، وترتفع إنتاجية الذرة حينما يحدث انخفاضا طفيفا في درجة الحرارة اليومية عن ذلك المعدل . ويتراوح المدى المثالي لفصل الصيف بين $10 - 30^{\circ}\text{م}$

هذا، وبالطبع لا تسود درجة الحرارة المثالية طوال شهور الصيف، إذ أن الطقس الصيفي قد يتغير تماما. إذ أتضح أن محصول الذرة يختلف من سنة إلى أخرى اعتمادا على الظروف السائدة . ويوضح شكل (3-4) اتجاه إنتاج محصول الذرة خلال الفترة 1970/1930 في نطاق حزام الذرة . ويعكس هذا الشكل الزيادة المطردة في محصول الذرة خلال هذه الفترة الزمنية . وتعكس هذه الزيادة تأثير العوامل التكنولوجية خاصة فيما يتعلق بالزيادة في كمية الأسمدة النيتروجينية . وفيما يتعلق بإنتاجية محصول الذرة ، يتضح تأثير عاملين ، الأول : الزيادة المطردة بسبب المدخلات التكنولوجية ، والثاني : الاختلاف من سنة إلى أخرى في اتجاه زيادة المحصول كنتيجة لاختلاف الطقس . وتعكس ذروة الزيادة في المحصول الظروف المثالية بينما يقابلها حدوث الانخفاض في كمية المحصول نتيجة لظروف الطقس غير المناسبة للذرة .

شكل (٣-٤) الاتجاه الصاعد في إنتاجية الذرة نتيجة التوسع في استخدام الأسمدة النيتروجينية في حزام الذرة في ولايات أنديانا ، أليوني



المصدر: Thompson, ١٩٧٥

ولنفترض مثلاً ، أن معدل درجة الحرارة الصيفي في حزام الذرة قد انخفض درجة واحدة مئوية بحلول عام ٢٠٠٠ . وحين نعترف بحقيقة كون الظروف المثالية للنمو هي أكثر برودة من درجة الحرارة الفعلية ، فإن ذلك يستدعي أن نعترف بأن انخفاضاً في درجة الحرارة سيكون تأثيره إيجابياً في محصول الذرة . هذا وعلى أية حال ، تعد هذه صورة مبسطة لأن انخفاض الحرارة في هذا النطاق الواسع للذرة يعكس بالضرورة حدوث بعض التغيرات في نماذج دورة الغلاف الجوي ، وقد ينعكس هذا في تغيرات طقسية أوسع . وهكذا تصبح تغيرات الطقس مسؤولة عن تغيرات في المحصول ، ومن ثم فإن الآثار الناجمة عن ذلك قد تكون سلبية فيما يتعلق بإنتاجية الذرة .

وبناءً عليه ، فإن القياس على تلك الظروف والتأثيرات المستقبلية لتغير المناخ لا يمكن أن تكون مؤشراً فعلياً لما قد يحدث في المستقبل حينما تحدث بالفعل تلك التغيرات الافتراضية في الطقس والمناخ .

إن العلاقة بين درجة الحرارة وإنتاجية القمح الربيعي، قد حظيت باهتمام أدنى مقارنة بالذرة فيما يتعلق بارتباط الإنتاجية بدرجة الحرارة. هذا ويشير منحني العلاقة إلى زيادة محصول القمح بمعدلات مختلفة مع ارتفاع درجة الحرارة حتى تبلغ حداً معيناً ، أما بعد ذلك ، فإن ارتفاع درجة الحرارة لأعلى من ذلك الحد يتبعه تناقصاً في محصول القمح .

وعند مقارنته بمحصول الذرة ، فإن إنتاجية القمح في نطاق السهول الوسطى في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا لا تظهر زيادة واضحة في المحصول نتيجة الزيادة في استخدام الأسمدة كما أتضح من قبل بالنسبة لمحصول الذرة . ويشبه القمح الربيعي الذرة في كونه يرتبط بشدة باختلافات الطقس، وتحديدًا، فإنه يتأثر بوضوح بحدوث انخفاض طفيف في درجة الحرارة في أثناء فصل النمو. وفي الواقع ، قد قدر ثومبسون Thompson وآخرون الآثار التي يتعرض لها محصول القمح الربيعي تحت تأثير الظروف المختلفة . وتشير البيانات التالية إلى التأثيرات في محصول القمح الربيعي Spring Wheat في ثلاث ولايات أمريكية عند تقدير انخفاض درجة الحرارة مع ثبات حدود المطر الكافية للمحصول على النحو التالي :

التغير في معدل كمية محصول القمح الربيع صاع / هكتار			التغير في درجة الحرارة
كانساس	داكوتا الجنوبية	داكوتا الشمالية	درجة مئوية
١,٤٤+	٠,٤٧+	١,١٨+	٢,٠- م
٠,٧٤+	٠,٨٧+	٠,٦٨+	١,٠- م
٠,٣٧+	٠,٤٧+	٠,٣٦-	٠,٥- م
٢٥,٩	٢١,١	٢٥,٠	الإجمالي

وتشير أحد التوقعات إلى أن تأثير التبريد في درجة الحرارة سيؤدي إلى زيادة الإنتاجية من محصول القمح الربيعي . ولسوء الحظ ، فإن النتائج غير مباشرة كما أتضح من قبل . أما فيما يتعلق بالذرة فإنه قد كان متوقعا أن انخفاض درجة الحرارة - في حالة عدم حدوث أي عوارض أخرى - يؤدي إلى زيادة الإنتاجية ، ولكن ذلك لم يحدث فعليا حيث يمكن أن تحدث عوارض أخرى ، ومن ثم تصبح التغيرات أوسع من كونها تغير في درجة الحرارة . وعند تحليل بعض الشكوك

والعوارض المرتبطة بتغير أحوال الطقس السائدة وتأثيرها في القمح، فقد يتبع ذلك حدوث انخفاض في إنتاجية القمح.

وهناك عامل شديد الأهمية ، ولم يؤخذ في الاعتبار على كونه عاملاً مؤشراً ، ألا وهو انخفاض درجة الحرارة خلال موسم نمو القمح الربيعي ، فضلاً عن العلاقة بين درجة الحرارة وطول فصل النمو . وتؤدي درجات الحرارة الأبرد بالضرورة إلى تزحزح نطاق القمح الربيعي الكندي نحو الجنوب . وهكذا ، للمرة الثانية ، فإن التوقعات المرغوبة تنتفي في الواقع مع التأثيرات السلبية ، وأنه حتى الآن لا يمكننا التنبؤ بكيفية ومستوى الإنتاج مستقبلاً . ووفقاً لهذا ، فإن الأبحاث الحديثة تتوجه نحو المناخ الذي يعد مجالاً غاية في الأهمية والديناميكية أيضاً .

وهنا ينبغي التنويه، إلى أن تأثير تغير درجة الحرارة في كمية إنتاج الذرة والقمح في أمريكا الشمالية، ليس تأثيراً سلبياً في مجمله، وكذلك بالنسبة لمناطق أخرى من العالم وبالنسبة لمحاصيل أخرى. ولأهمية هذا الموضوع فسوف يدرس بالتفصيل فيما بعد .

إن العلاقة بين درجة الحرارة وإنتاج المحاصيل قد تم استيعابها وتحليلها منذ سنوات طويلة ماضية. وبالرغم من الدراسات الحديثة التي تركز على العلاقة الارتباطية بين الطاقة / الإنتاجية ، فإن درجة الحرارة هي العامل الأكثر فاعلية في هذه العلاقة . وقد اتضحت أهمية العلاقات المناخية الزراعية Agroclimatic Relationships خاصة فيما يتعلق بطول فصل النمو، والتخطيط لحصاد المحاصيل.

وفيما يتعلق بالاهتمام الراهن، فإنه ينصب على مدى مساهمة التغير في المناخ وتأثيراته في إنتاجية المحاصيل. وهناك ضرورة لإجراء العديد من الدراسات والأبحاث عن البرودة الطفيفة وتأثيراتها في تحديد مدة فصل النمو، فضلاً عن إنتاجية محصول الذرة ومحصول القمح في الولايات المتحدة.

هذا ، وينبغي التوصية بضرورة توجيه المزيد من الدراسات نحو المناخ الزراعي Agroclimatology ، ودراسة التأثيرات الفصلية للطقس في الإنتاجية ، ودور الطقس والمناخ وتأثيراتهما في ضوء تطور الاستخدامات التكنولوجية ، وتقدير التغير المحتمل في المناخ وتأثيره في إنتاجية المحاصيل على أن يتسع ذلك لمسافات واسعة من العالم ولعدة محاصيل متنوعة .

الفصل الرابع

المناخ والدورة الهيدرولوجية - مخاطر تساقط الثلوج

توطئة

إن مختلف تغيرات وانتقال المياه في أي من أشكالها الثلاثة فوق سطح الأرض ، يمكن حصرها في الدورة الهيدرولوجية . وتتميز دراسة هذه الدورة بأنها معقدة ومتداخلة بين عدد من المجالات الفيزيائية والاجتماعية والاقتصادية. وفيما يتعلق بالدور الذي يسهم فيه علماء الفيزياء والدراسات الجوية التطبيقية ، فإن المناخيين هم عامل مشترك وأساسي في كل تلك المجالات . وهذه المساهمة للمناخيين هي محل دراسة هذا الفصل الذي يتناول تساقط الثلوج ، كأحد مفاهيم هذه الدورة التي غالباً ما يتم إلقاء نظرة سريعة عليها في مقدمات هذه الدراسات .

مقدمة

يتميز التساقط من السحب بعدة أشكال ، إذ قد يسقط على هيئة مطر حينما يكون الماء في حالته السائلة ، أو قد يسقط بعدة أشكال حينما يكون في حالته الصلبة . ويرتبط بالتساقط في الحالة الصلبة عدة أشكال لكل منها خصائصه . ويتضمن ذلك

❖ كرات الجليد Ice Pellets: ويطلق عليها الققط " أي جمد المطر أو مطر نصف متجمد ، والققطية هي طبقة جليدية رقيقة كالتي تتكون على الأشجار والأسلاك عند هطول جمد المطر " ، وهو عبارة عن كرات تليجية صغيرة وتتكون حينما يتجمد المطر الساقط في أثناء مروره بهواء درجة حرارته أقل من مستوى الهواء البارد .

❖ الثلج Snow: ويتكون الثلج من حبات كريستالية تأخذ في النمو مباشرة حينما يتكاثف بخار الماء في السحب التي ينخفض درجة حرارتها إلى ما دون مستوى التجمد below freezing

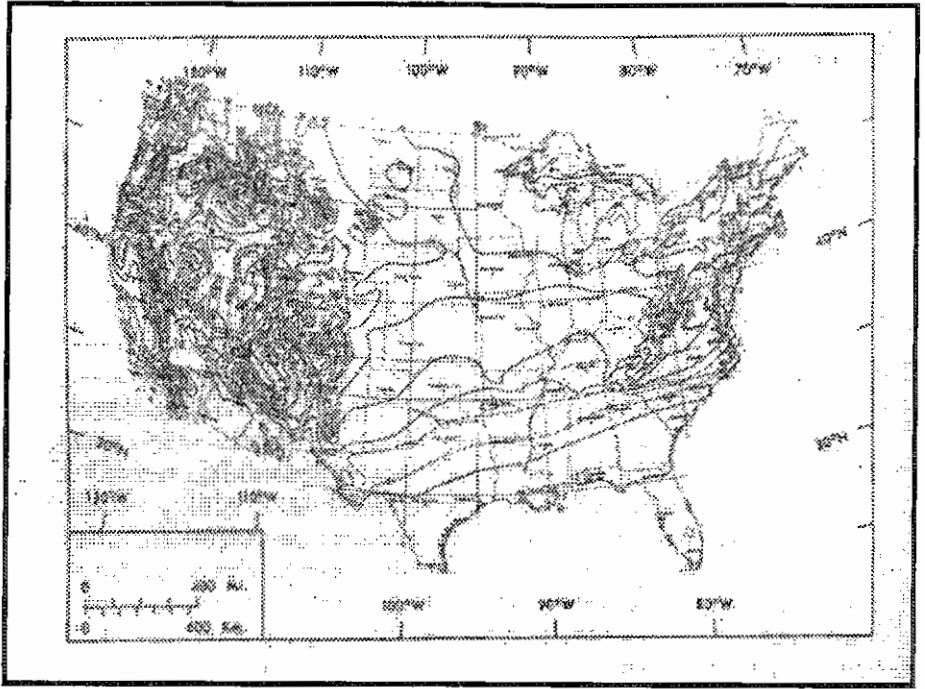
❖ البرد Hail: وهو عبارة عن قطع دائرية من الجليد تتكون من الداخل من طبقات تشبه البصل Onion، ولها مركز يشبه الذرة . أما

الظروف المناسبة لتساقط البرد نجدها في السحب الركامية
.Cumulonimbus

وبينما كل من هذه الأشكال يتم تصنيفها في الدراسات التطبيقية للمناخ، فإن الثلج هو الأكثر شيوعاً والأوسع انتشاراً وهو أحد الأشكال ذات التأثير الواسع في حياة كثير من الناس، سواء إن كانوا يعيشون في بيئات حضرية أو ريفية. ويؤدي امتداد الولايات المتحدة الأمريكية المتسع على مستوى دوائر العرض إلى وجود اختلاف واسع في كمية الثلوج المتساقطة في أنحاء البلاد. ويظهر شكل (٤-١) المتوسط السنوي لإجمالي الثلوج ويشير إلى أن النموذج الأساسي يتسم بالتوزيع المركب والمعقد لتساقط الثلوج في النطاقات الجبلية في الغرب الأمريكي، بالإضافة إلى بعض المناطق التي يسقط عليها كمية من الثلوج قد تتجاوز ٤٠٠ بوصة/سنوياً (١٦٠ سم / سنوياً). أما في المناطق الوسطى والشرقية فيعكس النموذج النطاقي لخطوط التساوي المتقاربة بشدة كنتيجة لتأثرها بالموقع بالنسبة لدوائر العرض. هذا وهناك بعض التعديلات المحلية التي ترتبط بنمط التوزيع النطاقي في جبال الأبالاش وفي المناطق الواقعة حول البحيرات العظمى. حيث يعد تساقط الثلوج على جبال الأبالاش نتيجة ارتفاع المناسيب، أما بالنسبة للتساقط الثلجي في نطاق سهول البحيرات العظمى، فيرجع إلى بعض التعديلات التي تطرأ على كتل الهواء عند عبورها البحيرات العظمى كما يتضح في شكل (٤-٢).

ويمكن أن نستنتج من شكل (٤-١) معدل كمية تساقط الثلوج بطريقة جيدة. وينبغي الإشارة إلى كون خطوط تساوي الثلوج " إيزونيفs Isonifs " تعتمد على بيانات لمحطات ترصد الثلوج كأحد أشكال التساقط، وتمثل هذه المحطات نقط على الخريطة، وتصل خطوط التساوي بين هذه النقط، مما قد يوحي بأن جميع المناطق المحصورة بين المحطات قد تم فيها الرصد فعلياً، وهذا ليس صحيحاً، وهذا مما يمكن أن نعتبره أحد المشكلات المرتبطة بقياس الثلوج.

شكل (٤-١) المتوسط السنوي للتساقط الثلجي في الولايات المتحدة الأمريكية

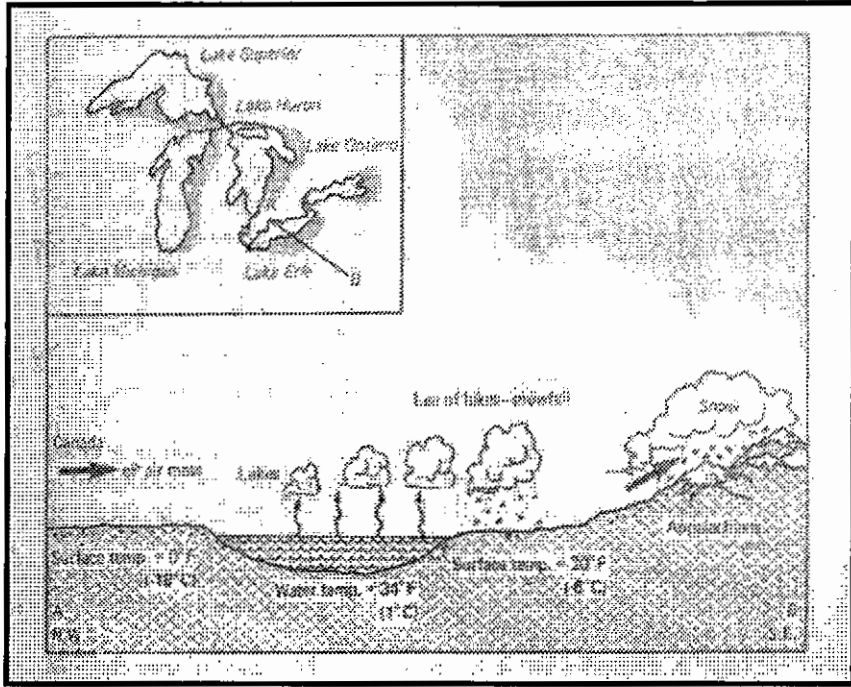


ويمكن ملاحظة شدة التعقيد في خطوط التساوي في المناطق الجبلية الغربية

المصدر: AOAA

وهناك عدد من الأساليب المستخدمة في قياس الثلوج ، وأكثرها شيوعاً هي تلك التي يتم تعديلها لما يعادل ٨ بوصات وفقاً لجهاز قياس المطر Rain Guge . أما الطريقة اليدوية ، فيجمع الثلج في وعاء المطر حتى يذوب ثم يعبر عنه بما يكافئ محتواه من الماء ، وتستخدم أيضاً طريقة وزن الوعاء Weighing Type ولكن بعد تعديلها سواء بالتسخين حتى يذوب الثلج ، أو بإضافة أحد العناصر التي تؤدي إلى سرعة ذوبان الثلوج . وهكذا فإن محتوى المياه في جميع هذه الحالات هو طريقة قياس التساقط الثلجي .

شكل (٤-٢) حزام الثلج في الولايات المتحدة الأمريكية والتأثير البحري على هذا التوزيع : مثل حزام الثلج الذي يقع في منصرف التأثير البحري ، ويوضح القطاع العرضي الظروف المصاحبة لتساقط الثلوج من اتجاه الشمال الغربي نحو الجنوب الشرقي



وتستخدم طريقة تقطيع الثلج **Snow - Cutting** لقياس محتوى الماء في الثلج فوق الأرض . وتتميز هذه الأنابيب بأنها خفيفة الوزن ولها حافة مسننة تخترق الثلج لتصل إلى مركز قطعة الثلج . وعندئذ يتم وزن مركز قطعة الثلج ، ومن ثم يمكن التعبير عن الثلج من خلال وحدات الماء . ويبلغ قطر هذا الأنبوب ١,٥ بوصة ، ومقسم إلى أجزاء متصلة في مجملها ومغلقة من جانب واحد . وتستخدم أنابيب تقطيع الثلج في المناطق الجبلية حيثما يصبح التساقط الثلجي هاما لكون الانهيار الثلجي محتملا ، ولتقدير المكافئ المائي **Water Equivalent** الذي يمكن أن يصبح فجأة جريان سطحي . وللحصول على بيانات دقيقة في مثل هذه المناطق ، تستخدم وسائد الثلج **Snow Pillows**. وهذه الوسائد عبارة عن حاويات بيضاوية الشكل تختلف في أقطارها لتتراوح من ٤ إلى ١٢ قدما . وحينما يتساقط الثلج فوق الحاوية **Pillow** ، فإن الإناء " الحاوية - الوسائد " تتضغط فيتغير الضغط فوق

السائل داخل الحاوية ثم يتم القياس حيث يتحرك المؤشر ليحول الضغط إلى مكافئ مائي بالبوصة . هذا وتوزع حاويات الثلج في مناطق منعزلة ومتصلة بجهاز إرسال أوتوماتيكي حيث يمكن تسجيل بيانات الراديو في محطات تبعد عدة أميال عن تلك المواقع للحاويات. ويمكن قياس عمق الثلج فوق الأرض وتسجيله من خلال قياس محتوى الماء في الثلج . ويستخدم في هذه الحالة عمود عادي يتم غرسه في غطاء الثلج . ويعتمد استخدامه على اختيار الموقع الصحيح للقياس، وعادة ما يتم أخذ معدل لأكثر من قراءة لتوضيح سمك الثلج فوق اليابس. ويتم تثبيت مجموعة من الأوتاد المقسمة في المناطق الجبلية حتى يمكن القراءة منها مباشرة للحصول على عمق الثلج. ويبرهن على ذلك كون رصد تساقط الثلج يعتبر مهمة صعبة لكون تسجيلاته عرضة للأخطاء البشرية، فضلا عن أخطاء الرصد وأعطال الأجهزة. وعلى أية حال ، حينما يتساقط الثلج ، فإن الفرق بين التساقط الخفيف والغزير ينعكس بالتأكيد على الأنشطة البشرية . وتعكس الأمثلة التالية إلى أي مدى يمكن أن يصبح للتساقط الثلجي العنيف تأثيرات خطيرة مقارنة بالتساقط الثلجي العادي .

شطاء قاسي في ولاية أليوي

يوضح شكل (٤-١٣) كمية الثلج الساقط في أحد فصول الشتاء في ولاية أليوي وهي كمية عادة ما تسقط عليها . ويشير الرسم البياني إلى الزيادة التدريجية في كميته بصفة عامة من الجنوب إلى الشمال ، بمدى يتراوح بين أقل من ١٠ بوصة (٢٥,٤ سم) إلى أكثر من ٣٦ بوصة (٩١,٤ سم) . ويعكس هذا التوزيع الفرق في درجات الحرارة على المحور الشمالي الجنوبي ، وفيما يتعلق بالتساقط خلال فصل الشتاء فإن المواقع الجنوبية غالبا ما يكون هذا التساقط في صورة مطر [حيث أن متوسط درجة الحرارة لشهر يناير في مدينة كاربوندال Carbondale يبلغ ٣٦ درجة فهرنهايتية (٢,٢ م°)] ، بينما في المناطق الشمالية فإن التساقط على هيئة ثلوج [حيث يبلغ متوسط درجة حرارة شهر يناير ٢٣ درجة فهرنهايتية (-٥,٠ م°)] . هذا وينبغي الإشارة إلى أن كمية الثلج الساقط خلال أي من فصول الشتاء تختلف كليا عن المتوسط الفصلي . وقد حدث ذلك بالفعل خاصة في شطاء ١٩٧٧/١٩٧٨ الذي برهن على أنه شطاء مبكراً قد تسبب في أضرار جسيمة على الصعيد الاقتصادي والاجتماعي في هذه الولاية. إذ سجلت محطات الأرصاد أن شطاء ١٩٧٧/١٩٧٨ - على الأقل فيما يتعلق بتساقط الثلوج - يعد الأكثر قسوة وعنفاً منذ بداية الاستقرار في ولاية أليوي أي منذ حوالي ١٨٠ سنة ماضية . وقد

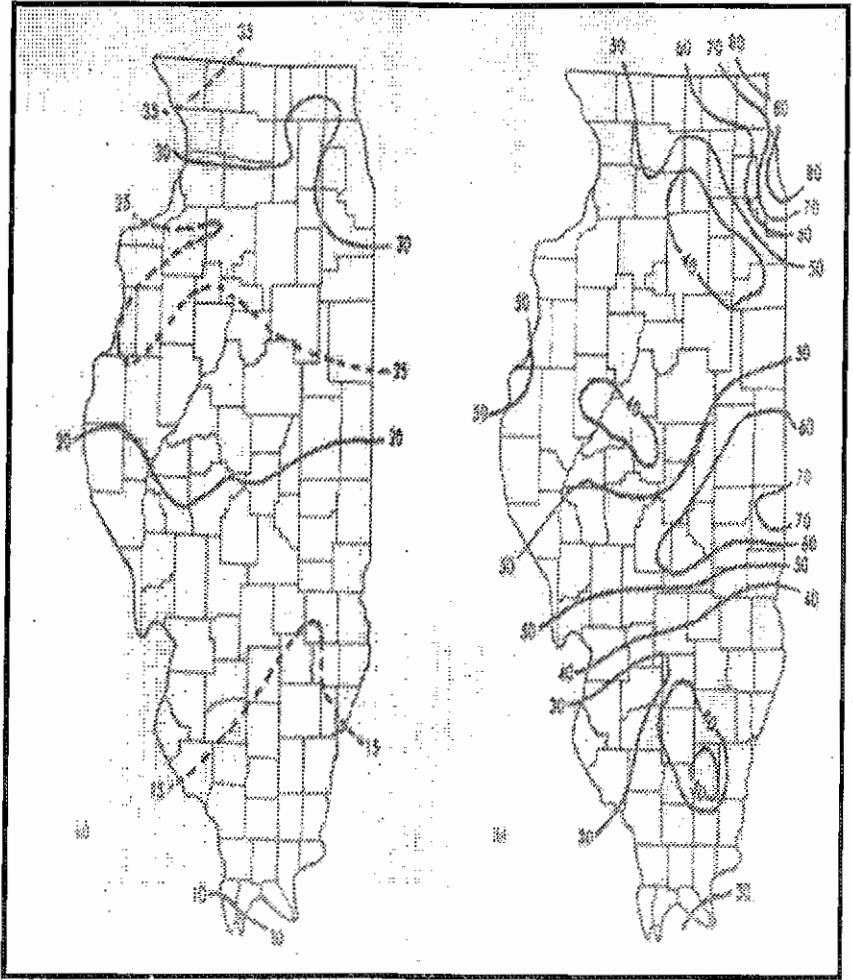
حدثت ١٨ عاصفة ثلجية عنيفة خلال هذا الشتاء. وقد تحقق عنف إحداهما من خلال استمرارها لمدة ٥٠ ساعة متواصلة، بينما ظهر عنف أخرى من خلال الكمية الضخمة للثلج المتساقط. وعلى سبيل المثال، حدثت عاصفة في يومي ٢-٣ مارس ١٩٧٨، فغطت منطقة مساحتها ٤٧,٣٠٠ ميلا مربعا بطبقة ثلجية سمكها ٣ بوصه (٧,٦ سم) . ويوضح شكل (٣ب-٤) التوزيع الفصلي للثلج الساقط في ذلك الشتاء . وتستقبل غالبا الولايات الداخلية كمية من الثلج تزيد عن ٣٠ بوصة، بينما تتجاوز كميته ٧٠ بوصة (١٧٨ سم) في المناطق الأخرى. وترتبط تلك الكميات الضخمة من الثلوج بتكرار العديد من العواصف التي تؤثر سلبيا في سكان ولاية ألينوي .

الأضرار والمخاطر

لا تسمح المعلومات المتاحة بالوصول إلى تقديرات دقيقة عن اجمالي الخسائر الاقتصادية في ولاية ألينوي في شتاء ١٩٧٧/١٩٧٨ ، على الرغم من أن تلك التقديرات ترتفع كثيرا لتبلغ أكثر من ٢ بليون دولارا . وبالرغم من نقص البيانات ، فإن البحث الذي قام به عالميين عن هذا الشتاء في ألينوي قد أسهم في تحديد عددا لا يحصى من الأضرار ، تلك التي أحتلت عناوين الصحف التي قامت بحصر عدد تلك العواصف وأثارها الكارثية . وقد تم تصنيف تلك الأضرار على ٥ محاور في جدول (١-٤) لمحاولة فهم وتقييم درجة الضرر والخطورة . وجدير بالذكر، إنه في بعض القطاعات التي تصيبها تلك الأضرار، قد يمتد الضرر وتوابعه لفترات طويلة خاصة القطاعات الاقتصادية التي تتأثر فعليا نتيجة مثل تلك الظروف الجوية القاسية.

شكل (٣-٤) أ : المتوسط الفصلي للتج المتساقط (بالبوصة) في ولاية إلينوي

ب : التج المتساقط (بالبوصة) في شتاء ١٩٧٧/١٩٧٨ في ولاية إلينوي



المصدر : Changnon & Changnon ١٩٧٩

جدول (٤-١) أضرار العواصف الشتوية العنيفة في شتاء ١٩٧٨/٧٧ في ولاية أليوي

المحور	الأضرار
١- قطاع النقل والمركبات البرية:	<p>أ - أتوبيسات النقل الداخلي في المدن وفيما بينها :</p> <ul style="list-style-type: none"> • توقف وتأخر ، العديد من التلفيات والأعطال ، استخدام كثيف للنقل الجماعي <p>ب - القطارات:</p> <ul style="list-style-type: none"> • تأخر، أعطال مقطورات الشحن على القضبان، تغيير ٥٠% أو أكثر من وجهة المسافرين <p>ج- المطارات:</p> <ul style="list-style-type: none"> • قد أغلق مطار أوهار في مدينة شيكاغو لمدة يوماً ، وقد أغلقت المطارات المركزية في وسط ولاية أليوي لمدة ١٢ يوماً ، بقاء المسافرين في صالات المطارات . <p>د - وسائل النقل الأخرى:</p> <ul style="list-style-type: none"> • عربات إزاحة الثلوج تستخدم بكثافة لإنقاذ السائقين • تستخدم طائرات الهليكوبتر بشكل كثيف لنقل الغذاء والأدوية ، نقل الناس والمرضى إلى المستشفيات ، إنقاذ السائقين المصابين على الطرق <p>هـ- السيارات الخاصة والشاحنات:</p> <ul style="list-style-type: none"> • الأعطال بالآلاف • الحوادث بالمئات • إغلاق الطرق الرئيسية جزئياً أو كلياً في وسط أليوي لمدة ١٢ يوماً
٢ - المنافع	<ul style="list-style-type: none"> • تحطم الخطوط، انقطاع التيار الكهربائي، إصلاحات الخطوط • ارتفاع الحاد في بيع الغاز والكهرباء • انقطاع إمدادات المياه • الاستخدام الواسع للخدمات على مسافات طويلة • أبراج الإذاعة والتليفزيون تحطمت أو تحطمت أو تعرضت لأضرار
٣- المنشآت التجارية	<ul style="list-style-type: none"> • تناقص المبيعات • تأخر سرعة تسويق البضائع

<ul style="list-style-type: none"> • إغلاق المتاجر بسبب نقص الطاقة • تزداد شراء الملابس الشتوية • زيادة شراء السخانات ، الأفران ، المستوقدات ، وكذلك مستوقدات الخشب • تفقد الكثير من محلات الغذاء بالمواد الغذائية • تباع محلات الخدمة كميات كبيرة من الغاز ، وتزيد ساعات العمل كما تزيد الخدمات التي تقدمها • تباع محلات إطارات السيارات المعدنية والمطاطية المقاومة للتلوج كميات أكبر • زيادة الأعمال الفندقية والموتيلات • تشتري سيارات الأجرة كميات أكبر من الإطارات المقاومة للتلوج • زيادة الأجازات المرضية للعاملين • تأخر، تحطم الشاحنات، فساد البضائع، فقدان العمال المرتبطة بشحن البضائع بالسفن • تأخر المواد الأساسية الحرجة في الصناعات الأساسية 	<p>والصناعية:</p>
<ul style="list-style-type: none"> • تأخر أو إلغاء كثير من الأحداث الرياضية • بقاء المسافرين بالآلاف في الموتيلات ، والمراكز الصحية ، والمطارات والمنازل • ترابط وتعاون بين الجيران والآخرين • استخدام كثيف لخطوط التليفونات ، وتأخر التواصل التليفوني • تأخر كمبيالات المزارعين • السير لمسافات طويلة للوصول للمدارس والمتاجر • حرائق المنازل ، وتأخر خدمة الإطفاء في وصولها للمنازل المضارة • زيادة حالات الولادة بالمنازل والمطاعم والسيارات وغيرها • توقف أو تأخر خدمات التوصيل للمنازل • تأخر توصيل الغاز للمناطق الريفية، توقف البريد بين المدن، توقف البريد والمراسلات بين المواطنين أو 	<p>٤ - الأنشطة البشرية:</p>

<p>تأخرها</p> <ul style="list-style-type: none"> • تأخر إمدادات الغذاء والدواء ، تأخر نقل النفايات • تأخر سيارات الإسعاف • تأخر أو إلغاء العديد من الرحلات الترفيهية والأعمال 	
<ul style="list-style-type: none"> • تأخر جلسات المحاكم • زيادة كثافة خدمات إسعاف أليفوي لتصل ٨٠ خدمة / الأسبوع خلال يناير • إغلاق المدارس لمدة ٧-١٢ يوماً وما يتبعه من تأخر المدارس صيفاً • تأخر خدمات البريد على مستوى المدن والضواحي • زيادة الضغط على الملح لإذابة الثلوج مما يؤدي إلى وجود شح في الكميات المطروحة في الأسواق • زيادة أعطال وتوقف وحجز السيارات والشاحنات على الطرق السريعة، وتأخر سيارات إزاحة الثلوج • فقدان فرص العمل في الولاية مما يؤثر في دخل الولاية • يتأخر وصول سيارات المطافئ لكثرة الحرائق • يحدث انخفاض في عدد الجرائم مقابل ارتفاع إعداد الحوادث وكثرة المشكلات الناتجة عن سقوط حبات الثلج 	<p>٥ - الأضرار المؤسسية المجتمعية:</p>

المصدر: ١٩٧٩، Changnon and Changnon

ويتضح من الجدول السابق أن قطاع النقل من أكثر القطاعات المتضررة، حيث تتعطل السيارات والشاحنات، فضلاً عن تحطمها بمختلف الطرق. و تغلق الحرق السريعة التي تربط الولاية بغيرها من الولايات وكذلك الطرق الداخلية التي تتميز بكثافة الحركة والطرق المركزية في الولاية إغلاقاً تاماً لمدة تصل إلى ١٢ يوماً في أثناء الشتاء. ، وتصبح الهليكوبتر وكاسات الثلج في بعض المواقع الأكثر نفعاً معظم الوقت، حيث تستخدم على نطاق واسع لنقل الغذاء والأدوية، وتعد أنسب الوسائل لمواجهة تعطل التواصل. أما رحلات الطيران السياحي ، على أية حال ، فإنها تتأثر بسبب إغلاق المطارات وتأخر العديد من الرحلات. وتوسعى الشركات النفعية والخدمية إلى تحقيق الزيادة في الدخل والتوسع في مجالات تقديم خدماتها . وينعكس ذلك في ارتفاع المبيعات في التيار الكهربائي وخدمة الهاتف من جهة ،

ونكافة الدمار الكثيفة على طول الخطوط من جهة أخرى . وقد ارتفعت الخسائر الاقتصادية لتبلغ تكلفة إصلاح خطوط التليفون ٣,٥ مليون دولار في أثناء عاصفة حدثت خلال يومي ٢٤-٢٥ مارس. وإجمالاً، فإن خسائر الدمار الذي عانت منه شركات الخدمات والمنافع كانت أكبر بكثير مقارنة بما تحققه من مكاسب نتيجة زيادة عوائد كثافة استخدام خدماتها. أما المؤسسات التجارية فقد تعرضت إلى خليط من المخاطر والخسائر الاقتصادية . فقد كان هناك تراجعاً في حجم المبيعات، وعلى نفس الدرجة من الأهمية، زيادة في عدد الغائبين من العمال. إذ سجلت المتاجر الضخمة التي تقع في قلب مجتمعات سكنية ضخمة (قد يبلغ عدد سكانها ١٠٠,٠٠٠ نسمة) {خسارة في المبيعات بلغت ٥٠,٠٠٠ دولار / يوم لعدة أيام متتالية. وقد أدى العجز في موارد الطاقة وتعطل وتوقف وسائل النقل داخل المدن إلى اغلاق المتاجر الكبرى أبوابها لمدة ٦ أيام في وسط وجنوب أليوي . وقد عانت متاجر الأغذية هبوطاً حاداً في المبيعات نتيجة نقص إمدادات الغذاء، بينما عانت العديد من المؤسسات التجارية هي الأخرى من جراء خسائرها في الممتلكات نتيجة لزيادة سمك الثلوج والعواصف الجليدية. وعلى أية حال ، قد تحققت فعلاً بعض المنافع أو المكاسب كنتيجة للزيادة في المبيعات من إطارات السيارات مثلاً . وقد سجلت محطات الخدمة مكاسب هائلة وكذلك الفنادق الصغرى " الموتيلات " نتيجة زيادة أعطال المركبات الخاصة على الطرق السريعة بين المدن . وقد لوحظ وجود العديد من التأثيرات في الأنشطة البشرية في أثناء العواصف الثلجية في ولاية أليوي كما أتضح في جدول (٤-١) . وكما هو متوقفاً ، أن العديد من المصالح قد تعطلت أو تأخرت على الأقل ، وأن العديد من الناس قد أُجبروا على البقاء في الموتيلات ، والمراكز الصحية ، والمطارات والمنازل الريفية لأيام وليالي متتالية حيث تجبرهم ظروف الطقس على المبيت . ونتيجة لمشكلات السفر ، فإن الأطفال يولدون في مختلف الأماكن غير المستشفيات بما في ذلك المنازل والمطاعم ووسائل النقل . وقد ارتبطت أغلب المشاكل الشخصية بتأخر أو توقف سيارات الإسعاف والمطافئ . وقد انخفضت البلاغات الخاصة بالجرائم، بينما ارتفعت الاتصالات الخاصة بحوادث الطرق. وقد تم تجميع التأثيرات السلبية للعواصف الثلجية سواء على مستوى الأفراد ، والمؤسسات التجارية، أنظمة النقل ، العديد من المنافع والخدمات التي تعرضت إلى خسائر كبيرة خاصة المؤسسات الحكومية، فضلاً عن التأثيرات على مستوى التجمعات السكنية، وعلى مستوى الولاية وكذلك المعاهد الفيدرالية في جدول (٤-١). هذا، وهناك ضرورة ملحة في خضم تلك العواصف وسلبياتها، ألا وهي أن تبقى الطرق والشوارع مفتوحة أمام حركة المرور. إن فقدان العديد من أيام العمل

في أنحاء الولاية يكبدها العديد من الخسارة نتيجة انخفاض الضرائب كمصدر لدخلها. وقد تم تقدير خسائر ولاية ألينوي ب ٤ مليون دولار نتيجة انخفاض حصيله الضرائب فقط خلال يومي ٢٦-٢٧ يناير. كما تم توضيح أعداد المصابين والوفيات بسبب ذلك الشتاء القاسي في جدول (٤-١). وقد بلغ أعداد المصابين ٢٠٠٠ شخص وفق أفضل التقديرات بسبب حوادث السيارات بما فيها الأتوبيسات والقطارات والسيارات الخاصة في تلك الولاية. وترجع الوفاة إلى ٧ أسباب مباشرة إلى الظروف الجوية في ذلك الشتاء القاسي. وقد كان أغلبها بسبب حوادث السيارات الخاصة، على الرغم من أن ١٦ حالة وفاة كانت نتيجة تطاير الثلوج على الطرق مما يؤدي إلى اختلال عجلة القيادة وانقلاب السيارات.

جدول (٤-٢) الأضرار والوفيات في ولاية ألينوي في شتاء ١٩٧٨/٧٧

العدد	أسباب الضرر
٤٠	حوادث السيارات في يوم ٢٦ يناير
٣١٧	حوادث القطارات في يوم ٢٧ يناير
٤٧	حوادث السيارات في يوم ٨ مارس
٢٤	حوادث السيارات في يوم ٩ ديسمبر
٧٩	حوادث السيارات في يومي ٢٦-٢٨ يناير
٢٠٠٠	تقدير إجمالي عدد المصابين
	الوفيات
١	بسبب العمى الثلجي بفعل القطارات
٢٨	حوادث السيارات الخاصة
١٦	تصادم السيارات
٨	التجمد حتى الوفاة
٣	عدم وصول الطبيب المعالج
١	السقوط على الجليد
٥	جارفات - كاسحات الثلوج
٦٢	الإجمالي

المصدر: ١٩٧٩، Changnon and Changnon

وهناك ثمانية أشخاص قد تجمدوا حتى الموت بسبب انقلاب وسقوط سياراتهم في طبقة ثلجية عميقة. وقد بلغ إجمالي الوفيات في ذلك الشتاء ٦٢ حالة وفاة وهو الأكبر على الإطلاق الذي حدث خلال فصل واحد، إذ يبلغ المعدل العام

١٢ حالة وفاة بسبب قسوة العواصف الشتوية في ولاية ألينوي . وهكذا، فإن حالات الوفيات في ذلك الشتاء قد تجاوزت ٥ أمثال المعدل الفصلي في تلك الولاية.

وقد تكررت مثل تلك الخسائر الجسيمة التي وقعت ولاية ألينوي في أغلب ولايات غرب الوسط والأجزاء الشرقية من الولايات الأمريكية في أثناء الشتاء القاسي . وكما أتضح من الإحصاءات السابقة ، أن الخسائر الجسيمة قد تجاوزت أي مكاسب شخصية أو تجارية لبعض المؤسسات التي قد تحقق بعض الأرباح نتيجة زيادة الطلب على بعض البضائع أو بعض الخدمات .

إيجابيات الثلوج

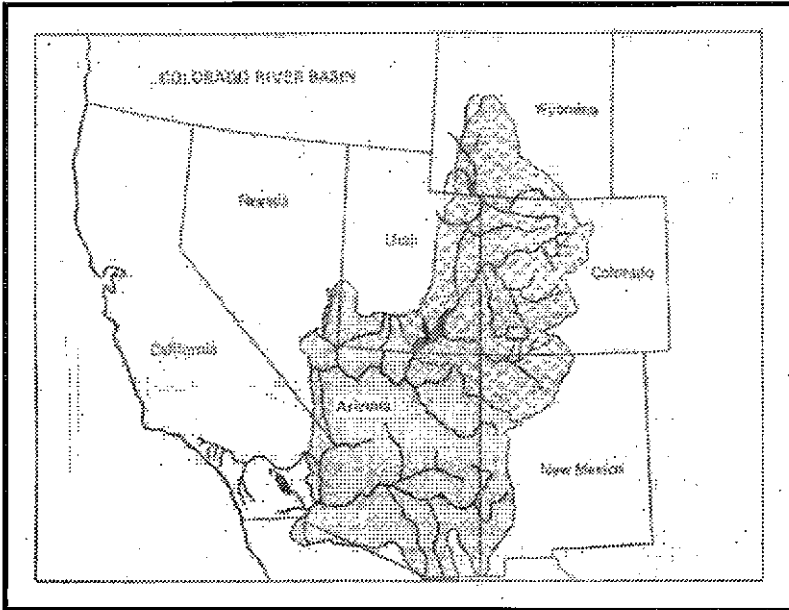
على الرغم من حقيقة كون الثلوج قد تسبب عدداً ضخماً من المشكلات في بعض الأماكن ، إلا أنها قد تصبح مصادر طبيعية قيمة في مواقع أخرى . وفيما يتعلق ببعض الفوائد أو العائدات الاقتصادية، فعلى سبيل المثال، تعتبر الثلوج عاملاً مفيداً في منتجات التزلج حيث تؤدي إلى اتساعها وتطورها وزيادة عمق الثلوج. هذا والأهمية الأكبر ، على أية حال ، هو الذي يلعبه التساقط الثلجي في إمدادات الجداول والأنهار بالمياه مما يدعم الجريان السطحي في غرب الولايات المتحدة الأمريكية . هذا وعلى وجه التحديد ، أهمية التساقط الثلجي في جريان نهر كلورادوا.

إن الميجر الأمريكي جون ويسلي بول Major John Wesley Powell (١٨٣٤-١٩٠٢) ، وهو عالم أمريكي جيولوجي Geologist وأثنروبولوجي Enthnologist ، وهو مكتشف أجزاء واسعة من غرب الولايات المتحدة الأمريكية . فقد قام برحلة استكشافية لنهر كلورادوا ، فقد كتب قائلاً : " كل فصول الشتاء طويلة ، تتساقط الثلوج لتحول الحافات الجبلية إلى قطع كريستالية Mountain - Crested . وحينما تشرق شمس الصيف ، تذوب الثلوج وتتساقط كرات ثلجية من المنحدرات الجبلية في صورة ملايين الشلالات Cascades . وتتكرر آلاف الشلالات لتكون حوالي ٥٠ نهراً فياضاً ، وهذه الأنهار الفياضة إل ٥٠ يشكلوا معاً نهر كلورادوا ، وهو نهر هائج يكون جدولاً يصب في خليج كاليفورنيا ."

وفي وقتنا الحاضر ، يجد الميجر بول صعوبة في التعرف على نهر كلورادوا . ويبلغ طول هذا النهر ١,٤٥٠ ميلاً ، ويعد من أكثر الأنهار التي أمكن التحكم فيها واستغلالها على مستوى الولايات المتحدة عن طريق احتجاز مياهها

بالسدود وتخزينها ، وتوصيلها إلى عدة قنوات لتستخدم في ري الأراضي الزراعية والاستخدام الحضري ، فضلا عن توليد الكهرباء . ومما يذكر أن أغلب مجراه عند المنبع تغطيه طبقات ملحية فوقها أخرى رملية. وقد دفع تزايد استغلال مياه نهر كلورادوا إلى العديد من المشكلات القانونية والنزاعات بين المستفيدين الفعليين منه ، وبين هؤلاء الذين يفضلون في رؤية كمية أكبر من المياه تنساب في النهر . وفي هذا المقام ، فإن السؤال المناخي هو كيف يمكن الحفاظ على كمية كبيرة من المياه في حوض النهر ؟ ويمكن أن نستقي الإجابة من وصف الميجر بول حين يقول: " كلما كان الشتاء طويلا ، كلما تساقط الثلوج ثم تذوب الثلوج وتتهار وتجرى المنحدرات الجبلية " . وبوضوح ، فإن، كمية كبيرة من مياه نهر كلورادوا ترجع في أصلها إلى تساقط الثلوج شتاء ، وكلما زادت كميتها ، تزيد بالتبعية كمية المياه المتاحة للنهر .

شكل (٤-٤) يشغل الحوض الأعلى والأدنى لنهر كلورادوا مساحة كبيرة من القطاع الجنوبي الغربي . ويوضح بداية منابع مجرى نهر كلورادوا من جبل سان جوان



وهناك دراسة متأنية لتقدير احتمالية مثل هذا التساقط الثلجي وكميته على مدى أكثر من ٥ سنوات في جبل سان جوان في ولاية كلورادوا . وتقع منطقة

الدراسة عند منابع نهر كلورادوا (شكل ٤-٤) حيث تتجمع وتتراكم كمية ضخمة من الثلج في أثناء شهور الشتاء . وفي الواقع ، وكما يتضح في شكل (٤-٥) ، فإن توزيع كمية الثلج بين ١٥ أكتوبر حتى ١٥ مايو يتوافق ويرتبط كثيراً مع الخصائص الطبوغرافية للمنطقة . وتوضح المنطقة المظلمة من القطاع الطبوغرافي في الصورة مناطق الثلج المرتبطة بمنطقة حقن السحب ببعض المواد من أجل حدوث التساقط الثلجي . وقد امتدت التجربة الفعلية من شتاء ١٩٧١/٧٠ إلى شتاء ١٩٧٥/٧٤ حين تم رش بعض السحب المتفرقة بمادة يويد الفضة Silver Iodide للمقارنة بينها وبين السحاب الأخرى التي لم يتم رشها .

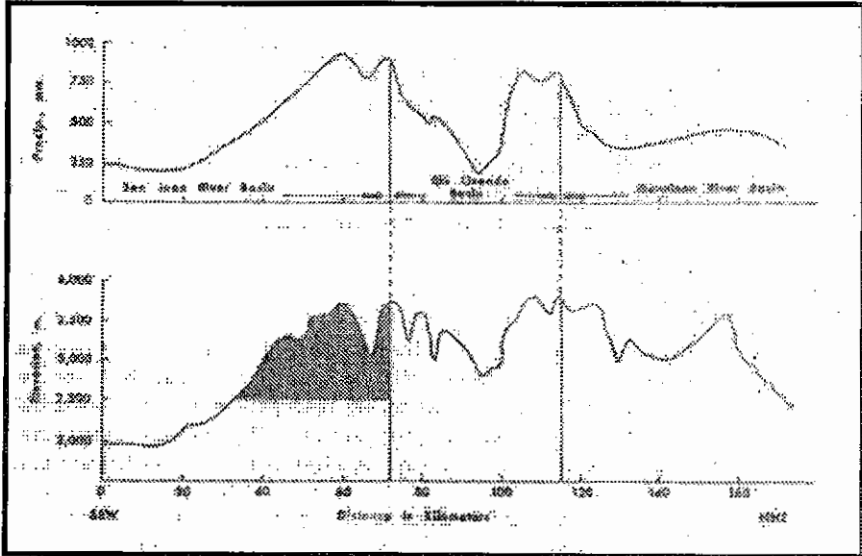
وعن طريق استخدام وسائل تكنولوجية محددة مع برنامج إيلوت Elliott وشافر Shaffer وغيرهما سنة ١٩٧٨ قد قدم لنا المؤشر الأولي كمثال للتعقيدات الفيزيائية والتحليلات الإحصائية التي تحتاج إليها هذه التجربة . وليس هنا المجال لذكر تفاصيل تلك الوسائل ، ولكن نكتفي فقط بذكر النتائج القيمة التي توصل إليها طاقم التجربة . حيث ذكر الباحثون أن " إن مشروع حوض نهر كلورادوا قد فشل في تحقيق هدف واحد ألا وهو أن معدل التساقط الثلجي من السحب على مدار ٧١ يوماً التي تم خلالها حقن السحب بيويد الفضة لم ترتفع عن كميته من السحب غير المحقونة على مدار ٧٦ يوماً بسبب ظروف حالة عدم الاستقرار في أيام حقن السحب ، بالإضافة إلى أن الظروف لم تكن مواتية لحدوث التساقط . بينما تحقق الهدف الثاني الذي يتمثل في الرصد الكثيف للتساقط ، درجة الحرارة والرياح السطحية ، فضلاً عن رصد أحوال الجو في الطبقات العليا كل ٣ ساعات خلال أيام التجربة . وقد سمح هذا بتحليل كم هائل من بيانات الطقس التي تشمل ٩٧ سحابة محقونة و ١١٩ سحابة غير محقونة .

ويظهر الرسم البياني بالتفاصيل ماهية الظروف المناسبة والأخرى غير المناسبة لحقن السحب بيويد الفضة . ويرجع الإخفاق في حقن السحب المناسبة في أثناء ٢٤ ساعة تجريبية لعدم الدقة في اختيار السحب المناسبة ، فحدث تجاوز للظروف المناسبة لقمة السحاب من حيث درجة حرارتها وسرعة الرياح التي أمكن التنبؤ بخصائصها خلال إل ٢٤ ساعة القادمة (بمعنى أن عملية الحقن لم تكن تناسب درجة الحرارة وسرعة الرياح المتوقعة خلال ٢٤ ساعة قادمة التي تم على أساسها اختيار السحب المناسبة لعملية الحقن) .

ومما يدعو للاهتمام، قد أظهر التحليل ضرورة حصر عملية الحقن في السحب التي تتميز بدفء قمتها (حيث تبلغ درجة حرارتها - ٢٩,٠ م) ، وكذلك السحب السمكية " ذات امتداد رأسي كبير" الباردة والمصحوبة برياح خفيفة (من خلال تنبوء دقيق لا مجال للشك فيه) ، إذ يتبعه زيادة في كمية التساقط الثلجي بنسبة ١٠% أو أكثر من جانبي جبال سان جوان .

ويتزجم ذلك في زيادة معدل التساقط في أثناء فصل تراكم الثلوج ، وكانت النتيجة النهائية لذلك أن الجريان السطحي المحتمل في نهر سان جوان (وقد تم تجميع مياه الجريان السطحي أمام سد نافاجو Navajo reserior) قد بلغت كميته ١٩٧ مليون متراً مكعباً . أما في حوض جراندريو على جانب منصرف الرياح حيث ذروة الجريان ، فإن الزيادة المتوقعة للجريان السطحي السنوي قد بلغت ١٨٦ مليون متر مكعب (عند مدينة شوشيتي Cochiti) .

شكل (٤-٥) قطاعات طبوغرافية والتساقط الثلجي على جبل سان جوان والمنطقة المظلة هي موقع التجربة لبرنامج حقن السحب بهدف زيادة كمية الثلج الساقط



المصدر: ١٩٧٨: R. D. Elliott et al.

ونخلص مما سبق أنه، بينما تظهر تلك التجربة أن جميع السحب المحقونة لا تسقط كمية أكبر من الثلوج، فإن تصميم التجربة أدى إلى إحداث نوعاً من التشتت فيما يتعلق بالظروف المواتية لحقن السحب مما يضمن تحقيق النجاح في زيادة كمية الثلوج الساقطة وما يتبعها من الجريان السطحي حال ذوبانها .

نتائج منفردة

ولنفترض أن نتائج مشروع بحث سان جوان يعد بمثابة وسيلة لإنشاء برنامج جديد . فإن زيادة كمية الرطوبة المتاحة لمجرى نهر كلورادوا ستحقق قيمة نفعية هائلة ولكنها تحتاج إلى الاستفهام حول ما إذا كان زيادة تساقط الثلوج قد بسبب أي مشاكل اقتصادية أو بيئية . فحينئذ تكون الإجابة نعم ، فإن هناك العديد من الأضرار والمخاطر ، وتتضمن :

١ - الانهيار الثلجي : إن السحب المحقونة لا تحدث عواصف ثلجية أكثر، وإن كانت تؤدي إلى زيادة طول الفترة الزمنية التي يسقط خلالها الثلج أثناء العاصفة . ويتبع ذلك بالضرورة زيادة سمك الثلج مما يزيد من احتمالية حدوث انهيارات ثلجية . وبناءً على ذلك، فإنه خلال أي برنامج لحقن السحب، لابد من اتخاذ مجموعة من وسائل التحكم للحيلولة دون حدوث انهيارات ثلجية.

٢ - الفيضانات : يمكن أن تتحكم قنوات المجاري المائية في أغلب كمية المياه الناتجة عن ذوبان القمم والكتل الثلجية التي تتكون طبيعياً . ومن خلال تنظيم كمية الثلوج ، تزيد حجم المياه المذابة مما يؤدي إلى زيادة احتمالية حدوث فيضانات خطيرة . إن التحكم في الفيضانات وإمكانية توقعها يدعوا إلى ضرورة أخذ جميع الاحتياطات .

٣ - التلوث : في حالة ما إذا اتسع برنامج حقن السحب إلى الحد الذي يجعل تأثيره يمتد إلى منابع حوض نهر كلورادوا ، فإنه يمكن استخدام حوالي ٨٠٠٠ رطل من يوديد الفضة كل شتاء . وفي أثناء شروق الشمس ، فإن يوديد الفضة يتحلل ويتفكك ليكون فضة سائلة وعنصر اليود . وإذا ما دخلت الفضة المذابة في سلسلة الغذاء ، فيمكن أن تصل إلى تركيزات خطيرة ، وسواء إن كان هذا التلوث قد حدث أو لن يحدث أبداً ، فإن ذلك صعب إدراكه ، ولكن يعد ذلك أحد العديد من الأسئلة الهامة التي ترتبط بإضافة يوديد الفضة إلى الغلاف الجوي .

٤ - النباتات والحيوان : إن إضافة الكتل الثلجية يمكن أن يحدث تغيراً في المناخ التفصيلي ، وهذا التغير بالضرورة سيؤدي إلى إحداث بعض التعديلات على الأنظمة البيئية السائدة . إذ أنه من الوارد أن يحدث انتقال أو إحلال للمجموعات النباتية التي ستتزحزح نحو الارتفاعات الأقل ، مما قد ينتج عنه تزحزح النطاق الشجري (الذي يمثل الحد الذي لا ينمو الشجر بعده في الجبال والمناطق القطبية بسبب تراكم الثلوج) . وهذا التزحزح سيتبعه بالضرورة إحداث اضطراب في البيئة الحيوانية ، ولمدة عدة شهور طويلة فإن الحيوانات تبقى في ارتفاعات أقل لأنه لم يعد باستطاعتها أن تجد ما يكفيها من الغذاء بسهولة في الارتفاعات الأعلى .

٥ - عمليات التعدين : يؤدي إضافة الثلج إلى زيادة تكلفة تكسير الثلوج خلال فترة أطول من السنة حول المناجم ، كما أنه يؤدي إلى زيادة احتمالية حدوث أخطار الفيضانات . وفي المناجم التي تعمل خلال فصل الصيف فقط ، فإن التساقط الكثيف للثلوج سيؤدي بالضرورة إلى قصر مدة عملها وتشغيلها .

٦ - المصالح المتعارضة : إنه من الثابت أن عمال المناجم في المنطقة لا يستحسنوا فكرة برنامج زيادة كثافة تساقط الثلوج . إذ يمثل إضافة الكتل الثلجية المزيد من الأضرار التي تتجاوز النواحي الاقتصادية . وتعتبر هذه النقطة من أكثر المحاور التي تستحوذ على الاهتمام الأكبر في برنامج تعديل الطقس، وهي مشكلة تتعلق بمدى مشروعية تعديل الغلاف الجوي. إذ قد تحقق التغيرات بعض المنافع في أحد القطاعات ، ولكنها في ذات الوقت قد تؤدي إلى مشاحنات قضائية . وفي الواقع ، يجب أن ندرك أن مستقبل تعديل الطقس والمناخ لا يقع ضمن معامل العلوم الجوية ، ولكنه يقع ضمن القانون الدولي .

قد ركز هذا الفصل على مخاطر وأضرار تساقط الثلوج . فمن ناحية ، يؤدي تساقط الثلوج إلى نتائج سلبية فيما يتعلق بارتفاع تكاليف الأنشطة البشرية ، وقد يصل الضرر إلى حد الوفاة . ومن ناحية أخرى ، فإن الاتجاه إلى حقن السحب في الغرب الأمريكي ، قد أصبح معه الثلوج مصدراً دائماً ومتجدداً . وحينما يصبح التساقط الثلجي مشكلة، فإن عدداً قليلاً قد يجد تلك الظروف متعارضة مع نشاطهم، بينما يعتبر الثلج مصدراً رئيساً وأساسياً في حياة آخرين.

إن الدراسة المناخية لتساقط الثلوج وتحديدًا فيما يتعلق بمخاطرها ، يوفر القاعدة العلمية للعديد من المشروعات البحثية المستقبلية . فإذا كنت تعيش في بيئة تستقبل الثلوج ، فإن دراسة البيانات المناخية يمكن أن يوفر قاعدة معلوماتية عن مدى المخاطر التي يتعرض لها سكان ذلك المجتمع البشري في تلك المنطقة . وماهية كمية الثلوج التي تصبح خطورتها أقل على المنطقة ؟ هل الثلوج، للثلوج الساقطة متاحة في المنطقة المحلية ، وإذا كان الوضع كذلك فلماذا ؟ كيف يتعامل المجتمع البشري أو السكاني في منطقة ما مع مخاطر الثلوج، في أثناء تساقط الثلوج، وحينما تنوب ؟

وفيما يتعلق بآثار تساقط الثلوج، فإن مخاطر الثلوج تطرح العديد من التساؤلات التي تحتاج إلى إجابات تحتم القيام بمشروعات بحثية متأنية وعميقة.

الفصل الخامس

المظاهر المناخية للدورة الهيدرولوجية - باستخدام بيانات الأقمار الصناعية

توطئة

قد بات معلوماً أن استخدام البرامج المتطورة للاستشعار عن بعد يعد أحد أهم تطور حدث في نظام الرصد البيئي وأكبرها عبر التاريخ. ومن المؤكد أن استخدام الأقمار الصناعية لرصد بيئة الغلاف الجوي قد أضاف بُعداً جديداً في أبحاث ودراسات الطقس والمناخ. ويناقش هذا الفصل استخدام صور الأقمار الصناعية وتحليلها علمياً لتحديد مدى مساهمتها في فهم واستنباط البيانات التي تفيد في الحصول على المعلومات الخاصة بعناصر مناخية أخرى .

مقدمة

إن مصطلح الاستشعار عن بعد قد أصبح شائعاً في العصر الحديث. وبالرغم من أن أغلب تطبيقاته تعتمد على الصور التي تنقلها الأقمار الصناعية في مدار الأرض ، إلا أنه فعلياً طوقاً لا نهائياً لأحد مظاهر المراقبة البيئية . هذا ويعد الاستشعار عن بعد استشعاراً حول المعلومات الخاصة بأحد الموضوعات باستخدام بعض التقنيات البعيدة نسبياً . ويعد اختراع الكاميرا أمراً حيوياً لتطوير أداة تسجيل الاستشعار عن بعد. وبعد انقضاء فترة زمنية طويلة على اختراع الكاميرا البيئية - التي يطلق عليها نظام الرؤية البصرية - فإنه بات من الممكن تصوير لون عيون الطيور على سطح الأرض . ومن الجائز القول، أن أول تصوير فوتوغرافي جوي قد أخذ في باريس سنة ١٨٥٥ حينما وضع العالم الفرنسي G-F Tournachon كاميرا طائرة في بالون. وقد كانت الصور التي التقطها عبارة عن صور سطحية متحركة لسطح الأرض ، ويمثل استخدامها بدايات تطوير الصور الأخرى التي أدت بالتالي إلى زيادة درجة نقاء التصوير الجوي .

وبعد استخدام البالونات ، تم تثبيت الكاميرا في الطائرات لتمدنا بصور مسحية للأرض . وأخذت الكاميرات والطائرات المستخدمة في التطور لتصبح أكثر تعقيداً بمرور السنين. وأصبحت الطائرات التي تحلق على ارتفاعات منخفضة مزودة بوسائل تتحكم في مساراتها لتخفيض شدة الاهتزازات الناتجة عن حدوث أي اضطرابات . أما الطائرات التي تحلق على ارتفاعات عالية ، فأصبحت تحلق على

ارتفاعات أعلى من نطاق الاضطرابات حاملة معها كاميرات متطورة بدرجة ثبات مرتفعة . وتنتج مثل تلك الآلات الحديثة أفلاماً يمكن تكبيرها لتظهر تفاصيل دقيقة بالرغم من الارتفاع الذي النقطت منه تلك الصور . وبالتزامن مع ذلك، فإن تلك الأقمار سواء التي تحمل إنساناً أو تلك الأخرى الآلية تثبت في مدار حول الأرض، وتلتقط صوراً مسطحة شديدة الدقة والتفصيل لسطح الأرض. وفي تلك الأثناء، حدث تطوراً آخر في نماذج وأسلوب التصوير. هذا وتجدر الإشارة، إلى أن الكاميرا العادية تسجل صوراً بسيطة كذلك التي يمكن رؤيتها بالعين البشرية، أي إنها تسجل الضوء. وإذا كانت الصور يمكن التقاطها بواسطة الضوء، فإنه على الجانب الأخر يمكن التقاطها بواسطة ألطيف الكهرومغناطيسي . وهكذا فإنه تم تطوير الآلات المستخدمة بحيث يمكن أن تصور الإشعاع غير المرئي حتى وإن كانت حاملة لكاميرات تقليدية. ومن ثم، أصبح لدينا شكلين من البيانات المتاحة للاستشعار عن بعد، تلك المرئية والأخرى غير المرئية باستخدام الطيف الكهرومغناطيسي .

الأقمار الصناعية

قد بدأ برنامج الولايات المتحدة الأمريكية سنة ١٩٥٩ حينما تم انطلاق الأقمار الصناعية المعروفة بـ Vanguard & Explorer. وفي سنة ١٩٦٠، قد تم تصميم الأقمار الصناعية الخاصة برصد الأحوال المتيورولوجية وأطلق عليها الأقمار الصناعية التليفزيونية وتحت الحمراء للرصد Television & Infrared "TIROS" Observational Satellite، وقد تم تثبيتها في مدار حول الأرض . وقد تبع ذلك وعلى مدار عقد من الزمن جهوداً مكثفة لأنظمة الميكنة البصرية، وأصبحت السطوح التي يتم تثبيتها عليها أكثر تحديداً وفعالية وكفاءة في أجيال القمار الصناعية.

وباستمرار تلك الجهود، أصبح هناك ميل لتسمية الأقمار الصناعية بالأحرف الأولى للوكالات والهيئات الحكومية المسؤولة عنها . ويوضح جدول (٥-١١) قائمة بالأقمار الصناعية التي انطلقت بنجاح في الولايات المتحدة الأمريكية

١٩٧٠/١٩٦٠

جدول (٥-١١) الأرقام الصناعية التي انطلقت بنجاح لرصد الطقس
١٩٧٠/١٩٦٠

معدل الارتفاع (كم)	تاريخ الانطلاق	القمر الصناعي
٧٤٢	١ أبريل، ١٩٦٠	Tiros I
٦٧٦	٢٣ نوفمبر، ١٩٦٠	Tiros II
٧٦٤	١٢ يوليو، ١٩٦١	Tiros III
٧٧٧	٨ فبراير، ١٩٦٢	Tiros IV
٧٨٢	١٩ يونيو، ١٩٦٢	Tiros V
٦٩٨	١٨ سبتمبر، ١٩٦٢	Tiros V I
٦٤٩	١٩ يونيو، ١٩٦٣	Tiros II
٧٥٣	٢١ ديسمبر، ١٩٦٣	Tiros VIII
٦٧٥	٢٨ أغسطس، ١٩٦٤	Nimbus I
١٦٤٠	٢١ يناير، ١٩٦٥	Tiros IX
٧٩٧	١ يوليو، ١٩٦٥	Tiros X
٧٦٩	٣ فبراير، ١٩٦٦	Essa ١
١٣٨٤	٢٨ فبراير، ١٩٦٦	Essa ٢
١١٢٥	١٥ مايو، ١٩٦٦	Nimbus II
١٤٣٦	٢ أكتوبر، ١٩٦٦	Essa ٣
٣٥٩٠٠	٧ ديسمبر، ١٩٦٦	ATS-١
١٣٨١	٢٦ يونيو، ١٩٦٧	Essa ٤

١٣٨٧	٢٠ أبريل، ١٩٦٧	Essa ٥
٣٥٩٠٠	٥ نوفمبر، ١٩٦٧	ATS-٣
١٤٤٥	١٠ نوفمبر، ١٩٦٧	Essa ٦
١٤٤٨	١٦ أغسطس، ١٩٦٨	Essa ٧
١٤٣٦	١٥ ديسمبر، ١٩٦٨	Essa ٨
١٤٦٥	٢٦ فبراير، ١٩٦٩	Essa ٩
١١٠٠	١٤ أبريل، ١٩٦٩	Nimbus III
١١٤١	١٧ يناير، ١٩٧٠	Itos I
١٠٩٠	٨ أبريل، ١٩٧٠	Nimbus IV
١١٤٠	١١ ديسمبر، ١٩٧٠	Noaa ١

وفي إطار تطوير البرنامج، فقد استخدمت الأقمار الصناعية بعداً جديداً قد أمكن استحداثه سنة ١٩٦٦، وانطلاقه تحت أسم " التطبيقات التكنولوجية للأقمار الصناعية (A TS-١) Applications Technology Satellite. ويدور القمر الصناعي في مدار حول الأرض على ارتفاع حوالي ٢٢,٣٠٠ ميلاً أي ما يعادل ٣٥,٩٠٠ كيلومتراً فوق مستوى سطح البحر. وعلى هذا الارتفاع، لا بد أن تكون سرعة دوران القمر تعادل سرعة دوران الأرض، أي ١١,٠٠٠ كيلومتر / ساعة (٥,٩٣٦ عقدة) . ووفقاً لذلك، فإن كل من القمر الصناعي والأرض يدوران باستمرار في نفس المسار البيضاوي وبنفس السرعة.

إن جيل الأقمار الصناعية المعروف باسم SMS & GOES قد أنطلق لأول مرة سنة ١٩٧٤. وكما يفهم من تعبير القمر الصناعي الدائر في مسار بيضاوي حول الأرض ، فإن مثل هذه الأقمار الصناعية تتمكن من رؤية قطاع واسع من الأرض من خلال نقطة متميزة في السماء . وتنتج مثل تلك الأقمار

الصناعية صوراً كل ٢٠ دقيقة ، مما يتيح الفرصة لكل محطة أرضية تجميع الصور خلال فترات زمنية متعاقبة ، ويتيح ذلك التكتيك للعلماء الجويين رؤية أفلاماً متعاقبة لحركة الغلاف الجوي . ويتابع صور هذه الأقمار الصناعية - GOES SMS إعداداً هائلة من سكان الأرض في نفس الوقت من خلال البرامج التليفزيونية التي تستقبل صوراً من الأقمار الصناعية من محطات الأرصاد الحكومية التي تتصل بشبكة عنقودية كثيفة .

ويضاف إلى ما سبق ، وجود جيل من الأقمار الصناعية يطلق عليها NOAA وأخر MESS ، وكل منهما يحتوي على ٧ أقمار صناعية أخرى في المدار الواحد ، تلتقط خمسة منها الصور بينما الاثنان الأخرين في حالة استعداد لما قد يطرأ من أي عطل . وبالنسبة للخمسة أقمار الصناعية التي تلتقط الصور فعلياً ، فإن اثنين منها تدور حول المناطق القطبية ، وهي ما يطلق عليه جيل NOAA ، أما الثلاثة أقمار الأخرى فتدور في مسار حول الأرض وهي من جيل SMS - GOES .

نماذج إشارات الأقمار الصناعية

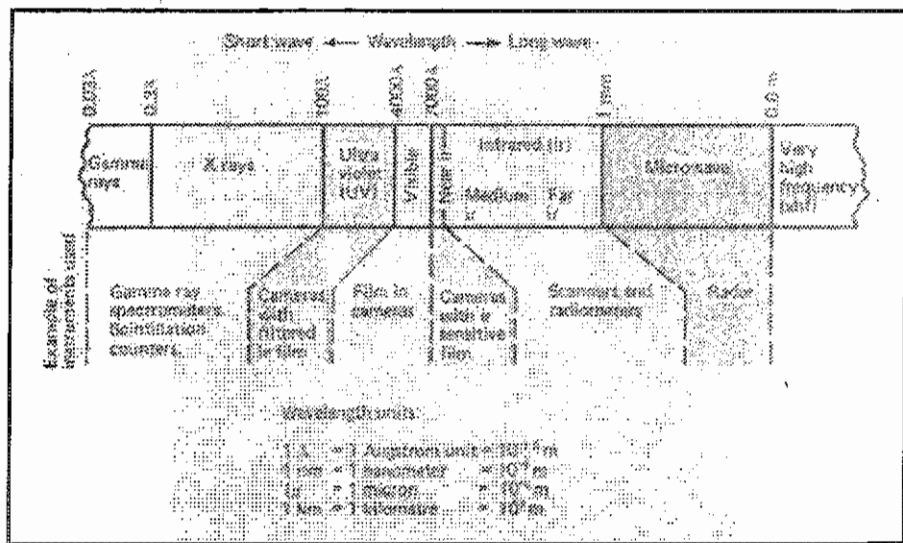
إن الأقمار الصناعية الخاصة بالرصد الجوي في وقتنا الحاضر يتم تزويدها بأشعة مرئية وأشعة تحت الحمراء وسكنر راديوميتر (VISSR) . وتنتج (VISSR) صوراً مرئية وأخرى تحت الحمراء ثم تنقلها إلى محطة الأرصاد الجوية الأرضية .

وفقاً لما أمكن ملاحظته من قبل ، يعتمد شكل الصورة الناتجة على مقدار ما يسجله الطيف الكهرومغناطيسي . ويوضح شكل (٥-١) الطيف ونماذج التسجيل المستخدمة . ويتضح أن الصور المرئية تتم من خلال موجات يتراوح طول موجاتها بين ٠,٥٥-٠,٧٠ ميكرون (ميكرون يعادل 10^{-6} متر) ، بينما الصور تحت الحمراء يتراوح طول موجاتها بين ١٠,٥-١٢,٦ ميكرون .

وتشبه الصور المرئية الصور الفوتوغرافية حيث أنها تتكون بواسطة ضوء الشمس المنعكس من الأرض والغلاف الجوي. وينعكس الضوء في الكاميرا فيخترق سطح الفيلم الفوتوغرافي المعطى بمواد كيميائية حساسة للضوء، فتتفاعل مع الضوء المنعكس الذي يصل إليها فتنتج بذلك الصورة الفوتوغرافية. بينما تختلف عن

الكاميرا، في كون الضوء المنعكس الذي يخترق جهاز الإحساس في القمر الصناعي يدفع هذا الجهاز إلى قياس كثافة هذا الضوء. وترسل الإشارات كثافة الضوء مرة ثانية إلى المحطات الأرضية حيث تنقلب تلك الإشارات على هيئة الصورة .

شكل (٥-١) الطيف الألكترومغناطيسي والأدوات المستخدمة لرصد أطوال الموجات المختلفة



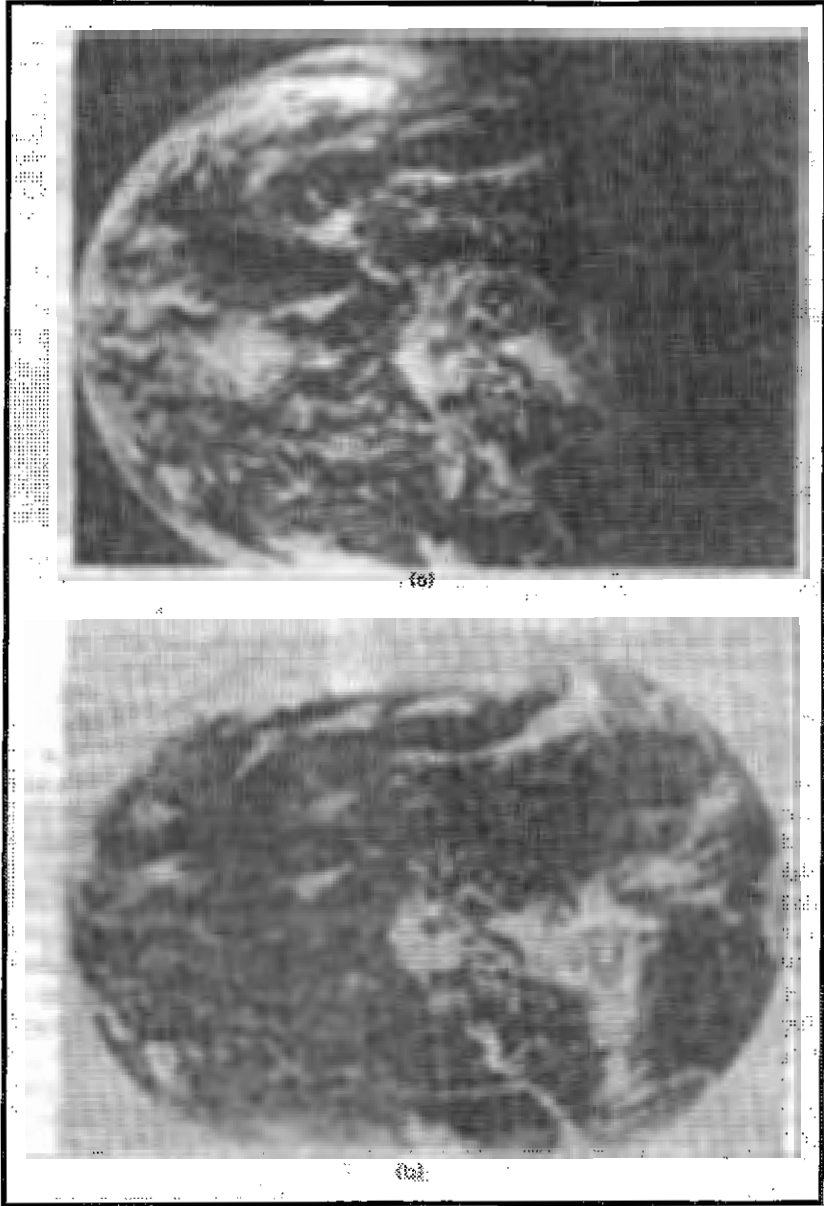
ويوضح شكل (٥-٢ب) صورة مرئية كاملة للأرض، فتعكس شكل الأرض والغلاف الجوي المضيئين بواسطة ضوء الشمس. ونلاحظ أنه في أثناء الليل تظهر اليباس مظلمة ومعتمة تماما ، كما يخيم الظلام على الفضاء في الجزء المظلم . وهكذا تصبح صورة مرئية فعليا لأنها تظهر الجزء المضيء فقط سواء من اليباس أو من الفضاء المحيط. وبوضوح فإن هذه الصور المرئية لا يمكن تجميعها بواسطة الأقمار الصناعية الدوارة حول الأرض في أثناء الليل لأنها تعتمد أساسا على ضوء الشمس لإنتاج الصورة. ولا بد من استخدام الأشعة تحت الحمراء Infrared للتغلب على ذلك الوضع . وتختلف الصور تحت الحمراء كليا عن الأشعة المرئية لكونها لا تعتمد على انعكاس الضوء. إذ أنه في المقابل ، الجهاز الحساس في الأشعة تحت الحمراء يقيس كثافة الأشعة تحت الحمراء Infrared كما يتضح في شكل (٥-٢) . ويستخدم هذا المدى من الطيف الكهرومغناطيسي لقياس كمية الحرارة التي يشعها السطح . وقد أخذت صورة بالأشعة تحت الحمراء كما في شكل (٥-٢ب) في نفس

التوقيت الذي أخذت فيه الصورة في شكل (٥-١٢) . وترجع الاختلافات في درجة وضوح الصورة الفضائية بالأشعة تحت الحمراء إلى الاختلافات في القدرة النسبية للأسطح على إطلاق الحرارة بالإشعاع وكذلك درجة حرارة السطح المشع، وعلى سبيل المثال، فإن الأسطح الأبرد هي الأكثر بريقاً ووضوحاً. ولنضرب مثلاً ، في المرئية الضوئية شكل (٥-١٢) حيث يظهر الفضاء باللون الأسود لأنه مظلماً ، وعلى أية حال ، فإن صور الأشعة تحت الحمراء شكل (٥-٢ب) تظهر الفضاء باللون الأبيض لأنه بارداً .

وثانية، تظهر الاختلافات في درجة حرارة اليابسة والماء بسهولة في المرئيات الفضائية بالأشعة تحت الحمراء. وعند مقارنة الصورة الضوئية شكل (٥-١٢) بالأخرى تحت الحمراء شكل (٥-٢ب) ، تظهر السحب مختلفة البريق ، بل ويختفي بعضها تماماً . ومن هنا، فإن المرئيات الفضائية بالأشعة تحت الحمراء تظهر الاختلافات في درجة الحرارة مع توضيح السحب. وتختفي السحب أو تظهر مظلمة حينما تكون سحب منخفضة الارتفاع مثل السحب الطباقية *Stratus* والركامية *Cumulus*، وكذلك الضباب . وتحفظ هذه السحب بالدفء نتيجة امتصاصها الإشعاع الأرضي *Terrestrial Radiation*. أما السحب التي تظهر مضيئة فهي السحب المرتفعة مثل سحب السمحاق *Cirrus* والسمحاق الركامي *AltoCumulus*.

إن الاختلافات في درجة الإضاءة والوضوح في كل من صور الأشعة الضوئية والأخرى تحت الحمراء يصعب على العين البشرية التمييز فيما بينها . وتصبح مثل تلك الاختلافات أكثر وضوحاً حينما يتم رؤيتها بواسطة الحاسب الآلي. مما يعني أنه بمجرد وضوح اختلافات في درجة البريق أو درجة اللون الأبيض ، فإن اللون الرمادي الخفيف يشير إلى اختلاف في درجة الحرارة والارتفاع ، وعليه يمكن تمييز وتحليل نوع السحب وارتفاعاتها بدرجة أكثر وضوحاً . ويقارن شكل (٥-٣) بين الصور الفضائية الضوئية والأخرى تحت الحمراء وكلاهما التقطت في نفس اليوم. وتظهر الاختلافات في أنواع السحب بسهولة عند تحليل تلك الصور .

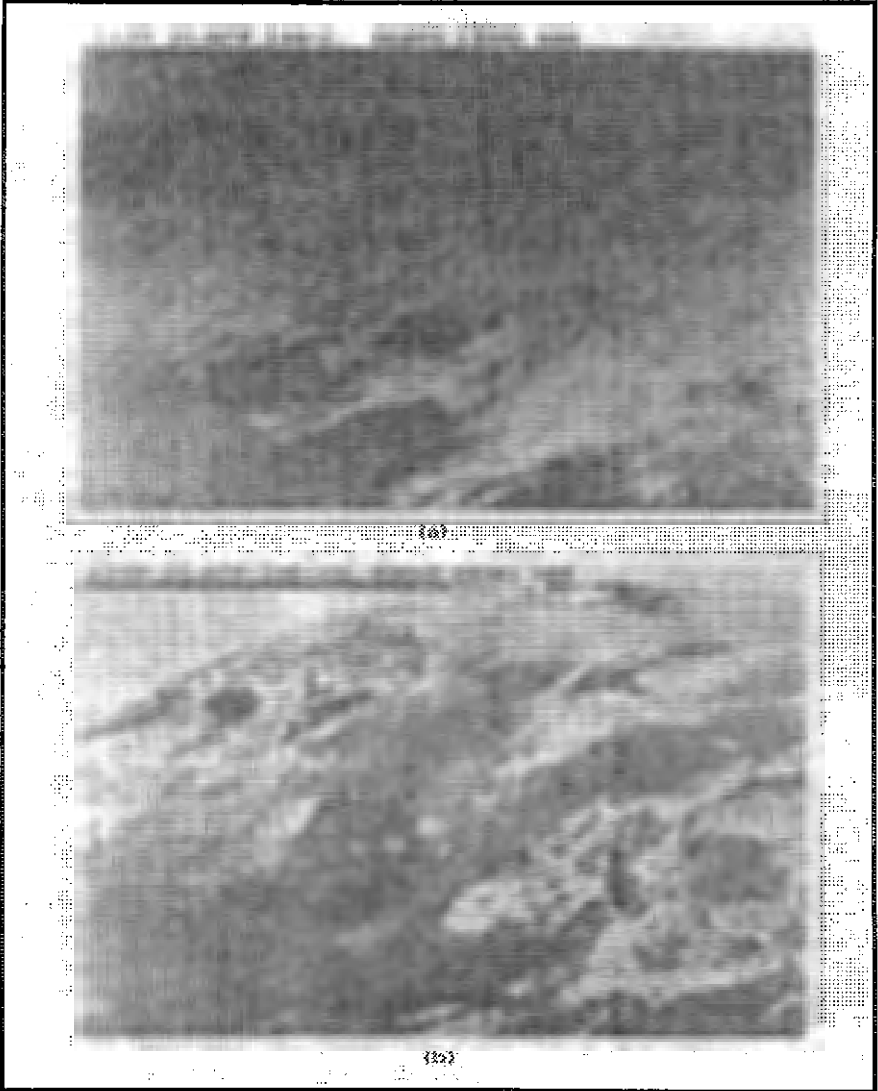
شكل (٥-٢) أ: صورة مرئية في الليل ب: صورة مرئية بالأشعة تحت الحمراء من SMS - GOES



المصدر: NOAA

شكل (٣٠٥) أ : صورة ضوئية لغطاء السحب لمساحة واسعة من الولايات المتحدة

ب : صورة فضائية بالأشعة تحت الحمراء لغطاء السحب في ذات المساحة من الولايات المتحدة



المصدر: NOAA

بالرغم ما تتميز به المرئيات الفضائية من إثارة جمالية بل وعلمية ، إلا أنها تصبح بلا جدوى حتى يتم تحليلها وفهمها . وتفيد النظم القديمة نسبياً بأن الأبحاث مازالت مستمرة حتى يمكن أن نضع تقديراً متكاملًا لاستيعاب تلك الصور، وإن كانت الخصائص العامة لتلك الصور تضع تصوراً شاملاً للنماذج السائدة في الغلاف الجوي، ويمكن أن نتناول بالتفصيل بعضاً منها.

١ - الجبهات والنظام الانقلابي

تهدف أغلب المرئيات الفضائية الجوية إلى إظهار وتوضيح لغطاء السحب. ومنذ بداية استخدام الأقمار الصناعية في الأرصاد الجوية، قد أصبحت دراسة وتحليل صور السحب أكثر فائدة لعلماء المناخ المعنيين بالرصد الفضائي. وتحديدًا فيما يتعلق بهيئة السحب سواء من حيث درجة برقيها ، حجمها ، وشكلها مما يعد مؤشراً للاضطرابات الجوية مثل حركة الكتل الهوائية ونشاط العواصف .

ويقدم شكل (٥-٤) مثالين لأشكال السحب التي تتشكل على طول خط الجبهات الباردة على اليابس الأمريكي . إذ تتشكل الجبهات الباردة فعلياً حينما تتحرك الكتل القارية القطبية الباردة الجافة من شمالي الولايات المتحدة الأمريكية وكندا لتغزو المناطق الدفء . وحينما تواجه هذه الكتل الهوائية الباردة الجافة الأخرى البحرية المدارية، يصعد الهواء الدافئ الرطب إلى أعلى الهواء البارد، فيبرد ويتكاثف بخار الماء فتتشكل السحب على هيئة صف على طول خط الجبهة الباردة. أما تشكيلات سحب الجبهة الباردة فتظهر على هيئة سحب منشطرة على طول خط الجبهة كما يتضح في شكل (٥-٤).

هذا ويمكن تسجيل نماذج من مسارات الجبهات الهوائية وتحليلها باستخدام تلك المرئيات الفضائية . وترتبط العواصف العاتية غالباً بالجبهات الباردة ، ويقدم التحليل المناخي لتكرارها وكثافتها قاعدة أساسية للتنبؤ بالأيام العاصفة . وعلى العكس من تلك الجبهات الباردة ، نجد أن الجبهات الدفيئة من الصعب تحديد مواقعها على المرئيات الفضائية للسحب . ويمكن تقدير المساحة العامة للجبهة من خلال متابعة تشكيلات السحب، ولكن مع اتساع مساحة غطاء السحب، فإن الموقع الفعلي للجبهة لا يمكن تحديده بدقة. إذ تصبح السحب في هذه الحالة على شكل تكوينات متداخلة من السحب الطباقية مع سحب السمحاق ، وهكذا تصبح معقدة وواسعة

الامتداد ، ومن ثم يصبح خط الالتقاء بين الكتل الهوائية ذات الخصائص المختلفة "فيما يتعلق بخصائص السحب " غالباً ما نجده في أي مكان من المرئية الفضائية للسحب .

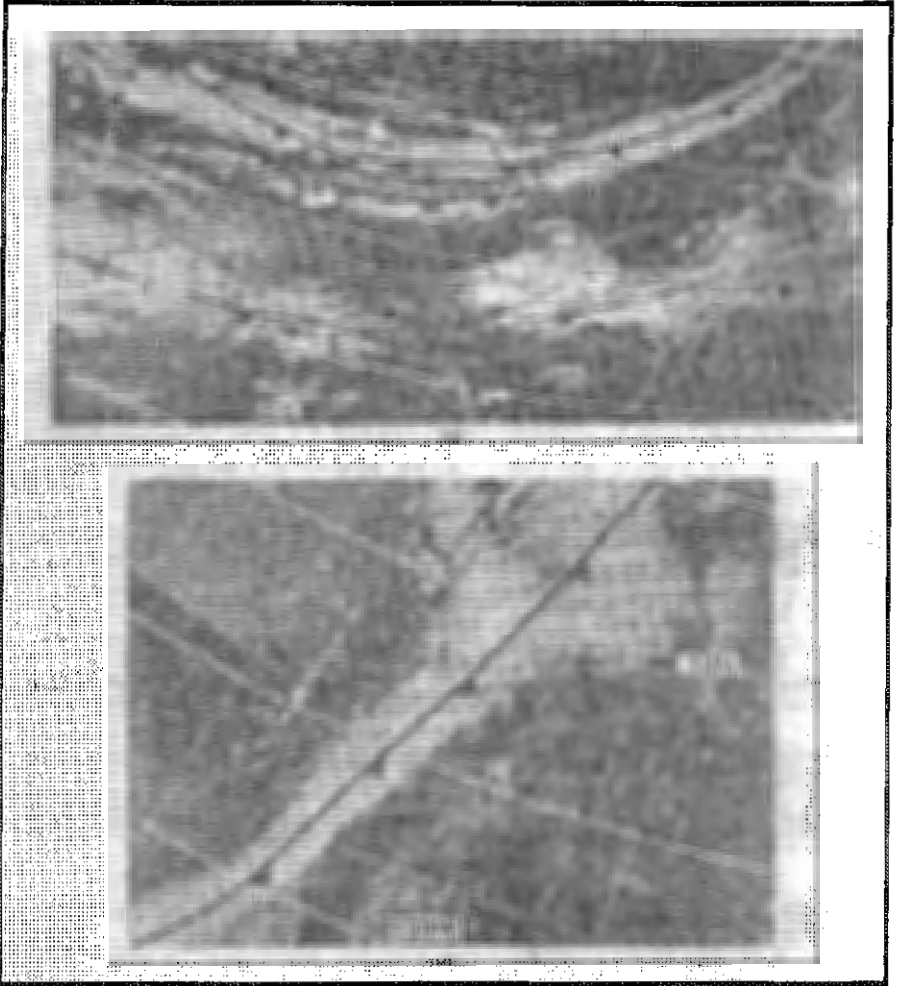
وتتشط العواصف أيضاً حينما يحدث تسخين غير متكافئ لأجزاء من سطح الأرض نتيجة لاختلاف توزيع الإشعاع الشمسي الواصل إليها. فعلى سبيل المثال ، تؤدي تشكيلات السحب المتناثرة في منطقة إلى برودة مساحة منها (المساحات التي تغطيها السحب فتحجب عنها أشعة الشمس) ، بينما تؤدي إلى دفء مساحات أخرى (تلك المساحات التي تقع تحت التأثير المباشر لأشعة الشمس نتيجة السماء الصافية) . ويسخن الهواء فوق المناطق الأدفء وربما يصبح غير مستقر بدرجة تسمح بنشاط تيارات الحمل الصاعدة . وتؤدي تيارات الحمل الصاعدة إلى نشاط العواصف خاصة في فصل الصيف .

وثانية، فإن النماذج طويلة الأجل التي يتم إعدادها بالاعتماد على بنك بيانات المرئيات الفضائية يمكن أن توفر معلومات هامة عن توزيع وتكرار العواصف الانقلابية Convective Storms. ويعرض شكل (٥-٥) مثالا لمنطقة تحت تأثير تيارات الحمل الصاعدة . إذ تظهر قمم السحب الركامية بسطوحها غير المنتظمة بسبب اندفاع جزيئات الهواء بقوة إلى قمة السحاب .

شكل (٥-٤) تكوينات السحب المرتبطة بالجبهات الباردة

أ : تظهر تشكيلات السحب المرتفعة متصلة ، بينما السحب المنخفضة
فتظهر متقطعة

ب : الجبهة الباردة تشطر تشكيلات السحب



المصدر : NOAA

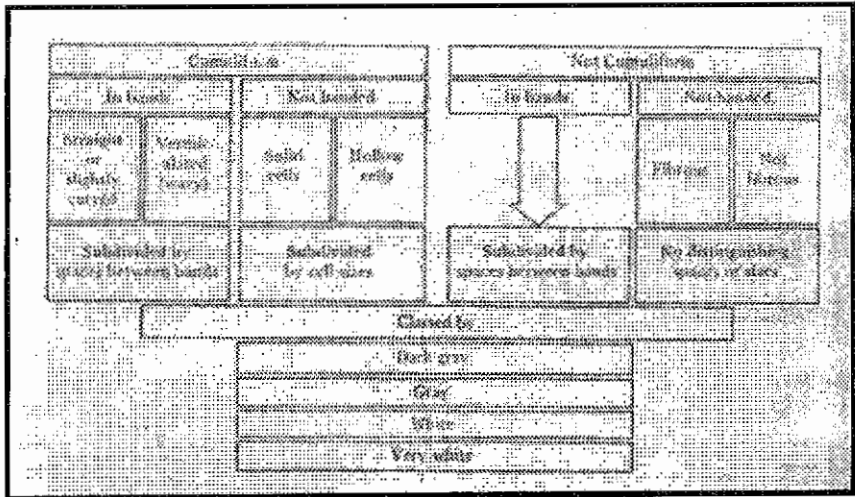
شكل (٥-٥) السحب الركامية ومساحة واسعة من عدم استقرار الهواء



وبجانب تلك التشكيلات الخاصة من السحب ، فيمكن للمرئيات الفضائية أن تعطي مؤشراً لنوع السحب السائدة . وهناك عدداً من التصنيفات التي وضعها العديد من العلماء ، وإن كانت في أغلبها تعتمد على التصنيف الأول الذي وضعه العالم كونوفر Conover . ويظهر تصنيف كونوفر في شكل (٥-٦) . إذ يقسم السحب بشكل أساسي إلى السحب الركامية والسحب غير الركامية ، ثم قام بوضع تقسيم أدق يندرج تحت النوعين الأساسيين (ركامية - غير ركامية) على أساس إذا كانت هذه السحب متصلة أم متقطعة .

إن هيئة تشكيلات السحب ، وفي حالة ما إذا كانت على هيئة تشكيلات متقطعة فمأهية الخصائص التفصيلية لكل خلية أو كل ائتلاف لمجموعة من الخلايا المكونة للسحب ، ومن ثم يمكن تحديد زمن تفكك هذه السحب . وتسمح المساحة البيئية بين تجمعات السحب بوضع تصنيفات أكثر دقة، وفي هذه المرحلة يمكن تحديد نوع السحب بصفة عامة. ويلي ذلك استخدام سمك السحب وكثافتها في الوصول للعديد من المعلومات التفصيلية لتلك السحب.

شكل (٥-٦) رؤية مبسطة لتصنيف كونوفر للسحب باستخدام المرئيات الفضائية



تتيح المعلومات الفضائية تصنيف وتحديد مسارات حركة الهاركين Harricnes . ويعكس شكل (٧-٥) الخصائص التفصيلية لأحد الهاركين . حيث يظهر عين الأعصار بوضوح في وسط العاصفة . وتظهر السحب حول محيط عين الأعصار وتتحرك في مسار دائري في اتجاه عقارب الساعة . ويميز هذا المسار خصائص دورة الأعاصير في نصف الكرة الشمالي ، ويقع هذا الأعصار فوق المحيط الأطلنطي ، ويظهر جزء من خط ساحل ولاية فلوريدا في القطاع الأيسر (الغربي) من أعصار الهاركين .

إن النقطة الأساسية فيما يتعلق باستخدام المرئيات الفضائية لدراسة عواصف الهاركين هي تصنيفها من حيث مرحلة نموها وشدها المتوقعة التي يمكن التنبؤ بها . ولكي يمكن أستنتاج مثل هذا التصنيف ، فإن ذلك يتطلب تحليل الهاركين على مدار عدة فصول بقدر المستطاع . وقد أخذ علماء المناخ على عاتقهم تطوير وتحديث نظام التصنيف لمراحل العواصف المدارية الهاركينية كما يتضح في شكل (٨-٥) .

وتصنف السحب المدارية وفقاً لنظام NESS لأربعة فئات رئيسة A-B-X-C ، وتتدرج تحت كل منها أربعة فئات فرعية، وترتبط كل هذه الفئات في مجملها بنمو أو تقلص أنظمة العاصفة. ونلاحظ أنه ووفقاً لهذا التصنيف، يظهر الاختلاف بين أنظمة السحب التي تقع خارج نطاق الالتقاء التجمع - دون المدارية Intertropical Convergence Zone. ويعد هذا أمراً طبيعياً لأنه في المناطق المتاخمة لخط الاستواء ، تتغير الدورة العامة للرياح نتيجة للتأثير الكوريولي Coriolis Effect وطبيعة الالتقاء . وحينما تتشكل الهاركين ، فإنها تقع ضمن فئة X . ويظهر شكل (٧-٥) إحدى تلك العواصف التي تقع ضمن التصنيف الفرعي لفئة X .

وترتبط التكنولوجيا الحديثة بتطور وضوح المرئيات الفضائية التي تعد وسيلة هامة لتحذير السكان المهددين بالعاصفة العاتية. ولسوء الحظ، فإن التكنولوجيا الفضائية أكثر تطوراً من تكنولوجيا الاتصالات في بعض أجزاء من العالم. ويتضح هذا في الدمار الناتج عن العاصفة التي حدثت في خليج البنغال في نوفمبر سنة ١٩٧٠ . حينما وقعت عاصفة التيفون (إحدى مسميات عواصف الهاركين المدارية

في شرق آسيا) وظهرت بوضوح في المرئيات الفضائية . وقد كان معروفاً أن هذه العاصفة ستتجه نحو الأمام في اتجاه السواحل البحرية المنخفضة في بنغلاديش في منطقة شديدة الكثافة السكانية ، وتمارس فيها الزراعة الكثيفة أيضاً . وقد تسببت الرياح في تكوين موجات ضخمة، وبالتدريج أغرقت الأراضي الساحلية المنبسطة. وقد كان ضرورياً تحذير هؤلاء السكان من شدة هذه العاصفة القادمة وفقاً لما رصدته الأقمار الصناعية، وحينما تطور الأمر وتوغلت الأمواج إلى المناطق الساحلية خاصة مع اختفاء أي تضرس أو ارتفاع في السطح، فكانت النتيجة حدوث كارثة مروعة. فقد غرق أكثر من ١٥٠,٠٠٠ شخص ، وفي واقع الأمر ، فإن هذا الرقم المخيف من الضحايا قد كان متوقفاً وفقاً لما تم رصده وتسجيله في المرئيات الفضائية ، ولكن عدم وجود وسائل اتصال وبرامج وتقنيات التوعية الجماهيرية في مثل هذه الدول النامية ، قد أدى إلى حدوث هذه الكارثة .

٣ - التساقط والغطاء الثلجي

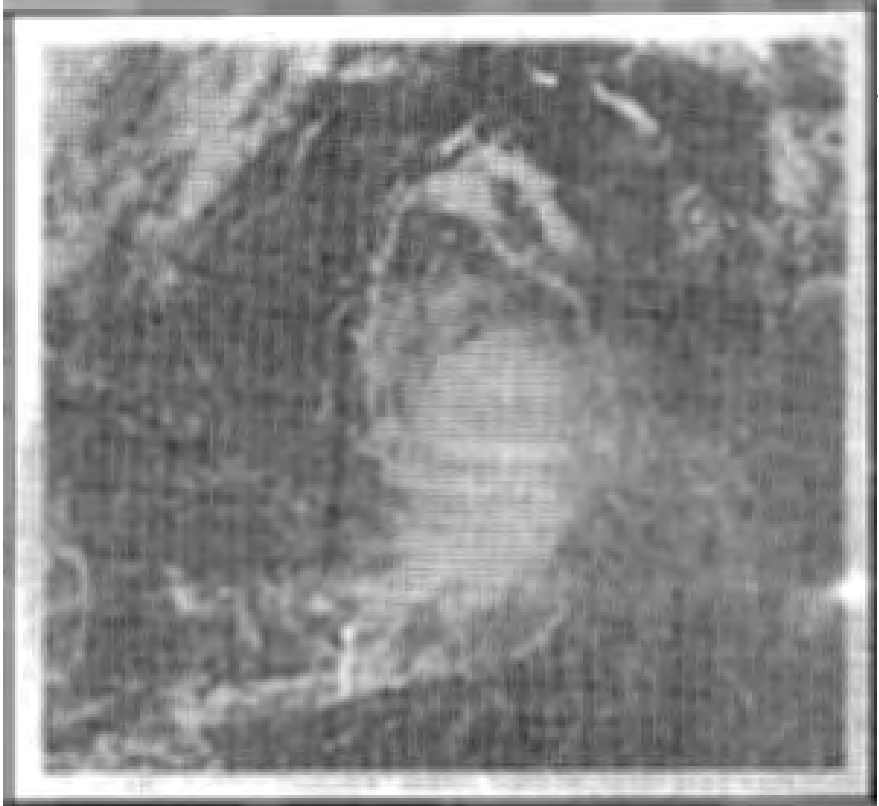
يمكن تحديد أنظمة السحب والعواصف من المرئيات الفضائية، وتتجه الأبحاث نحو إمكانية تقدير كمية المطر من هذه السحب. ولا يعد ذلك بالأمر اليسير ، وإن كان هناك اتجاه عام في الأبحاث يشير إلى بداية تقديرها . ويمكن تصنيف تلك الأبحاث إلى أساليب فاعلة **Passive Methods**، وأساليب نشطة **Active Methods**، الاستجابة المتأخرة **Delayed Response**، والأساليب الإحصائية **Statistical Methods**.

وتعتمد الأساليب الفاعلة على كون السحب الممطرة (المشبعة ببخار الماء) يمكن تمييزها عن السحب الأخرى من خلال الاختلافات في التشتت الإشعاعي من كلٍ منهما، فضلاً عن استخدام أطوال الموجات التي تنفذ إلى السحب، ومن ثم تحدث استجابة من قطرات المطر داخل تلك السحب. وقد أتضح أن الموجات المرتدة (التي تعبر عن استجابة السحب) التي يزيد أطوالها عن سنتيمتر واحد ، تكون صادرة عن سحب رقيقة وشفافة لا تسقط المطر ، بينما السحب التي تسقط المطر تكون معتمدة . ويسمح هذا الاختلاف الواضح فيما بين السحب والموجات المرتدة عنها ، بالوصول إلى درجة قاطعة من التأكد .

أما الأساليب النشطة ، فستند في التمييز على الانعكاس من السحب المحملة بقطرات المطر **Raindrop Clouds** . وفي هذه الحالة، يصبح رادار القمر

الصناعي أحد مفاتيح التحليل والتفسير للمرئيات الفضائية. أما الاستجابة المتأخرة ،
فستند على المرئيات الفضائية بالأشعة تحت الحمراء لتحديد الأسطح التي تعرضت
حديثاً للتساقط . وهكذا فإن سطح المحيط البارد ، طبقة رقيقة من الدفء ، المياه
العذبة ، كلها حالات يمكن تحديدها من خلال تلك المرئيات الفضائية بالأشعة تحت
الحمراء ، أما على سطح الأرض ، فإن انخفاض الانعكاسية **Reflectivity** في
الحزم الضوئية يمكن أن يدل على تساقط المطر حديثاً . وإجمالاً ، وتتيح مثل تلك
العلاقات استنتاج نموذجاً لتقدير التوقعات والتنبؤات.








شكل (٧-٥) نموذج لتشكيل عاصفة هاركين فوق المحيط الأطلنطي
الغربي في أكتوبر ١٩٧٥



المصدر: NOAA

واستناداً إلى أن التصوير الفضائي هو عبارة عن استخدام تقنية العتمة Brightness، فإن درجة التناغم الضوئي في الصورة يحدد فئات أو درجات تعتيم غطاء السحب. ويمكن أخذ مثالاً جيداً على استخدام درجة التعتيم والأساليب الإحصائية في دراسة كل من كليب Clapp وروسي Rosey. حيث استخدمت هذه الدراسة جداول الاحتمال Contingency وربطت بين المتوسط الشهري للتساقط في أمريكا الشمالية مع كل من مستويات العتمة والبيدو السطح. وتستخدم الدراسات البحثية غالباً مختلف التقنيات المتاحة. فقد استخدم وودلي Woody وسانشو Sancho مزيجاً من بيانات 3-ATS مع ارتدادات الرادار Radar Echoes وتقنيات الحاسب الآلي بهدف دراسة المطر في فلوريدا. ويمكن القول، بأن تلك الأبحاث قد حققت نجاحاً متوسطاً Moderate Success حينما نقارن بين كمية المطر المحتمل وكمية المطر الفعلي.

شكل (٥-٨) تصنيف الاضطرابات المدارية ودون المدارية بواسطة البيانات الفضائية

Formation or Decay Stage	Satellite Image	Storm Categories	Satellite Image
1 No curved cloud lines or bands	 No curved cloud lines or bands	X Cat. 1 Peculiar organized cloud bands Undefined center of organization within central cloud mass	
2 Poorly organized curved cloud lines and bands Ill-defined center	 Poorly organized curved cloud lines and bands Ill-defined center	X Cat. 2 Well-organized bands Spiral bands define center within central cloud mass	
3 Well-organized curved cloud lines and bands Well defined center of rotation	 Well-organized curved cloud lines and bands Well defined center of rotation	X Cat. 3 Moderate degree of concentricity in cloud bands Irregularly shaped eye within central cloud mass	
		X Cat. 4 High degree of concentricity in cloud bands Round eye at center of central cloud mass	

قد أصبحت تقديرات كمية المطر التي تعتمد على استخدام المرئيات الفضائية أكثر تحديداً ودقة، ومن ثم غالباً ما تسقط ذات الكمية بالفعل. وقد قام سكوفيلد Scfield مع آخرين بدراسة لتقدير كمية المطر وعلاقتها بالعواصف الانقلابية. وقد استخدم هؤلاء الباحثون أسلوب تم تقسيمه إلى ثلاثة أجزاء :

أ - عزل أو إقصاء للجزء النشط في العاصفة

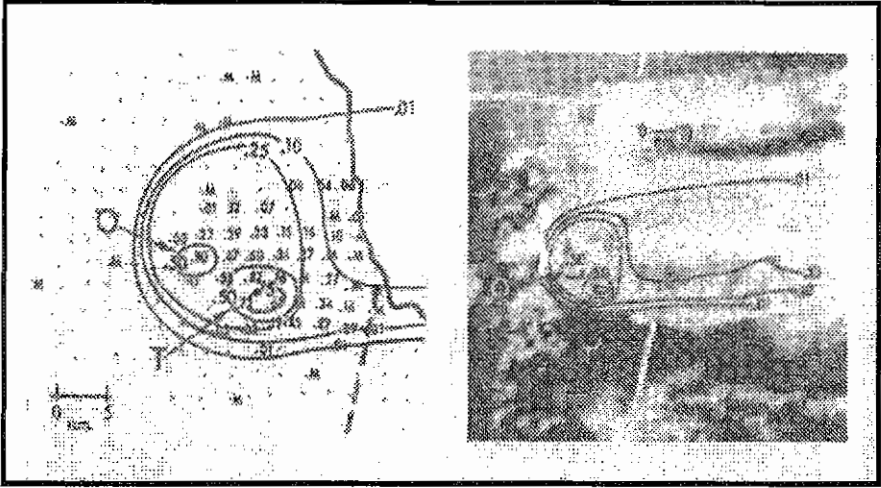
ب - استخدام المرئيات الفضائية بالأشعة تحت الحمراء لتحديد الانحدار الحراري في الأجزاء المتاخمة للجزء النشط في العاصفة

ج - الاستخدام المزدوج للمرئيات الفضائية الضوئية عالية الثبات مع الأخرى بالأشعة تحت الحمراء بهدف تحديد المطر الغزير

وقد اعتمد هؤلاء الباحثون عند اختيارهم لتلك الوسائل وتطبيقها على عاصفة رعدية حدثت فوق منطقة شيكاغو . وكما يتضح في شكل (٥-٩) أن ذلك النموذج كان ناجحاً وواضحاً . إذ توضح المرئية في هذا الشكل، خطوط التساوي، مع رسم بياني يوضح كمية المطر الفعلية التي سقطت. وإن الرموز O و T في الرسم البياني تشير إلى موقع المناطق التي تعرضت لأمطار غزيرة .

تضيف باستمرار مثل هذه الدراسات المزيد من المعلومات ، وينبغي التوقع بأنه في المستقبل، سيكون هناك تقديرات جيدة لكمية المطر يمكن استنتاجها من المرئيات الفضائية. ويمكن القول بأن مثل هذه الدراسات والأبحاث تحتل بؤرة اهتمام المناخيين أكثر من المتيورولوجيين بهدف التوصل إلى تحليل طويل المدى للعلاقة بين المرئيات الفضائية وإمكانية تقدير كمية المطر . كما يمكن رؤية الغطاء الثلجي من المرئيات الفضائية ، فضلاً عن تحديده وتصنيفه وفقاً للعديد من درجات الاختلاف تبعاً لشكل الياض والغطاء النباتي الطبيعي الذي يتساقط عليه الثلوج .

شكل (٥-٩) كمية المطر بالبوصة " على اليسار" وخطوط تساوي المطر " على اليمين " من مرئية فضائية لمنطقة شيكاغو



المصدر: Scofield & Oliver, ١٩٧٧.

ويمكن تمييز الثلج بسهولة فوق المناطق الجبلية من خلال خصائصه التي يغلب عليها الشكل الشجري ، بينما يصبح تحديده أقل يسراً فوق السهول أو مناطق الحشائش ، وأكثر صعوبة في المناطق الغابية . ومن أجل الوصول إلى دليل أرشادي لتحديد الثلج ، فإن خدمة الأرصاد الجوية في الولايات المتحدة الأمريكية والقوات الجوية قد وضعت خصائص لتصنيفه .

وعند إعداد خريطة مساحية لسهول مغطاة بالثلوج من خلال مرئية فضائية مطبوعة، يصبح من الضروري تمييز الثلج من شكل السحب. ويتم ذلك بمنتهى الدقة من خلال مقارنة وتتبع المرئيات الفضائية لمنطقة ما لعدة أيام من خلال النقاط الصور كل بضع ساعات ثم تجميعها معا لهذه المنطقة . وباستثناء التضاريس التي تؤدي إلى تكوين السحب أو ضباب الأودية ، فإن السحب لا تبقى على هيئتها أو توزيعها لأكثر من بضع ساعات ، وعليه يعد ثبات شكل السحاب دليلاً على الغطاء الثلجي . ويمكن تحديد الغطاء الثلجي وتحليل خصائصه التفصيلية عن طريق مقارنة أكثر من مرئية فضائية لشكل السحب .

وتتميز السهول المغطاة بالثلوج عادةً بنسيج ناعم، بينما السحب غالباً ما تظهر في شكل خشن Rough أو متكتل Lumpy. وحقول الثلج التي تغطي المناطق المتضرسة وتغطيها تكون أكثر حدة، ولها حواف أكثر تحديداً مقارنة بمناطق السحب باستثناء الضباب والسحب الطباقية Stratus. ويمكن تمييز البحار والبحيرات في حقول الثلج، بينما كتل السحاب فوق الثلج عادةً ما تكون معتمة لتبدو على هيئة الأرض أو منطقة متضرسة. ويحدث غطاء الثلج في المناطق المتجمدة اختلافات محدودة في درجة البريق كلما زاد سمك الثلج. إذ يصبح لون غطاء الثلج لمنطقة متجمدة يغطيها الثلج بسمك بضع بوصات لوناً رمادياً يمكن تمييزه عادةً عن الآخر الذي يخلو من الثلج من خلال مظهره المظلم. ويرجع رؤية الشكل الشجري في المناطق الجبلية إلى نقص الثلج في المناسيب الأقل في الجداول والأودية النهرية. وتقدم أيضاً المرئيات الفضائية دليلاً أو مؤشراً عن عمق الثلج فوق الأرض. إذ تظهر ثلاث درجات للون الرمادي لتمثل الحد الأقصى الذي من الطبيعي تمييزه في الغطاء الثلجي لمناطق السهول. وعند مقارنة التظليلات الثلاثة للون الرمادي مع المناطق الأكثر ظلمة " عتمة " المحيطة بغطاء السحب، فإن العلاقات الارتباطية التالية بين البريق وعمق الثلج يمكن اقتباسها من المناطق غير الغابية عند المنابع العليا لنهر المسيسيبي وحوض الميسوري على النحو التالي :

١ - عدم وجود الثلج : أكثر عتمة أو أسود " مظلم "

٢ - أقل من بوصة واحدة : منطقة مزركشة ما بين الأسود والرمادي وتشير إلى منطقة ذات غطاء ثلجي متقطع وتظهر تجمع الثلوج بسمك يزيد عن بوصة واحدة .

٣ - ما بين بوصة واحدة وأربع بوصات : تقع المنطقة بين أكثر المناطق عتمة وظلاماً وبين مناطق مزركشة مضيئة ويصبح الجانب الأكثر لمعاناً وبريقاً معبراً عن غطاء ثلجي متصل مع عمق يتراوح بين ١-٤ بوصة . والحد بين غطاء الثلج المتصل وبين المناطق الأكثر أظلاماً " عتمة " تمثل وتشير إلى خط ثلجي بسمك بوصة واحدة .

٤ - أكثر من ٤ بوصة : الحافات الخارجية هي الأكثر بريقاً أو بياضاً وتمثل خط الثلج ٤ بوصة . وعادة ما تكون المنطقة بيضاء وليست باللون الرمادي الفاتح . أما غطاء الثلج في داخل هذه المنطقة فيرتبط بالعمق لأكثر من ٤ بوصة لغطاء الثلج .

هذا وينبغي التنويه إلى ضرورة الحذر عند تقدير سمك الثلج من خلال قراءة مفتاح التظليل الرمادي حيث أن العلاقة بين البريق وعمق الثلج في المناطق غير الغابية يمكن أن تتأثر بالعديد من العوامل ومنها :

١ - عمر الثلج : ينخفض نسبياً مقارنة بغطاء الثلج

٢ - المطر : إن المطر الذي يسقط فوق منطقة مغطاة بالثلوج يمكن أن يؤدي إلى انخفاض درجة إشعاعها . ويؤدي المطر عادة إلى ذوبان للثلوج التي نتجت عن الانخفاض المؤثر في أليدو الثلج .

٣ - سطح الأرض / النبات الطبيعي : إن خشونة سطح الأرض يمكن أن تؤثر في أليدو الغطاء الثلجي ، وتحديدًا في التجمعات الثلجية الصغيرة . وينخفض بريق غطاء الثلج بدرجة كبيرة نتيجة الحشائش الطويلة ، وحقول الحبوب والتضاريس الخشنة .

٤ - الضباب والسديم أو السحب الخفيفة فوق الغطاء الثلجي : تحت تأثير مثل تلك الظروف حتى وإن كان الضوء يغطي الثلج ، فإن الثلج يظهر بريقاً . ويمكن تقدير سمك الثلج بينما لا نحتاج لتقديره في المناطق التي تغطيها السحب .

٥ - إن أهم العوامل التي تؤثر في درجة بريق الثلج هو زاوية الشمس . إذ تنخفض بسرعة الانعكاسية الضوئية حينما تكون زاوية الشمس أقل من ٤٥ درجة .

وثانية ، وبالرغم من وضوح المناهج والأساليب المتبعة في تحليل الصور الفضائية ، إلا أنه مازالت هناك العديد من الأمور محل شك أو الأقل لم تصل لدرجة اليقين في تفسير المرئيات الفضائية .

تقدير حركة الهواء

تستخدم مرئيات السحب في تقدير بعض الظواهر الجوية الأخرى . وربما أكثرها أهمية تحديد خصائص الدورة العامة للرياح . ويعد اتجاه الرياح وسرعتها من أهم خصائص الميثيورولوجيا والمناخ العام . وفي الوقت الحاضر ، تساعد دوارة الرياح والأنيموميتر على سطح الأرض " لرصد سرعة الرياح " مع الراديوسوند علماء الطبيعية الجوية في الحصول على مصدر بيانات يمكن الاستفادة العلمية منها في تحديد اتجاهات الرياح . وعلى أية حال ، ويعد استخدام أقمار

الرصد الجوي الصناعية المتطورة من الأساليب التي أسست لاستنتاج اتجاه الرياح وسرعتها استنادا على المرئيات الفضائية .

أما على المستوى العالمي " المناخ العام " ، فإن المرئيات الصناعية التي تدور حول الأرض تستخدم في ملاحظة الدورة العامة للرياح وتحليل العديد من مكوناتها وعناصرها . وتجنباً للعمل في إطار نظري، فإن العلماء الجويين يمكنهم حالياً تكوين صورة دقيقة على الظواهر العالمية الفعلية. وإجمالاً، يمكن ملاحظة أن الأنظمة العامة للدورة أكبر بكثير من تلك المسلمات الرئيسية التي تعتمد عليها الأرصاد الجوية من المحطات الأرضية.

وفيما يتعلق باتجاه الرياح وسرعتها على سطح الأرض، فيمكن تحديده من خلال العديد من أشكال السحب التي تتشكل على مستوى منخفض قريباً من سطح الأرض. وتتضمن بعض الأمثلة :

١ - الاختلافات على نطاق واسع في السحب الركامية التي تتكون في الهواء البارد أعلى الجبهات القطبية تمدنا بمعلومات عن الاتجاه وشكل منحنى مسار الهواء وسرعته . وتأخذ هذه الاختلافات شكل خلوي مفتوح أو مغلق ، أو خطوط طولية ضيقة من السحب الركامية ، أو أشكال مختلفة من نطاق السحب الركامية :

٢ - إن حجم وكثافة تلالاً الشمس على سطح المحيط يشير إلى سرعة الرياح السطحية .

٣ - إن توزيع السحب نتيجة لنسيم البحر ، وارتفاعات الجبال ، وتأثيرات الجزر في مناطق واسعة من السحب الطباقية والضباب يمكن أن نستقي منها معلومات عن سرعة الرياح السطحية .

٤ - مدى اتساع البحار المفتوحة، أو طبقات الثلج الرقيقة حول نطاق جليدي واسع، يمكن أن يعطي مؤشرات عن اتجاه الرياح السطحية حالياً.

٥ - خطوط سحب السمحاق في مساحة من الضباب والسحب الطباقية (عبارة عن طبقة أفقية خفيفة من سحب رمادي ينبسط فوق رقعة واسعة) ، يمكن أن يمدنا ببعض المؤشرات عن سرعة الرياح السطحية .

هذا وهناك عدد من الدراسات على درجة كبيرة من الأهمية والإثارة تتعلق بتحليل وتفسير الرياح . ومنها على سبيل المثال ، دراسة جابي Gaby وبوتيت Poteat ، وقد استخدموا القمر في إظهار الرياح على مستوى منخفض من تحرك السحب . كما قاما بتطوير مقياس يطلق عليه " الرياح الأكثر احتمالية MPW - most probable wind " فوق الأطلسي وشرق الولايات المتحدة . وقد استخدموا دائرة كهربائية تحسب مرور الوقت لاستنتاج نمو وحركة السحب من خلال المرئيات الفضائية . وقد أمكن من خلال ذلك حساب سرعة الرياح . وقد استمر الباحثان في هذه الدراسة لوضع الأسس العلمية الدقيقة لها ، كما استطاعا تحديد عدداً من مصادر الخطأ التي يمكن أن تنتج عن نمط وأسلوب التحليل والتفسير ، ومنها :

أ - الاختيار الخاطئ للسحب المستهدفة

ب - التحديد الخاطئ لارتفاع السحاب

ج - الحركة الظاهرة للسحب " وهي عبارة عن تداخل حركة السحب ودوران الأرض "

وفيما يرتبط بالرياح المحلية ، فقد أتضح وضوح العلاقة بين قوة جبهة الزوبعة الريحية Gust Front (مقدمة الرياح في العاصفة) وبين نطاقات الرياح في العاصفة الرعدية . وفي إحدى الدراسات ، قد استخدمت المرئيات الفضائية بالأشعة تحت الحمراء لتحليل جبهات ٨٠ زوبعة ريحية . وقد تم فحص سلاسل متلاحقة من الصور لإنتاج صورة متحركة لكل عاصفة ، وقد تمت مقارنة المرئيات الفضائية ببيانات المحطات الأرضية وتقارير الخسائر الرسمية للعاصفة . وقد كانت كل البيانات المتاحة مفيدة في تصنيف جبهة الزوبعة الريحية Gust إلى أربعة مجموعات رئيسة ترتبط بنماذج الدورة .

شكل (١٠-٥) أ: حزام ضيق من السحب المرتفعة التي تمتد نحو الشمال الشرقي من نقطة " أ " تزامنا مع التيار دون المداري . وقد تم تحديد قطاع آخر من الرياح

ب : سحب السمحاق تقع عند بؤرة مركزية في التيار النفاث فوق أفريقيا



المصدر : Air Weather Service ١٩٦٩

وتختفي حينما تنخفض سرعة الرياح وقد برهنت المرئيات الفضائية وأثبتت أهميتها في تحديد انسياب طبقات الجو العليا . إذ أمكن تحديد موقع التيار النفاث Jet-Stream أو نطاق الحد الأقصى لسرعة الرياح بدقة من خلال فحص أشكال وهيئات السحب التي تظهر في المرئيات الفضائية. إن الحركات الرأسية والأفقية في طبقات الغلاف الجوي في الأجزاء المحيطة بالتيار النفاث لها تأثيرات واضحة في توزيع سحب السمحاق Cirrus Clouds في المناطق المحيطة . ولهذا السبب ، يصبح من الممكن تحديد موقع التيار النفاث كما هو الحال بالنسبة لتحديد الرياح شديدة السرعة من المرئيات الفضائية . وتسيطر سحب السمحاق على الجبهة الاستوائية للتيار النفاث ودوران أضداد الأعاصير . أما الحدود القطبية لسحب السمحاق فهي غالباً منقطعة وحادة وتميل ميلاً خفيفاً عن محور التيار النفاث في اتجاه خط الاستواء ، ويلقي بظلاله على السحب الأخفض التي يمكن رؤيتها بوضوح في المرئيات الفضائية ، ويبين شكل (٥-١٠) مثال لتحديد التيار النفاث .

ويأخذ التيار النفاث شكل المنحنى الإعصاري فوق المحيطات ، وتختلف درجة الاستقرار في كل جانب من المركز فينعكس ذلك في ظهور السحب . وفي الجانب الأيسر ، وبالنظر إلى القطاع الجنوبي من التيار ، حيث درجة حرارة منخفضة والهواء غير مستقر كنتيجة للنمو الراسي للسحب على هيئة خلية مفتوحة . أما على الجانب الأيمن من المركز ، حيث الهواء الأدفء تتشكل السحب الضبابية على شكل خلية مغلقة .

ويظهر الشكل الأساسي للسحب في التيار النفاث على هيئة خطوط طولية ضحلة ، وتتميز السحب الطباقية بحدودها الحادة ، وتكتلات السحب الطباقية الطويلة ، وغيرها . وبمجرد وضوح التيار النفاث في صورة السحب ، فإنه من الممكن معرفة معلومات متيورولوجية أخرى ، مثل اتجاه الرياح ، البرودة الناتجة عن الرياح ، انحراف الرياح ، اتجاه الانحدار الحراري الأفقي ، والأماكن المعرضة للإضطرابات الجوية .

وإجمالاً تؤكد الدراسات أنه من الممكن تقدير اتجاه الرياح وسرعتها من المرئيات الفضائية . وعلى أية حال ، فهناك العديد من التساؤلات المبهمة والكثير من الدراسات التي تحتاج للمزيد من التعمق والفهم .

حركة الرياح - استخدام الرياح وتأثيراتها

إن حركة الرياح والكتل الهوائية ذات أهمية كبيرة إذ تتحكم في فهم واستيعاب المناخات الأرضية. وتحدد الدورة العامة للغلاف الجوي طبيعة وخصائص الطقس والمناخ على المستوى العام Macroscale، أما على المستوى التفصيلي Microscale، فإن حركة الهواء يمكن تصنيفها أو رؤيتها على كونها مشكلة أو ذات قيمة نافعة. ويبحث هذا الفصل في الأسباب الأساسية لحركة الهواء والطاقة الناتجة عن حركة الرياح على اعتبار كل منهما مصدراً وخطراً بيئياً في أن واحد.

مقدمة

تعد طواحين الهواء منظراً مألوفاً في ريف الولايات المتحدة الأمريكية . وبالرغم من كونها لم تكن مألوفة في أنحاء هولندا ، فإن هناك الآلاف من طواحين الهواء التي تمد المزارعين بالطاقة اللازمة في وسط الغرب من الولايات المتحدة خلال الفترة ما بين العشرينيات والثلاثينيات . وعندما تم تطوير أنظمة الإنارة الكهربائية في المزارع ، كانت طواحين الهواء مهمة بينما عدد قليل منها مستخدماً

وفي الوقت الحاضر ، على أية حال ، فإن هناك اهتماماً حديثاً واسع النطاق باستخدام الرياح كمصدر للطاقة المحتملة Potential Energy Source . وقد اتجهت حديثاً وكالة ناسا الأمريكية ، ومختبرات الأبحاث الدولية المتعددة، بالإضافة لعدد من الشركات الخاصة، إلى إجراء العديد من الاختبارات على الوسائل التي من خلالها يمكن الاستفادة بطاقة الرياح. وتهتم وتركز معظم هذه الأبحاث على فاعلية وكفاءة توربين " دوارة " زراع المروحة وكيفية تحويل وتخزين الطاقة المنتجة واستغلالها . وبناء على العديد من الأبحاث التي تقدم باستمرار نتائج واعدة طموحة ، فإن بعض الباحثين في مجال الطاقة يتنبئون - وربما بشكل متفائلاً - بأن طواحين الهواء يمكنها أن توفر ٢٠% من احتياجات الكهرباء بالولايات المتحدة الأمريكية في عام ٢٠٠٠. (صدر هذا الكتاب ١٩٨١) .

إن تقييم مساهمة طواحين الهواء في مستقبل الطاقة الدولية ، يركز على طبيعة الرياح وسرعتها واستمرار حدوثها على موقع ما . وأحد أهم مشكلات الأبحاث المناخية هي تقييم طاقة الرياح وما تفرضه من شروط عند اختيار مواقع بإمكانيات ومواصفات محددة .

طاقة الرياح

تعد عملية حساب الطاقة من الانسياب المنتظم من حركة الهواء سهلة للغاية . إذ أن كل ما تحتاجه هذه العملية هي سرعة الهبوب (V) ، وكثافة الهواء (p) . ولصيغتهما معا في قوانين الطاقة المبدئية، يمكن استخدام المعادلة التالية:

$$P = \frac{1}{2} \rho V^3$$

حيث: P = الطاقة المتاحة ρ = الكثافة V = سرعة الرياح

ويمكن تقدير الطاقة المتولدة عن سرعة هبوب الرياح من خلال استخدام الأرقام للتعويض عن هذه المعادلة ، مع الأخذ في الاعتبار أن الكثافة هي رقم ثابت يعادل 1,29 كيلوجرام / المتر المكعب ، فتعادل طاقة الرياح 6,6 متر/ ساعة (أي 10,8 كم / ساعة) إذا كانت سرعة الرياح 3 متر / ثانية، وتصبح طاقة الرياح المتولدة من ثبات هبوب الرياح بتلك السرعة تعادل 17,4 وات / متراً مربعاً، بالتطبيق للمعادلة على النحو التالي: $P = \frac{1}{2} * 1,29 (3)^3$

وهكذا فإن استمرار هبوب الرياح بسرعة 3 م / ث يمكن أن يولد طاقة تعادل 17,4 وات / م² أي لكل متر مربع من السطح المعرض لهبوب الرياح بهذه السرعة . ومقياس الوات (1 وات = 1000/1 كيلوات) هو الوحدة الكهربائية التي تمثل الناتج عن الفارق بين جهد الطاقة الكهربائية وبين قوة التيار، ويستخدم الوات لكل وحدة زمنية مثل وات/ساعة أو كيلوات/ ساعة، وكلاهما من وحدات الشغل الهندسي المرتبط بالكهرباء. ويمكن استنتاج الطاقة المكافئة لسرعة الرياح 3 م / ث وإثباتها والتحقق منها معملياً.

وعلى أية حال ، فإن سرعة الرياح التي تهب على سطح الأرض غير مستقرة أو ثابتة ، كما أن الهبوب غير منتظم . بل تختلف سرعة الرياح خلال فترات زمنية قصيرة إذ أن زوبعية الرياح Gustiness ، يمكن أن تنتقل وتتغير مثلاً من 1 م / ث إلى 10 م / ث خلال ثوان معدودة . ولهذا السبب ، يحرص

المناخيون على توفير بيانات الرياح بطريقة تجعلها مفيدة ويمكن الاعتماد عليها في التخطيط للاستفادة من سرعتها . وتتضح أهمية تلك البيانات حينما نعلم بأن، كمية الطاقة المتولدة عن الرياح التي تبلغ سرعتها مثلاً ١٥ عقدة {أي ٧,٦٥ م / ث } ، تعادل ٢٨٢ وات / م^٢ . ولنفترض أن رياح تهب بسرعة ٥,١ م / ث خلال نصف فترة زمنية، معينة، بينما كانت سرعتها ١٠,٢ م / ث خلال النصف الثاني من تلك الفترة، وعليه فإن طاقة الرياح وفقاً للسرعة الأولى تبلغ ٨٥ وات / م^٢، بينما تبلغ ٦٨٤ وات / م^٢، ثم نحسب المتوسط الذي يعادل $٦٨٤ + ٨٥ \div ٢ = ٣٨٤$ وات / م^٢. وهكذا يصبح متوسط طاقة الرياح وفقاً لهاتين السرعتين أعلى من طاقة الرياح للسرعة ١٥ عقدة {أي ٧,٦٥ م / ث} التي تبلغ ٢٨٢ وات / م^٢ . ويشير بوضوح هذا المثال البسيط إلى طبيعة بيانات الرياح، وما يتبعها من تقييم يمتد لما وراء متوسط القيم المفردة.

ولتحقيق النتائج الهادفة ، تتميز عملية تحليل بيانات الرياح في مراكز الطاقة بكونها شديدة التخصص وتستند على تقنية تكنولوجية عالية وأنظمة تجميع لكم هائل من البيانات المعقدة . ولسوء الحظ ، فإن مثل هذه البيانات متناثرة وضئيلة جداً ، وإنه من الضروري استخدام مناهج وأساليب متعاقبة للتحليل الذي يركز على بيانات الرياح التقليدية المتاحة .

هذا ، ولكي يتم تقويم أي بيانات خاصة بالرياح ، فإنها تخضع لتحليل دقيق للهبوب بسرعات مختلفة ، والنسبة المئوية لزمن الهبوب لكل منها بما فيها حالات السكون . ومما يذكر، إن مثل تلك البيانات منشورة في سجلات الطقس.

ويعتبر المثال الجيد للأسلوب الذي يمكن استخدامه في حالة تحليل البيانات هو البحث الأصولي الذي وضعه دونكان ١٩٧٧ C.N. Duncan ، إذ وضع أسلوب معالجة بيانات الرياح. وقد أعتمد هذا الفصل على البيانات التي ساقها وهي بيانات خاصة بمحطة أرصاد في إنجلترا، بل أن العديد من الباحثين لا يكفون عن استخدامها كنموذج للتطبيق في الولايات المتحدة.

ويعرض جدول (١-٦) قائمة البيانات الشهرية لسرعة الرياح، وتصنف بيانات كل شهر على أساس النسبة المئوية لزمن هبوب الرياح بخمس فئات للسرعة. فإذا أخذنا شهر يناير ، فقد بلغت النسبة المئوية للرياح التي تتراوح سرعتها ضمن الفئة ٠,٥-٥,٠ م/ث ، بلغت ٣٩% ، بينما بلغت نسبتها ٣٠% للرياح ضمن فئة ٥,٥-١٠,٥ م/ث .

جدول (١-٦) طاقة الرياح في محطة إسكدالينير Eskdalenur: التحليل الشهري لبيانات الرياح للفترة ١٩٧٢/١٩٧٣

الشهر	النسبة المئوية لزمن الهبوب لفئات السرعة م/ث					
	سرعات الرياح	وفقاً للفئات	٠,٥-٥,٠	٥,٠-١٠,٥	١٠,٥-١٧,٥	(١٧,٥)
العنصر	متوسط السرعة V	٠,٠	٢,٥	٨,٠	١٤,٠	١٧,٥
	مكعب متوسط السرعة V^3	٠,٠	١٦	٥١٢	٢٧٤٤	٥٣٥٩
يناير		٢٦	٣٩	٣٠	٥	٠
فبراير		١٥	٤٦	٣٣	٥	١
مارس		٢٤	٤٠	٣٤	٢	٠
أبريل		١٦	٣٦	٤٠	٨	٠
مايو		١٤	٤٥	٣٥	٦	٠
يونيو		٢٠	٣٩	٣٦	٥	٠

١,٨٥	٠	١	١٨	٥٦	٢٥	يوليو
٢,٥٩	٠	٢	٢٣	٤٥	٣٠	أغسطس
٢,٤١	٠	٣	١٥	٥٣	٢٩	سبتمبر
٢,٣٢	٠	٢	١٩	٥٦	٢٣	أكتوبر
٦,٣٥	١	٧	٣٧	٣٥	٢٠	نوفمبر
٧,٦٦	١	١٢	٢٨	٣٨	٢١	ديسمبر
٤,١٧	٠,١	٤,٧	٢٩,٠	٤٤,١	٢٢,١	السنوي

المصدر: C.N. Duncan ١٩٧٧

وعلى سبيل المثال، إذا كان متوسط سرعة الرياح ٢٠ م/ث^١ فإن مكعب السرعة = ٨٠٠ م^٣ث^{-٣}

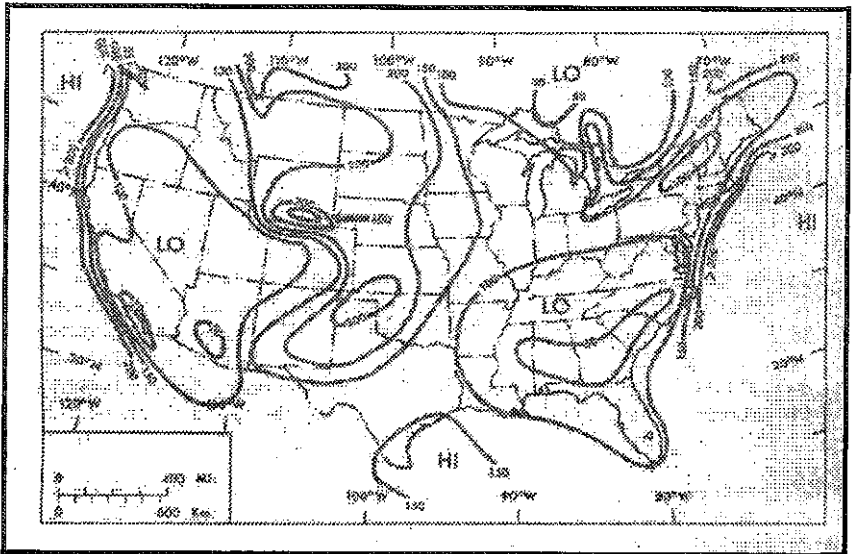
ولكي نحصل على طاقة الرياح الشهرية، نعوض بالقيم من خلال المعادلة السابقة: $P=1/2\rho V^3$ مع التنكير بأن $P =$ كثافة الهواء وهي رقم ثابت ١,٢٩، وأن V^3 تم حسابها. ولناخذ مثلاً شهر يناير، يتم حساب الطاقة للرياح بسرعة تقع ضمن فئة ٠,٥-٥,٠ م/ث، ثم نضرب متوسط الفئة \times النسبة المئوية لتكرار الهبوب ٣٩% { كما في المثال }. ويكون الناتج بالوات/م^٢، وللحصول على القيمة بوحدة كيلووات ساعة/يوم/ م^٢ يضرب الناتج \times ٢٤ "ساعة" \div ١٠٠٠ "وات"، وقد تم عرض هذه النتائج بالتفصيل في جدول (٦-١).

ولتقويم قيم الطاقة التي نحصل عليها باستخدام هذه الطريقة، يمكن القول، بأنها بمثابة مؤشر لإمكانات استخدام طاقة الرياح. و جدير بالذكر أن ، استخدام السرعة المكعبة Cubed Velocity يعكس أهمية الرياح ذات السرعة الأعلى . إذ يتضح في جدول (٦-٦) ، أن الرياح ذات السرعة أعلى من ١٠,٥ م/ث تبلغ نسبة تكرارها ٥% من إجمالي الوقت ، وعندما يتم دمجها ضمن الطاقة الكلية المنتجة التي تم حسابها، فإنها تصبح حوالي ٥٠% من الطاقة الكلية. أما شهر ديسمبر، فيعد الشهر الأكثر نصيباً من النسبة المئوية للرياح شديدة السرعة، كان هو الأعلى نصيباً من الطاقة الممكنة المتاحة كما يتضح من الجدول.

الطاقة الكامنة للرياح في الولايات المتحدة الأمريكية

قد استطاع ريد J.W.Reed استخدام أسلوباً شبيهاً بالرسم التخطيطي لتقويم التوزيع الجغرافي لطاقة الرياح الممكنة في الولايات المتحدة الأمريكية. إذ استخدم بيانات حصل عليها من NOAA لسجلات ٦٠٠ محطة، ثم أستنتج خطوط تساوي للمعدل السنوي كما يوضحها شكل (٦-١). ويعتبر هذا الشكل عرض أولي للبيانات التي تم تجميعها من بيانات الرصد دون أي تعديل أو تصحيح بناءً على التغيرات في كثافة الهواء وفقاً لعامل الارتفاع فوق مستوى سطح البحر ، أو وفقاً لمدى انتظام الأنيموميتر المعرض للعوامل الجوية . هذا وكما يلاحظ المؤلف ، فإن هناك فروقاً واختلافات جوهرية فيما بين المحطات التي تقع متقاربة . وعلى أية حال " وفي كل الأحوال " ، فيمكن من هذا التحليل البسيط وضع تقديراً جيداً عن طاقة الرياح الكامنة على المستوى القومي .

شكل (٦-١) المعدل السنوي لطاقة الرياح الممكنة (وات/متر مربع) في الولايات الأمريكية

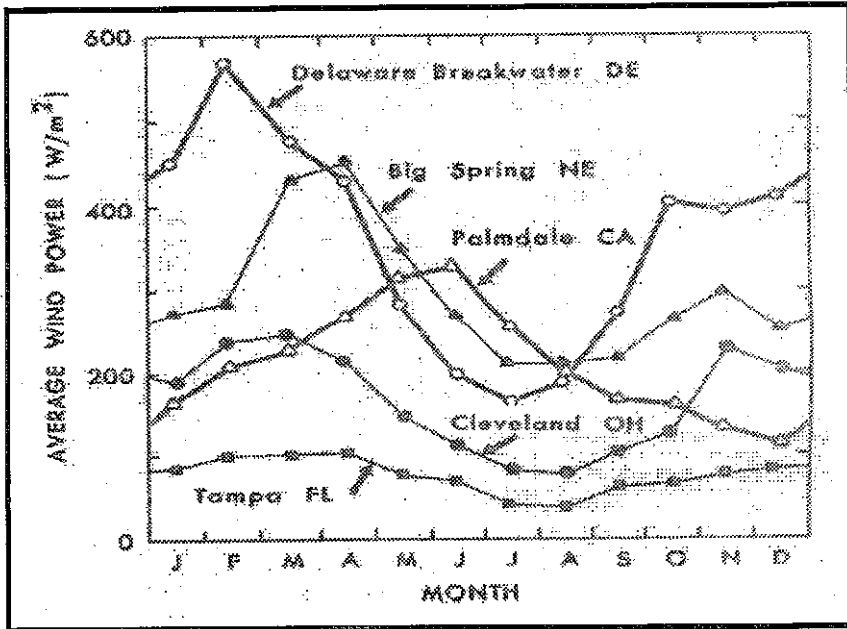


هذا، وقد تم تحديد عدداً من المناطق ذات السرعات المرتفعة. حيث تتمثل المناطق المهيمنة على المعدل السنوي المرتفع لسرعة الرياح في محور سلسلة جبلية يمتد من الشمال إلى الجنوب ، وتخترق السهول الغربية ، وتبلغ السرعة ذروتها في

جنوب يومنج Wyoming وفي بينهندل أو كلاهوما Oklahoma و Panhandle . وهناك مناطق أخرى ذات قيم عالية لطاقة الرياح تتمثل في محيط البيت الأبيض على ساحل نيوانجلند ، بالإضافة إلى الولايات الشمالية الغربية . أما بالنسبة لطاقة الرياح المنخفضة فتتمثل في الولايات الجبلية Mountain States في الغرب والجنوب .

هذا، وتتغير الخصائص السنوية لسرعة الرياح شهريا وفصليا، ويعبر التحليل للإتجاه السنوي لمتوسط طاقة الرياح الكامنة عن ٥ محطات يوضحها شكل (٢-٦) . وبصرف النظر عن مثال كاليفورنيا ، فإن أغلب المحطات تمتلك طاقة ريحية تبلغ ذروتها خلال فصل الربيع من شهر فبراير حتى شهر أبريل ، وهو ما يطلق عليه فصل العواصف Storm Season .

شكل (٢-٦) الاختلافات الشهرية في طاقة الرياح الكامنة في ٥ محطات أمريكية مختارة



ويتضح من هذا الشكل تدرج طاقة الرياح وإنحدارها العام من شهور الربيع التي تمثل شهور الذروة في السرعة (خاصة في المحطات ذات الطاقة الكامنة المرتفعة) إلى شهور الصيف الأقل سرعة.

وتتبدل مثل تلك المعدلات الشهرية للطاقة ، على كون مشروعات قوة الرياح Wind - Power يجب أن تكون تنافسية بين بعض المناطق خاصة تلك التي تتضمن المدن الضخمة مثل فونيكس ، ولوس أنجلوس ، وأطلنطا . ومن سوء الحظ، أن تلك المدن التي تتمتع بطاقة ريفية عالية مثل تكساس وبينهنلد أوكلاهوما ، ويومنج ، تبتعد عن أسواق الطاقة الرئيسية ، بل وفي واقع الأمر ، تتجمع في مناطق تتميز بقربها من إمدادات الوقود الحفري الرئيسية .

الرياح المحلية وتأثيراتها

يعتبر الاتجاه المعاصر نحو استخدام الطاقة الكامنة للرياح- كما أُنضح من قبل- واقعاً حديثاً بالنسبة لاستيعاب أهمية الرياح عبر التاريخ البشري الطويل. ويعد هذا التاريخ أفضل وسيلة لإبراز أسلوب الإنسان ومنهجه على مستوى العالم أجمع، ونستقي منه كيف صنف ووصف وحدد وأطلق الأسماء على الرياح المحلية. وتهب هذه الرياح المحلية في أثناء ظروف طقسية محددة تلتحم مع طبوغرافية الموقع لتهب رياح بخصائص محددة من حيث السرعة والاتجاه ودرجة الحرارة .

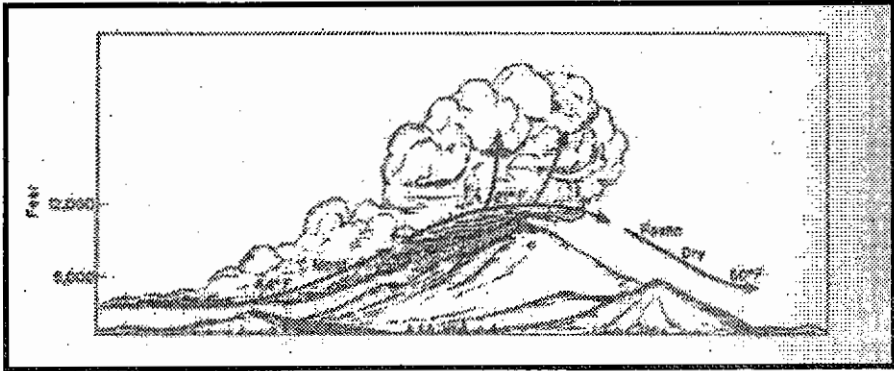
وهناك أنواع عديدة من الرياح المحلية ، يوضحها جدول (٦-٢) ، وبالرغم من المعلومات المتاحة عن امتدادها ومدتها وأسمائها ، فإن المعروف عنها محدود للغاية . وفقاً لمؤشرات أوليفر { المؤلف } ، فإن العديد من هذه الرياح يعد نتيجة التسخين الأديباتي للهواء الهابط ، ومثالا لذلك رياح الشنوك في الولايات المتحدة . ويعرض الجدول نموذجاً للرياح المحلية في حوض البحر المتوسط ، وهي رياح محلية بمواصفات خاصة . ويمكن دراسة خصائص رياح الفهن ورياح المسترال بالتفصيل لكونهما نموذجان واضحان لتلك الرياح المحلية .

رياح الفهن : إن رياح الفهن Fohn ما هي إلا نوعاً من العديد من الرياح ذات المسميات المختلفة التي تحدث في حالة حدوث تسخين أديباتي . ويوضح شكل (٦-٣) خصائص رياح الفهن كما وصفها كينن Kuenen، حيث يصعد الهواء على جانب الجبل إلى أن يصل لمستوى البرودة والتكاثف وفقاً لمعدل تناقص الحرارة الأديباتي الرطب . وفي أثناء هبوب رياح الفهن ، وما تتميز به من انخفاض رطوبتها ، يسخن الهواء بمعدل التسخين الأديباتي الجاف . وحينما يهبط الهواء ، يسخن بمعدل أكبر من برودته أثناء صعوده . وتصبح الرياح الناتجة عن مثل تلك الظروف رياح جافة حارة . وتتكرر مثل هذه الظروف في أماكن متفرقة من العالم

وتسمى بمسميات محلية عديدة. وتطلق رياح الفهن تحديداً على الرياح المحلية في الأراضي الألبية، خاصة في سويسرا، ولكنها تعد نموذجاً عاماً لوصف الرياح التي تأخذ هذا النمط. وهكذا فإن رياح الشنوك في أمريكا الشمالية وفي زوندا في أمريكا الجنوبية، يطلق عليها أيضاً رياح الفهن.

وبالنظر إلى التأثيرات الناتجة عن مثل هذه الرياح، وتحديدًا بالنسبة للرياح في قارة أوروبا فإن المصدر الأكثر تشويقاً لدراستها هو كتاب "الإنسان والرياح" للباحث دي لا ري E.Aubert De La Rue ١٩٥٥. ويركز هذا الكتاب على البعد التاريخي لأنواع الرياح، فيستعرض العديد من الأمثلة. ويركز هذا الباحث في دراسته لنماذج من الرياح المحلية على رياح الفهن كأفضل مثال يمكن الاستشهاد به. إذ يلاحظ عند هبوبها في فصل الشتاء، ترتفع فجأة درجة الحرارة لتبلغ ١٠م، بل قد تصل إلى ١٨م، فيعد ذلك غير مألوفاً.

شكل (٦-٣) نموذج لتكوين رياح الفهن وخصائصها



المصدر: ١٩٥٥ Kuenen

ويمكن أن نقبس بعضاً مما جاء به الباحث دي لا ري E.Aubert De La Rue في كتاب "الإنسان والرياح"، إذ يقول: "هذا، وهناك بعض التأثيرات الأخرى لهذه الرياح المحلية، ومنها أن شعر بعض الأشخاص يصبح مشحوناً بشحنات كهربائية عالية، تشقق الأثاث والحوائط والمنتجات الخشبية، بالإضافة إلى وجود خطورة من تصاعد النيران بسبب تطاير الشرار الكهربائي مهما كان بسيطاً. وتكمن الخطورة في حالة حدوث شرارة كهربائية كبيرة نسبياً لكون المساكن في قرى جبال الألب تبنى غالباً من الأخشاب مما يسهل الانتشار السريع للنيران خلال

فترة زمنية وجيزة ، لنعم النيران القرية بأكملها أو حتى المدينة . وتحت وطأة هذه الظروف ، فإن جميع المقاطعات خاصة المعرصة لمثل تلك الظروف ، تنتشر فيها دوريات منتظمة لسيارات الشرطة لتجنب أخطار النيران في أثناء حدوث العواصف . ويحذر التدخين تماما كما يتم أطفاء جميع مصادر الإشتعال لدرجة يمنع معها طهو الطعام في المنازل والمطاعم . وتنتشر فرق حراسة خاصة يطلق عليها " مراقبوا الفهن " ، وتعززها تنظيمات مسلحة لها نفوذ قوي على السكان الذين يتبعون تعليماتهم . وتؤثر رياح الفهن في الجهاز العصبي ، ولذلك فإن كثير من الناس يشعرون بالإعياء في أثناء هذه الرياح . كما يشعر البعض بالقلق بسبب الارتفاع المتزايد في درجة الحرارة . كما يمتد تأثير رياح الفهن إلى النبات والحيوان أيضا .

وحيثما تهب رياح الفهن بعنف ، فإنها تتسبب في دمار خطير ، وبمجرد الشعور بهبوبها ، يتجمع سكان الجبال بسرعة مع بعضهم البعض في مراكزهم . وعندما تخلف الرياح دمارا واسعا في منطقة ما ، فإن سكان المناطق القريبة يهربون منها بأعجوبة . هذا وقد تؤدي الرياح إلى أقتلاع وتمزق أسطح المنازل في قرية ما دون أن يظهر أي تأثير على قرية صغيرة مجاورة ، ولو حتى حدوث تغير في إتجاه الدخان المتصاعد من مداخنها . بينما نجد حقولا سالمة لم تتعرض لأي دمار أو خراب قريبة جدا من أراضي حشائش مدمرة بفعل نيران الفهن .

وعلى أية حال ، فإن للرياح بعض الفوائد . إذ تتميز هذه الرياح بكونها ذاتبة الثلوج في جبال الألب . إذ تعادل ٢٤ ساعة من هبوب رياح الفهن خلال فصل الربيع أسبوعين من شروق الشمس . ويرى البعض أنه بدون رياح الفهن ، فإن المروج الألبية الخضراء كان يمكن أن تغطي بالثلج حتى أواخر الربيع ، وأن الكتل الجليدية أو الثلجات ، يمكنها أن تتزايد وتتراكم ليهدد ويجتاح الأودية .

وعلى أية حال ، فإننا نشكر منافع هذه الرياح ، حيث تذوب الثلوج بسرعة كبيرة في أثناء فصل الربيع . ويتحول الهواء بطريقة سحرية إلى هواء دافئ مصحوبا بنسيم عليل ، ويعود لكل شيء حيويته ونضارته من جديد ، إذ تنمو سيقان الأعشاب ، وأخيرا تترك قطعان الماشية أكوخها . ووفقا لمقولة جريسونز فإنه " إنه لولا رياح الفهن ، فإن الله وما يرسله من الشمس المشرقة ، لما كان هناك إمكانية لوضع نهاية للثلوج الشتوية " . وهكذا تتنوع أخطار وفوائد رياح الفهن في ذات الوقت " .

رياح المسترال هي على النقيض من رياح الفهن ، إذ إنها رياح باردة جافة وشديدة السرعة تهب على وادي الرون في فرنسا . وتؤثر على مساحات واسعة حتى المناطق الشاطئية لتصل إلى فنييس ، ولكنها تكون أشد عنفاً بصفة عامة فيما بين فالنيس Valence وأزلى Arles . ويوضح شكل (٦-٤) الظروف المصاحبة لنشأة رياح المسترال . وبصفة خاصة ، تأخذ رياح المسترال ممر طولي من الشمال في اتجاه الجنوب ، فتسهم في انتقال الهواء من وسط أوروبا البارد . ويتحكم في هبوب هذه الرياح نظم الضغط الجوي السائد كما أتضح في شكل (٦-٤).

هذا ولتكوين فكرة أو تصوراً عن تأثيرات رياح المسترال ، يمكن أن نقبس بعضاً مما أورده الباحث دي لاري E.Aubert De La Rue في كتابه " الإنسان والرياح " ، إذ يقول : " إن رياح المسترال هي رياح عنيفة تبلغ سرعتها في بعض المضائق أكثر من ٩٠ ميل / ساعة ، وقد عرفت هذه الرياح في العصور القديمة . وقد كتب عنها العالم سترابو Strabo يقول " يحدث التدمير من جراء رياح يطلق عليها ميلام بورا Melam Boreas . وهي الرياح الأكثر عنفاً وخطورة إذ إنها تقتلع الصخور ، وتقذف بالرجال بعيداً من فوق مراكبهم المكشوفة التي يجرها الخيل ، وتكسر أطرافهم وتجردهم من ملابسهم . وقد أخذت هذه الرياح منذ عصر سترابو . ويمكن أن نتذكر هنا قصة الفوضى والعنف الشديد الذي صاحب رياح المسترال في أثناء عاصفة ثلجية في يوم ٣ يناير ١٧٨٦م ، حينما هلك بعض المسافرين والكهنة ومراكبهم الشراعية في منطقة الكروي Crau ، ويبدو أن ذلك كله حدث في الماضي . وحينما تهب هذه الرياح - كان من المألوف في ذلك الوقت - أن تجهز مركبات السفر ويتم تأمينها وحمايتها بحبال قوية للحيلولة دون انقلابها وإلقائها في مياه نهر الرون . وقد كانت تزرع صفوفاً من أشجار السرو للحد من شدة سرعة الرياح وحماية المزارع والحقول والمحاصيل الزراعية التي في طور النمو ، ولكنها لم تفلح في حمايتها من الاقتلاع ، كما أن القرميد الذي يغطي أسطح المنازل كان يقتلع أيضاً ، هذا فضلاً عن إحداث تلفيات في النوافذ والأبواب .

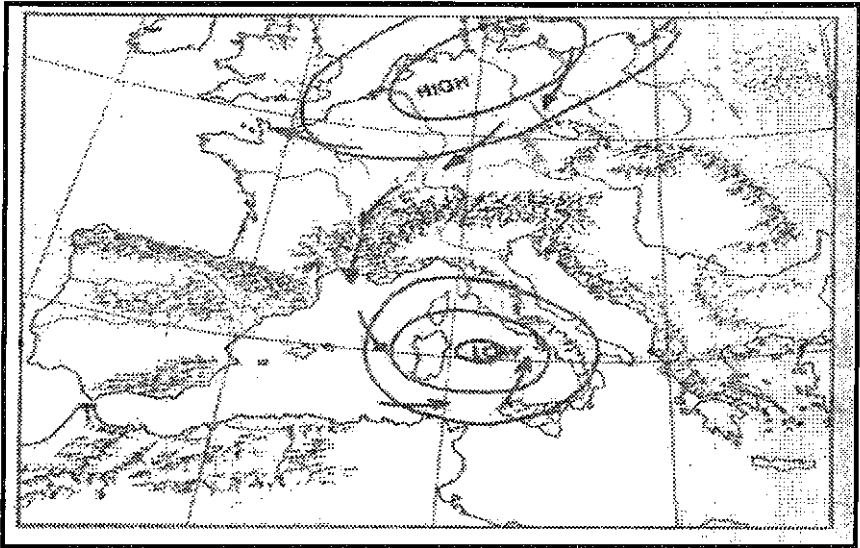
وتعتبر رياح المسترال رياح نشطة تساعد على انتشار حرائق الغابات مسببة اضطرابات عنيفة في نهر الرون حتى أن السفن لم تعد قادرة على الإبحار في النهر ، وغالباً ما كان يجد البحارة صعوبة في توجيه السفن والبوارج لمنعها من الإبحار عكس التيار مما يعرضها للارتطام في أعمدة الجسور . وتعتبر هذه الرياح من أهم

عوائق عمليات الشحن في المواني مثل ميناء مرسيليا ، فضلا تأخير السفن العابرة للمحيطات " .

إن التأثيرات المناخية لرياح المسترال تختلف وتتباين على نطاق واسع .
وحيثما تستمر الرياح لمدة أسبوع ، فإنها تؤدي إلى زيادة فقدان رطوبة التربة وبالتالي زيادة جفافها في المناطق المتأثرة بهذه الرياح . ومع انخفاض الرطوبة ، فإن التربة الطينية تتعرض للانجراف الريحي ، بينما تتعرض الأشجار للانحناء ، وتوقف النمو ، وتتعرض أيضا للتكسر في كثير من الأحيان .

ويتمثل الجانب الإيجابي الوحيد لرياح المسترال في عملية استخراج الملح من المستنقعات والسبخات الملحية في هوامش البحر المتوسط كنتيجة لزيادة معدلات التبخر . هذا فضلا عن أهميتها في تلطيف درجة الحرارة صيفا في دول حوض البحر المتوسط.

شكل (٤-٦) الظروف الطقسية العامة المصاحبة لهبوب رياح المسترال



وقد ذكر الباحث دي لا ري في تقريره عن الاحتياطات التي اتخذت لمجابهة رياح المسترال ، ومنها مثلاً التخطيط للتشجير للحد من أخطار هذه الرياح . ومثل هذا الاتجاه الذي يحث على إنشاء مصدات الرياح والأحزمة الخضراء هو محل اهتمام لذا نوالي بحثه في هذا الفصل .

جدول (٦-٢) خصائص بعض أنواع الرياح المحلية

الاسم	الموقع	الخصائص	الفصل	الأصل
رياح الشمال- البورا Bora	ساحل البحر الإدرياتي	رياح شمالية شرقية باردة ، تصحبها الزوايع ، ويبلغ تكرارها ٣٦٠ يوماً خلال ١٠ سنوات على مدينة تريست . وتصل سرعتها ٥٢ كم/ساعة	عنيفة في الشتاء غالباً وتصل سرعتها ١٠٠ كم / ساعة	A
الشنوك Chinook	المنحدر الشرقي لجبال الروكي	رياح دافئة تؤدي في بعض الأحيان إلى ارتفاع مفاجئ في درجة الحرارة يصل ٦٠-٧٠ ف في الربيع ، ورطوبة نسبية ١٠%	أكثر تكراراً في فصل الربيع	B
إتسيان Etesian	شرقي البحر المتوسط	هي رياح شمالية شرقية باردة وجافة وتهب سنوياً	في فصل الربيع وأوائل الخريف	B
الفهن Fohn	أراضي الآلب	شبيهه برياح الشنوك في دفتها وحرارتها	غالباً ما تتكرر في بداية الربيع	A
الهبوب Haboob	الأطراف الجنوبية للصحاري في السودان	رياح حارة كثيفة غالباً ما تكون محملة بالرمال لفترة قصيرة نسبياً لحوالي ٣ ساعات، بمعدل تكرار ٢٤/سنة	مع بدايات الصيف	ترتبط بتطور الجبهة دون المدارية
الهريمتان Harmattan	غرب أفريقيا	رياح حارة وجافة، وتتميز بأنها محملة بالأتربة	وهي على مدار السنة، وتكون أكثر تأثيراً في أثناء غياب الشمس	ترتبط بالدورة العامة للرياح التجارية ش ق
الخماسين Khamstin	شمال أفريقيا وبداية العرب	هي رياح جنوبية شرقية حارة وجافة، وتهب عادةً لمدة ٥٠ يوماً، ولذلك يطلق عليها الخماسين، وغالباً ما ترتفع درجة الحرارة لما بين ١٠٠- ١٢٠ ف. وتتضمن رياح القبلي في ليبيا ، السيريكو في حوض البحر المتوسط ، ورياح ليفيشي في أسبانيا	أواخر فصل الشتاء، وأوائل الربيع	B
لافتنر	غرب	رياح شرقية قوية وغالباً ما يتم	تهب في	

B	أوائل الشتاء حتى أواخر الشتاء وأوائل الربيع	الإحساس بها في مضائق أسبانيا. وهي رياح كثيفة رطبة يصاحبها طقس ضبابي لمدة يومين . وتهب في أوائل الشتاء حتى أواخر الشتاء والربيع	حوض البحر المتوسط	Evanter
B	غالباً ما يكثر تكرارها في الشتاء	رياح شوية باردة تخترق وادي الرون وتبلغ سرعتها ١٠٠كم/ساعة في الشمال . وتؤدي إلى برودة مفاجئة للمناطق الشاطئية . وتشبه رياح اليبز في بعض مناطق فرنسا	على حوض الرون	المسترال Mistral
ترتبط بنموذج دورة الرياح في الولايات المتحدة الأمريكية	وغالباً ما تهب شتاءً	رياح باردة قوية شمالية ، تزيد سرعتها عند الغروب ، تؤدي إلى حدوث انخفاض مفاجئ في درجة الحرارة	تكساس ، خليج المكسيك ، غرب الكاريبي ، وسط أمريكا	نورثر Norther
ترتبط بنظم الضغط الجوي	وغالباً ما تهب شتاءً	تهب في نصف الكرة الجنوبي لتتشبه الرياح في النصف الشمالي	سهول اليمباس في أمريكا الجنوبية	اليمبيرو Pampero
A	وغالباً ما تهب شتاءً	رياح جارة جافة تهب على سفوح جبال الأنديز . وتبلغ سرعتها ١٢٠ كم / ساعة . وتقارن غالباً برياح الشنوك والفهن . وتحمل كميات ضخمة من الأتربة في أثناء الطقس الجاف	الأرجنتين	زوندا ZONda

A: هي رياح ترتبط بالتسخين الأديباتي

B: هي رياح ترتبط بحوض البحر المتوسط ورياح شمال أفريقيا التي ترجع

إلى ظروف الضغط الجوي السائدة والتقاء الجبهات

المصدر: Oliver, ١٩٧٢

تحاط المزارع الواسعة بسياج من الأشجار العالية في نطاق السهول العظمى في الولايات المتحدة الأمريكية . ويعد هذا السياج من الأشجار العالية وسيلة لحماية المزارع من الرياح شديدة السرعة . إن تحديد الامتداد المثالي لمثل هذه المصدات للرياح ، يحتاج إلى معلومات عن اتجاهات الرياح مع تحديد الرياح السائدة . وهكذا يصبح من الضروري كتمهيد لمناقشة مصدات الرياح ، أن يتم دراسة تحليلية دقيقة لاتجاهات الرياح لاختيار أنسب الطرق للاستفادة من الرياح من جهة ، والحد من أخطارها من جهة أخرى .

تحليل الرياح

تعتبر وزدة الرياح أكثر الأشكال البيانية لتمثيل الرياح السائدة لأي موقع جغرافي . ويتطلب إعداد وزدة الرياح معلومات عن معدل الفترة الزمنية (غالباً ما يعبر عنها بالنسبة المئوية) التي تهب منها الرياح من اتجاه معين . ويتم تمثيل المحطة على شكل دائرة يوضع في وسطها النسبة المئوية للسكون . وتخرج من هذه المحطة أو الدائرة خطوط إشعاعية يتناسب أطوالها مع معدل هبوب الرياح وفق اتجاهات البوصلة . ويوضح شكل (٦-٥) وزدة الرياح لشهر يناير في مختلف المحطات في الولايات المتحدة الأمريكية . وبتحليل واحدة من هذه المحطات ، نستنتج أن تكرار هبوب الرياح من جنوب الجنوب الشرقي تبلغ نسبته ٣٠% من إجمالي تكرارها خلال شهر يناير . وهكذا فإن مثل هذه البيانات تساعد على تحديد اتجاه الرياح السائدة ، ومن ثم تحديد موقع مصدات الرياح .

يتوقف التناقض في سرعة الرياح على كثافة حزام التشجير ، ويوضح الشكل (٦-١٧) وشكل (٦-٧) تأثير كثافة حزام التشجير ، وأيهما أكثر قدرة على تكسير الرياح . إذ يشير شكل (٦-١٧) إلى أنه في حالة زيادة كثافة الحزام ، تنخفض سرعة الرياح بمعدل يتراوح بين ١٠-١٥ H ، وحينما تنخفض كثافته بنسبة ٥٠% ، فإن امتداد نطاق الحماية في منصرف الرياح يتراوح بين ٢٠-٢٥ H . وتبدو هذه النتائج غريبة على أساس أنه في حالة زيادة كثافة حزام التشجير ، يحدث اضطراب في الهواء فينخفض متوسط امتداد نطاق الحماية . وعلى النقيض من ذلك ، فإن اتساع الفراغات التي تسمح بانسياب وحركة الهواء (بمعنى زيادة الفراغات البيئية في الحجاز) يمنع حدوث اضطرابات في الهواء الذي يهب أعلى الحاجز . وجدير

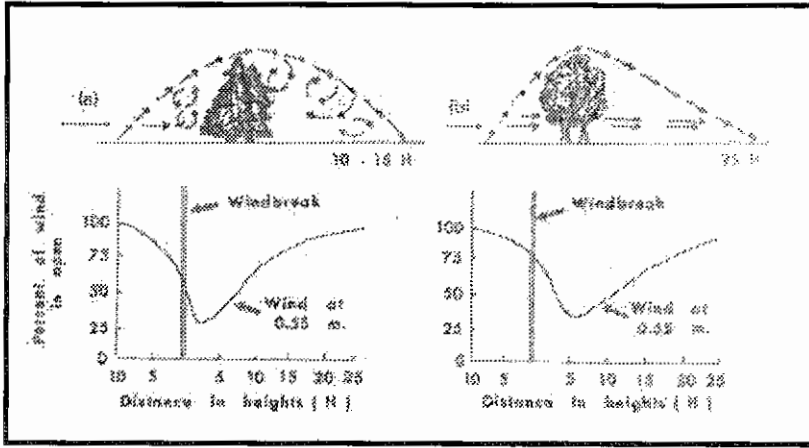
بالذكر أنه ، لإحداث تعديلًا في انسياب الهواء ، يصبح من الضروري تعديل المناخ التفصيلي للمنطقة التي تقع خلف الحاجز .

شكل (٥-٦) واردة الرياح لشهر يناير في مختلف المحطات في الولايات المتحدة الأمريكية



المصدر : NOAA

شكل (٦-٦) عرض تخطيطي لتأثير حزام التشجير في سرعة الرياح



تشير الخطوط المتقطعة إلى النسبة المئوية لتناقص سرعة الرياح مقارنة بسرعتها في المناطق الأخرى المفتوحة . والامتداد الخطي للتعديل يعكس تضاعف ارتفاع حاجز التشجير H .

وهناك عدد من الملاحظات لا بد أن تؤخذ في الاعتبار في هذا المضمار ، وأهمها :

- توجيه حزام التشجير في الاتجاه الشرقي - الغربي (امتداد عرضي) ، يؤدي إلى تناقص مؤثر وواضح في كمية الإشعاع الشمسي الواصل نتيجة لتأثير الظل المنتشر .
- ترتفع درجة حرارة الهواء ، إلا أن التبخر من المياه منخفض ، ويرجع ذلك إلى انخفاض سرعة الرياح . كما يتضح من معادلة داتون التي توضح كون سرعة التبخر هي نتاج ملموس لسرعة الرياح .
- الرطوبة النسبية في مناطق التشجير مرتفعة مقارنة بالضواحي المفتوحة . ويرجع ذلك لكون بخار الماء الناتج عن النتح والتبخر لا ينتقل بسرعة بعيداً بواسطة الرياح (كنتيجة مباشرة لانخفاض سرعة الرياح) .

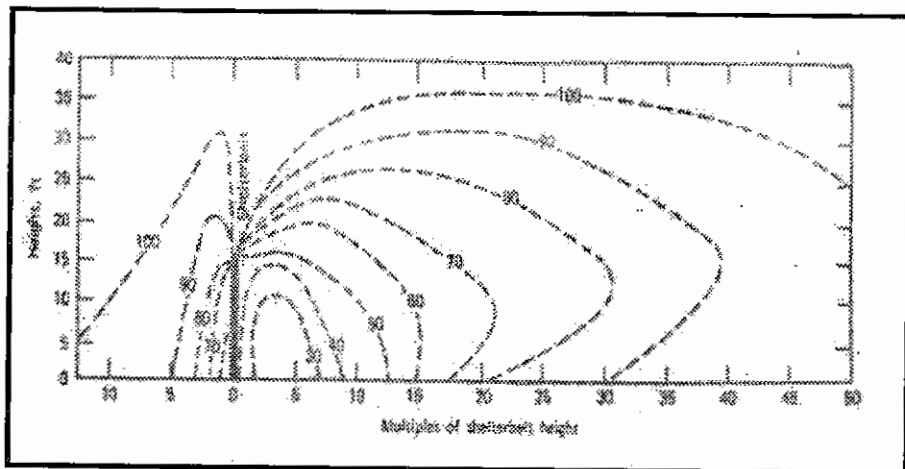
وباستثناء ارتفاع درجة الحرارة ، فإن كل عامل من العوامل السابقة الناتجة عن التشجير يؤدي إلى حماية مصادر المياه في المنطقة الواقعة خلف حزام التشجير . ومن ثم ، ليس فقط أحواض أو برك شرب الحيوانات تصبح أقل قابلية

للاستنزاف، ولكن أيضاً انخفاض معدلات فقد المياه، مما يعني بالضرورة زيادة كمية المياه المتاحة لنمو النباتات والمزروعات.

وفي الواقع ، فإنه بدراسة حزام القمح في مدينة ساسكاتشوان "كندا" ، قد ظهر زيادة ملحوظة في إنتاجية القمح في المناطق الواقعة خلف حزام التشجير . وقد أتضح أن أعلى إنتاجية تقع خلف حزام التشجير الثالث الذي يعتبر أكثرها ارتفاعاً . وتشير مثل هذه النتائج إلى الدور المؤثر والفعال لحزام التشجير . وفي المناطق الثلجية ، تؤدي هذه الأحزمة إلى انتظام توزيع الثلوج ، ومن ثم تساعد على تحسين امدادات المياه المتاحة في أثناء فصل الذوبان مع بدايات الخريف . وتغذي هذه المياه الناتجة عن الذوبان مخزون رطوبة التربة ليستفاد منه في المحاصيل الربيعية.

وقد وجهت بعض الانتقادات لمشاريع أحزمة التشجير من خلال وجهة النظر المرتبطة بالتنافس بين المياه المتاحة للتربة ونترات التربة . وترتبط هذه المشكلة بفكرة استهلاك المياه المتاحة للتربة في زراعة الأشجار كجزء من مصدات الرياح . إذ أتضح أن هناك انخفاضاً في إنتاجية المحاصيل في المناطق المتاخمة لنمو هذه الأشجار، ولكن هناك ارتفاعاً بصفة عامة في الإنتاجية داخل المناطق المحمية بالحزام الأخضر، وتفوق هذه الزيادة في الإنتاجية أي نقيصة يمكن أن تؤخذ على مشاريع الأحزمة الخضراء.

شكل (٦-٧) النسبة المئوية للتغير في سرعة الرياح على أساس الاختلاف في كثافة وارتفاع الحاجز الشجري



تصميم مصدات الرياح

أن الهدف من مصدات الرياح هو محاولة خفض سرعة الرياح وشدها على المباني التي تقع في مواجهتها . إن البيانات المتعلقة بالتأثير الكامن أو المتوقع للرياح ، سواء من حيث اتجاه الرياح أو سرعتها ، يمكن دراستها وفهمها من خلال تحليل نتائج الأساليب المستخدمة لهذا الهدف . ويعتمد تعديل قوة الرياح بالطبع على طبيعة وخصائص المصدات . وهناك العديد من المبادئ الأساسية التي ينبغي أخذها في الاعتبار ، وتتضمن ارتفاع مصدات الرياح ، وكثافتها ، ومسافة امتدادها . وتتحكم المسافة الطولية للمصدات في التأثير المساحي للحاجز ، ويمكن تقدير تأثيراته المبدئية وتعميمها من خلال استقراء خصائص ارتفاعه والفراغات البيئية بين الأشجار في الحزام الأخضر .

ويحدد ارتفاع الحاجز تأثير امتداد منصرف الرياح . وفي الواقع ، فإن امتداد النطاق المحمي Shelter Zone ، يمكن التعبير عنه بمصطلح ارتفاع مصدات الرياح ، ويرمز له (H) . ويمثل النموذج الذي سبق توضيحه في شكل (٦-٦) مثالا لهذه المصدات وتصميمها . ويعتبر الحزام الأخضر في مثل تلك الحالات مصمما بارتفاع حوالي ١٥ متراً . ويعبر عن سرعة الرياح في مواجهة وخلف هذا الحاجز بنسبة مئوية من سرعة الرياح في المناطق المجاورة المفتوحة

والمواجهة للرياح. ويتضح في هذا المثال اختلاف انخفاض شدة الرياح مع تضاعف ارتفاع الحزام الأخضر Wind Break Height. فمثلا ، حينما يبلغ ارتفاعه ١٥٠ قدماً ، فإن سرعة الرياح تعادل ٤٥% من سرعة الرياح في المناطق المتاخمة المفتوحة . بينما تعادل سرعة الرياح ٩٠% من سرعة الرياح السائدة حينما يبلغ ارتفاع الحاجز ٤٥٠ قدماً .

تحليل الرياح

تعد واردة الرياح أكثر الأشكال البيانية لتمثيل الرياح السائدة على أي موقع جغرافي. ويتطلب إعداد واردة الرياح معلومات عن معدل الفترة الزمنية (غالباً ما يعبر عنها بالنسبة المئوية) التي تهب منها الرياح من اتجاه معين. ويتم تمثيل المحطة على شكل دائرة يوضع في وسطها النسبة المئوية للسكون . وتخرج من هذه المحطة أو الدائرة خطوط إشعاعية يتناسب أطوالها مع معدل هبوب الرياح وفق اتجاهات البوصلة . ويوضح شكل (٥-٦) واردة الرياح لشهر يناير في مختلف المحطات في الولايات المتحدة الأمريكية . وبتحليل واحدة من هذه المحطات ، ويمكن ملاحظة أن اتجاه الرياح من جنوب الجنوب الشرقي بنسبة تكرر ٣٠% من إجمالي تكرارها خلال شهر يناير . وهكذا فإن مثل هذه البيانات تساعد على تحديد اتجاه الرياح السائدة ، ومن ثم تحديد موقع مصدات الرياح .

ويمكن الحصول على بيانات أكثر تحديداً عن اتجاه الرياح من خلال استخدام أساليب أخرى. ولنفترض أن هناك ضرورة لمعرفة معدل اتجاه هبوب الرياح على موقع معين لتحقيق أغراض إنشائية، وكانت الرياح تهب بنسبة مئوية متساوية من اتجاهين هما ١٠° (رياح شمالية) ، و ٢٧٠° (غربية) . وعند حساب المتوسط الحسابي لزاويتي الهبوب = ٢ ÷ ٢٧٠ + ١٠ = ١٤٠° . وهكذا ، يصبح متوسط زاوية الهبوب تعادل ١٤٠° أي إنها رياح من جهة الجنوب الشرقي، ويختلف هذا الاتجاه تماماً عن الاتجاه الأصلي لهبوب الرياح. وبوضوح يمكن القول ، بأن المتوسط الحسابي لا يفيد في كثير من الأغراض ، وإنه من الضروري التعامل مع الرياح على اعتبارها هي القوة الموجهة في حد ذاتها . ولذلك يصبح الأنسب هو استخدام أسلوب حسابي بسيط هو دواراة الرياح . ويقصد بدواراة الرياح هي المسافة الزمنية التي يقطعها بالون متحرك في أثناء عدد من الساعات التي تهب فيها الرياح من اتجاه معين . ويمكن أخذ نموذج (٦) كمثال لتحليل بيانات الرياح وحساب دواراة الرياح " محصلة الرياح " .

نموذج (٦) كمثال لأسلوب تحليل بيانات الرياح

إن تحليل الرياح التي تهب على موقع ما يتم من خلال استخدام معامل التحليل . وهذا المعامل هو عبارة عن قيمة عددية لكل من خصائص اتجاه الرياح وسرعتها . ويمكن وضع التصميم الكامل لهذه العوامل باستخدام الأساليب البيانية أو علم المتثالثات ، وكلاهما يحتاج إلى معلومات أساسية تتجاوز هذا النموذج التحليلي . وكبديل لذلك ، فإن النموذج التالي يوضح طريقة بسيطة وضعها كل من كونراد Conrad وبوللاك Pollak.

المثال :

يوضح المثال التالي معدل بيانات سرعة الرياح لشهر يناير في محطة بوسطن بولاية ماساشوسيت الأمريكية لمدة ٢٤ سنة على النحو التالي :

العنصر	الشمال	الشمال الشرقي	الشرق	الجنوب الشرقي	الجنوب	الجنوب الغربي	الغرب	الشمال الغربي
ساعات الهبوب (H)	٨٢	٣٠	٢٩	٣٠	٤٤	١٤٩	٢١٦	١٦٤
معدل السرعة ميل/ساعة (V)	١٠	١١	١١	٨	٩	١١	١٢	١٢
ساعات الهبوب × معدل السرعة (HV)	٨٢٠	٣٣٠	٣١٩	٢٤٠	٣٩٦	١٦٣٩	٢٥٩	١٩٦
							٢	٨

وتوضح (H) = عدد ساعات هبوب الرياح من اتجاه معين

(V) = معدل سرعة الرياح بالميل / ساعة = مجموع ساعات الهبوب من اتجاه معين ÷ عدد مرات الهبوب من نفس الاتجاه

(HV) = عدد ساعات الهبوب × معدل سرعة الرياح من اتجاه معين

ووفقاً للجدول السابق، فإن محصلة جريان الرياح (دوران الرياح (HV)) الشمالية تعادل $10 \times 820 = 8200$ ميل/ساعة. وتعتبر هذه القيمة عن المسافة التي تقطعها الرياح (من خلال استخدام طاسات دوارة الرياح) في أثناء معدل ساعات هبوب الرياح ، وفي حالة هذه الرياح الشمالية فإنها تقطع مسافة 820 ميلاً . وللحصول على الاتجاه الشمالي- الجنوبي (من الشمال إلى الجنوب) ويرمز له (Cn) ، وللحصول على الاتجاه الغربي - الشرقي (من الغرب إلى الشرق) ويرمز له (CW) من تطبيق المعادلة التالية :

محصلة الشمال (Cn) = الشمال - الجنوب + (الشمال الغربي + الشمال الشرقي - الجنوب الغربي) × جتا 45°

محصلة الغرب (CW) = الغرب - الشرق + (الشمال الغربي + الجنوب الغربي - الشمال الشرقي - الجنوب الشرقي) × جتا 45°

وتبلغ قيمة جتا $45^\circ = 0,7$ ثم يتم التعويض من واقع البيانات .

وتصبح قيمة محصلة الشمال (Cn) = 7200 ميل . وتصبح قيمة محصلة الغرب (CW) = 4420 ميل

ويمكن الحصول على قيمة زاوية α من نتيجة دوران الرياح من الجهة الغربية (لكونها هي المحصلة الأكبر) من المعادلة : $Cn \div CW = \tan \alpha = 7200 \div 4420 = 1,62 = 59^\circ 10'$

أي تعادل 9 درجات و 10 دقيقة

ثم نحسب زاوية السميت لقيمة α على أساس أن الرياح غربية = $270^\circ + 9^\circ = 279^\circ$ و 10°

ويمكن أن نحسب محصلة جريان الرياح = $Hr \div \sqrt{Cn^2 + Cw^2}$

وتمثل Hr عدد ساعات الدوران، أي جملة الجريان

وتعادل بالنسبة لشهر يناير = 24 ساعة × 31 يوم = 744 ساعة، وبالتعويض

بالأرقام عن المعادلة السابقة = $\frac{\sqrt{Cn^2 + Cw^2}}{Hr} = 744 \div 4478 = 0.166$ ميل / ساعة .

هذا ، ويمكن القول ، بأن طريقة كونراد Conrad وبوللاك Pollak تعتبر مؤشراً عاماً لخصائص الرياح على منطقة ما خلال فترة من الزمن كما أنها طريقة سهلة وتعطي نتائج مفيدة .

هناك اهتماماً متزايداً نحو استخدام الرياح كمصدر للطاقة . ويتطلب تقدير الطاقة الكامنة للرياح ، توفير قاعدة بيانات الرياح خلال فترة زمنية طويلة ، ثم تمثيلها بأسلوب خاص . ويعكس الأسلوب التحليلي المتبع في الولايات المتحدة الأمريكية ، أن هناك اختلافات واسعة في مصادر طاقة الرياح الكامنة ، إذ أن هناك مناطق تتمتع بكونها مصدراً كبيراً لطاقة الرياح كما هو الحال في تكساس ، وكذلك في ولايات الساحل الشرقي .

إن الاتجاه الحديث نحو الاهتمام بالرياح، يعد أحد حالات التطور المنطقي للحرص على الاستفادة من هذا المصدر الطبيعي . وقد تناول هذا الفصل دراسة الرياح المحلية ، ومنها رياح الفهن ورياح المسترال التي قام بعض الباحثين بدراستها . وقد أتضح لما لتلك الرياح المحلية من تأثيرات فسيولوجية وسيكولوجية ، فضلاً عن تأثيراتها الاقتصادية الواضحة .

وإن كان اهتمامنا بالرياح ينصب على اعتبارها قيمة حقيقية ومصدراً متجدداً للطاقة المتولدة، فإنه لا ينبغي إغفال تأثيراتها السلبية في بعض المناطق. وقد أتضح أن زراعة الأحزمة الخضراء هي في الواقع محاولة بشرية للحد من التأثيرات السلبية لشدة سرعة الرياح .

وينبغي عند دراسة الرياح في إقليم أو دولة ما ، أن نهتم بالجانب السلبي والإيجابي للرياح معاً . إذ أن ذلك يفيد في فهم التأثيرات المناخية عند تطبيقها على منطقة معينة .

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

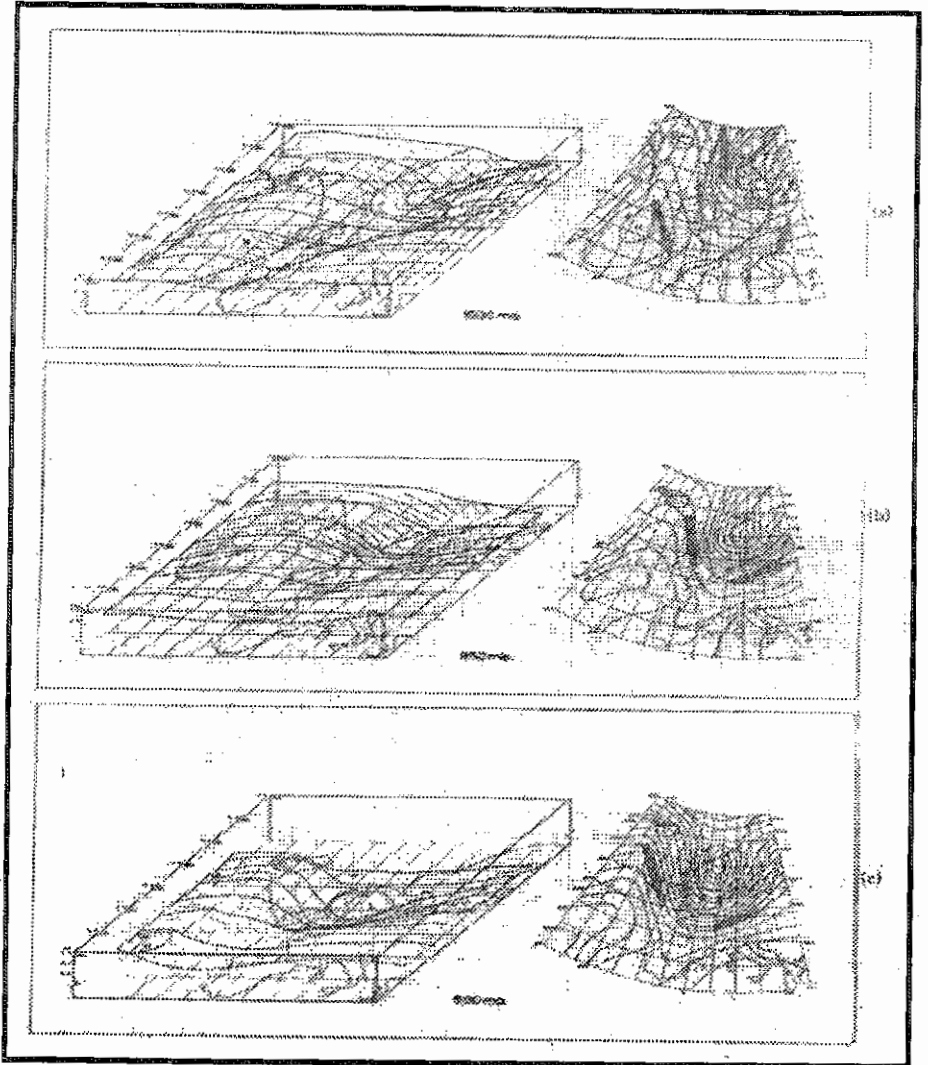
١٦,٧-	١١,٤	Pittsburgh ,Pa.
١١,٠-	١٥,٠	Avoca ,Pa
١٢,٣-	٢٠,٠	Philadelphia ,Pa.
١٠,٠-	١٠,٦	Concord , N.H.
١٥,١-	١٧,٨	Lexington
١٤,٧-	١٨,٦	Louisville , Ky.
١٣,٨-	٢٤,٥	Nashville , Tenn.
١٢,٢-	٣١,٢	Athens ,Ga.
١٢,٢-	٢٨,٩	Rome , Ga.
٧,٠-	٥٨,٥	West Palm Beach , Fla.
٨,٨-	٥٢,٠	Lakeland , Fla.

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 لاتجاهات 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 **Sinuus Curves** في خرائط ٥٠٠ ملليبار تمثل جزءاً من نظام روسبي **Rosby** 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 .

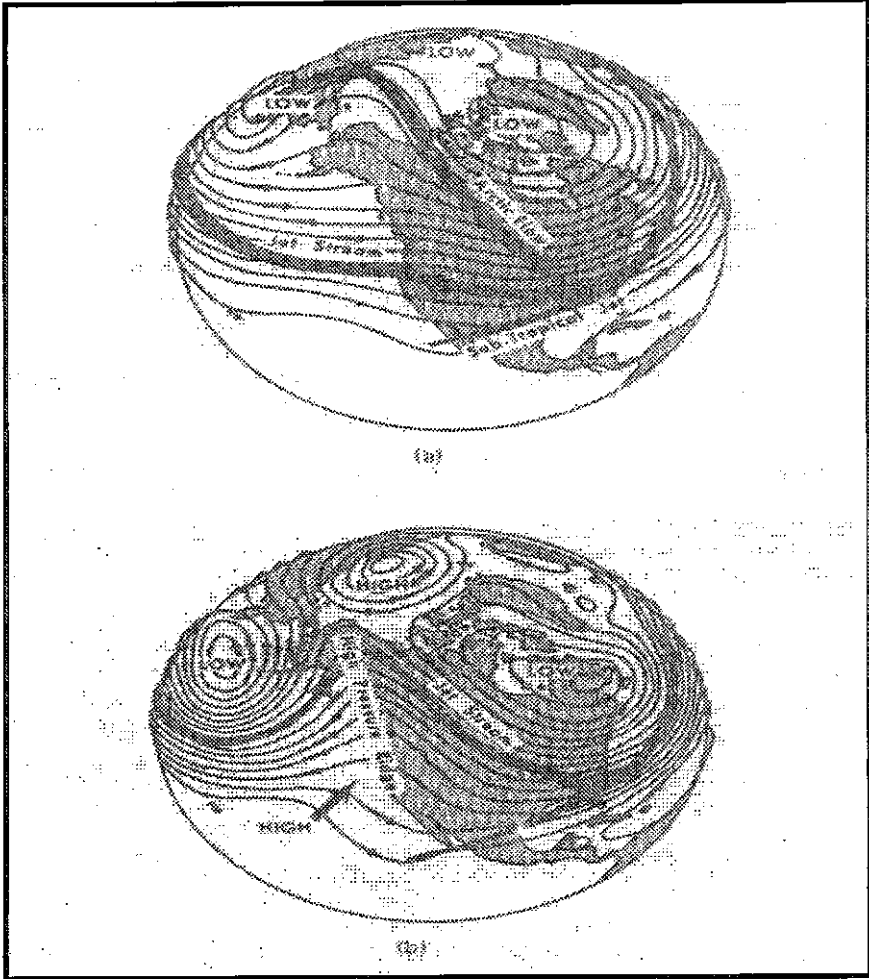
فقد بدأ شتاء ١٩٧٧ بموجة برد قاسية توغلت نحو الجنوب الشرقي من جهة السهول الشمالية في يوم رأس السنة، ثم انتهت بعاصفة تليجية عنيفة. وقد توغلت بقوة في اتجاه الأطراف الشرقية نحو بحيرتي إيري وأونتاريو . وفيما بين هذين الحدثين ، تشير العديد من التسجيلات إلى انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون مستوى التجمد خلال 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 التنبؤ بالحاجة الملحة لري صيفي كثيف .

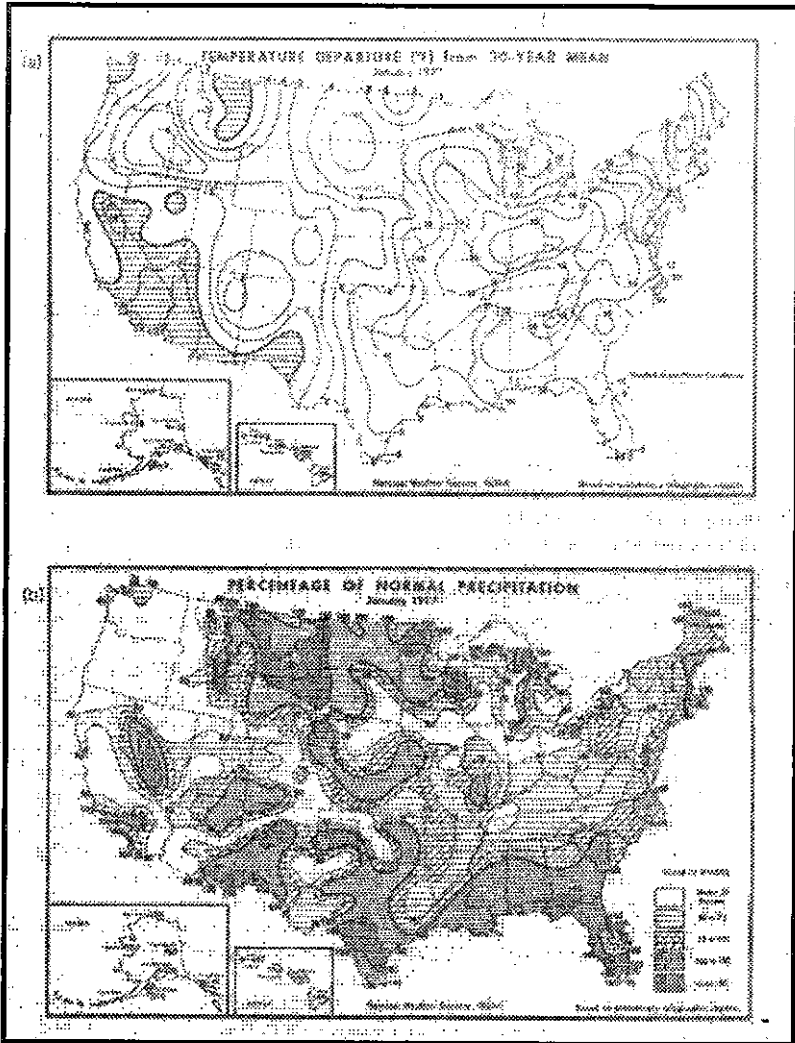
هذا ، وقد أمكن التحقق من وصول هواء دافئ لولاية ألسكا من خلال تحليل نماذج دورة الرياح كما يتضح في شكل (٧-٤) . حيث ارتفعت درجة الحرارة ١٠ ف (٥،٦ م) مقارنة بمعدلاتها الطبيعية في وسط ألسكا ، كما ارتفعت درجة الحرارة ٤،٠ ف (٢،٠ م) في باقي مناطق الولاية فوق معدلاتها الطبيعية . وقد ساد توقع باعتدال درجة الحرارة 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 .

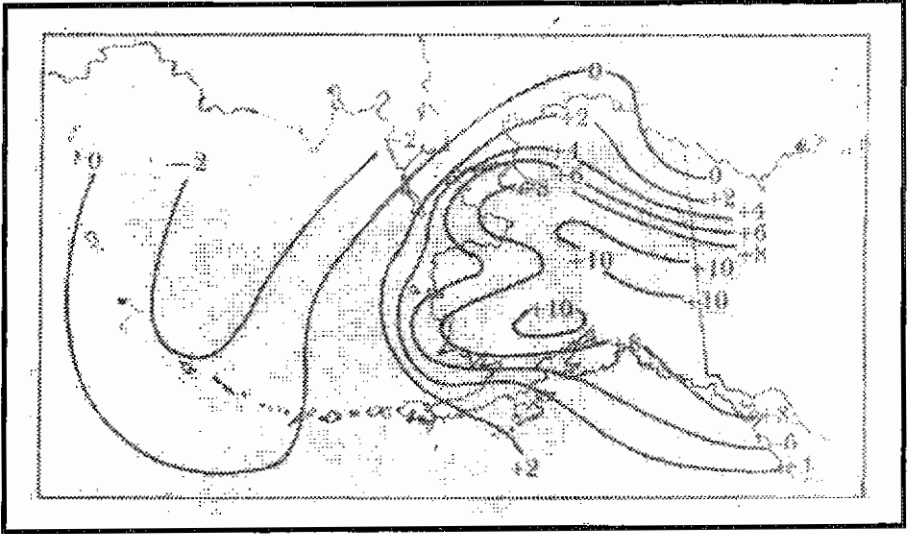
شكل (٧-٣) أ : الانخفاض الحراري في يناير ١٩٧٧ عن متوسط درجة الحرارة

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



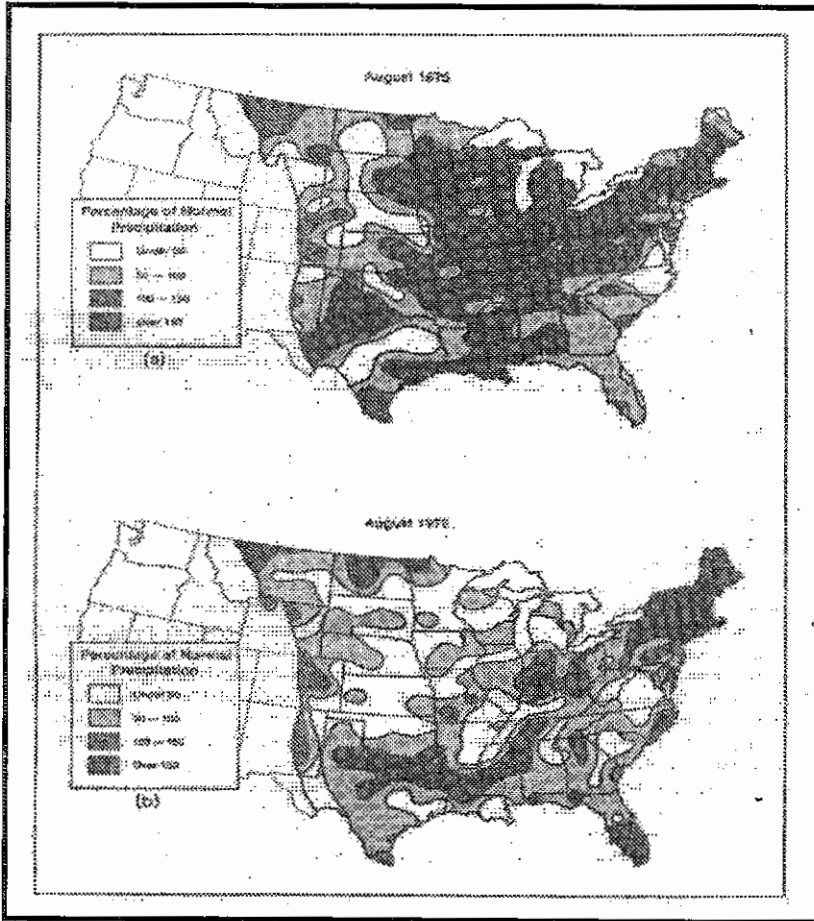
اختلافات الدورة في غرب الوسط الأمريكي

إنه في صيف ١٩٧٥ ، قد أستقبل 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 تناقضاً واضحاً 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. أولاً : 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 ١٩٨٧ 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 .

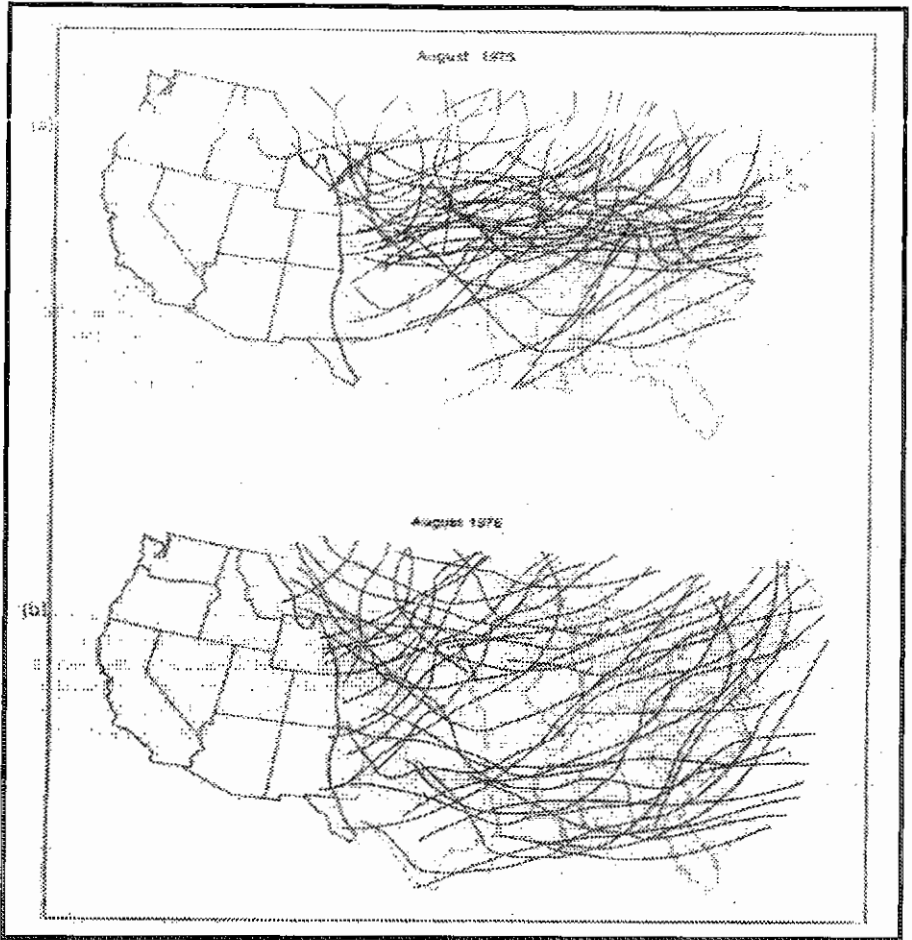
وتبعاً لطبيعة ذلك الاضطراب، قد يصبح المطر غزيراً وواسع الانتشار، أو قد يسقط مطراً خفيفاً ومبعثراً على بقع متناثرة. ويرتبط ذلك بسرعة تحركات الاضطرابات الجوية عبر المنطقة ، وكذلك الممر الذي تسلكه . ويمكن أن تصبح كمية المطر محدودة في حالة ما إذا كانت مدة التعرض للاضطرابات غير كافية للسماح بحدوث دورة كاملة 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 (٧-٦) توزيع الجبهات السطحية في كل من أغسطس ١٩٧٥ وأغسطس ١٩٧٦ الساعة ٦ مساءً بتوقيت جرينتش يومياً . ويتضح في هذا الشكل أنه في أغسطس ١٩٧٥ ، 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 ١٩٧٦ 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 الأوكسجين 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

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

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 استخدم 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 متكاملًا يجيب عن العديد من التساؤلات حول مسببات المناخ وتأثيراته .

الفصل الثامن

العواصف العاتية : ملاحظات وروابط

توطئة

يحتبر الغلاف الجوي مولداً ضخماً للتسخين وتظهر الطاقة الداخلية خلال فترة زمنية في صورة عواصف عاتية قد تفوق الخيال. ويمكن التنبؤ بمثل هذه العواصف من خلال تحليل خصائصها الفيزيائية التي تعد ضرورية لفهم الأحوال الجوية لهذه العواصف ، أما التحليلات المناخية ، فترتكز على أشكال وخصائص العواصف المحتملة ، وتوزيعها ومخاطرها لمحاولة فهم كل من تلك العواصف واستيعابها.

مقدمة

تتغير طبيعة الطقس من يوم لآخر ومن فصل لآخر بدرجة محسوسة نتيجة التغير في خصائص الكتل الهوائية السائدة والمسيطره. وتتنوع خصائص الكتل الهوائية وفقاً لمنطقة المنشأ التي تحدد درجة حرارتها ورطوبتها تلك التي تحدد في النهاية ملامح الطقس. وفي العروض الوسطى ، فإن موقع الخط الفاصل (الجبهة) بين كتلتين هوائيتين مختلفتين في خصائصهما ، يعد هو المتحكم الرئيس في تغيرات الطقس . أما في العروض الدنيا ، فيتضاعل تأثير تصارع الكتل الهوائية لكون هذه الكتل الهوائية متشابهة في خصائصها من حيث درجة الحرارة ، ومن ثم تصبح خصائص الطقس أقل تغيراً بصفة عامة .

وبصفة دورية ، فإن الظروف المتغيرة في نطاقات العروض الوسطى مقابل الظروف الأكثر استقراراً في العروض الدنيا ، تجعل من خصائص الغلاف الجوي المتسبب الرئيس في حدوث العواصف العاتية **Violent Storms** . وتختلف هذه العواصف فيما بينها بشكل جوهري ، إذ تنشأ العواصف في العروض الوسطى نتيجة تصارع كتل متباينة الخصائص والتحامهما معا في كتلة هوائية واحدة . وتظهر هذه العواصف في شكل عواصف البرد **Hailstorms** ، والترنادو **Tornado** ، والهاركين **Hurricanes** ، وتعد في مجملها عواصف عاتية تختلف فيما بينها في مخاطرها وأثارها التدميرية . ويوضح شكل (8-1) أكبر كتلة برد سقطت في الولايات المتحدة الأمريكية في القرن العشرين ، وقد

سقطت في كوفي فيل Coffeyville في كانساس خلال شهر سبتمبر ١٩٧٠ ، وقد بلغ وزنها ٧٦٦ جرام .

مخاطر البرد

إن سحب السمحاق الركامي الهرمية العملاقة هي المسؤولة عن البرق والرعد ، وتصبح مصدراً للبرد ، وهو أحد مظاهر التساقط الذي له تأثيراته ومخاطره العنيفة . وإذ يعرف البرد بأنه قد يكون أحد أسباب الوفاة ، فإنه يهلك أيضاً المحاصيل الزراعية كأحد أبرز مخاطره البيئية .

ويظهر البرد في ثلاثة أشكال . أحدهما الجريل Graupel أي البرد الخفيف ، وهو ما يبلغ عادة قطر حياته $\frac{1}{4}$ بوصة ، وله نسيج هش مما يجعله سهل الإزاحة حينما يتراكم على سطح الأرض . ويعتبر هذا الشكل من البرد نواة لتكون البرد الصغير Small Hail الذي غالباً ما يسقط مع المطر . وتصل حبات البرد سليمة الشكل بسبب الطبقة الرقيقة لمظهر الثلج الخارجي . وتتميز حبات الجريل أو البرد الخفيف - وكلاهما له نفس الحجم - بكونها صغيرة إلا إنها تعد كبيرة بدرجة كافية للتدمير . إما الشكل الثالث من البرد فيطلق عليه البرد الحقيقي True Hail أو البرد العنيف ، ويتميز بحجمه الكبير ، وهو نفس النوع والحجم الذي سقط في كوفي فيل بولاية كانساس بوزن ٧٦٦ جرام كما في شكل (٨-١) . ويرتبط شكل البرد الذي يسقط من سحب السمحاق الركامي على الفترة الزمنية التي تتطور خلالها كتل البرد في السحاب . ويوضح شكل (٨-٢) أن المفتاح الرئيس وراء تكون ونمو البرد هو شدة برودة الماء في السحب .

توزيع البرد

ترتبط كتل البرد سواء من حيث الحجم أو العدد بتساقط البرد العنيف الذي تم رصده بانتظام في الولايات المتحدة الأمريكية . وقد أوضح شانجنون ١٩٧٧ Changnon ، أن أكبر سقوط لكتل ضخمة من البرد قد حدث عند منحدر جبلي في كلورادو ، بينما أصغر كتل البرد هي الأكثر شيوعاً في ولاية ألينوي ، وولاية نيواينجلند ، وفي جبال ولاية أريزونا . ويبلغ معدل سقوطه في ألينوي ٢٤ كتلة / قدم مربع ، ويزيد قطر ٢% منها فقط عن $\frac{1}{2}$ بوصة ، بينما في شمال شرق كلورادو فيبلغ ٢٠٢ كتلة / قدم مربع ، ويزيد قطر ٥١% منها عن $\frac{1}{2}$ بوصة .

وجدير بالذكر ، أنه لا يوجد جزء في الولايات المتحدة الأمريكية يعتبر في منأى عن الآثار التدميرية للبرد . ولإلقاء الضوء على توزيع البرد، فإن هناك عدداً من الخرائط تم إعدادها وفقاً لمصادر متعددة ستعرض في الصفحات التالية. وتعد السجلات الميئورولوجية للبرد من حيث توزيعه الجغرافي وتكراره هي المصدر الأول لإنشاء مثل تلك الخرائط. أما المصدر الثاني لتلك الخرائط فيعتمد على توزيع البرد ومخاطره الاقتصادية التي تعكس الخسائر الناتجة عن تساقطه.

سجلات تكرارية البرد

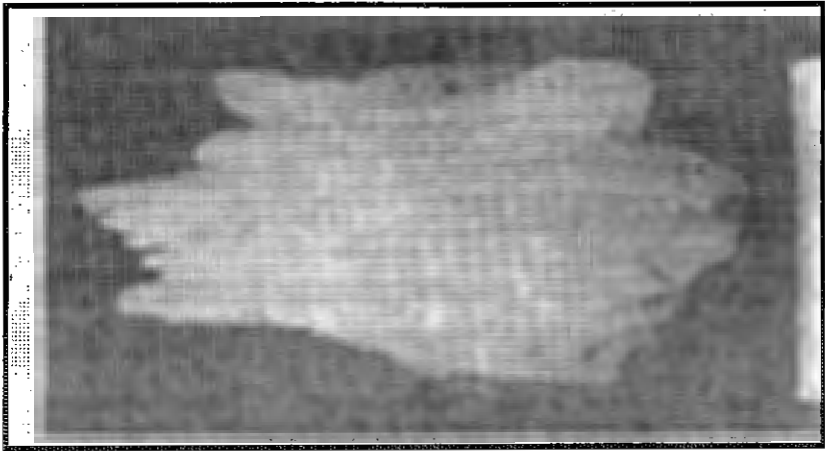
تعد خريطة معدل عدد أيام البرد هي الخريطة الأكثر شيوعاً لتوزيع البرد ، ويتضح هذا المعدل في شكل (٨-١٣) . وتعتمد هذه الخريطة على بيانات ٢١٩ محطة خلال الفترة الزمنية ١٩٠٤-١٩٤٣ للبرد المتساقط سواء إن كان كبيراً أو صغيراً . ويتضح من هذا الشكل أن أعلى معدل لعدد أيام البرد في جنوب شرق يومنج Wyoming مقارنة بأي منطقة أخرى في الولايات المتحدة الأمريكية . حيث يسقط على هذا القطاع حبات البرد الأكبر حجماً والأثقل وزناً، كما يشهد أقصى معدل تكراري للبرد سنوياً إذ يبلغ معدله ٩ أيام عاصفة / سنوياً.

أما المنطقة الأخرى التي تشهد مثل هذا التكرار في الولايات المتحدة الأمريكية هي منطقة شمال غرب الباسيفيكي حيث يبلغ المعدل ٧ أيام عاصفة / سنوياً . إذ يوضح شكل (٨-٣ب) التوزيع العددي للمعدل الطبيعي لعواصف البرد خلال فصل النمو للمحاصيل الزراعية . ويشير ذلك التوزيع إلى أن أكبر تكرارية محتملة لآثار التدميرية للبرد على المحاصيل في أثناء فصل النمو يحدث في ولايات كانساس وشرقي نبراسكا وإيوا .

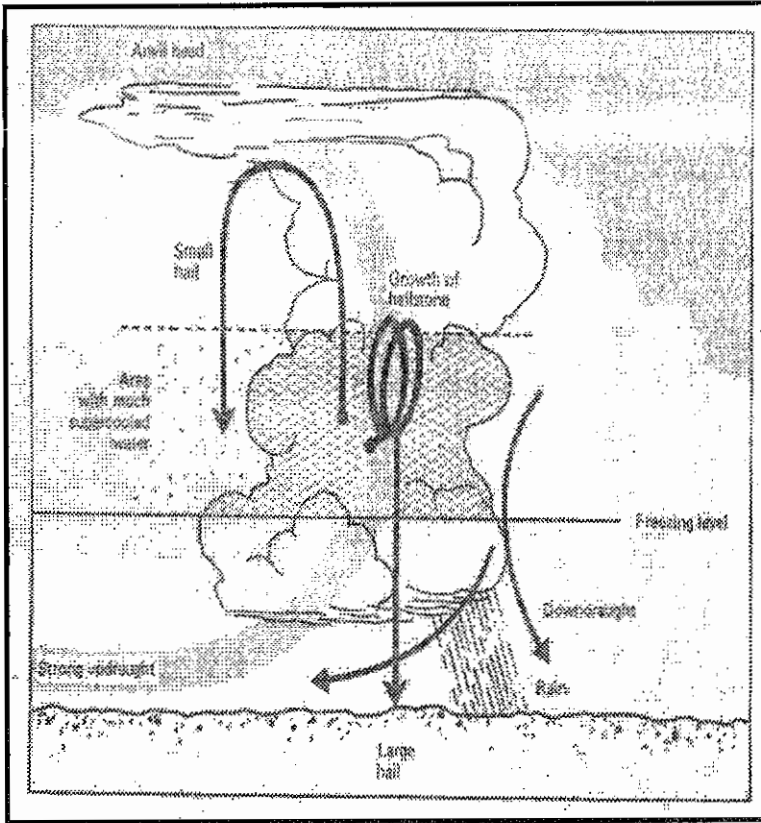
وقد شهدت هذه المناطق الثلاث مجتمعة عواصف برد بمعدل ٢٠ عاصفة / سنوياً . ويبدو من ذلك الشكل أن كل من هذه المناطق الثلاث قد شهدت عواصف برد بمعدل ٢٠ عاصفة / سنوياً. ويتضح من هذا الشكل أيضاً ، أن هناك اختلافاً مكانياً وزمانياً واسعاً فيما يتعلق بخصائص البرد ، فضلاً عن أن إعداد خرائط توزيعات البرد ليست بالمهمة السهلة . وتبعاً لذلك ، يتم رصد وتسجيل بيانات البرد بصورة مركزية منذ ١٩٥٤ في مركز الهيئة القومية للتنبؤ بالعواصف في الولايات المتحدة الأمريكية National Severe Storm Forecast Center وتتبعها وحدة العواصف المحلية العاتية (Severe Local Storms Unit)

(SLS) . وحينما نذكر أن هناك برد عنيف . فإن ذلك يعني أن قطر حبات البرد يبلغ $\frac{3}{4}$ بوصة ، والمصدر الأساسي لمثل هذه المعلومات هو وحدة العواصف المحلية العاتية (SLS) . ويعد هذا المصدر هو أفضل مصدر لبيانات البرد العنيف ، إذ تعتمد المعلومات على الملاحظات الشخصية والخبرات البشرية ، ومن ثم فإن جميع العواصف العاتية التي وقعت بالفعل لا يتم تسجيلها كلها ، بل والأكثر من ذلك . أن تصنيف تلك العواصف ليس تصنيفاً دقيقاً لأنه يعتمد في المقام الأول على الوصف البشري والملاحظات الشخصية . وتستقبل عدة ولايات : تكساس ، أوكلاهوما ، كانساس ، والميسوري تستقبل $\frac{1}{2}$ إجمالي البرد العنيف الذي سقط في ٤٨ ولاية متجاورة خلال الفترة ١٩٥٥-١٩٦٧ . وتشير الدراسات إلى أن أعلى تركيز للتوزيع اليومي لعواصف البرد يحدث خلال ٣ ساعات من الساعة ٣ - ٦ صباحاً بالتوقيت المحلي لهذه الولايات. وقد حدث أن ٤٠% من البرد العنيف الذي سقط في تلك الولايات خلال تلك الساعات الثلاث.

شكل (٨-١) : أكبر كتلة برد سقطت في الولايات المتحدة الأمريكية في القرن العشرين ، وقد سقطت في كوفي فيل Coffeyville في كانساس خلال شهر سبتمبر ١٩٧٠ ، وقد بلغ وزنها ٧٦٦ جرام



شكل (٨-٢) : يعتمد حجم البرد المتساقط من سحب السمحاق الركامي الهرمية العملاقة على الرحلة التي يقطعها البرد ومدة بقائه في السحب



وتناقش تلك التوزيعات التناقضات والاختلافات في تكرارية حدوث البرد على المستوى القومي . وتعتمد تلك التسجيلات على تكرارية الظاهرة في نقطة ما ، والسجلات التكرارية لعدد مرات الظاهرة في النقطة التي تمثل محطة أرصاد جوية . وتشير الخرائط إلى أن هناك اختلافات واسعة في تكرارية ظاهرة البرد في الولايات المتحدة ، وعلاوة على ذلك ، أن هذه الاختلافات تحدث على مسافات متقاربة جداً . وهكذا ، فإنه من الضروري أن تناقش خرائط توزيع البرد ما هو أبعد من مجرد تكرارية الظاهرة . إذ تعكس الآثار التدميرية للبرد بالضرورة أعداد كتل البرد وحجمها وكذلك الرياح المصاحبة لعواصف البرد . وقد ركز كل من شانجنون وستوت ١٩٦٧ على الدراسات الخاصة بتدمير المحاصيل ، وقد استنتجوا أن فصل الخسارة بفعل عواصف البرد في شرقي كلورادو ينتج عن عواصف تزيد بمقدار

١٨ مرة عن توزيعها العادي في غرب الوسط الأمريكي . وقد أستنتج الباحثان أيضا أن هناك تناقضا سريعا وواضحا في تكرارها بالابتعاد عن نطاق السهول العظمى .

الأضرار الاقتصادية

يؤثر البرد الكثيف بوضوح في المحاصيل وما يرتبط بذلك من خسائر مادية ، ويعبر عنها بمجموعة الخرائط التالية تلك التي تصنف على كونها خرائط اقتصادية . وتركز تلك الخرائط على توزيع الآثار الاقتصادية لظاهرة البرد من خلال وحدات العملة . وتعرض تلك الخرائط بيانات تتعلق بمفاهيم الخسائر المادية المكانية والزمنية . ويتم إنتاج هذه الخرائط وتطويرها من خلال شركات تأمين برد المحاصيل Crop - Hail Insurance Companies ، وتستند هذه الشركات على قاعدة بيانات تضم سجلات لأحداث البرد لمدة تزيد عن ٤٠ سنة . وتقدم الهيئة الأكتوارية لتأمين برد المحاصيل Crop - Hail Insurance Actuarial Association في شيكاغو جميع البيانات الخاصة بذلك كمساهمة للأبحاث المتعلقة بالأبعاد الاقتصادية لظاهرة البرد . وهذه الهيئة عبارة عن مجموعة مندمجة من الشركات يصل عددها إلى ١٠٠ شركة تغطي من ٦٠% إلى ٧٠% من قيمة تأمين المحاصيل في الولايات المتحدة . وعلى أية حال ، قد تم تأمين ١٥% فقط من محاصيل الولايات المتحدة سواء عن طريق شركات خاصة أو وكالات حكومية مثل " التعاون الفيدرالي لتأمين المحاصيل Federal Crop Insurance Corporation " في عام ١٩٦٤ .

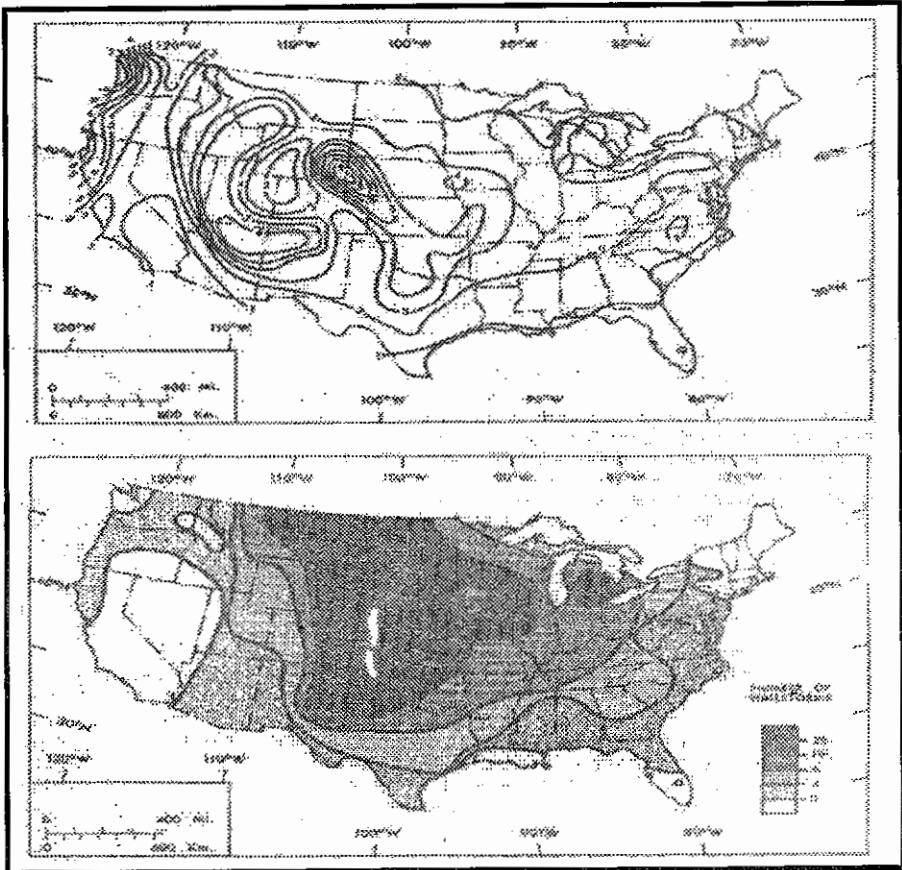
ويوضح جدول (٨-١١) بيانات خسائر البرد في بعض الولايات كما أوضحها شانجنون ١٩٧٢ . وتعد بيانات العشرة ولايات الأكثر خسارة نتيجة تكرار ظاهرة البرد مؤشرا عن الخسائر النسبية الناتجة عن حجم الديون التي تغطيها شركات التأمين، وكذلك أقساط التأمين، وتكلفة خسائر التأمينات .

وتعتبر ولاية نورث داكوتا هي الأعلى من حيث الخسائر الإجمالية كما يتضح في جدول (٨-١١) الذي يوضح معدل عدد أيام خسائر البرد بالنسبة لمحصول القمح . ونلاحظ من هذا الجدول أن ،هناك ارتفاعا في قيمة خسائر البرد خلال الفترة من شهر مايو حتى شهر يونيو في الولايات الجنوبية ، بينما في الولايات الأكثر توغلا جهة الشمال تمتد تلك الفترة من شهر يونيو حتى شهر أغسطس . ويتضح التوزيع المكاني لخسائر البرد حين دراسته على المستوى

الإقليمي كما في شكل (٨-٤) حيث تقسم الولايات المتحدة الأمريكية إلى أقاليم مع تقسيم كل إقليم إلى فئات على أساس الرتب. وتحدث أعلى الخسائر في ولايات السهول الوسطى (رتبة ١) حيث تبلغ ٨٦,٧ مليون دولار. وتصبح كاليفورنيا خارج ذلك الترتيب للولايات المتضررة (التي تقتصر على ١٠ رتب فقط) حيث تبلغ خسارتها ١,٤ مليون دولار فقط. هذا، وإن كانت خسائر ولاية كاليفورنيا في حد ذاتها مرتفعة، ولكنها تتضاءل حين مقارنتها بالخسارة في تلك الولايات العشرة الأكثر تضرراً من ظاهرة البرد.

شكل (٨-٣) أ : المعدل السنوي لعدد أيام البرد ١٩٤٣/١٩٠٤

ب : عدد عواصف البرد خلال فصل النمو



جدول (٨-١١) بيانات العشرة ولايات الأعلى نصيباً من خسائر البرد وفقاً
للهيئة الأكتوارية لتأمين برد المحاصيل خلال الفترة ١٩٦٠/١٩٦٩

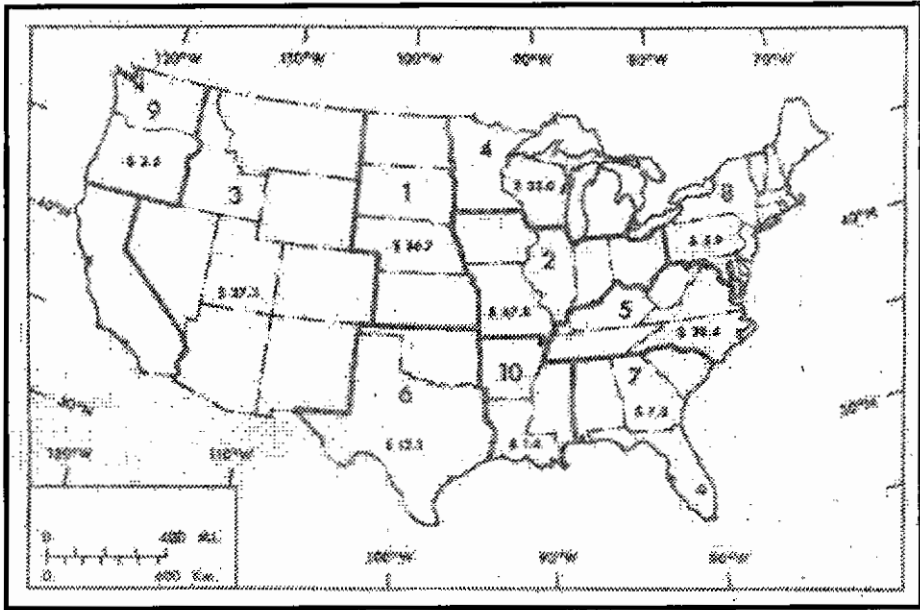
الولايات ومعدل لقيم السنوية									
الديون مليون دولار	إجمالي الخسائر مليون دولار		الخسائر الشخصية المدفوعة ألف دولار	عدد الخسائر المدفوعة ألف دولار	أقساط التأمين مليون دولار		الديون مليون دولار		ترتيب
١	٢١٥,١	سوث كارولينا	٩,٠	سوث كارولينا	١٠,٨	سوث كارولينا	١,٨	أيداهو	٥,٥
٢	١٩٠,٨	سوث داكوتا	٨,٤	كنتاكي	٩,٨	نيويورك	١,٧	نيويورك	٥,٠
٣	١٦١,٥	تكساس	٦,٣	سوث داكوتا	٩,٣	أوريجون	١,٦	أوريجون	٤,٦
٤	١١٢,٦	نبراسكا	٦,٢	أيووا	٨,٢	فيلادلفيا	١,٥	فيلادلفيا	٣,٩
٥	٩١,٥	كانساس	٥,٨	كانساس	٧,٨	كاليفورنيا	١,٤	كاليفورنيا	٣,٧
٦	٨٦,٠	أيووا	٥,٤	نبراسكا	٧,٧	أريزونا	١,٤	أريزونا	٣,٥
٧	٨٤,٤		٥,٠	سوث داكوتا	٥,٤	بنسلفانيا	١,٣	بنسلفانيا	٢,٤
٨	٧٢,٧	مينيسوتا	٤,٥		٥,٠	واشنطن	١,٢	واشنطن	٢,٤
٩	٦٤,٢	مونتانا	٤,١	تكساس	٤,٥	مونتانا	١,١	مونتانا	٢,٢
١٠	٥٩,٩	ثورت داكوتا	٣,٥	مينيسوتا	٤,٤	كلورالو	١,٠	كلورالو	١,٩

المصدر: ١٩٧٧ Changnon

جدول (٨-ب) المعدل السنوي لعدد أيام خسائر البرد لمحصول القمح
١٩٦٨/١٩٥٧ -

الولاية	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	الإجمالي
نورث داكوتا	٠	٣	٢٣	٢٩	٢٦	٦	٨٧
نبراسكا	٢	١٩	٢٨	٢٤	٤	٠	٧٧
كانساس	٩	٣٠	٢٢	١٥	١٥	٠	٧٦
ثورت داكوتا	٠	٦	٢٣	٢٨	١٥	١	٧٣
مونتانا	٠	٢	٢٠	٢٥	٢٠	٤	٧١
تكساس	٨	٢٤	٢٦	٥	٠	٠	٦٣
أوكلاهوما	١١	٢٦	٢٢	٣	٠	٠	٦٢
كلورالو	٠	١٣	٢١	٢٠	٤	٠	٥٨
مينيسوتا	٠	١	١٣	٢٠	١٣	٢	٤٩
أيداهو	٠	١	٧	٩	١٠	٤	٣١

شكل (٨-٤) المعدل السنوي لخسائر المحاصيل بفعل البرد وفقاً لترتيب الولايات المضارة على المستوى الإقليمي خلال الفترة ١٩٤٨/١٩٦٧



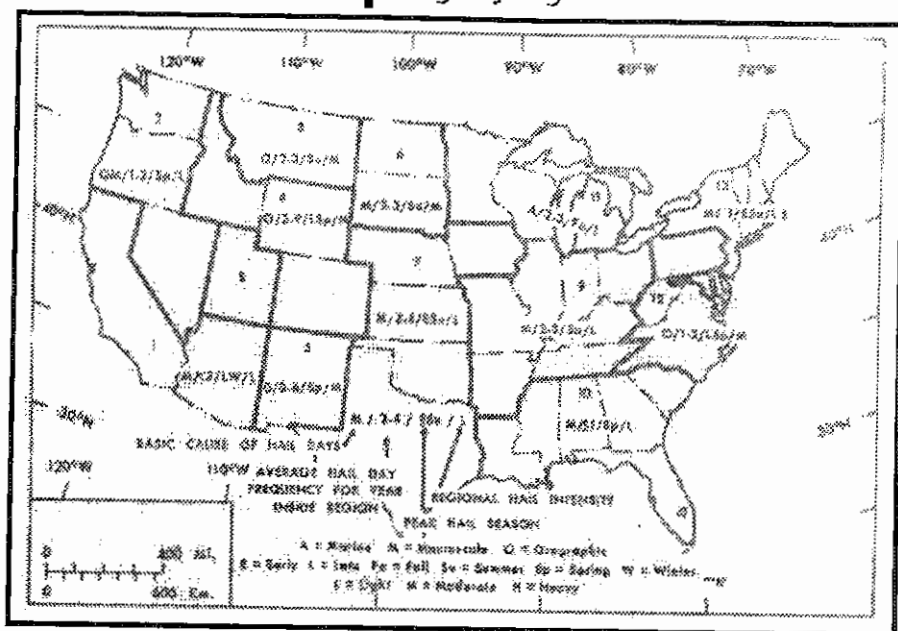
المصدر: Changnon ١٩٧٧

أقاليم البرد في الولايات المتحدة الأمريكية

يمكن تقسيم الولايات المتحدة الأمريكية إلى أقاليم برد على أساس التكرارات الميتورولوجية والأعتبارات الاقتصادية وفقاً ل ١: معدل التكرار ٢: فصل قمة البرد ٣: السبب الرئيس لظاهرة البرد ٤: الكثافة الإقليمية للبرد . وتتحكم هذه العوامل الأربعة في حجم الخسائر المادية بفعل ظاهرة البرد . هذا ، ويجب التنويه إلى اختلاف كثافة البرد في السهول العظمى عن مثيلتها في الأجزاء المرتفعة في إقليم غرب الوسط كنتيجة للاختلافات الجغرافية فيما بينهما .

واستناداً إلى تلك الاعتبارات ، فقد قسم شانجنون الولايات المتحدة الأمريكية إلى ١٣ منطقة برد ، ووضع الحدود الإقليمية فيما بينها على أساس إحصائي .

شكل (٨-٥) : مناطق البرد في الولايات المتحدة وفقا لمسبيات البرد ، وتكراره ، وفصليته ، وكثافته



المصدر: Changnon ١٩٧٧

إدارة مخاطر البرد

إن لمخاطر البرد عواقبها الاقتصادية الواضحة . وحينما يدرك المزارع المشكلة ، فإنه لمن الضروري أن يأخذ بعض الاحتياطات . وفي الواقع ، إن المزارعين لديهم رؤى متنوعة في تلك الاحتياطات بهدف الحد من خسائر البرد وتقليلها قدر الإمكان ، ويتضمن بعضها منها تعديلات بيئية أو تعديلات في السلوك البشري .

إذ يتجه المزارعون على المستوى المحلي في المناطق كثيرة التعرض لحدوث البرد إلى زراعة المحاصيل الأقل حساسية للتدمير بفعل البرد . وعلى أية حال ، يبدو أن هناك اتفاقا عاما بين المزارعين يشتمل في مضمونه على أن زيادة صافي العائد كنتيجة لتقليل خسائر البرد يمكن أن يصبح أعلى من العائد عن طريق خفض الإنتاج أو عن طريق زيادة تكاليف مدخلات العملية الزراعية . ولا يعبر أحد المزارعين بالا بقائمة المناطق الأكثر تعرضا للبرد في نورث داكوتا

بمقاومة المحاصيل للبرد ، أو التركيز على مدى المقاومة كوسيلة فاعلة لإدارة التحكم في مخاطر البرد .

أما الطريقة الثانية لمكافحة البرد، فتعتمد على تحديد اتجاه نمو المحصول بحيث يتجه إلى الشرق، ومن ثم ينمو النبات موازياً لاتجاه تساقط كتل البرد Hail Stone. ويمنع هذا التوجه نحو الشرق صفوف المحاصيل من حماية بعضها البعض كما تسمح لبعض البرد بالتساقط في خطوط متوازية فيما بين صفوف النبات على الأرض .

وتعتبر مثل تلك التعديلات أو الاحتياطات متاحة وسهلة بل وملائمة اقتصادياً أيضاً . وعلى أية حال ، ففي العديد من المناطق يصبح توجيه الحقول نحو الشرق لا يناسب الظروف الطبيعية الأخرى ، كما أن الحقول التي تتوجه شرقاً تقع تحت وطأة النحت بفعل الرياح . يضاف إلى ذلك، خضوع المزارعين للتعامل يومياً مع سرعة الرياح واتجاهها ومن ثم نحتها وتعريتها للتربة فضلاً عن إضرارها بالمحاصيل، بينما يكون التعامل مع البرد خلال عدد قليل من الأيام كل سنة. ومن ثم، فإن أي محاولة لمقاومة البرد ينبغي أن تأخذ في الاعتبار عوامل الطقس الأخرى السائدة على مدار أيام السنة.

أما الطريقة المحتملة الثالثة فتتعامل مع الموقع النسبي للأرض. وتهدف هذه الطريقة إلى تشتيت الأرض المستأجرة بهدف تفريقها على المنطقة المعرضة للبرد . حيث يمكن لهذه البقع المتناثرة أن تقلل من الخسائر الشخصية للمزارع الواحد مهما كانت المنطقة تعاني في حد ذاتها من نفس مقدار الخسارة الإجمالية، بمعنى توزيع الخسارة على المزارعين حتى مع بقاء الخسارة الإجمالية ضخمة. وهناك من يبرهن على أن تشتيت الأراضي المستأجرة بغرض خفض الخسارة بفعل البرد، يعد اتجاهاً متزايداً على مستوى الولايات الأمريكية.

وفي العديد من مناطق الولايات الأمريكية ، تقسم المزارع المستأجرة إلى أربعة أقسام بحيث تبلغ مساحة كل قسم منها $\frac{1}{4}$ ميل مربع أي ١٦٠ هكتاراً (٠,٦٥ كيلو متر مربع) . وقد اتسعت بعض المزارع الاقتصادية القابلة للتطوير لتبلغ مساحتها ٤٠٠ هكتاراً أي ١,٦ كيلو متر مربع . ويشترى بعض المزارعين أو يستأجروا مزارع متقاربة بحيث تصبح مساحتها الإجمالية عدة أميال مربعة . وتعد مثل تلك المزارع المتناثرة بمثابة السياج الذي يحول دون خسائر البرد. وعلى أية

حال ، وجدير بالذكر، أن التكلفة الإنتاجية المرتبطة بتلك المزارع المستأجرة والمتأثرة تعتبر مرتفعة بعض الشيء .

أما الطريقة الرابعة لمجابهة خسائر البرد، فتتعلق بشخص المزارع وحرصه على التأمين ضد البرد. وإن كان التأمين على المستوى الشخصي يعني بديل ضئيل ، ودفعات مالية محددة للحصول على تعويض مالي أكبر ، وإن كانت الخسارة ليست حتمية خاصة مع استحالة التنبؤ بها . وعلى مستوى الدولة، فإن التأمين هو الأكثر شيوعاً واستخداماً على نطاق واسع لمجابهة مخاطر البرد. وقد أثبت شانجون أن مزارع من بين كل ستة مزارعين في الولايات المتحدة لديه تأمين ضد البرد ، وأن حوالي ٣٠٠ مليون دولار ، قد أنفقت على تأمين المحاصيل خلال عام ١٩٧٥ . ولسوء الحظ، في مناطق خسائر البرد المرتفعة، ترتفع قيمة التأمين " لتتراوح من ٢٥% إلى ٣٠% من قيمة المحصول " لدرجة أن العديد من المزارعين لا يستطيعون دفعها.

أما الطريقة الخامسة لمجابهة البرد تتضمن تعديل البيئة بهدف خفض معدل الخسارة بدلاً من الحسرة عليها، وتعني ببساطة الاتجاه إلى التأمين ضد البرد. وتصنف تلك التوجهات لخفض كثافة الخسارة بفعل البرد على أنها مشروعات مقاومة البرد، وقد حققت فاعلية ملموسة على المستوى الإقليمي.

وتعد أولى التجارب التي ركزت على تحجيم الآثار المدمرة للبرد في شمال شرق كلورادو ١٩٥٩ ، وقد كانت نتائج تلك المحاولة المبكرة غير مقنعة أو حاسمة . وخلال الستينات ، كانت هناك العديد من شركات تعديل الطقس تعمل من أجل الحد من تكرار ظاهرة البرد في ولايات كلورادو وكنتاس و تكساس ونورث داكوتا وسوث داكوتا كما يتضح في جدول (٨-٢) . ولكن ، لم يكتب النجاح لأي من تلك الجهود وإن اعتمدت بعضاً من تلك الشركات على أسس علمية. ومنذ ذلك الحين، تواصلت مشروعات مجابهة مخاطر البرد بالتعاون مع الاتحاد السوفيتي " روسيا حالياً " خلال الخمسينيات والستينيات. وقد نجحت في خفض خسائر المحاصيل بفعل البرد فيما بين ٥٠-٨٠%. وقد دعا السوفيت إلى توفير ٢٥ مليون دولار لبرنامج مكافحة البرد في الولايات المتحدة ضمن برنامج تجارب الأبحاث القومية للبرد (NHRE). Hail Research Experiment. . وجدير بالذكر، أن هذا البرنامج لم يتفوق عليه أي برنامج آخر لما حظي به من مناقشات واهتمامات على المستوى الاجتماعي والاقتصادي. وفي أوضحت دراسة تبحث في الضمانات

الاجتماعية لمجابهة البرد أن الاستقصاء الذي أستغرق ١٠ سنوات في مرحلة الإعداد فقط يعد وسيلة غير ضرورية. يضاف لما سبق، محاولات خفض احتمالات البرد عن طريق عملية حقن السحب، إلا أنه مازال مبكراً أن نتمكن من التقويم الإحصائي لتلك المحاولات وتقديم بيان حاسم حول نتائج مثل هذه المشروعات البحثية.

تهديد التورنادو

التورنادو Tornado هو عبارة عن دوامة هوائية شديدة السرعة . ويمكن إدراكه من شكله المعروف على هيئة مدخنة مخروطية " قمع " حينما يشتد تركيزه أو حينما يقذف الصخور والحطام من سطح الأرض ليلقي بها عالياً في الهواء على شكل حلزوني . وتظهر تلك المدخنة أو القمع وكأن قاعدتها هي السحاب، وفي وقت ما تصل للأرض، ولكنها تلمسها في برهة زمنية وجيزة لتعاود الارتفاع ثانية. وحينما تلمس المدخنة السطح، يحدث تحطم عنيف للصخور في ثوان معدودة.

ولحسن الحظ ، فإن نطاق أو ممر التحطم هذا يعد محدوداً ، وعادة ما يبلغ عرضه ¼ ميل وطوله نادراً ما يتجاوز ١٦ ميلاً . ويتضح من السجلات أن ، معدلات تلك الظروف تختلف بدرجة هائلة . وقد تحرك في شهر مايو ١٩١٧ التورنادو لمسافة ٢٩٣ ميلاً عبر ولاية أنديانا إلى ولاية إلينوي وأستمر لمدة ٧ ساعات و ٢٠ دقيقة .

وتختلف رحلته ومسارته اختلافات كبيرة . إذ يبلغ معدل سرعته في وسط الغرب الأمريكي ٤٠ متر /ساعة ، ولكن بلغت سرعته في حالات أخرى ٧٠ متر /ساعة ، بينما بعضها الآخر يبقى ساكناً ثابتاً . وفي حالة ظهور تلك المدخنة ، تقدر سرعة دوران الرياح بأكثر من ٤٠٠ متر/ساعة . ويستند تقدير سرعته على تأثيرات الرياح ، ويعد قياس سرعة التورنادو ممكنة ، وإن كانت الأجهزة والآلات التي تقع في مساره غالباً ما تتحطم . ويعد الدليل الأكيد على شدة سرعة الرياح هي قدرتها على تحريك مساند الطائرات من مواقعها .

جدول (٨-٢) تاريخ حقن السحب خلال الفترة ١٩٥٨/١٩٧٥

عدد المشروعات				الولاية
البريد الساقط	الإجمالي	العملية	التجريبية	
٠	٤٨	٢٩	١٩	أريزونا - كاليفورنيا
١	٥٠	٣٩	١١	نيفادا - أريجون - واشنطن
٠	١٤	٩	٥	مونتانا
٧	٤٦	٣٣	١٣	كلورادو - إيداهو - يومنج
٠	١٤	٩	٥	نيومكسيكو
١٩	٤٥	٣١	١٤	نورث داكوتا - سوث داكوتا
٦	٤٨	٣٦	١٢	أيوا - كانساس - نبراسكا - أوكلاهوما - تكساس
٠	١٠	٨	٢	مينسوتا - ويسكونسن
٠	١٧	١٢	٥	أركنساس - ألينوي - أنديانا - كنتاكي - أوهايو - تينيسي
٠	١٦	١٢	٤	ألباما - فلوريدا - جورجيا - لويزيانا - مسيسيبي - داكوتا الجنوبية
٠	١٧	١٧	٠	متشجن
١	٩	٥	٤	نورث كارولينا - بنسلفانيا - فيرجينيا - غرب فيرجينيا
١	٢٣	١٢	١١	كونتكت - ماين - ميريلاند - ماساتشوست - نيوجرسي - نيويورك - فيرمونت
٣٥	٣٥٧	٢٥٢	١٠٥	الإجمالي
%٩	%١٠٠	%٧١	%٢٩	النسبة المئوية

المصدر: Changnon ١٩٧٧

إن الآثار التدميرية الناتجة عن التورنادو ليست ناجمة عن شدة سرعة الرياح فقط في مركز الدوامة ، إذ ينخفض الضغط الجوي إلى أقل من ٨٠٠ مليبار . وإذ يبلغ معدل الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر ١٠١٤ مليبار ، فإن ٨٠٠ مليبار هي متوسط وزن الهواء على ارتفاع عدة أقدام فقط من سطح الأرض . وحينما يصطدم التورنادو بأي مبنى ، يحدث هبوطاً سريعاً في الضغط الجوي وكأنه تم سحب نفس الوزن من تحت المبنى فينهار سطحه وجدرانه مباشرة . وعلى الرغم من أن مثل ذلك التأثير يؤدي إلى زيادة الآثار التدميرية للتورنادو ، فقد توصلت الأبحاث الحديثة إلى أن انخفاض الضغط ربما لا يعتبر ذو قيمة أو أهمية

فعلية واضحة . وفي الواقع ، أتضح أن المساحة التدميرية بفعل التورنادو قد تبدو ضئيلة عند مقارنتها بالآثار الأخرى ، إذ يرتبط ذلك بكون نشاط التورنادو نفسه يختلف في مستوى شدته ، فعلى سبيل المثال ، المسافة التي يمكن أن يقطعها تورنادو قد لا تتأثر كثيراً بينما نفس المسافة في تورنادو آخر قد يتم تدميرها كلياً ، ويفسر ذلك بكون المسافة التي يقطعها التورنادو في الحالة الثانية قد وقعت في مواجهة الجزء العنيف منه .

وقد ترتبط نشأة التورنادو بالدفء والهواء الرطب الذي ينزلق أسفل كتلة هواء بارد متقدمة . ومبدئياً ، يتبع ذلك حدوث العواصف الرعدية ، ويؤدي ذلك إلى تشكيل قاعدة السحب الرعدية Thunder Clouds التي تؤدي إلى تلاشى الدوامة . وتتكرر مثل هذه الظروف في وسط الولايات المتحدة في الربيع والصيف ، ولكن قد لا تؤدي مثل هذه الظروف بالضرورة إلى حدوث التورنادو .

وتتوقع الاحتمالات الحسائية بأن الموقع الذي يضربه التورنادو هو صغير المساحة جداً ، وواقعياً ، فإن المواقع التي كثيراً ما تعرضت لدمار التورنادو ، فإنه وفقاً للاحتمالات الحسائية لتكرار تعرضها ثانية يعادل مرة واحدة / ٢٥٠ سنة . وعلى أية حال ، فإن الاحتمالية الحسائية لا يمكن تطبيقها على مدينة أو كلاهما التي ضربها التورنادو ٢٦ مرة منذ ١٨٩٢ حتى ١٩٨٠ ، وكذلك الحال بالنسبة لمدينة كودل ، وكنتاس التي تعرضت للتورنادو خلال ثلاث سنوات متلاحقة : ١٩١٦ ، ١٩١٧ ، و١٩١٨ .

ردود أفعال الإنسان " تصرفات - سلوكيات " والتورنادو

وإن كان لا يمكن استثناء ولاية أمريكية واحدة من التعرض للتورنادو ، فإن بعض المناطق هي الأكثر عرضة للتورنادو من غيرها . ويمكن أن نستخلص بعض الحقائق من دراسة وتحليل البيانات الخاصة بحدوث التورنادو وإعداد الوفيات الناتجة عنه . ويوضح جدول (٨-٣) عدد من ظاهرات التورنادو ، وإجمالي الوفيات ، وعدد الوفيات / ١٠,٠٠٠ ميل مربع خلال الفترة ١٩٥٦/١٩٧٤ . ويعرض العمود الأخير من هذا الجدول مؤشر عام للخطر النسبي للآثار التدميرية للتورنادو في بعض الولايات الأمريكية المختارة .

ويتضح من هذا الجدول ارتفاع أعداد الوفيات في الولايات الجنوبية مثل المسيسيبي وألباما وهما ولايتين لم يتم إدراجهما ضمن الولايات العشرة الأكثر

تعرضاً لتكرار التورنادو . وتقودنا مثل تلك الملاحظة إلى دراسة بحثية قام بها سيمس Sims وبومان Bauman حيث أهتمت هذه الدراسة بشرح هذا الوضع غير العادي .

وسيتم وصف نتائج هذه الدراسة في الصفحات التالية دون التعرض لتفاصيلها أو التدقيق في نتائجها لكونها اعتمدت على عينة صغيرة العدد . وعلى أية حال ، فقد امتدت هذه الدراسة لحوالي عقدين من الزمان ، وتعد مثالا جيدا لتأثير الموقع بالنسبة لدوائر العرض ، كما توضح إلى أي مدى يمكن أن يؤثر تشابه البيانات المناخية بأساليب مختلفة .

ومبدئياً ، فقد أهتم الباحثان بالعوامل المؤدية إلى ارتفاع أعداد الوفيات بفعل التورنادو في الولايات الجنوبية .

وتتضمن هذه العوامل :

أ - هناك إمكانية عالية لحدوث أغلب التورنادو خلال ساعات الليل . إذ يحدث ليلاً بنسبة ٣٠,٦% في ٥ ولايات شمالية، وبنسبة ٣٣,٧% في ٥ ولايات جنوبية . ولا يعد ذلك مؤشراً واضحاً للاختلاف .

ب - ينبغي أن نعترف بأن قوة التورنادو وقدرته التدميرية تزداد جنوباً . وثانية، يمكن القول بأن، ذلك يعد توافقاً مزيفاً، فإذا كانت قوته ترتبط بطول مسار رحلته، فإن معدل طوله يبلغ ٩,٣ ميل في ألباني مقابل ٨,٢ ميل فقط في ألباما.

جدول (٨-٣) تكرار التورنادو وإعداد الوفيات في بعض الولايات الأمريكية

المختارة ١٩٧٤/١٩٥٦

الوفيات / ١٠,٠٠٠ ميل		إجمالي إعداد الوفيات			العدد الكلي		
الولاية	الترتيب	العدد	الولاية	الترتيب	العدد	الولاية	الترتيب
الميسيسيبي	١	٢٥٤	الميسيسيبي	١	٢,٢٦٧	تكساس	١
أنديانا	٢	١٩٠	أنديانا	٢	١,٠٨١	أوكلاهوما	٢
أوهايو	٣	١٥٦	ألباما	٣	٨٩٦	كانساس	٣
ألباما	٤	١٥١	تكساس	٤	٦٧٠	فلوريدا	٤
كنتاكي	٥	١٣٠	أوكلاهوما	٥	٢٢	نبراسكا	٥
ألينوي	٦	١٢٨	أوهايو	٦	٦١٣	ميسوري	٦
أوكلاهوما	٧	١١٣	ألينوي	٧	٥٦٩	ألينوي	٧
أركنساس	٨	١٠٨	ميسوري	٨	٥١٢	إيوا	٨
ميتشجان	٩	٩٧	كنتاكي	٩	٤٦٦	ساوث داكوتا	٩
تينيسي	١٠	٩٧	أركنساس	١٠	٤٤٠	أنديانا	١٠

المصدر: NOAA

ج - في حالة ما إذا كانت المباني في الولايات الجنوبية هي في مجملها أقل ضخامة وممتانة من تلك التي في الشمال ، فهل يؤدي ذلك إلى زيادة حالات الوفاة ؟ والإجابة هنا بالنفي ، لأن تحليل بيانات تدمير التورنادو تظهر أن المباني التي يدخل فيها الحديد بنسبة أقل (باستثناء الإنشاءات في المباني المتحركة) تصمد وتبقى بصورة أفضل في أثناء مرور العاصفة .

د - هناك اختلاف في كفاءة أنظمة التحذير من التورنادو . وواقعياً ، لا يثبت دليل على وجود نظام تحذير قومي فيما قبل ١٩٥٢ . وحتى الآن ، يمكن القول بأن أعلى تكرارية للتورنادو وما ينتج عنه من الوفيات تحدث في الولايات الجنوبية .

ومما يذكر، أن هناك بعض الإنذارات الكاذبة لحدوث التورنادو ، وقد وجد الباحثون أنفسهم أمام خيار يبحث في مدى إمكانية التصديق بالمقولة : " إن تحدي الإنسان لبيئته الطبيعية قد تأثر ليس فقط بالحقائق البيئية ، ولكن أيضاً بأفكاره ومشاعره تجاهها ، وفي المقابل ، فقد تأثرت البيئة بشخصية الإنسان وثقافته " . ومن أجل دراسة وتقييم هذه الإمكانيات، لجأ الباحثون إلى دراسة ردود أفعال الإنسان خاصة سلوكياتهم وتصرفاتهم. وقد اعتمدوا على تحليل ردود أفعال الإنسان من خلال الإجابة على الاستبيان التالي الذي قسم الناس إلى مجموعات صغيرة ، وتم تطبيقه على سكان ولايتي أليوني وألباما .

ويوضح جدول (٨-٤) المجموعة الأولى من أسئلة الاستبيان وتركز على قياس مدى سيطرة الإنسان وتحكمه في مخططات حياته. وقد أوضحت ردود أفعال المستبئين في ولاية ألباما - من خلال إجاباتهم على ثلاث أسئلة - أنهم يؤمنون بوجود قوى خارجية تتحكم في حياتهم . إذ يرى ما تتراوح نسبته بين ٣٦% - ٥٩% أن الله هو قوة فاعلة متحكمة ، أما هؤلاء الذين يفقدون القدرة على التحكم في حياتهم أو السيطرة عليها فيؤمنون بأن الحظ يلعب الدور الأكبر في حياتهم وتتراوح نسبتهم بين ٦% - ٢٩% . أما هؤلاء الذين يعيشون في ولاية ألباما ويخططون لحياتهم ويتحكمون فيها لحد بعيد ، فيعتمدون على القوى الخارجية مثل مشيئة الله أكثر من جهودهم الشخصية وتتراوح نسبتهم بين ٩% - ٤٦% .

أما المجموعة الأخرى من الأسئلة فترتبط بالتورنادو ويوضحها جدول (٨-٥) . ويضع الباحثان عدد من البيانات المبدئية بالإضافة إلى نمط استجابات المستبئين . إذ يبدو واضحاً أن المستبئين في ولاية أليوني يعتمدون على الوسائل التكنولوجية المتاحة في ردود أفعالهم تجاه أحداث التورنادو ، كما أنهم أكثر تركيزاً وثقة في تعاملهم أثناء الأحداث الكارثية للتورنادو .

ومن خلال تحليل إجابة مجموعات الأسئلة سواء الخاصة بالسمات الشخصية أو تلك الخاصة بردود الأفعال تجاه الكوارث، قد توصل الباحثان إلى النتائج التالية:

أ - يعتقد الأشخاص الذين أجابوا على الاستبيان ومن هم على شاكلتهم في ولاية أليوي بأنهم يسرون حياتهم ، وأن ما يفعلونه يؤثر في مستقبلهم ، وأنهم يواجهون إمكانية تعرضهم لأحداث التورنادو . ويستخدمون أفكارهم والتكنولوجيا المتاحة لهم في مجتمعهم ، ومن ثم يبنون عليها ردود أفعالهم . وبعد انتهاء التورنادو وظهور آثاره التدميرية ، يعتقد هؤلاء أن الناجون من الكارثة محظوظين " من منطلق أن نجاتهم كانت محض صدفة " ، ويذهبوا لمساعدة الآخرين المحتاجين ، ويروا أنفسهم وأمثالهم بأنهم أناس خلاقون وساحرون .

ب - المستبينين في ولاية ألباما ومن شابههم ، يعتقدون أن الله " أو القضاء والقدر أو الحظ " يصرف ويدير شؤون حياتهم ، وهؤلاء أقل اقتناعا بقدرتهم في التأثير في واقعهم ، أو أن يحدثوا أي تغيير في حياتهم ، ويواجهون التورنادو بسلوك يعكس ردود أفعالهم . وهؤلاء يولون ثقة أقل في الجوانب المعرفية وأنظمة التحكم ، وينتظر هؤلاء القضاء والقدر ، ومن ثم يراقبون الأحداث ولكنهم يتسموا بالسلبية . ويشعر هؤلاء في أثناء كارثة التورنادو ، بأنهم ضحايا ولكن بفضل العناية الإلهية يتغلبوا على أوجاعهم ويكملوا حياتهم بشكل جيد .

جدول (٤-٨) استبيان قياس الاستجابة الشخصية تجاه تجربة التورنادو

النسبة المئوية للمستبينين		ردود الأفعال - نمط الاستجابة
٢٤ مستبيناً في ألياما	٣٣ مستبيناً في أليوي	
		• في أثناء حدوث التورنادو
٢٩,٠	٩,١	- أنتبه لأحوال الطقس " أراقب السماء "
٠,٠	٢٤,٢	- أنتبه وأركز على أخبار الإعلام -أشاهد التلفزيون
٤,٠	١٨,٢	- أعمل رد فعل " أخطر الآخرين "
١٧,٠	٢١,٢	- أخرى
٥٠,٠	٢٧,٣	- لا إجابة
١٠٠	١٠٠	- الإجمالي

		• أفضل وسيلة لتحديد الطقس المصاحب للتورنادو
٤,٠	٤٢,٤	- أستخدم الوسائل التكنولوجية مثل الاستماع للراديو - البارومتر
٣٣,٠	٩,١	- الاعتماد على الاجتهاد الشخصي مثل شكل السحب
٢٥,٠	٣٠,٣	- أخرى
٣٨,٠	١٨,٢	- لا إجابة
١٠٠	١٠٠	- الإجمالي
		• أداء الأرصاد الجوية فيما يتعلق بالتنبؤ بالتورنادو
١٢,٥	٤٦,٠	- يتم بسرعة " ممتاز "
٤١,٧	٢٤,٠	- جيد
١٦,٧	٢١,٠	- ليس سيئا
١٢,٥	٦,٠	- أخرى
١٦,٦	٣,٠	- لا إجابة
١٠٠	١٠٠	- الإجمالي
		• الناجون من التورنادو
٨,٠	٢٤,٣	- يحتاجون للمساعدة
٢١,٠	٣,٠	- مشاعر سلبية مثل " حالتهم سيئة "
٢٥,٠	٣٦,٤	- محظوظون
١٢,٥	١٢,١	- أخرى
١٢,٥	١٢,١	- لا أشخاص آخرون
١٠٠	١٠٠	- الإجمالي
		• استجابة المجتمع لكارثة التورنادو
٧٩,٠	٥٥,٠	- يقدمون المساعدة مثلا " مساعدة المحتاجين "
٠,٠	٢١,٠	- يتعاملون وكأنهم معالجون نفسيين مثلا " يجمعون الناس "
١٣,٠	٩,٠	- آخريين
٨,٠	١٥,٠	- لا إجابة
١٠٠	١٠٠	- الإجمالي

جدول (٨-٥) استبيان التحكم الداخلي والخارجي

النسبة المئوية للمستبئين		الإجابة
٢٤ مستبئنا في ألباما	٣٣ مستبئنا في البنوي	
		• إلى أي مدى تعتمد حياتي على الله
٥٩,٠	٣٦,٠	- الله يتحكم في حياتي
٨,٠	٣٠,٠	- يحميني ويراقبني
٢٥,٠	٢٥,٠	- أخرى
٨,٠	٩,٠	- لا إجابة
١٠٠	١٠٠	- الإجمالي
		• أنا أعتقد أن الحظ
٢٩,٠	٦,٠	- له أهمية أساسية - مهم جداً بالنسبة لي
١٧,٠	٢٧,٣	- له بعض الأهمية - يلعب دوراً صغيراً في حياتي
٨,٠	٢١,٢	- ليس له وجود في حياتي - لا يوجد ما أعتبره حظ
٤٢,٠	٣٦,٤	- أخرى
٤,٠	٩,١	- لا إجابة
١٠٠	١٠٠	- الإجمالي
		• مسار حياتي يعتبر نتيجة ل
٤٦,٠	٩,٠	- القوة الدينية - مشيئة الله
٢٩,٠	٦٧,٠	- إرادة الله
١٢,٠	١٢,٠	- العمل الشاق
١٣,٠	١٢,٠	- لا إجابة
١٠٠	١٠٠	- الإجمالي

المصدر: Sims & Bauman ١٩٧٢

تحتاج دراسة العواصف إلى وسائل وأساليب احصائية مناسبة لدراسة العلاقات . وعلى أية حال ، فإن أي بحث أصيل يعتمد على حجم قاعدة البيانات المستخدمة . وهنا، تتددت الدراسة التي قام بها سيمس Sims وبومان Bauman على قائمة من المنشورات عن أعداد الوفيات بسبب أحداث التورنادو كنقطة أساسية ومحورية . وهنا ، يطفو على السطح السؤال الجوهرى ، ألا وهو هل هذه البيانات صحيحة ؟ ويعتقد كل من كسلر Kessler وليي Lee بأنها غير صحيحة . وسنحاول توضيح وجهة نظرهم .

فقد انتهت الوسائل الإحصائية إلى أن العديد من النتائج غير مؤكدة حول ردود الأفعال غير العادية تجاه التورنادو . فقد لاحظ الباحثان ارتفاع معامل الوفيات لارتباطها بتكرار التورنادو في الولايات الجنوبية الشرقية ، وكذلك بعض السمات الشخصية وسلوكيات الأفراد وطبائعهم في هذه المنطقة . وعند مقارنة معامل الوفيات الطبيعي مع معامل التدمير للممتلكات ، فإن ذلك يعكس بعض الاستنتاجات على نحو ما . وفي أثناء الفترة ١٩٥٣/١٩٧٤ ، فإن بيانات وفيات التورنادو ودمار الممتلكات قد تم حصرها بواسطة NOAA's Environmental Data Service في نيوجرسي ، وقد كانت الأعداد متجانسة مع بيانات الولاية من حيث عدد سكانها - عدد مرات تكرار التورنادو - كثافة السكان - اتساع مساحة الولاية . ويوضح شكل (٨-٦) معدل المناطق المدمرة بفعل كل تورنادو بالاعتماد على إحصائيات الوفيات ، وعدد الضحايا في كل منطقة لكل ولاية على حدة .

وعلى الرغم من كون هذا الشكل يظهر بعض الخصوصية " على سبيل المثال ، ارتفاع الضحايا في ولايتي واشنطن ونورث داكوتا لتأثرهما بواحد أو اثنين من أسوأ أحداث التورنادو على مستوى الولايات المتحدة الأمريكية " ، إذ يظهر ارتفاع الوفيات في كل من أركنساس - المسيسيبي - ألباما ، وهي مناطق شبيهة بتلك التي درسها سيمس وبومان . وحينما نربط بين ذلك وبين التوزيعات التي يعكسها شكل (٨-٦) التي ترجع أيضا إلى أحداث التورنادو ، سيتضح العلاقة بين مؤشرات التدمير والوفيات ، وبما أن ذلك التوزيع لا يرتبط بالاختلاف في الخصائص والمعتقدات والسمات الشخصية ، فمن ثم ، لا يعكس مؤشرات تتركز على القيم العددية المادية . ويوضح شكل (٨-٦) نتائج تقديرات الخسائر الاعتبارية " على سبيل المثال، قسمة اتساع- الامتداد العرضي - الولاية على القيمة

التقديرية لإجمالي الممتلكات في نفس الولاية، مع حصر إجمالي الضرائب على الممتلكات بما في ذلك إجمالي الممتلكات المعفاة من الضرائب ". وقد تم ترسيم حدود الولايات وفقاً لتقديرات الخسائر المادية في شكل (٨-٦ب) وهي شبيهة بحدود الولايات كما جاءت في شكل (٨-١٦) ، وعليه فإن الارتفاع النسبي في معدل الوفيات من أحداث التورنادو في بعض الولايات الجنوبية ليس نتيجة الاختلافات الثقافية بين الشمال والجنوب ، وإنما يرتبط باتساع الولاية . وفي الواقع ، فإن معاملات الارتباط بين بيانات شكلي (٨-١٦-٦ب) تظهر أن هناك ٤ ولايات هي الأعلى في إعداد الوفيات لأرتباط تلك الوفيات بفقدان الممتلكات " بمعنى تهمد المباني على قاطنيتها " ، وهذه الولايات هي : كنتاكي - ماساشوست - نيومكسيكو - المسيسيبي على التوالي بالترتيب التنازلي .

ويعتقد كل من كسلر Kessler وليي Lee أن تلك البيانات تؤكد شكوكهما ، وأن الاختلافات فيما بين الولايات عشوائية ومن مصادر متعددة " بعضها ناقشها سيمس وبومان ، وبعضها الآخر مصادرها مبهمة " ، وهي في مجملها لا تثبت أو تدلل على الاستنتاج القائل بأن الوفيات أعلى في الولايات الجنوبية مقارنة بكثافة وتكرار ظاهرة التورنادو فيها . كما أنها لا تبرهن على أن الاختلافات الثقافية في أنحاء الولايات المتحدة الأمريكية تؤثر بدرجة يمكن إثباتها إحصائياً في وفيات التورنادو .

ولبناء وتكوين نظرة شمولية عن أبعاد تهديد ظاهرة التورنادو ، ولتوضيح مخاطره ، كان لابد من ضرب كل من بيانات شكل (٨-١٦) و شكل (٨-٦ب) في كثافة التورنادو ، فينتج شكل (٨-٦ج) الذي يمثل محصلة هذه العملية الحسابية " مع الأخذ في الاعتبار أن شكل (٨-١٦) هو تكرارية التورنادو . ويوضح شكل (٨-٦د) معامل التهديد الشامل للتورنادو وهو ناتج عن قسمة البيانات الأساسية التي اعتمدها شكل (٨-١٦) أي تكرارية التورنادو ، وكذلك بيانات شكل (٨-٦ب) على متوسط كل منهما ، وعندئذ يتم حساب متوسط المعدلين المتماثلين ، وأخيراً يتم الضرب في بيانات التماثل الطبيعي الذي نحصل عليه من شكل (٨-٦ج) .

وبالرغم من اتساع عدم الثقة لدرجة تصل إلى ٥٠% ، فإنه تفحص الأعداد الواردة في شكل (٨-٦د) ، وتحليل أحد الاستنتاجات التي قد تبدو وهمية وتتمثل في أن مركز تهديد التورنادو يقع شرق مركز تكرار التورنادو ، وأن الاتساع

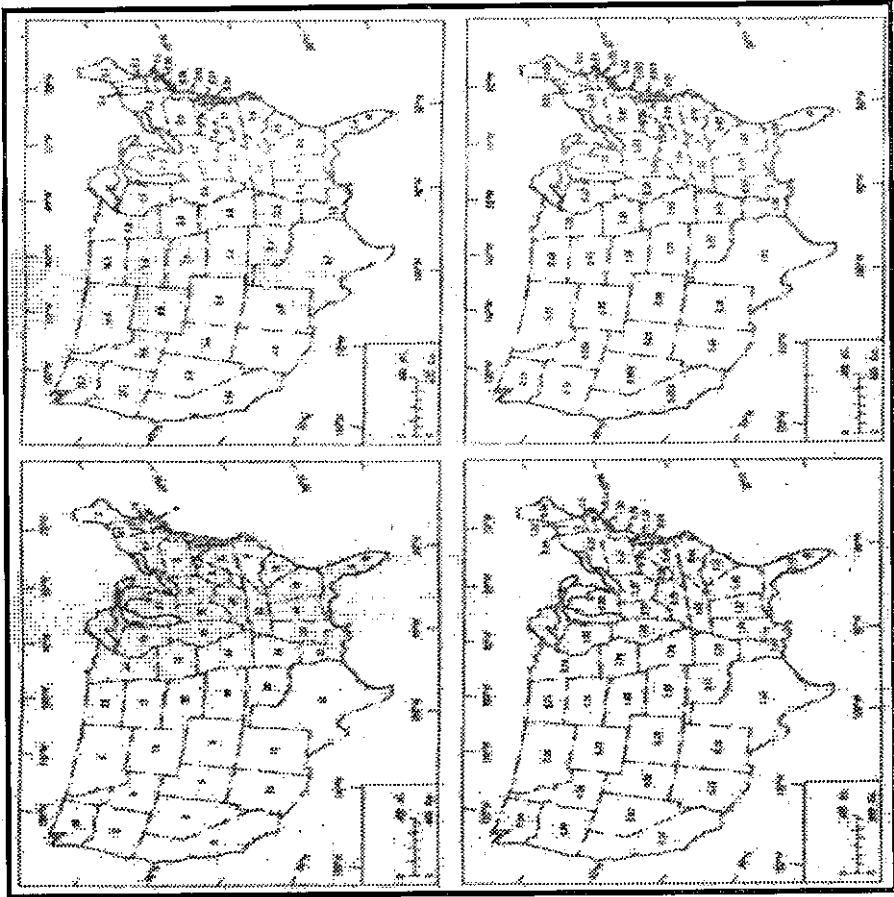
النسبي لعدد من تقارير التورنادو الخاصة بأوكلاهوما وكساس تشير إلى الانخفاض في كليهما .

وجدير بالذكر ، أن هناك العديد من الملاحظات التي تبسط الأبحاث المناخية المثيرة للاهتمام ومنها وجود أفكار مختلفة ، تناقضات متعددة ، استنتاجات متنوعة فيما يتعلق بالموضوع الواحد . أما النتيجة التي تخلص إليها فترجع إليك بعد أن تدرس وتتفحص الحقائق والملاحظات وربما في النهاية قد تخلص إلى مزيج من الأفكار .

مخاطر الهاركين

يظهر الترافرس أو القطاع العرضي للهاركين Hurricane أن السحب المرتفعة والرياح شديدة السرعة قد تبعد ٣٠٠ ميل أمام مركز العاصفة كما في شكل (٧-٨) . ويتبع التحرك في اتجاه عين الإعصار ارتفاع تدريجي في سرعة الرياح لتتراوح بين ١٥-٢٠ ميل بالقرب من عين الإعصار ، ثم سرعان ما تهبط ليسود سكون غريب . لترتفع ثانية سرعة الرياح في أقل من ١/٢ دقيقة . وتضعف سرعة الرياح كلما ابتعدنا أكثر عن عين الإعصار إلى أن تنتهي العاصفة . ويمكن الحصول على بيانات الهاركين من مناطق حدوثها في المحيطات وارتباطها بأحد فصول السنة . وتعد المياه ودرجة حرارتها عنصراً حيوياً وأساسياً لحدوث العاصفة . وقد أظهرت الملاحظات أنه حينما تنخفض درجة حرارة مياه البحار عن ٨٠° ف (٢٧ م) ، فإن تكون الهاركين لا يصبح سهلاً (بمعنى يندر حدوثها حينما تنخفض درجة الحرارة) . إذ يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى زيادة سرعة التبخر لكمية أكبر من المياه . وحينما تتكاثف تلك المياه، تنطلق الحرارة الكامنة في بخار الماء لتضيف طاقة حرارية للعاصفة . وعلى أية حال ، فإن درجة حرارة المحيطات غالباً ما ترتفع لأكثر من ٢٧° م (٨٠° ف) فوق مساحة واسعة من المحيطات المدارية ، وهناك أيضاً ظروف أخرى لا بد من توافرها لتتكون الهاركين ، وتتضمن بعض الظروف الخاصة بالغلغاف الجوي .

شكل (٦-٨) عاصفة التورنادو



شكل (٦-٨) : مساحة الدمار الناتج عن ظاهرة التورنادو خلال الفترة ١٩٥٣/١٩٧٤ ، محسوبة ب ١٠,٠٠٠ ميل مربع . وقد اشتقت من معدل الوفيات لكل تورنادو على حدة ، وتحسب بالقسمة على عدد الوفيات / ١٠ ميل مربع . ثم تضرب في ٢,٥٩ لنحصل على الوحدة في ١٠ كيلومتر مربع .

شكل (٦-٨) : مساحة الدمار الناتج عن ظاهرة التورنادو خلال الفترة ١٩٥٣/١٩٧٤ محسوبة بوحد الميل المربع . ويتم حسابها من خلال تقارير معدل الخسارة لكل تورنادو على حدة مقسومة على القيمة التقديرية للممتلكات لكل ميل مربع . ثم تضرب في ٢,٥٩ لنحصل على الوحدة في كيلومتر مربع .

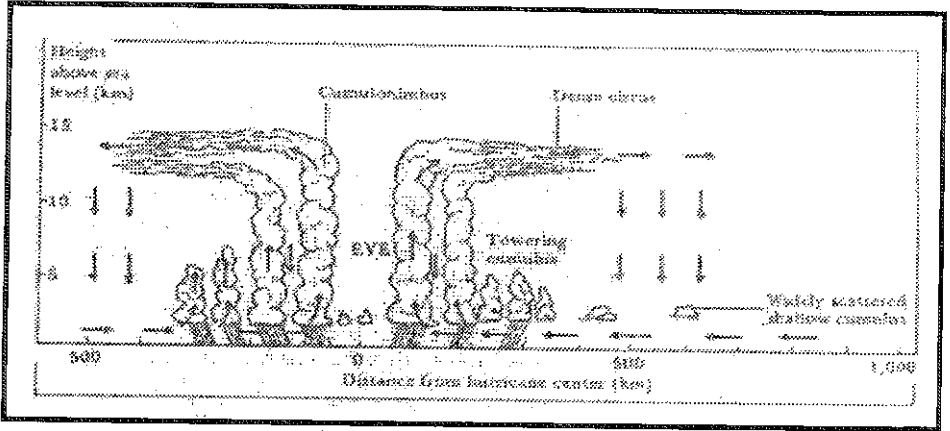
شكل (٦-٨ ج): المعدل العددي للتورنادو لكل ١٠ كيلومتر مربع لكل سنة خلال الفترة ١٩٥٣/١٩٧٤. ثم تضرب في ٢,٥٩ لنحصل على الوحدة في ١٠ ميل^٤-^١

شكل (٦-٨ د): النسبة محسوبة بضرب تكرارية التورنادو في شكل

(٦-٨ ج) بعد قسمة القيم على معدلها

المصدر: Lee & Kessler , ١٩٧٧

شكل (٧-٨): قطاع رأسي لنموذج الهاركيين



ومبدئياً ، ترتبط الهاركيين بحدوث تقاطع أو تعارض في النموذج " الشكل " الطبيعي لخطوط الضغط المتساوي " الايزوبار " . إذ يتمثل النموذج العادي في وجود خلية للضغط المرتفع تقع حول دائرة عرض ٣٠ درجة شمال وجنوب خط الاستواء مع انخفاض الضغط الجوي من مركزه في اتجاه خط الاستواء . وهذا الوضع، ويظهر عبر قطاع من الغلاف الجوي تطور ونمو سحب رأسية مقيدة ومحصورة بانقلاب الرياح التجارية Trade Wind Inversion. وفي هذه الأثناء، يتقطع غطاء الانقلاب حينما تتشكل الموجات الشرقية. وتؤدي هذه الموجات الشرقية إلى حدوث تعديلات في الانسياب الطبيعي للهواء وتتكاثر السحب لارتفاعات هائلة . وينتج عن ذلك حدوث اضطراب مصحوباً بأمطار غزيرة ، وهي

العواصف المدارية Tropical Storms . وإذا ما توافرت هذه الظروف بدرجة مثالية ، تتكون الهاركين . وفي خضم هذه الظروف وفي هذه المرحلة ، تكون الصورة غير واضحة ، ولكنها تدل على تكون عين الإعصار كعامل حدي وقاطع . ويهبط الهواء أكثر من صعوده في عين الإعصار فينتج عن ذلك سخونة الهواء . ويتبع ذلك ارتفاع شديد في درجة الحرارة في المركز مع تطور مظاهر الضغط الجوي المنخفض في الهاريكين .

الهاركين مثلها مثل غيرها من العواصف العاتية Violent Storm ، وإن كانت تختلف في كثافتها وتركيزها . وللتعرف على العواصف ، فإن هناك مقياس لتحديد العواصف وفقاً للضغط المركزي ، وسرعة الرياح ، واندفاع أمواج العاصفة في المناطق الساحلية . وكما يشير جدول (٨-٦) ، الذي يوضح مقياس الهاركين كما حدده سافير Saffir وسيمبسون Simpson الذي يصف امتداد واتساع الدمار المرتبط بكل فئة في هذا المقياس . فإذا كانت درجة الهاركين ٤ أو ٥ ، فإن ذلك يعني تولد نظام طاقة يزيد عن الطاقة العظمى للقنبلة النووية . وكما أتضح من قبل ، فإن هذه الطاقة يدعمها التبخر المستمر من المحيطات الدفينة ، ثم تتحرك بعيداً عن مصدر الطاقة ، وعندئذ يبدأ الهاركين في الضعف والانهاء . وحينما تمر بعيداً عن مصدر الطاقة فوق اليابس ، تضعف شدتها وقوتها ، ومن ثم يمكن القول بأن شريط ضيق من الأراضي الساحلية تلك التي تتعرض للتأثر الشديد بعاصفة الهاريكين .

جدول (٨-٦) مقياس سافير / سيمبسون للهاريكين

مستوى الدمار	ارتفاع الموجة قدم	سرعة الرياح ميل/ساعة	الضغط المركزي		المقياس العددي الفئات
			بوصة	مليبار	
ضئيل	٥ - ٤	٩٥ - ٧٤	٢٨,٩٤	أكبر أو = ٩٨٠	١
متوسط	٨ - ٦	١١٠ - ٩٦	- ٢٨,٥٠ ٢٨,٩١	٩٧٩ - ٩٦٥	٢
كثيف	١٢ - ٩	١٣٠ - ١١١	- ٢٧,٩١ ٢٨,٤٧	٩٦٤ - ٩٤٥	٣
عنيف	١٨ - ١٣	١٥٥ - ١٣١	- ٢٧,١٧ ٢٧,٨٨	٩٤٤ - ٩٢٠	٤
كارثي	أكبر من ١٨	أكبر من ١٥٥	أقل من ٢٧,١٧	أقل من ٩٢٠	٥

إنه في يوم ٢٣ سبتمبر ١٩٧٥ تحرك هاركين إليوسي Hurricane Eloise على شواطئ فلوريدا كما يتضح في شكل (٨-٨) فحطم العديد من المباني " تلك التي من المفترض إنها ضد الهاركين لكونها مصممة خصيصاً لمقاومتها " . كيف ولماذا استطاع الهاركين تحطيم منطقة ساحلية : وقد كان ذلك محوراً لدراسة قام بها نيل فرانك Neil Frank ١٩٧٦ ، الذي يشغل منصب مدير المركز القومي للهاركين Director of National Hurricane في فلوريدا . وقد استنتج أن المساحة التي تحيط بمدينة بنما م تتعرض لمعظم الهاركين التي حدثت في القرن العشرين { تصنف الهاركين إلى ٥ أنواع ، أعنفها رقم ٥ ورقم ٤ كما أتضح في جدول (٦-٨) } . ولم يتعرض معظم سكان هذه المدينة من قبل للهاركين ، بل ويعتقدون بأنهم لن يتعرضوا لها أبداً . ومن واقع خبراتهم فيما يتعلق بالهاركين بأنها جزء من بعض الأحداث الماضية خلال الفترة ١٨٨٥/١٨٩٦ حينما تعرضوا لتسع عواصف الهاركين .

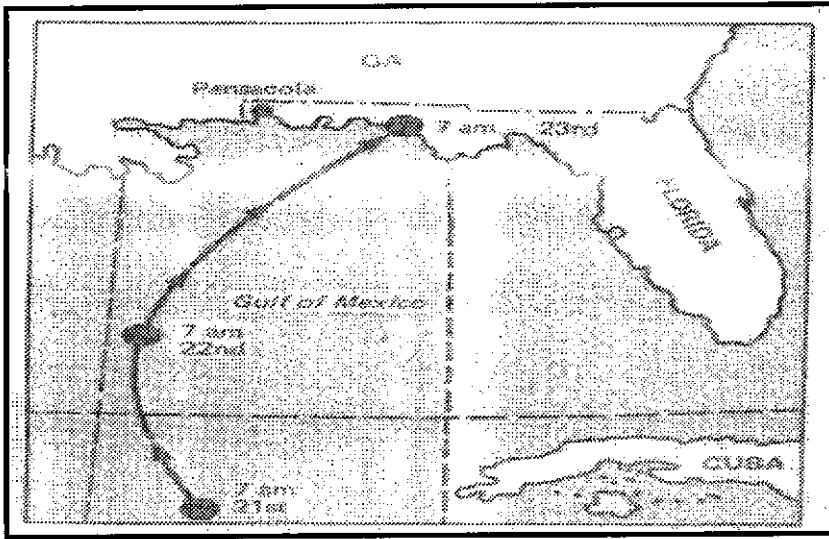
واعتماداً على مجموعة من الاستنتاجات ، فقد توصل نيل فرانك إلى أن مثل تلك الأحداث الماضية تعد بمثابة خبرة معرفية ، وبناء على تلك الخبرة التي يمكن اعتبارها بمثابة دروس أساسية ومبدئية حول الهاركين .

وقد أستنتج الدروس التالية :

الدرس الأول : كن مستعداً

إن معظم الهاركين هي أحداث نادرة نسبياً يمكن أن تحدث في أي مكان ، وأن المستوطنات الساحلية قد تحظى بفرصة أن تبقى لسنوات طويلة دون أن تتعرض لأحد الهاركين . ولكن ، الأراضي الساحلية الشرقية في الولايات المتحدة الأمريكية تقع في مناطق مستنثاه من تلك الفرصة ، وأن أغلب الهاركين يمكن أن تحدث في أي مكان على طول الساحل من برونسفيل Brownsville و تكساس Texas ، إلى إيستبورت Eastport ومياني Mainne . ولذا ينبغي على المواطنين أن يكونوا مستعدين حينما تنطلق إشارات بداية قدوم الهاركين .

شكل (٨-٨) مسار هاركين إليوسي خلال الفترة ٢١-٢٣ سبتمبر ١٩٧٥



الدرس الثاني: ضرورة التخطيط

قد أصبحت المناطق الساحلية من مدينة بنما حتى مدينة بنسكولا من Pansacola مناطق الجذب السياحي الصيفي حيث تجذب إعداد هائلة من المصطافين في الجنوب الشرقي . وقد تطورت الواجهة الشاطئية بصورة متشعبة . ولسوء الحظ، فإن هذا النمط من التنمية عادة ما يصاحبه فقدان نسبي في السيطرة العامة، وحينما تسعى الحكومات المحلية للمحافظة على الأمن في ظل تزايد الضغوط البشرية سواء من حيث الكثافة العددية أو العمرانية، غالبا ما تصل الشرطة متأخرة. وهذا ما يحدث في شمال غرب ولاية فلوريدا وهي محل هذه الدراسة .

وتفقد المناطق الساحلية حينئذٍ جميع المقومات والمظاهر التي تجعلها واحدة من أفضل المناطق الشاطئية في العالم . وإذ تمتد الكثبان الرملية لمسافة حوالي ٥٠ قدم فوق مستوى خط المياه العالية High - water line بمحاذاة الشاطئ لمسافة تتراوح من ١٠ إلى ٢٠ قدم. وتعد تلك الكثبان وسيلة طبيعية للحماية الشاطئية، ويحرص القائمين بالتنمية على تركها لتصبح واجهة للموتيلات الشاطئية التي تمتد عادة حتى المحيط . وفي أحد تلك الموتيلات ذات الملكية المشتركة ، تحركت موجة عاصفة حطمت الحائط البحري فخلفت حمامات السباحة جافة على الشاطئ وكأنها مواسير حمامات عملاقة كما سقط جزءاً من سطح المبنى.

ولحسن الحظ ، في ذلك الوقت ، كانت المباني الفندقية خالية من النزلاء ، ومن ثم لم تحدث إصابات بشرية . وقد بدا واضحاً أن التخطيط لم يكن كافياً لمنع البناء بالقرب من المياه. وبعد مرور عدة سنوات على ذلك الحدث ، عاد البناء ثانية ، ووضع حاكم فلوريدا وطاقمه ومساعديه حداً معيناً بعيداً عن البحر بمسافة كافية ينبغي عدم تجاوزه. وقد تبع ذلك حدوث جدلاً واسعاً في سنة ١٩٧٤ ، إذ أن الخطوط التي تم ترسيمها في خليج الدونة قد تم تدميرها بسبب هاركين إليوسي . وبصفة عامة، قد تم تشييد عدد من المباني في خطوط متوازية بعيداً عن الساحل وموازية للشاطئ. وقد تأكدت الحكمة من قرار حاكم فلوريدا عند حدوث هاركين إليوسي ، حين استقبلت مواقع عديدة مستوى دمار أقل مقارنة بالمباني الأخرى المتاخمة مباشرة لخط الساحل . وحتى الآن، وفي خضم هذه الأطلال والحطام، فإن هناك ضغطاً كبيراً للسماح بإعادة البناء في المواقع الأصلية في اتجاه البحر أمام خطوط الدفاع التي تمثل عوائق وعقبات أمام توغل مياه البحر في اتجاه المباني.

الدرس الثالث: إرساء دعائم قانون البناء

قد تم التحكم في البناء في فلوريدا من خلال قانون البناء للبنيات الجنوبية Southern Building Code ، ولكن لم يوفر هذا القانون الحماية الكافية للوحدات السكنية الساحلية في نطاق الهاركين . وعلى سبيل المثال، لا يلزم قانون المباني في الولايات الجنوبية بوجود أسطح لاصقة بالحوائط أو الأعمدة أو الدعائم لكونها غير مطلوبة في أغلب المباني ذات الواجهات الساحلية حيث يتم تغطية الأسطح ببلاط فوق أسطح الكثبان الرملية. ومن المؤسف أن ملاك هذه الوحدات قد وجدوا منازلهم وقد تداعت للسقوط والانهييار بعد تدهمها التدريجي .

الدرس الرابع: رصد قانون البناء

لا يزال الرصد الهزيل للقوانين المطبقة قائماً . وقد نتج عن الموجات العاصفة حدوث انهيار تدريجي في المباني كما تأثر طلاء واجهات العديد من المباني ، فسنحت الفرصة لتقويم مهارة البنائين . حيث تهشم الحائط المواجه للبحر في فندق هوليداي إن وتعرضت أعمدته للانهيار التدريجي . ويعتقد المهندسون المعماريون أنه من الحكمة أن يتم استبدال الحوائط بالأعمدة في تلك المباني. وتبعاً لذلك ، تخلو الحوائط من الأعمدة بالقرب من أسطح المباني .

هذا، وهناك اهتماما متزايدا بالتحذيرات من الهاركين ، وإن كان الوقت لا يسمح بإجراء دراسة مسحية لجميع المناطق الساحلية . وعلى سبيل المثال ، يعيش ٥٠,٠٠٠ نسمة في جزر ينخفض منسوبها لأقل من مستوى سطح البحر كما هو في سانت كلير ووتر - St. Clear Water وبيتسبرج Petersburg وفلوريدا .

وحيثما تحدث العواصف العاتية، يصبح العديد من الناس معزولين. وعندما يتعذر هروبهم، فهل يصبح من السهل تسلفهم ووصولهم للمباني المرتفعة بحثا عن النجاة من الموت ؟ وبعد ذلك سؤالا جوهريا : فهل المباني العالية القريبة من المحيط في نطاق الهاركين يمكن أن تكون آمنة ؟ قد قدم هاركين إليوسي الدليل على أن المباني العالية في نطاق الهاركين قد تعرضت لأخطار ارتفاع أمواج الهاركين . وهناك حكاية عن أربعة مباني تقع على مسافة أقل من ١٠٠ قدم من مياه المحيط ، وقد بقيت دون أن تتعرض لخسائر ضخمة . فقد تم تحطم الحائط البحري، وتعرضت المباني للانهييار التدريجي ولم يتبق منها سوى الأعمدة. وعلى أية حال ، فإن التخمين الأقرب للتصديق يظهر الحقيقة المزعجة بأن الأسمنت مختفي في قمة العديد من الأعمدة ، فإنكشفت بالتالي القضبان المعدنية .

ويضم هذا المبنى ٩٠ عامودا خرسانيا تمثل دعائم مغطاة بطبقات أسمنتية، وقد اختفى ٣٠ عامودا منها. وهنا السؤال الذي يطرح نفسه ، ماذا لو أن هاركين إليوسي قد تحرك ببطء وارتفع عاليا ليجتاز البحر ؟ هل ستتهار المباني ؟ لا أحد يعرف ، ولكن ما يدعو للخوف والقلق هو التوقع بأن عدة آلاف من البشر سينزلون في الطوابق العليا ؟

قد تمتد دراسة وتحليل العواصف العاتية لما هو أبعد من التفسير الفيزيائي فيما يتعلق بأسباب حدوثها . أما البرد، فهناك ضرورة ملحة لمعرفة ماهية توزيع عواصف البرد في الولايات المتحدة الأمريكية. وعلاوة على ذلك، فإن التوزيع الجغرافي يمكنه شرح المصطلحات الاقتصادية ويتعامل معها تماماً مثل المصطلحات الفيزيائية. وينبغي على أي مزارع يواجه البرد أن يقرر ماهية الوسائل التي يحتاجها لمواجهة أخطاره. وأن البحث في هذا المضمار قد يمنحنا خبرات قيمة.

يعد تهديد التورنادو بمثابة حالة جيدة للتناقضات العلمية حول الأحداث . وينصب اختلاف الآراء حول تحليل البيانات الذي يضع التصور العام للأبحاث المستقبلية، كما يضع تصنيفات أكثر دقة لمحاولة إيجاد تفسيرات أكثر قبولاً وتوافقاً.

ويحتاج حصر الهاركين ودراستها إلى تطبيقات عملية تركز على كل من المخاطر المحتملة والفعالية للعواصف لكي تؤخذ في الحسبان عند تطوير المناطق الساحلية وتنميتها. وستستمر الهاركين في مضاعفة التكلفة والخسائر الاقتصادية في الولايات المتحدة الأمريكية ، وإذا لم تؤخذ في الاعتبار عدة محاذير ، قد تؤدي تنمية المناطق الساحلية إلى خسائر اقتصادية فادحة . وتفرض مخاطر المناخ مبادئ أو قوانين تشريعية حساسة، ينبغي تفعيلها خاصة فيما يتعلق بقانون البناء.

تؤثر العواصف العاتية تأثيراً ملموساً ومنتشعباً في الناس وأسلوب حياتهم . وتمثل تلك العواصف حيزاً ضمن علوم الغلاف الجوي حيث مجال عمل وبحث المناخيين الذين يضعون مفاهيمها الأساسية . وتحتم تلك العواصف على المناخيين العديد من الدراسات والأبحاث المتعمقة والتفصيلية . وتعتبر دراسة طبيعة العواصف العاتية في المنطقة التي نعيش فيها مساهمة ضرورية لتحقيق الفهم والتخطيط نحو أكثر الأساليب فاعلية لمجابهة مخاطرها.

الفصل التاسع

الصحاري والتصحر

توطئة

لطالما كانت دراسة المناخات الإقليمية بؤرة الدراسات المناخية . وقد تم تطوير مخططات ونماذج التصنيف كجزء من الألفية المناخية Climatic Regionalization . وبالرغم من تغير الاتجاهات البحثية من منهج التصنيفات التي كانت محل التركيز الكثيف كفرع من فروع الدراسات المناخية في الماضي ، إلا أنها مازالت تعد أسلوباً تنظيمياً ووسائل تنظيمية Organizational Tools مفيدة. وفي هذا الفصل ، سيتم بحث وتحليل الحدود المناخية والأساليب الجوهرية والمنطقية من وراء دراستها .

مقدمة

لتمكين المناخيين من وصف المناخات الإقليمية ، فإن هناك ضرورة لاعتماد بعض التصنيفات . ويتطلب استنباط تقسيم أو مخطط مناسب عملاً شاقاً في سبيل وضع الحدود المحورية الجوهرية لتحديد المتغيرات التي تستخدم كمدخلات ، وتحديداً اعتماد الطريقة التي يتم اختيارها لوضع المحددات الإقليمية Identified Regions .

أما المشكلة الثانية ، فترتبط بتحديد موضعية ترسيم الخط الذي يعتبر بؤرة ومحور المناقشات بين العلماء المهتمين بالتصنيفات المناخية . وعند وضع الحدود المناخية Climatic Boundaries ، فمن الثابت العامة ، إن أعقق مشكلة حدود مناخية تتحصر في حدود صحاري العالم World Desert . وقد صاحب وضع حدود الصحراء Desert Boundary أوسع جدل علمي حتى وقتنا الحاضر ، حيث يمكن اعتبارها حدوداً تجريبية مؤقتة بهدف إتاحة المجال أمام بحث أعقد المشكلات. ويجب التنبيه إلى كون بعض المناطق الصحراوية في العالم لا يندرج تحت الأراضي الصحراوية العالمية، لكنها في نفس الوقت تتجه تدريجياً نحو

الصحاري لكونها في اتجاهها نحو التصحر Desertification. وفي هذا الفصل يتم دراسة وتحليل الصحاري وحدودها وبلي ذلك بحث مفاهيم التصحر .

الصحاري وحدودها

الصحاري

قد اشتقت كلمة صحراء Desert من الكلمة اللاتينية Desertis وتعني قاحلا أو صحراويا. وعلى الرغم من وجود العديد من المناطق القاحلة والمناطق غير المأهولة بالسكان في العالم ، فإن مصطلح صحراء يستخدم عادة لتحديد تلك المناطق القاحلة بسبب الجفاف Aridity ، وكذلك المناطق ذات النظام المناخي Climatic Regime التي تتجاوز فيها معدلات التبخر / نتح Evapotranspiration معدلات التساقط ، مما يتبعه تناثر وفقر النبات الطبيعي ، وارتفاع ملوحة التربة ، Saline soils ، وما يرتبط بذلك من ملامح خاصة لشكل سطح الأرض وعمليات التكيف . وقد تم وضع المناطق التي تتصف بتلك الخصائص في جدول (٩-١) . وقد لاحظ أوليفر Oliver ، أن أهم محتويات هذا الجدول هو ما يتعلق بنوع أو ما يطلق عليه نموذج Type الصحراء . ويشير ذلك إلى أنه على الرغم من الاعتقاد العام بأن جميع الصحاري لها ذات الخصائص ، إلا أنه في الواقع ، يوجد ثلاث نماذج مختلفة من الصحاري هي : المدارية Tropical ، الساحلية Littoral ، و القارية Continental.

ويرجع السبب الرئيس وراء هذا الاختلاف الجذري إلى الخصائص المناخية السائدة في المناطق الصحراوية . إذ يرتبط اتساع الصحاري المدارية في أساسه بموقعها الذي يرتبط بنظم الضغط الجوي المرتفع شبه الدائم فيما بين دائرتي عرض ٣٠ درجة شمالا وجنوبا. ويوضح جدول (٩-١٢) الخصائص المناخية العامة لتلك الصحاري المدارية ، حيث تتميز باتساع المدى الحراري لمتوسط درجة الحرارة العظمى اليومية ، ومتوسط درجة الحرارة الصغرى اليومية.

إذ يرتفع المتوسط اليومي في شهر يناير لأكثر من ١٤ م عن المتوسط اليومي لدرجة الحرارة الصغرى . أما في يوليو، فيرتفع ١٦,٦ م ، كما يتضح

اتساع المدى عند مقارنة درجة الحرارة العظمى ودرجة الحرارة الصغرى خلال كل شهر على حدة .

وتسهم عوامل محددة في اتساع المدى الحراري الذي يرتبط بصفاء السماء والانخفاض النسبي في رطوبة الهواء . إذ تساعد مثل هذه الظروف على سرعة فقدان الطاقة الحرارية Heat Energy من انبساط أثناء ساعات الليل. ويرجع ذلك في المقام الأول إلى الانخفاض النسبي في رطوبة الجو .

أما القيم الشهرية للرطوبة النسبية ، فإنها تظهر أن هواء الصحاري المدارية لا يخلو تماماً من الرطوبة . وكما يتضح من تحليل بيانات جدول (٩-١) ، أنه تم الأخذ في الاعتبار جميع الأساليب والطرق الإحصائية التي تشرح العلاقات بين العناصر المناخية في الصحاري .

هذا ، وتسمية الصحاري الساحلية تعطي مؤشراً عن موقعها ، إذ ترتبط تلك الصحاري أساساً ببيئتها الساحلية تلك التي تقع على الجانب الغربي من القارات وتتأثر بتلاشي الكتل المستقرة لنظام الضغط الجوي المرتفع السائد على المحيطات . ويصبح الهواء أكثر استقراراً فوق المياه الساحلية الباردة التي تؤدي إلى تبريد الطبقات الدنيا من الهواء فتتلاشى التيارات الصاعدة ، ومن ثم تتضاءل فرص احتمالية المطر .

وكنتيجة لمثل هذه المسببات ، يختلف مناخ الصحاري الساحلية عن تلك المدارية في خاصيتين واضحتين وهما : أن الهواء أكثر رطوبة " بسبب نشاط التبخر من المحيطات " ، أما الثانية ، فترتبط بالتأثير المعتدل للمحيطات الذي يتبعه انخفاضاً ملحوظاً في المدى الحراري السنوي . وتظهر كل هذه الاختلافات بوضوح في جدول (٩-٢ب) .

ويوضح جدول (٩-٢ج) خصائص الصحاري القارية، إذ يبرهن هذا الجدول على أن الصحاري المدارية تنسم بالاختلافات الفصلية في الكتل الهوائية. ففي الصيف، تتمتع بخصائص ومميزات تلك تحدث في الصحاري المدارية مثل السخونة والجفاف بسبب موقعها القاري. أما في الشتاء ، فتصبح مناطق أساسية لخروج الهواء البارد والكتل الهوائية الجافة . أما خصائصها البارزة فتتمثل في اتساع المدى الحراري السنوي .

جدول (٩-١) الصحاري العالمية الرئيسية

المساحة		النوع	الموقع	الصحراء
ألف ميل مربع	ألف كيلو متر مربع			
٣٥٠٠	٩١٠٠	مدارية	شمال أفريقيا	الصحراء الكبرى
١٣٠٠	٣٤٠٠	مدارية	غرب ووسط أستراليا	الصحراء الأسترالية
١٠٠٠	٢٦٠٠	مدارية	الجزيرة العربية	صحراء شبه الجزيرة
٧٥٠	٢٠٠٠	قارية	جنوب ووسط الاتحاد السوفيتي	صحراء تركستان
٥٠٠	١٣٠٠	مدارية - قارية	جنوب غرب أمريكا الشمالية وشمال المكسيك	أمريكا الشمالية
٢٦٠	٦٨٠	قارية	الأرجنتين	بتاجونيا
٢٣٠	٦٠٠	مدارية	الهند / باكستان	ثار
٢٢٠	٥٧٠	ساحلية	جنوب غرب أفريقيا	كلهاري - ناميب
٢٠٠	٥٢٠	قارية	منغوليا / الصين	جوبي
٢٠٠	٥٢٠	قارية	سينكينج ، الصين	تكلامكان
١٥٠	٣٩٠	مدارية	إيران / أفغنستان	الصحراء الإيرانية
١٤٠	٣٦٠	ساحلية	بيرو وشيلي	أتكاما

المصدر: Oliver, ١٩٧٩.

جدول (٩-١٢) بيانات مناخية لمحطة صحراوية مدارية في الصحراء الكبرى
الأفريقية في الجزائر

(٢٧ درجة شمالا و ٢ درجة شرقا)

الفترة ١٩٢٥/ ١٩٥٠	درجة الحرارة بالدرجات الفهرنهایتية		رطوبة نسبية %		التمساق		معدل عدد الأيام بكمية تمساق ٠,٠٠٤ وأكثر	أقصى كمية تمساق يومي بالبوصة	المعدل الشهري بالبوصة	معدل الرصدات في ساعة محددة		الحرارة المسجلة		معدل أدنى درجة شهرية	معدل أعلى درجة شهرية	المعدل اليومي		
	الصغرى	العظمى	١٣٠٠	٠٧٠٠	الصغرى	العظمى				الصغرى	العظمى							
												الشهر	العظمى					
يناير	٤٣	٦٩	٣٧	٦٣	٢٦	٨٨	٢٣	٧٩	٠,٣	٠,١	٣٧	٦٣	٢٦	٨٨	٢٣	٧٩	٤٣	٦٩
فبراير	٤٧	٧٥	٣٤	٦٤	٢٨	٩٥	٣٦	٨٦	<٠,١	٠,١	٣٤	٦٤	٢٨	٩٥	٣٦	٨٦	٤٧	٧٥
مارس	٥٣	٨٣	٣٥	٥١	٣٦	١٠٢	٤٤	٩٦	<٠,١	<٠,١	٣٥	٥١	٣٦	١٠٢	٤٤	٩٦	٥٣	٨٣
أبريل	٦٢	٩٢	٢٧	٤٠	٤٨	١٠٧	٥١	١٠٢	٠,٣	<٠,١	٢٧	٤٠	٤٨	١٠٧	٥١	١٠٢	٦٢	٩٢
مايو	٦٩	٩٩	٢٣	٣٧	٥٤	١١٤	٥٨	١١١	<٠,١	<٠,١	٢٣	٣٧	٥٤	١١٤	٥٨	١١١	٦٩	٩٩
يونيو	٨٠	١١٠	٢٥	٣٦	٦١	١٢٢	٧٢	١١٥	<٠,١	<٠,١	٢٥	٣٦	٦١	١٢٢	٧٢	١١٥	٨٠	١١٠
يوليو	٨٣	١١٣	١٦	٢٩	٧٣	١٢٢	٧٧	١١٦	٠,٠	٠,٠	١٦	٢٩	٧٣	١٢٢	٧٧	١١٦	٨٣	١١٣
أغسطس	٨٢	١١١	١٩	٣١	٧٢	١٢٢	٧٩	١١٤	<٠,١	٠,١	١٩	٣١	٧٢	١٢٢	٧٩	١١٤	٨٢	١١١
سبتمبر	٧٧	١٠٥	٢٤	٣٨	٦٣	١٢٠	٧١	١١٠	٠,١	<٠,١	٢٤	٣٨	٦٣	١٢٠	٧١	١١٠	٧٧	١٠٥
أكتوبر	٦٦	٩٤	٢٨	٤٤	٤٨	١١١	٥٧	١٠٣	٠,٢	<٠,١	٢٨	٤٤	٤٨	١١١	٥٧	١٠٣	٦٦	٩٤
نوفمبر	٥٣	٨٠	٣٨	٦١	٣٨	٩٧	٤٤	٩٢	<٠,١	٠,٢	٣٨	٦١	٣٨	٩٧	٤٤	٩٢	٥٣	٨٠
ديسمبر	٤٥	٧١	٣٨	٦٥	٣٢	٨٨	٣٦	٧٩	<٠,١	٠,١	٣٨	٦٥	٣٢	٨٨	٣٦	٧٩	٤٥	٧١
السفري	٦٣	٩٢	٢٩	٤٧	٢٦	١٢٢	٣١	١١٧	٠,٣	٠,٦	٢٩	٤٧	٢٦	١٢٢	٣١	١١٧	٦٣	٩٢
عدد السنوت	١٥	١٥	١٥	١٥	١٥	١٥	٩	٩	٢	١٥	١٥	١٥	١٥	٩	٩	١٥	١٥	١٥

جدول (٩-٢ب) بيانات مناخية " درجة الحرارة " لمحطة ساحلية في الصحراء الكبرى المدارية (في المغرب) محطة كاب جوبي على دائرة عرض ٢٦ درجة شمالا تقريبا وخط طول ١٢ درجة شرقا تقريبا

الفترة ١٩٢٥ / ١٩٥٠	درجة الحرارة بالدرجات الفهرنهايتية		رطوبة نسبية %		التساقط		معدل عدد الأيام بكمية تساقط ٠.٠٠٤ وأكثر	
	المعدل اليومي		معدل الرصدات في ساعة محددة		أقصى كمية تساقط يومي ب بوصة	المعدل الشهري بالبوصة		
	المتوسط	المتطرف	٧٠٠	١٣٠٠				
الشهر	المتوسط	المتطرف	المتوسط	المتطرف	المتوسط	المتطرف	معدل أدنى درجة شهرية	معدل أعلى درجة شهرية
يناير	٦٧	٥٦	٨٩	٧٤	٠,٣	٠,٦	٤٦	٧٨
فبراير	٦٧	٥٧	٨٤	٤٣	٠,٢	٠,٥	٤٦	٧٨
مارس	٦٨	٥٨	٩٢	٤٩	٠,٢	٠,٧	٥١	٨٠
أبريل	٧٠	٦٠	١٠٣	٤٨	<٠,١	<٠,١	٥٥	٨٤
مايو	٧٠	٦٢	٨٠	٥٥	<٠,١	<٠,١	٥٨	٧٦
يونيو	٧٢	٦٤	٨٣	٥٥	<٠,١	<٠,١	٦١	٧٧
يوليو	٧٣	٦٥	٩٧	٥٩	<٠,١	<٠,١	٦٢	٨٠
أغسطس	٧٤	٦٥	٨٦	٥٧	<٠,١	<٠,١	٦٢	٧٨
سبتمبر	٧٤	٦٥	٩٤	٥٧	٠,٣	١,٣	٦٠	٨٣
أكتوبر	٧٤	٦٤	١٠١	٥٣	<٠,١	<٠,١	٥٩	٨٢
نوفمبر	٧٣	٦١	٩٥	٥٠	٠,٦	١,٥	٥٤	٨٤
ديسمبر	٦٩	٥٧	٨٤	٤٤	٠,٣	٢,١	٤٩	٧٨
المتوسط السنوي	٧١	٦١	١٠٣	٤١	١,٩	٢,١	٤٥	٩٣
عدد السنوات	١٤	١٤	١٤	١٤	٧	١٤	١١	١١

الحدود الصحراوية Desert Boundaries

يعد ترسيم الحدود الصحراوية Desert Boundaries فيما بين النماذج الصحراوية الثلاث هو المشكلة الجوهرية . وربما يعتبر استخدام المسببات الرئيسية لتكون الصحاري هي أنسب الطرق التي يمكن الاعتماد عليها، ألا وهي ندرة المطر، ويمكن استخدام كمية المطر ٢٥٠ ملليمتر / سنويا كمؤشر تقريبي. وفي هذه الحالة ، قد لا يظهر ذلك بوضوح في البيانات التالية التي تقارن بين كمية التساقط وكمية الرطوبة Moisture التي تنتقل إلى الغلاف الجوي عن طريق التبخر والنتح . ويتم صياغة هذه الكمية على كونها التبخر / نتح المحتمل (PET) Evapotranspiration ، وتعني كمية الرطوبة التي يمكن أن تتبخر من كمية مياه غير محددة .

جدول (٩-٢ج) بيانات مناخية " درجة الحرارة في صحراء تكلامكان
(غرب الصين) محطة كاب جوبي على دائرة عرض ٢١ درجة شمالا تقريبا
وخط طول ٧٦ درجة شرقا تقريبا

الفترة /١٩٢٥ ١٩٥٠	درجة الحرارة بالدرجات المئويتية									
	المعدل اليومي		معدل أعلى درجة شهرية	معدل أدنى درجة شهرية	الحرارة المسجلة		معدل الرصدات في ساعة محدة	رطوبة نسبية %	التساقط	
	العظمى	الصغرى			العظمى	الصغرى			أقصى كمية تساقط يومي بالبوصة	معدل الأيام بكمية تساقط ٠,٠٠٤ وأكثر
الشهر	العظمى	الصغرى	٤٠	٢	٥١	٧-	٠,٨٠٠			
يناير	٣٣	١٢	٤٠	٢	٥١	٧-	٠,٦	٠,٣	١	
فبراير	٤٣	١٩	٥٧	١١	٦٢	٤-	٠,١	٠,٤	٠,٥	
مارس	٥٦	٣٥	٧٢	٢٤	٧٨	٨	٠,٥	٠,٦	١	
أبريل	٧١	٤٨	٨٤	٣٥	٩٣	٢٧	٠,٢	١,٠	١	
مايو	٨١	٥٨	٩٣	٤٤	٩٧	٣٩	٠,٣	٠,٩	١	
يونيو	٨٩	٦٤	٩٦	٥٣	١٠٢	٤٢	٠,٢	٠,٦	١	
يوليو	٩٢	٦٨	١٠٢	٥٩	١٠٦	٥٣	٠,٤	٠,٥	١	
أغسطس	٩٠	٦٦	٩٨	٥٦	١٠١	٥٤	٠,٣	٠,٣	٢	
سبتمبر	٨٣	٥٧	٩٢	٤٥	٩٨	٣٩	٠,١	٠,٢	١	
أكتوبر	٧١	٤٣	٨١	٣٢	٨٩	٢٩	٠,١	٠,٦	٠,١	
نوفمبر	٥٤	٢٩	٦٦	١٨	٧٠	١	٠,٢	٠,٢	١	
ديسمبر	٢٨	١٧	٤٩	٥	٦٢	١٥-	٠,٣	٠,١	٠,٤	
السنوي	٦٧	٤٣	١٠٢	٠	١٠٦	١٥-	٠,٨	١,٠	١١	
عدد السنوات	٢٧	٢٧	١٠	١٠	١٠	١	١٠	٧	١٦	

الموقع / الصحراء	كمية التساقط السنوي ملليمتر	كمية التبخير / نتح المحتمل ملليمتر	النبات الطبيعي
تاكسون Tucson - أريزونا	٢٨٣	١٠٦٠	صحراء
يلونيف - المقاطعة الشمالية الغربية بكندا Yellow Knif	٢١٣	٤٢٩	غابات التاييجا

ويتضح من البيانات السابقة ، أنه بالرغم من أن محطة يلونيف تستقبل كمية تساقط أقل من تاكسون ، فإن انخفاض درجة الحرارة السائدة كانت سبباً في زيادة فاعلية كمية التساقط مما يسمح بنمو غابات التاييجا . بينما ارتفاع درجة الحرارة في تاكسون يؤدي لارتفاع معدلات التبخر / نتح المحتمل ، ومن ثم أصبحت الرطوبة المتاحة للنبات منخفضة ، فانعكس ذلك بوضوح في نوع الغطاء النباتي .

تحليل بيانات جدول (أ) : ارتباط الرتب

إن التحليل الخاطف لخلايا البيانات غالباً ما يشير إلى وجود ارتباطيه فيما بينهما. ويمكن تحديد هذه العلاقة كمياً باستخدام أساليب الارتباط . وأحد أبسط تلك الأساليب غير الحسابية هي تلك التي تعتمد على توزيع البيانات ولكن بصورة غير كمية ، وتسمى بطريقة معامل ارتباط الرتب Rank Correlation Coefficient (R) . وإذا كانت (R) = ١ ، فإن ذلك يعني وجود علاقة طردية قوية ، أما إذا كانت = -١ فيعني علاقة عكسية قوية ، وإذا كانت (R) = صفر ، فيعني ذلك عدم وجود علاقة بين المتغيرين . .

مثال

وفقاً للاعتقاد الشائع، أن هواء الصحراء ليس جافاً تماماً بل يحتوي على رطوبة منخفضة. يوضح جدول (٩) المعدل الشهري لدرجة الحرارة العظمى ، والمعدل الشهري للرطوبة النسبية التي تم تسجيلها الساعة ١٣.٠٠ " الواحدة بعد الظهر" في أحدها المحطات الصحراوية " في صحراء الجزائر " . ويتضح أن هناك علاقة بين هذين المتغيرين (الحرارة والرطوبة) ، حيث أن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى تناقص الرطوبة النسبية . ولكن مثل هذه العلاقة المتوقعة ترتبط بكون الرطوبة النسبية هي رطوبة الغلاف الجوي المقاسة التي تعتمد على درجة الحرارة . وعلى نحو أكثر دقة سواء إن كانت رطوبة الصحراء أو لم تكن ترتبط بالحرارة ، فإنه يمكن قياس الرطوبة . ويمكن تحديد العلاقة ارتباطيه بين درجة الحرارة وعملية التبخر من خلال استخدام معامل الارتباط الخطي .

ويمكن بحث العلاقة بين هذين المتغيرين باستخدام العلاقة الخطية حيث أن ارتفاع قيم درجة الحرارة يتبعه ارتفاع في قيم ضغط البخار ، إذ أن أعلى قيمة في المتغير الأول (13 ف) يقابلها ثاني أعلى قيمة لضغط البخار (٥.٠٨ بوصة) ، وهكذا . وحينما يحدث تماثل في قيمتين أو أكثر ، ففي هذه الحالة يتم أخذ متوسطها . فعلى سبيل المثال ، في حالة ما إذا كان هناك قيمتين لها نفس الترتيب ، ولتكن رتبتهما (٤) ، فإن كل منهما تأخذ (٤,٥ = ٢ ÷ ٥ + ٤) ، وتصبح الرتبة التالية هي رقم (٦) .

جدول (أ) كمثال تطبيقي

متوسط ضغط البخار بوصة	متوسط الرطوبة الفعلية %	متوسط الحرارة العظمى (ف)	الشهر
(١٢) ٠,٢١٤	٣٧	١٢) ٦٩	يناير
(٩) ٠,٢٩٨	٣٤	(١٠) ٧٥	فبراير
(٨) ٠,٣٩٩	٣٥	(٨) ٨٣	مارس
(٧) ٠,٤٠٩	٢٧	(٧) ٩٢	أبريل
(٦) ٠,٤٣٢	٢٣	(٥) ٩٩	مايو
(١) ٠,٦٥٠	٢٥	(٣) ١١٠	يونيو
(٤) ٠,٤٥٣	١٦	(١) ١١٣	يوليو
(٢) ٠,٥٠٨	١٩	(٢) ١١١	أغسطس
(٣) ٠,٤٩٤	٢٤	(٤) ١٠٥	سبتمبر
(٥) ٠,٤٥٢	٢٨	(٦) ٩٤	أكتوبر
(١١) ٠,٢٢٨	٣٨	(٩) ٨٠	نوفمبر
(١٠) ٠,٢٩١	٣٨	(١١) ٧١	ديسمبر

جدول (ب) تابع المثال التطبيقي

$(X-Y)^2$	X-Y	رتبة ضغط البخار Y	رتبة الحرارة X	الشهر
٠	٠	١٢	١٢	يناير
١	١	٩	١٠	فبراير
٠	٠	٨	٨	مارس
٠	٠	٧	٧	أبريل
١	١-	٦	٥	مايو
٤	٢	١	٣	يونيو
٩	٣-	٤	١	يوليو
٠	٠	٢	٢	أغسطس
١	١	٣	٤	سبتمبر
١	١	٥	٦	أكتوبر
٤	٢-	١١	٩	نوفمبر
١	١	١٠	١١	ديسمبر

$$\frac{6 \sum (x-y)^2}{n(n^2-1)} R = 1 - \text{ومعادلة ارتباط الرتب:}$$

حيث (X-Y) = الفرق بين الرتب (n) = عدد القياسات = ١٢ في المثال

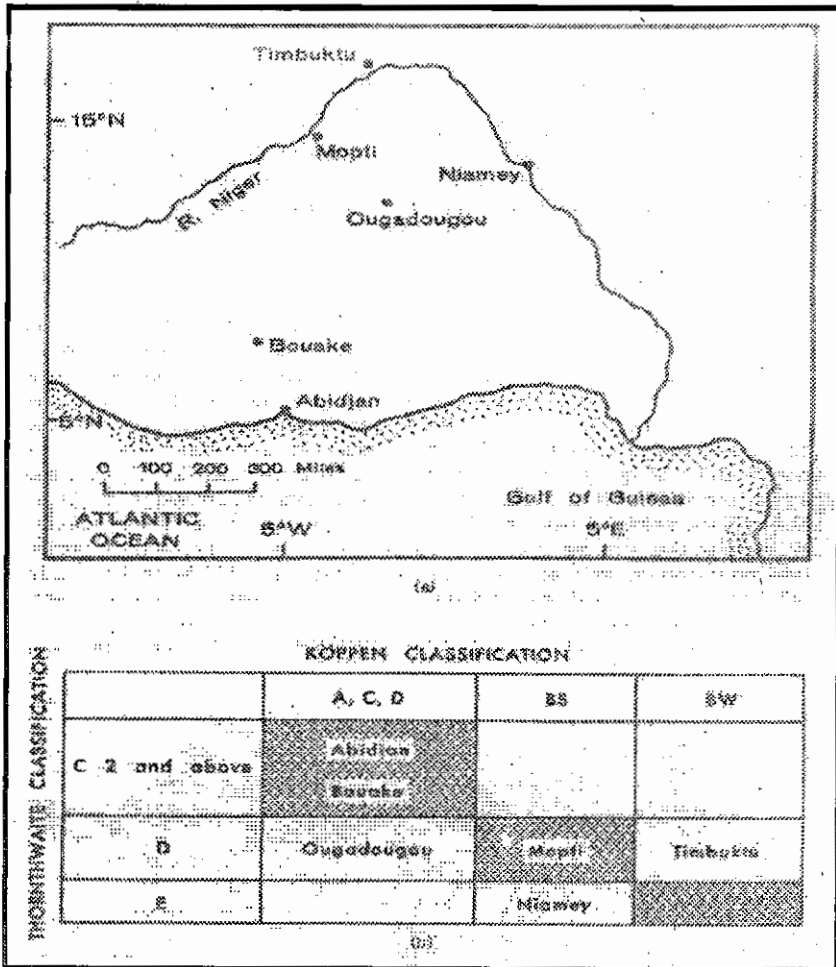
ووفقا لما جاء في جدول (ب) فإن حساب قيمة (R) يعد سهلا جداً. يقسم مجموع $(x-y)^2$ ÷ ١٢ وهي عدد القياسات. وناتج قيمة (R) = ٠,٩٢ مما يعني أن العلاقة طردية قوية بين المتوسط الشهري لدرجة الحرارة والمتوسط الشهري لضغط البخار لأن قيمة معامل الارتباط تقترب كثيراً من رقم (١) الذي يمثل العلاقة المثالية

هذا، ولا تشير العلاقة الإحصائية - على أية حال - إلى الأسباب المناخية لتمثل هذه العلاقة . ولكن هذا الارتباط يخبر بأن الهواء السائد يأتي من مصادر متعددة على مدار السنة. وعند تمثيل ضغط البخار مع درجة الحرارة باستخدام النقطة لكل شهر على حدة ، تظهر ثلاثة نماذج للتوزيع ترتبط بمصدر الهواء نفسه سواء من جهة الجنوب أو الشرق أو من جهة الشمال الغربي .

ويجب لتتويجه لحقيقة استحالة أن تضع قيمة وحيدة حدوداً للنطاق الصحراوي. إذ أن ذلك يعد من قبيل المصادفة في أغلب معادلات التصنيفات المناخية . ويعد نموذج كوبن (وهو الأشهر فيما بينها) على سبيل المثال ، الذي يستخدم معادلة تربط بين التساقط ودرجة حرارة الهواء معتمداً على المزيد من المحددات في المعادلة من خلال فصلية المطر . ويضع كوبن القاعدة الإرشادية " القانون المرشد " على النحو التالي :

شكل (٩-١) أ : الموقع الجغرافي لمحطات غرب أفريقيا

ب : أوجه التشابه والاختلاف بين التصنيف المناخي للمحطات وفق معادلتَي كوبين وثورنتويت Thornthwaite وKoppen



أ - إذا كانت رطوبة فصل الصيف تفوق بمقدار ١٠ مرات كمية رطوبة أكثر شهور الشتاء جفافاً ، فإن الصحاري يمكن تحديدها بأن : كمية التساقط (P) = $P < 0.22(T - \gamma)$

ب - إذا كانت أكثر شهور الشتاء رطوبة تعادل ٣ أمثال أكثر شهور الصيف رطوبة، فإن الصحاري يمكن تحديدها من المعادلة:
 $P < 0,22(T - 33,0)$

ج - وفي حالة عدم وجود أي من الحالتين السابقتين، فإن المعادلة تصبح على النحو التالي:
 $P < 0,22(T - 19,5)$

ويمكن تحديد فعالية كمية المطر الفصلي من خلال مردود هذا المطر على نمو النباتات " بمعنى أن القيمة الفعلية للمطر خلال فصل معين يظهر تأثيرها في نوع الغطاء النباتي وكثافته " .

وكما يتضح من المعادلات الثلاث السابقة، فإن المطر الصيفي أقل فاعلية من المطر الشتوي. أما نظام ثورنثويت Thornthwaite System ، فقد وضع حدود الصحراء من خلال استخدام معامل الرطوبة (Im) Moisture Index ، حيث وضع المياه الكافية " الفائضة " Water Surplus ، والمياه الشحيحة " العجز المائي " Water Deficit ، والتبخر / نتح المحتمل ، في المعادلة التالية :

$$T_m = 100s - 60d \div PET$$

حيث (Im) = معامل الرطوبة
 PET = الإجمالي السنوي للتبخر/نتح المحتمل

$$S = \text{الكمية السنوية للرطوبة الفائضة Water Surplus}$$

$$d = \text{الكمية السنوية للعجز}$$

وإذا كان ناتج هذه المعادلة (معامل الرطوبة) = (-٤٠) : (-٢٠) = تصبح المنطقة شبه جافة

وإذا كان ناتج هذه المعادلة (معامل الرطوبة) = (-٤٠) فهي تمثل حدود المنطقة جافة Arid Area

وفي حال استخدام النظامين السابقين (المعادلتين السابقتين لكوبن وثورنثويت) ، فإن كل منهما توضح وبشكل دقيق محددات حدود الصحاري ،

ويتضح في شكل (٩- ١١) توزيع ٦ محطات في غرب أفريقيا . وقد تم تحديد كل منهما باستخدام معادلتَي كوبن وثورنثويت ، ويعكس شكل (٩-١ب) نتائج تطبيق المعادلتين على تلك المحطات حيث يتضح وجود الاختلافات فيما بينهما تبعاً لنتائج المعادلتين .

ووفقاً للمعادلتين ، فإن كل من أيبديجان وبوكي ، لا يقعان ضمن النطاق الصحراوي " غير صحراويين " Non - Desert ، ولكن أوجادو ، فتصنف وفق معادلة كوبن على كونها محطة رطبة Humid ، بينما تصنف وفق معادلة ثورنثويت على إنها محطة شبه جافة Semi Arid . أما موبتي ونيامي ، فإنهما يقعان في نفس المجموعة التصنيفية وفق معادلة كوبن ويصنفان على إنهما محطتان شبه صحراوية Semi Desert (BS) ، بينما يقعان في مجموعتين مختلفتين وفق معادلة ثورنثويت حيث تصنف الأولى على إنها جافة Arid(D) ، وتصنف الثانية على إنها شبه جافة Semi Arid(C) . وتصنف كومبكتو وفق معادلة كوبن على إنها صحراوية (BW) ، بينما وفق معادلة ثورنثويت فتصنف على إنها شبه جافة (D) . ونستنتج من ذلك أن تحديد أو ترسيم الحدود المناخية للصحاري يصبح مشكلة معقدة عند استخدام المقاييس التصنيفية .

التصحّر

وفقاً للخلفية العلمية لتحديد وترسيم الصحاري ، فإن هناك ضرورة ملحة لترسيم الحدود النهائية للصحاري ، والمناطق التي بدأت ظروفها بالاتجاه نحو الصحاري ، بينما لم تكن كذلك من قبل . وقد أصبحت عملية تحديد البيئات الصحراوية في بؤرة الاهتمام في الوقت الحاضر ، إذ يتم وصفها وتشخيصها على كونها " مشكلة عالمية Global Problem " وفقاً لمنظور الأمم المتحدة .

وهناك تشابهاً بين الصحاري والمناطق الآخذة في الاتجاه نحو التصحر حيث أن الظروف الملازمة لكل منهما تعني تناقص مردود ذلك على النواحي الاجتماعية والقدرات الاقتصادية لقاطني الصحراء .

هذا، والاتساع المحتمل للصحاري يتطلب أخذه في الاعتبار في المناطق الهامشية للحدود الصحراوية حيث يمكن أن تتحول سريعاً إلى منطقة صحراوية بكل ظروفها وخصائصها . وربما من المناسب لتفجير مثل هذه القضية وهذا المفهوم ،

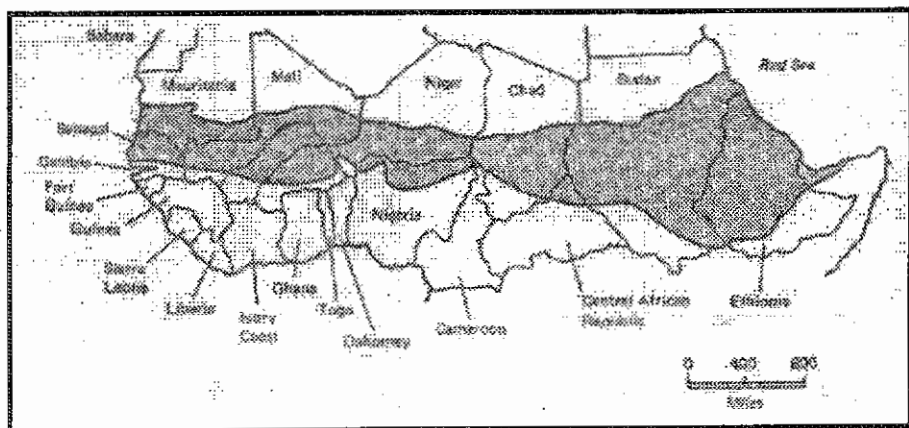
دراسة وتحليل منطقتين عالميتين يتجهان نحو التصحر Desertification ، هما منطقة الساحل في أفريقيا ، والأخرى منطقة شمال غرب الهند وباكستان .

المنطقة الأولى منطقة الساحل

قد اشتق أسم الساحل من كلمة عربية تعني الحدود ، ويستخدم هذا الاسم تحديداً للهوامش الجنوبية للصحراء الكبرى الأفريقية ، وتمتد من السنغال حتى أثيوبيا كما في شكل (٩-٢) . ويعد الساحل منطقة شبه صحراوية Semi Desert تستقبل المطر خلال ٤ شهور فقط من السنة. وعلى أية حال ، فإن الغطاء النباتي كافٍ لتغذية قطع من الماشية ، بالإضافة إلى زراعة محصول الشوفان والدخن طالما أمكن الحفاظ على الموارد المائية . وفي عام ١٩٦٠ ، سقطت كمية مطر تفوق المعدلات الطبيعية ، مما تبعه زيادة كبيرة في الزراعة التي بدورها أدت إلى الزيادة السكانية وكذلك أعداد رؤوس قطعان الماشية .

وفي عام ١٩٧٠ ، قد بلغ عدد سكان الدول الست الصحراوية (السنغال - موريتانيا - مالي - فولتا العليا - النيجر - تشاد) ٢٤ مليون نسمة ، ومثله تقريباً من رؤوس الماشية . ويعادل ذلك زيادة في عدد السكان بمقدار ٣/١ " الثلث " ، فضلاً عن الزيادة في أعداد الماشية والحيوانات بمقدار الضعف

شكل (٩-٢) المنطقة المظلمة تشير إلى المساحة التقريبية لإقليم الساحل



مقارنة بأعداد السكان والحيوانات في تلك الدول في عام ١٩٣٠. وحينما حدث الجفاف، ظهر الفشل الذي يعني نقص الغذاء بالنسبة للسكان المقيمين في تلك الدول الست. أما المحاصيل التي كانت في العادة تستخدم كبذور لموسم الزراعة في السنة التالية فقد تم استهلاكها، ومن ثم امتدت آثار الجفاف إلى السنوات التالية، وبدأت مشكلة نقص الغذاء وحوادث المجاعات. وفي نفس الوقت، أصبحت الأعشاب هي الأخرى غير كافية لتلبية احتياجات الأعداد الكبيرة من الحيوانات، فضلا عن الضغط على النبات الطبيعي الذي بات هزيلا، مما يعني حدوث الرعي الجائر وتخريب الأرض. وحينما يختفي الغطاء النباتي، فإن التربة سرعان ما تجف وتتعرض للتعرية وتتحول إلى صحراء مقفرة Stark Desert. وفي مثل تلك الأحوال فإن الظروف الاجتماعية والاقتصادية الصعبة تضاعف من معاناة الإنسان، ويصبح الجفاف والقحولة هي القاعدة الأساسية لتلك المشكلات. وقد انعكست هذه الظروف بالتبعية على بحيرة تشاد، التي تقلصت مساحتها في عام ١٩٧٤ بمقدار ١٥ ميلا عن حدود شواطئها الأصلية السابقة. وحينما يمتد ويتسع الجفاف، فإنه يرتبط بنظم الطقس السائد prevailing weather systems، ومن هنا تجدر دراسة الأحوال المناخية لمنطقة الساحل Synoptic Climatology.

الخلفية المناخية

يقع الساحل في نطاق يتميز بالمطر عشوائي التوزيع والمتذبذب من سنة إلى أخرى كما يتضح في جدول (٩-٣). وقد صاغ والتر Water نموذجاً جيداً يفحص المطر ويختبر توزيعه، وقام بوصفه وتطبيقه ثونثويت ١٩٦١ كما يوضحه شكل (٩-٣). ووفقاً للدورة العامة للرياح، تتقدم الرياح من الجهة الشمالية وتدفع الهواء الدافئ الرطب الذي ينشأ ويرتبط بنظام الضغط الاستوائي التي يطلق عليه الجبهة دون المدارية (ITF) Intertropical Front، حيث التقاء الهواء دون المداري Intertropical Convergence (ITC) ، وتخلخل الهواء دون المداري Intertropical Discontinuity. ويحدث تفرق للهواء (ITD) عند نطاق الساحل. ويوضح شكل (٩-٣) حدود ونطاق الرياح الشمالية التي تدفع الكتل الهوائية. وفي النطاق (أ)، يسود طقس يغلب عليه الهواء الصحراوي Saharan Air الذي يتميز برطوبته المنخفضة. وبالانتقال إلى جنوب نطاق (أ)، فإن النطاقات (كما يتضح في شكل (٩-٣ ج)) يمكن تصنيفها على النحو التالي:

نطاق (أ): سحب قليلة قد تتكاثر ويصاحبها سقوط المطر، وحتى في حالة حدوث ذلك، فإن هذا النطاق ذلك يمثل الحافة النهائية لمقدمة الكتل الهوائية.

نطاق (ب) : يمثل الحد الفاصل بين الكتل الهوائية والهواء شبه الصحراوي .

نطاق (ج): غطاء من السحب الكثيفة بشكل أكثر تكراراً، ورذاذ، مصحوباً بعواصف رعدية.

نطاق (د) : يتميز هذا النطاق بالرذاذ الخفيف ، وتكون السحب بأنواعها المختلفة

نطاق (هـ): يتسع هذا النطاق في المناطق الساحلية حيث تتكاثر السحب الكثيفة، ولكن الفترات الممطرة قصيرة.

جدول (٩-٣) خصائص التساقط بالمليمتري في محطات مختارة في إقليم الساحل

محطة الأرصاد	الدولة	فترة الرصد	المتوسط السنوي للمطر خلال الفترة	المدى السنوي الكلي (مم)	
				عالي	منخفض
التار	موريتانيا	١٩٣٥- ١٩٣٦ ١٩٤١- ١٩٧٢	١٢٦	٢٥٩	١٥
تيساليت	مالي	١٩٥١- ١٩٧٢	٨٩	١٧٨	٢٩
أجاديز	النيجر	١٩٣٠- ١٩٣٦ ١٩٤١- ١٩٧٢	١٤٢	٢٨٥	٣٧
الخرطوم	السودان	١٩٠٣- ١٩٧٢	١٥٦	٣٨٢	٢٦

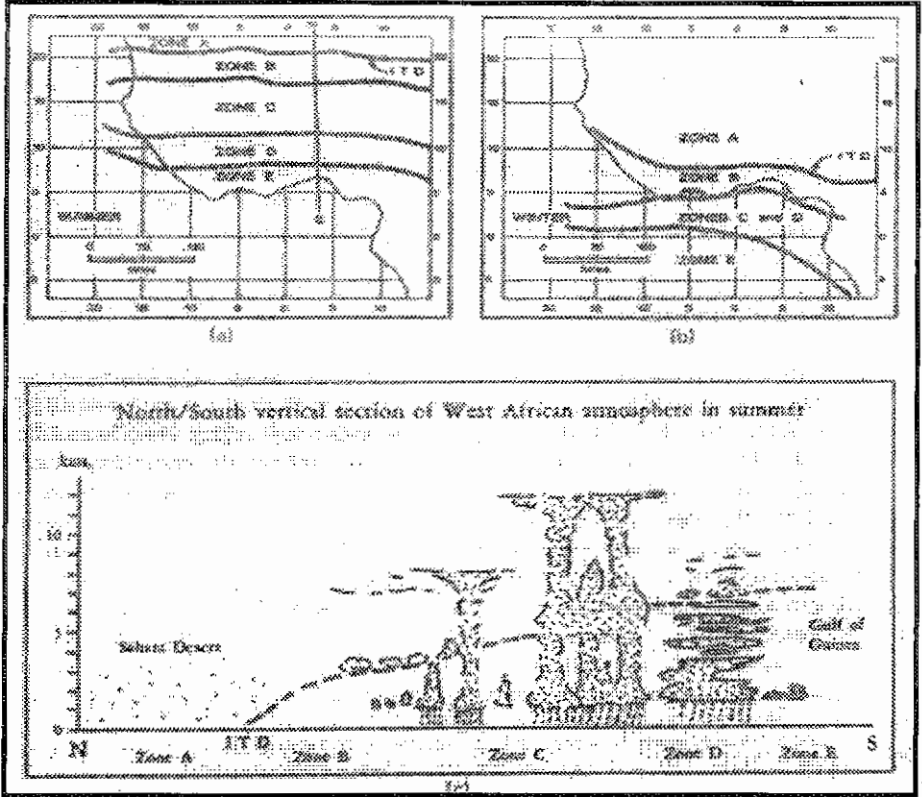
وتتشكل مواقع هذه النطاقات كما يوضحها شكل (٩-١٣) خلال فصل الصيف حينما ترسل الشمس أكبر كمية طاقة حرارية في نصف الكرة الشمالي ، ويتبع ذلك ترحل نطاقات الضغط الجوي إلى حدها الأقصى شمالاً . بينما تنقهر أنظمة الضغط الجوي خلال فصل الشتاء ، وتتحرك أحزمة الضغط الجوي نحو الجنوب ، فيتغير موقع تلك النطاقات كما يتضح في شكل (٩-٣ب) . أما نطاق الهوامش الصحراوية التي تقع في نطاق (أ) ، فيغلب عليها الهواء الصحراوي الجاف .

وعلى الرغم من أن ذلك النموذج لا يضع إجابات شافية أو قاطعة حول طبيعة المطر في غرب أفريقيا ، إلا أنه يكون صورة واضحة عن أسباب التغير الواسع في الكمية الفصلية للمطر في تلك الدول الصحراوية . كما يعكس ما إذا كان مجرد تراجع حدود ترحل (ITD) بمقدار دائرة عرض واحدة عن المعتاد، يتبعه بالضرورة تناقصاً في كمية المطر. وفي هذه الحالة ، إذا كان الوضع كذلك فلماذا كل هذا الجفاف الصحراوي ؟ وقد تقلصت محاولة استمطار السحب بشكل ملحوظ في السنوات الأخيرة عن السنوات الماضية. وبطريقة أخرى، يبدو أن حدود المناخ الصحراوي الجاف قد توغلت وتحركت أكثر في اتجاه الجنوب. لماذا أصبح اجتياح وغزو الهواء الرطب محدوداً في هذه السنوات الأخيرة ؟ هذا هو السؤال الذي يؤرق المناخيون ، ويدفعهم نحو وضع المزيد من النظريات المتعمقة والمهمة .

شكل (٣-٩) الحدود التقريبية لمواقع تفرق الكتل المدارية

(٣-٩) في الصيف (٣-٩ب) في الشتاء

(٣-٩ج) تظهر طبيعة وخصائص كل نطاق مناخي



الجفاف

صفة عامة ، يبدو أن المناخيين المتخصصين قد انقسموا إلى فريقين فيما يتعلق بأسباب جفاف الساحل . ومن جهة أخرى ، يعتقد البعض بأن جزءاً من هذا الجفاف Drought يعد نموذجاً لأحداث طبيعية ، وأنها حدثت بالفعل في الماضي وسوف تتكرر في المستقبل . ومن جهة أخرى، فإن هناك من يعتقد بأن هذه منطقة في اتجاهها نحو المزيد من التجفيف، وأن القحط هو جزء من تصحر الساحل. ويعتقد هؤلاء المناخيون بأن هذا القحط طبيعياً ويقدمون الأدلة المختلفة التي تبرهن على صحة دعواهم . ويتضح من جدول (٤-٩) اختلاف وتغير مستوى بحيرة تشاد

في حدوده القصوى والدنيا من خلال متوسط المطر على المدى الطويل من خلال معدل بيانات هذا الجدول ، ويتضح أن هناك على الأقل ٣ فترات رطوبة أعلى من المعدل الطبيعي وثلاث فترات جفاف أقل من المعدل الطبيعي منذ عام ١٩٠٠ .

جدول (٩-٤) الحد الأقصى والأدنى لفترات المطر في غرب أفريقيا خلال

الفترة ١٨٧٤/١٩٧١

مستوى الماء المقارن في بحيرة تشاد	متوسط البيانات لثمان محطات غرب أفريقيا *	
	عام حدوث أقل الفترات الجافة	عام حدوث أقصى الفترات الرطبة
أعلى مستوى ١٩٨٤	١٩١٣	١٩٢٠
أقل مستوى ١٩٠٨-١٩١٤		١٩٣١
أعلى مستوى ١٩١٦	١٩٤٢	١٩٥٧
أقل مستوى ١٩٤٠-١٩٤٦		
أعلى مستوى ١٩٥٠ - ١٩٦٢	١٩٧١	

• المحطات هي : كانو - سوكونو - مايدجري - نيزمي - زندر - سيجو - مارادي - بورت لامي

يعتمد تأثير موقع وامتداد نظامي هادلي وروسبي بالنسبة للجفاف الصحراوي على نقطة أو نطاق التقاء خلايا " بؤر" الضغط الجوي المرتفع المسببة في تكوين الصحاري . وحينما تتحرك هذه الخلايا للضغط الجوي " في اتجاه القطبين ، فإن حزام الضغط المنخفض في مركز نظام هادلي " أي (ITD) يتزحزح معها . وهكذا ، تحدد مواقع بؤر الضغط المرتفع بشكل حاد وخرج امتداد واتساع المطر المرتبط بالتفرق دون المداري (ITD) Intertropical Discontinuity .

هذا وحدث اختلاف بسيط في موقع نظم الضغط الجوي المرتفع على دوائر العرض له تأثيره الواضح في تحديد موقع التفرق دون المداري . وفي الواقع ، فإن حدوث تغير في ٣/١ درجة من دوائر العرض " حوالي ٣٥ كيلومتر " في موقع الضغط المرتفع الأطلنطي " وقد يكون ذلك تغيراً غير ملحوظاً " يؤدي إلى حدوث تغير يبلغ دائرة عرض واحدة في نطاق التفرق دون المداري . ويتبع هذا زحزحة أوسع على اليابس في نطاق الساحل ، وهذه الزحزحة أو التوغل ، إذا حدثت دون

أن يصاحبها تقدم في نطاق التفروق دون المداري ، فإن ذلك يحول دون استقبال المطر فتسود ظروف الجفاف .

هذا، وعند محاولة تحليل العلاقة بين الانحدار الحراري Gradients Temperature ، وبين المرتفعات دون المدارية " نطاق الضغط المرتفع دون المداري " ، فقد أوضح سمجورنسكي Smagorinsky ١٩٦٣ ، أن الانحدار الحراري الرأسي Vertical Temperature Gradients له تأثيره هو الآخر . ويعكس الانحدار الحراري الرأسي السرعة التي يحدث بها معدل تناقص درجة الحرارة من سطح الأرض إلى طبقات الجو العليا في الغلاف الجوي . وقد أوضح سمجورنسكي أن حدوث تغير ٣/١ درجة عرضية في موقع الضغط المرتفع الأطلنطي ، (يتبعه حدوث تغير يبلغ دائرة عرض واحدة في نطاق التفروق دون المداري كما أتضح من قبل) يمكن أن ينتج عن ارتفاع في درجة الحرارة بمقدار ٠,٠٦ م / كيلومتر ارتفاع فوق مستوى سطح البحر .

ووفقاً لرؤية سمجورنسكي ، قد فسر بريسون Bryson كيفية تأثير تلوث الهواء في العروض الوسطى في إحداث تغير في الانحدار الحراري الرأسي . إذ ينبعث ثاني أكسيد الكربون ليدخل الغلاف الجوي نتيجة احتراق الوقود الحفري Fossil Fuels المستخدم في النشاط الصناعي في المناطق الحضرية ، فينتاقم تأثير البيوت الزجاجية Green House Effect ، ومن ثم ، ترتفع معدلات درجة الحرارة في العروض الوسطى حيث تقع معظم المناطق الصناعية الكبرى ، ولكن ، يحدث في واقع الأمر انخفاضاً في درجة الحرارة . وقد علل بريستون ذلك في أن ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ، يؤدي إلى حدوث دفء في درجة حرارة سطح الأرض فقط ، ولكنه لا يؤدي إلى تغير درجة الحرارة في الطبقات العلوية من الغلاف الجوي . وإن كان يؤثر - على أية حال - في الانحدار الرأسي لدرجة الحرارة ، التي تؤثر بالضرورة " وفق رأي سمجورنسكي " في توزيع نطاقات الضغط المرتفع دون المداري Subtropical Highs .

ويؤثر أيضاً التلوث الجوي في الانحدار الحراري الأفقي Horizontal Temperature Gradient . وتؤدي الجسيمات العالقة Particles في الغلاف الجوي إلى انخفاض كثافة الأشعة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض ، فيتبع ذلك تناقصاً في درجة الحرارة . وقد أتضح من نتائج الدراسات أن أغلب الزيادة في

تركيز هذه الجسيمات العالقة يحدث في العروض العليا . ووفقاً لهذه الرؤية ، فإن تناقص معدلات درجة الحرارة في نصف الكرة الشمالي منذ ١٩٤٥ قد أنحصر في دوائر العرض العليا دون حدوث أي تأثير واضح في درجة الحرارة في العروض المدارية . ويضيف بريسون ، أن كون مثل هذا الارتفاع في عكارة الجو Atmospheric Turbidity يرجع إلى النشاط البشري الذي قد يبعه حدوث تباين حراري بنسبة ٥% بسبب عكارة الجو خلال القرن الماضي " القرن ١٩ " ، ويعد ذلك هو النتيجة المباشرة لكمية الجسيمات العالقة التي أضيفت إلى الهواء بسبب الأنشطة البشرية . ويرى بريسون أيضاً ، أنه خلال العقود الحديثة " من القرن العشرين " ، قد تبع تزايد انبعاث الجسيمات العالقة زيادة في نسبة هذا التباين في درجات الحرارة . وبناءً على ذلك ، فإن تلوث الهواء في العروض الوسطى يؤثر في الانحدار الحراري الرأسي والأفقي ، ومن ثم يؤثر في تحديد مواقع بؤر ومراكز الضغط الجوي المرتفع دون المداري ، وكذلك مدى التزحزح الشمالي لمواقع تفرق الهواء دون المداري (ITD) . ويمكن القول بأن حجة أو تفسير بريسون ١٩٧٧ حتى وإن كانت غير مقبولة عالمياً ، إلا إنها تستند على منطقية واضحة . ومن خلال ربط تقدم (ITD) بعوامل الدورة العامة للرياح ، فإنها تؤسس بحق لميكانيكية حدوث الجفاف الصحراوي للساحل Sahel Drought . وعلاوة على ذلك ، فإن حجته التي تفسر بعض التعديلات التي طرأت على الغلاف الجوي بكونها نتيجة الانبعاثات البشرية " ملوثات الهواء " التي يتم إزاحتها ونقلها لمناطق بعيدة عن مواطن انبعاثها ، فقد ظهر تأثيرها في حدوث هذا التغيير . وأخيراً ، يمكن القول بأن نظرية بريسون هي نظرية مثيرة للجدل وتستحق المزيد من البحث والدراسة والتأمل .

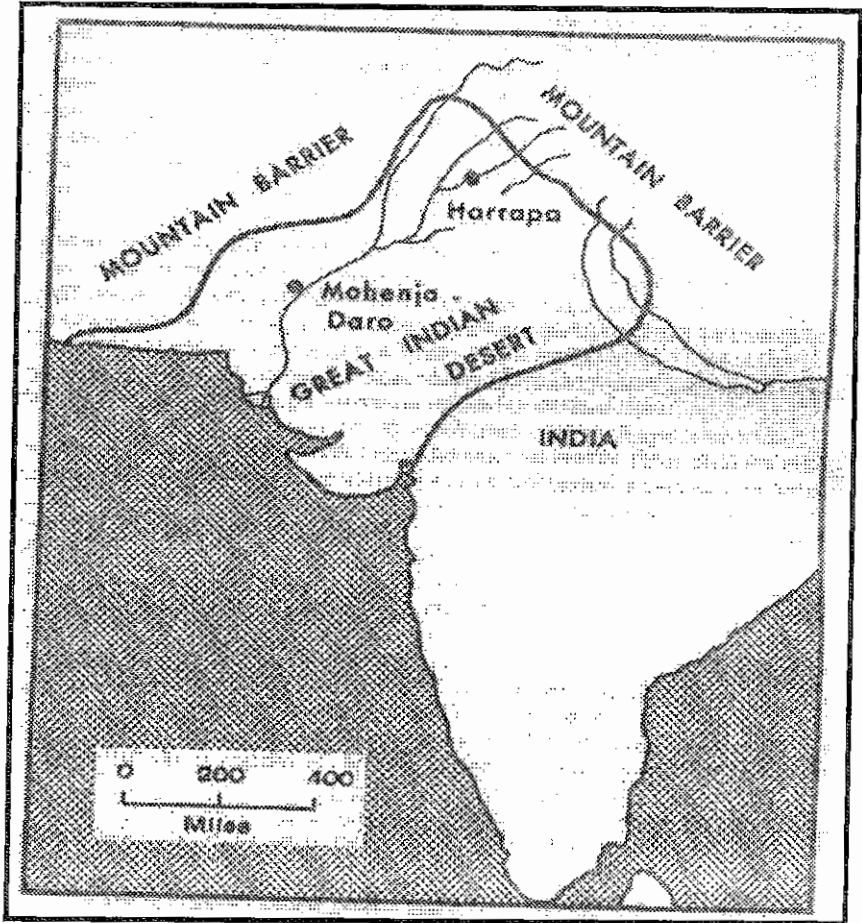
الصحراء الهندية العظمى

يوضح شكل (٩-٤) امتداد واتساع الأراضي الجافة في شمال غرب الهند وباكستان ومواقع بقايا أثنين من المدن القديمة ، هاربا Harappa وموهينجو دارو Mohenjo-Daro . وتقع هاتين المدينتين في حوض نهر السند ، ويرجع تاريخهما إلى حوالي ٢٥٠٠ سنة قبل الميلاد ، وقد بقيت تلك المدن لحوالي ١٠٠٠ سنة قبل أن تتعرض للزوال والتعرية . وتعتبران أحد أهم المظاهر الحضارية في المناطق الزراعية، خاصة وأن تلك المناطق الزراعية يتعد بأنها كانت تمتد لمسافة ما من موقعها على نهر السند حثب مركزها . أما في الوقت الحاضر " أواخر القرن

٢٠، فإن موقعهما لم يعد كما كان في نطاق زراعي، لكنه أصبح قريب الشبه بالأراضي الصحراوية.

إن الانتقال من الجفاف إلى الظروف الرطبة على مدار ٤٥٠٠ سنة قد طرأ على الكثير من مناطق العالم . أما في هذه المنطقة ، فإن ما حدث فيها يعتبر أمراً شاذاً ، خاصة وأن صحراء راجبوتانا Rajputana Desert استمرت ظروف جفافها .

شكل (٩-٤) موقع الهند العظمى وصحراء راجبوتانا



وتشير دراسة غبار الطلح على أسطح البحيرات الملحية الآن إلى أن هذه المنطقة كانت تضم مدنا حضارية متطورة قديما ، وأن النبات الطبيعي الذي كان موجودا في تلك العصور القديمة هو من الأنواع النباتية التي تنمو في المناطق الرطبة . والأبعد من ذلك ، أن البحيرات التي كانت تنمو على أطرافها نبات الطلح قد أصبحت ملحية ، بل وتزيد ملوحتها بشكل مستمر ، ويبرهن على ذلك نمو النباتات الصحراوية فقط . هذا ، وتحليل بقايا رسوبيات نبات الطلح ، يتضح أن كل طبقة أشد ملوحة من سابقتها .

وتشير بعض الملاحظات التي تتعلق بتطور صحراء راجبوتانا إلى مجموعة من المشكلات المعقدة . أولا : لماذا تتسع هذه الصحراء ؟ لماذا مازالت صحراوية حتى وقتنا الحاضر ؟ وثانياً : هل هناك دليل يؤكد اتساع حدود هذه الصحراء ؟ هذا ويشير الاتساع الشاسع لهذه الصحراء منذ حوالي ١٩٠٠ سنة قبل الميلاد إلى انخفاض كمية المطر بدرجة مؤثرة. ونظراً لكون أغلب أمطار شبه القارة الهندية يرتبط بالرياح الموسمية، وأن توغل المطر يتناقص بالانتقال للمناطق الداخلية خاصة تلك التي تقع في منصرف الرياح. وحالياً ، فإن التفسير البسيط الذي لا يحتاج إلى ملاحظات أو رصدات جوية ، أن الرياح التي تهب على هذه الصحراء في فصل الصيف هي رياح رطبة في واقع الأمر ، وأن هذه الرياح تحمل ما يعادل ٤ مرات كمية الرطوبة في الرياح التي تصل للصحاري الأخرى المماثلة لها . ومن ثم ، يبدو أن غياب الظروف المحفزة هي التي حالت دون تحول رطوبة الهواء إلى مطر . فبالنسبة للسحب لا بد أن تتكاثرت بحيث يصاحبها سقوط المطر ، كما لا بد من صعود الهواء إلى أعلى ، أما فوق هذه الصحراء فقد كان يحدث العكس ، إذا يهبط الهواء فتختفي التيارات الهوائية الصاعدة - محملة ببخار الماء لكونها رياح رطبة - التي يمكن أن تتكاثف فتكون الفرصة مهيأة لسقوط المطر . ويمكن إيجاز السبب المحتمل لتوقف حركة التيارات الصاعدة في محتوى الهواء من الغبار " رياح مترتبة " . وقد أظهرت الأبحاث أن كمية الغبار في الهواء فوق هذه الصحراء أكثر بعدة مرات مقارنة بالهواء فوق المدن الضخمة في نطاق العروض الوسطى ، وفي الواقع ، فإن ثقل الغبار يقدر بحوالي ٥ طن / ميل ٢ . وتعد تأثيرات هذا الغبار معقدة وغير مفهومة على وجه الدقة ، ولكن في نفس الوقت ، ينعكس بوضوح تأثيرها المباشرة في كونها سبباً في تناقص كمية المطر فوق هذه الصحراء . وفي أثناء النهار، يحجب الغبار جزءاً كبيراً من كمية الإشعاع الشمسي التي تصل لسطح الأرض فتتخفف درجة حرارته. وينتج عن ذلك ضعف التيارات الهوائية الصاعدة

التي من المفترض أن تهبأ الفرصة لسقوط المطر . أما في ساعات الليل ، فإن السحب الغبارية تبرد بسرعة لفقدانها حرارتها بسرعة فتؤدي هذه البرودة إلى هبوط الهواء . وهكذا تتصافر كل من العمليتين السابقتين في تناقص فرصة سقوط المطر . ويفترض الرأي العلمي ، أن هذا الغبار في الغلاف الجوي هو مفتاح تكون هذه الصحاري . أما السؤال المنطقي الذي يطرح نفسه، ما هو مصدر هذا الغبار، ومن أين يأتي ؟ والإجابة لسوء الحظ ، أن هذا الغبار يرجع إلى النشاط البشري .

هذا ويعتبر السبب الرئيس والمحفز الأكثر تأثيراً في هذه المناطق الصحراوية كما هو الحال في وادي نهر النيل ، ومنطقة الصحراء الهندية ، هو كون تلك المناطق تعد من أكثر مناطق الكثافة السكانية . إذ يبلغ المعدل ٦١ نسمة / كم^٢ في أغلب هذه المناطق . ويرجع هذا الضغط السكاني إلى الزراعة الحقلية التي تتناسب الأراضي الحديثة والهامشية مقارنة بزراعة الأشجار المثمرة . وفي نفس الوقت، فإن تلك الأراضي تستغل في الرعي، بل وينتشر فيها الرعي الجائر . وتكون نتيجة انتشار حرفة الرعي تقلص تلك الأراضي المناسبة للرعي التي تعول إعداد من القطيع تزيد عن قدرتها، فضلاً عن تناقص الأراضي المناسبة للزراعة الحقلية . ومن الأدلة على هذا الوضع ، أن الأراضي المستغلة في الرعي في غرب راجستان ، قد تناقصت من ١٣ مليون هكتار إلى ١١ مليون هكتار خلال الفترة ١٩٥١/١٩٦١ ، بينما في المقابل ، قد تزايدت أعداد الحيوانات " قطع الأغنام والماعز والماسية " من ٩,٤ مليون رأس إلى ١٤,٤ مليون رأس في نفس الفترة الزمنية . والنهاية الحتمية لهذا الوضع، هو تناقص الغطاء النباتي، وتفاقم عملية تعرية التربة، ومن ثم زيادة كمية الغبار والأتربة التي تضاف سنوياً إلى الغلاف الجوي . وكما ذكر أريك ١٩٧٦ Eric : " بعد عدة عقود من إزالة الغابات بدرجة كثيفة وبسرعة كبيرة ، والرعي الجائر المستمر والمتزايد ، فإن جزءاً كبيراً من غرب ووسط الهند سوف يتحول إلى أراضي فضية بيضاء تخلو من الغطاء النباتي "

هذا، والسؤال الحائر بدون إجابة، هل هذا النموذج من الزراعة كان سائداً في الحضارات القديمة مما أسهم في انهيارها ؟ من المؤكد ، أن الأدلة تشير إلى أن تزايد التجفيف سواء إن كان نتاج العوامل الطبيعية أو البشرية ، فإنها في مجملها قد ساعدت في تفسير التغير المناخي الحالي (في أواخر القرن العشرين) .

أما الملاحظة الثانية التي تفسر الاتساع المستمر في الامتداد الصحراوي حتى وقتنا الحاضر ، فهو ظاهرة التصحر . وهنا ، كما في العديد من دراسات المناخ - البيئة Climate-Environment ، فإن هناك العديد من الآراء في هذا المجال . أما فيما يتعلق بصحراء ثار في الهند ، فيفسر أريك ١٩٧٦ أسباب تكونها : " قد توصلت الدراسات الطبوغرافية التي قامت بها هيئة تخطيط الهند في تلك الدول انامية في الخطة الخمسية الأولى ١٩٥٢ إلى تقديم إنذار خطير : أن معدل انتشار الصحراء يتم بمعدل $\frac{1}{2}$ ميل (٠,٨ كيلومتر / سنوي) خلال تلك السنوات الخمس ، وستدمر ١٣,٠٠٠ هكتار / سنوياً من الأراضي . وقد أصبح اتساع الصحراء يماثل هذا المعدل منذ ذلك الحين" . وعلى النقيض من ذلك أثبتت دراسة قام بها علماء هنود ١٩٧٠ أن اتساع الصحراء ليس بمشكلة خطيرة . وفيما بين الرأيين ، فإنه ربما يرجع اتساع الصحراء إلى اختلاف في المفاهيم والمحددات التي يعتمد عليها كل من الفريقين في تصنيف الصحراء . وما إذا كان اتساع الصحراء يعني وجود لانديسكيب مقفر كثيب لا حياه فيه؟ هذا ، ولا مجال للشك في كون هناك آلاف من الأفدنة الصالحة للزراعة (الفدان = ٤٠٠٠ متر مربع) تفقد سنوياً ، هذا وجميع الأطراف قد استقروا حول خلاصة مفادها أن الأراضي الجافة تبلغ ١/٥ الأراضي الهندية ، أي ما يعادل مساحة فرنسا تقريباً ، وأن العوائد الإنتاجية لتلك الأراضي قد تدمرت ونقلت .

النتائج والخلاصة

تحتاج النظريات المناخية إلى المزيد من الدراسة . وقد أصبح تجميع البيانات المناخية وتحليلها وبحث علاقتها بأسس الجغرافيا المناخية ضرورة ملحة . وفي نفس الوقت ، يمكن أن نعثر من خلال محاولة استقراء على مفاتيح دراسة المناخ بصورة عامة وخصائص الأحوال المناخية بصفة خاصة . ولكن ، يجب أن نأخذ في الاعتبار ، حتى وإن كانت البيانات المناخية تجيب عن بعض التساؤلات المتعلقة بعمليات التصحر ، فإن نتائجها لا تصح دون الأخذ في الاعتبار الأنشطة البشرية كأسباب مرجعية لا غنى عنها .

وإجمالاً ، نخلص إلى أن المناخ التطبيقي هو مفتاح دراسة التصحر .

المناخ والناس - طبيعة الإجهاد المناخي

توطئة

تمتد الحياة على الأرض لعصور طويلة لا يمكن إحصاءها ، ويعتمد نجاح بقاء أي من الأجناس البشرية على قدرتها على التحكم في الظروف البيئية المحيطة بهم . ويكون البشر جزءاً من النظام النشوئي وتكيف وظائفهم الفسيولوجية وتتغير وفقاً لبيئاتهم التي يعيشون في إطارها . ويعتبر المناخ أحد أهم العناصر البيئية ، ويبحث هذا الفصل في أبعاد العلاقة بين المناخ وجسم الإنسان .

مقدمة

تعود العلاقة الجوهرية بين الإنسان والبيئة المناخية لزمان بعيد وتحمل في طبيعتها الكثير من الإثارة والتشويق . ويعتبر الطقس والمناخ جزءاً مكملاً للحياة اليومية ويمكن إدراك تأثيرهما بعدة طرق . وعلى مدار السنين ، اعتمدت البحوث المتعددة على الملاحظات العامة لطريقة استجابة الإنسان ، أو أسلوب استجابته لظروف مناخية بعينها ، وأسنتبع ذلك ظهور مفاهيم تفصيلية مضللة . وفي العصر الحديث ، أصبحت دراسة علاقة الإنسان بالمناخ أكثر دقة وتحديداً حيث ظهر علم الميتورولوجيا Biometeorology وعلم المناخ الحيوي Bioclimatology ، ويغطي كل منهما مجالات بحثية واسعة المفاهيم .

ويتناول هذا الفصل دراسة كل من المفاهيم الحديثة والقديمة التي تبحث في العلاقة بين الإنسان والمناخ.

الاحتمية Determinism

لا بد أن نأخذ في الاعتبار قبل دراسة العلاقة بين الإنسان والمناخ تحليل مفهوم هذه العلاقة وأبعادها . وعلى مر التاريخ، قد ركز العديد من الباحثين على متغير واحد حتمي في تحليل المجتمع البشري. وقد كانت البيئة دائماً هي محل الاختيار كمتغير، وأطلق على العلاقة بين الإنسان والبيئة مصطلح الاحتمية البيئية Environmental Determinism. ويرتبط هذا المصطلح بوضع مبدأ عام يرسخ لمفهوم يتأرجح بين كون الإنسان هو نتاج حتمي للحيثيات الفيزيائية ، وبين

العقيدة الفلسفية Philosophical Doctrine للسلوك البشري التي تذهب لكون ردود أفعال الإنسان ليست حرة بل تحددها عوامل فاعلة شديدة الصرامة ومحفزات تؤثر في إرادته . وعلى أية حال ، فإذا كان هذا المفهوم يرسخ للإجابة على تساؤل يتمحور حول مدى فاعلية البيئة الطبيعية المؤثرة في الإنسان ، فإنه مفهوم قديم . إذ أن هناك العديد من الكُتاب القدامى أمثال هيبوقراط Hippocrates ، وأرسطولي Aristotle ، وأسترابو Strabo ، إذ صلب هؤلاء جُل اهتمامهم على العلاقة الإرتباطية بين ملامح الناس وخصائصهم وصفاتهم من ناحية ، وبين بيئتهم التي يعيشون فيها من ناحية أخرى . ويعتبر كتاب هيبوقراط بعنوان " في الهواء والمياه والأماكن On Air, Water, and Places " ، بمثابة دليل إرشادي يستشير به الأطباء في سفرهم لخارج أوطانهم لكونه يقدم ملاحظات نموذجية في تفسير ملامح تلك العصور . ويبرر هيبوقراط التناقض بين الأسيويين الكسالي ، وبين الأوروبيين ذوي الحيوية والنشاط ، ويعزوه إلى اختلاف نمط الحياة فيما بين الحياة المرفهة المريحة لأوروبيين ، مقابل البيئة القاسية للأسيويين .

إن دور البيئة في تشكيل مستقبل الإنسان وقدره Man's Destiny ، لم تحظ بما تستحقه من اهتمام في العصور الوسطى كما لاحظ تatham 1907 حين قال " إن العقيدة الراسخة للكتاب المقدس في تقديرها للإبداع لا تشجع على دراسة أسباب اختلاف الناس فسيولوجيا . وأن اختلافات المناخ والتضاريس والبشر تتشكل بمشيئة الله " من صنع الله " ، ومن ثم تصبح موضوعاً لا يحتمل البحث والاستقصاء " . وفي عصر النهضة ، عاد الباحثون من جديد للاهتمام بتلك المشكلة أو المعضلة الفلسفية . ولم يكن ليستم ذلك الاتجاه لولا تزامنه مع التطور السريع للعلوم البيولوجية وظهور نظرية داروين في القرن إل 19 م ، وعلى أية حال ، فقد انبثقت الحتمية البيئية من لواء التدقيق والتمحيص العلمي للباحثين . وقد أصبح فهم العالم الطبيعي وتفسيره ممكناً من خلال تطبيق القوانين الطبيعية على نطاق واسع ، ومن خلال الحتمية طبقت القوانين الطبيعية المماثلة على ثقافة الإنسان وتطوره . وقد أستخدم الجغرافيون والمؤرخون مثل هذا المنهج لفهم الاختلافات الزمانية والمكانية التي حدثت في التطور الثقافي . وقد كان بعض الكتاب البارزون من أمثال هايكيل Haeckel ، بوكلي Buckle ، ديمولينس Demolins وراتزل Ratzel في مقدمة في مجال كشف الغموض فيما يتعلق بمثل هذه العلاقات . وفي الولايات المتحدة الأمريكية ، كانت هناك إن سميل Ellen Sample تلميذة راتزل

بتأثيرها البارز إذ كانت كتاباتها الفاعلة تمثل كلاسيكيات الفكر الحتمي
.Deterministic Thinking

وقد كان من الضروري بوصف المناخ المكون الرئيس للبيئة أن يكون
محوراً رئيسياً في مثل تلك الدراسات ، الأمر الذي أعطى دفعة قوية لمدرسة
الحتميين المناخيين Climatic Determinists . ويعتبر هنتجتون
Huntington من أشهر أصحاب تلك المدرسة . وفي سلسلة من المؤلفات التي
امتدت لسنوات عديدة ، بحث هنتجتون في العلاقة السببية بين المناخ وسلوكيات
الإنسان وأفعاله . وفي أحد مؤلفاته بعنوان " الحضارة والمناخ Civilization and
Climate " قد تناول في سياق " طاقة المناخ Climatic Energy " بحث الصحة
العقلية والجسدية ومدى تأثيرها وارتباطها بالظروف المناخية السائدة . وقد استطاع
من خلال قاعدة البيانات المتاحة - وإن كانت غير دقيقة إحصائياً - أن يتوصل إلى
مجموعة كبيرة من النتائج . وقام بإعداد - في نفس الكتاب - خريطة توضح
التناقض في التوزيع العالمي للحضارة . ولكي يتمكن هنتجتون من أخراج هذه
الخريطة " تحديداً في خريف ١٩١٣ م " استعان بأكثر من ٢٠٠ شخص في ٧٢
دولة . وقد استجاب لندائه ٢٥ أمريكياً ، ٧ بريطانيين ، ٦ ألمانين ، ٦ من الأوروبيين
اللاتينيين ، ٥ أفارقة ، وشخص روسي واحد . " ولقد أنتج هنتجتون هذه الخريطة
برغم اعتراض بعض المتخصصين على منهجه . ولم يكن مستغرباً ، أن ترتبط هذه
الخريطة وتعتمد بشكل أساسي مع مفهومه لطاقة المناخ . وقد أظهرت الخريطة
المفهوم الغربي للحضارة ، ذلك المفهوم الذي يستند على مفاهيم وأفكار قلة من
الناس . ويعتبر كتابه " المنابع الرئيسية للحضارة Mainsprings of
Civilization " هو خلاصة أبحاثه ونضجه الفكري ، وقد قدم هنتجتون فيه وصفاً
تفصيلياً وعميقاً للدور الذي يلعبه المناخ في تحديد الصفات والخصائص البشرية مثل
الدين ، ونهضة وانهيار الحضارات ، والصفات العرقية . ولقد كان كتابه في أغلب
مباحثه مشوقاً للقراء . وفيما يتعلق بربط المعتقدات الدينية بالبيئة ، فعلى سبيل
المثال ، قد اعتقد أن البيئة الطبيعية للصحراء القاحلة أدت إلى تفهم مدلول الوجدانية
والإيمان بالإله الواحد . أما بالنسبة لسكان الغابات ، فإن هذا المفهوم عار تماماً من
الحقيقة وأبعد ما يكون عن التصديق أو الإيمان به ، ويعتقد أنه في مثل هذه البيئات
الغابية المفتوحة يصبح من الأسهل الاعتقاد بوجود العديد من الأرواح ، وأن كل
منها يحكم نطاق ما من الغابة . وقد انعكس ذلك في كون المعتقدات البدائية الساذجة

هي الأقرب لديانة سكان الغابات، حيث يكون من الصعب تصور وجود إله واحد عظيم يحكم هذه الغابة.

ويوصف هنتجتون كغيره من المفكرين الحتميين باستناده إلى التعميم المبني على معلومات محدودة لبيئة بعينها، ومن ثم يتجاهل في الأغلب الأدلة التي تتناقض مع الحالة موضع التحليل والدراسة. ومن المؤكد غالباً، أن عدداً قليلاً في الوقت الحاضر يمكن أن يتقبل ما توصل إليه هنتجتون وأستنتجه. ولسوء الحظ، فإن عدد من أطلع على مؤلفات هنتجتون أقل بكثير من هؤلاء الذين تجاهلوا وأنكروا أفكاره. وفي الواقع، بينما هناك قلة اليوم يمكنها أن تفهم آراء هنتجتون ونظريته، فإن هناك الكثيرون من الذين يتطلعون إلى آراء آخرين ممن لا يختلفون مع هنتجتون في حتميته. وربما المثال الأفضل الذي يعكس هذه الحقيقة هو المؤرخ توينبي Toynbee الذي يعرض في مؤلفاته الأدبية ما لا يختلف في مجملها عن حتمية هنتجتون.

ويظهر رد الفعل العكسي تجاه الحتمية في تسليط الضوء على الأفكار التي تركز على الإنسان وعلاقته ببيئته "تأثير الإنسان في بيئته". ويعتبر الانتقال عبر المدى المتسع فيما بين الحتمية والاحتمالية Probablism، والإمكانية Possiblism والاختيارية "Voluntarism الإرادية"، هي في مجملها أفكار يمكن سياقاتها في مضمار علاقات الإنسان بالبيئة. وتنعكس مثل تلك التفسيرات المتباينة واقعياً - على سبيل المثال - في اعتقاد البعض بأن الشرق الأوسط والشرق الأدنى هما بيئتين صحراويين بسبب سوء الإدارة الزراعية نتيجة الاختلافات الثقافية التي تعوق التعاون المثمر بين المزارعين سواء الملاك أو المستأجرين على مر العصور، بينما ينظر إليها آخرون ويرجعونها إلى الاختلافات الطبيعية أو المناخية. وقد يشار إليها في موضع آخر بمنظور كون "الثقافة هي المناخ Culture vs. Climate"، فتصبح سبباً في الاحطاط والتدهور الإقليمي.

الاستجابة الفسيولوجية

إن الإنسان حيوان ذو دم - ساخن - إذ تعادل درجة حرارة جسمه درجة حرارة فتحة الشرج فتبلغ ٣٧° م، بالرغم من كونها لا تمثل درجة الحرارة المثالية للجسم الداخلي.

وتستخدم المعادلة التالية للحصول على درجة الحرارة المثالية داخل جسم

الإنسان وهي :

$$T_r \frac{T_s}{T_d} = \frac{2}{3} T_d =$$

حيث: T_d = متوسط درجة حرارة الجسم

T_s = درجة الحرارة السطحية

T_r = درجة حرارة فتحة الشرج

ولكي نحافظ على توازن درجة حرارة خلايا الجسم لابد من تحقيق التوازن بين الطاقة المفقودة والطاقة المكتسبة. وترتبط الحرارة الأيضية { هي العمليات المتصلة ببناء البروتينات خاصة التغيرات الكيميائية في الخلايا الحية التي تنتج الطاقة الضرورية للعمليات والنشاطات الحيوية } بامتصاص الغذاء وإنتاج الطاقة - والتخلص من الفضلات - ، وتتوقف على الحالة الفيزيائية للجسم . وتنتج الحرارة من خلال راحة الإنسان " لكن في حالة يقظة " بمقدار ٥٠ ك . كالوري/ساعة/سم² عند سطح الجسم ، وتسمى هذه القيمة الوحدة الأيضية (1MET) . وكما يتضح في جدول (١٠-١) ، أن هناك تغيرات واضحة في الحرارة الأيضية المنتجة ، وتتوقف كمية الحرارة المنتجة على نشاط جسم الإنسان .

ويحصل الجسم على الحرارة بواسطة امتصاص الأشعة طويلة الموجات والتوصيل الحراري من الهواء المحيط في حالة ما إذا كانت درجة حرارته أعلى من درجة حرارة الجلد . ويفقد الجسم حرارته بطريقة مماثلة بواسطة الإشعاع، والتوصيل، بالإضافة إلى تبخر الرطوبة من سطح الجلد التي تعتبر وسيلة هامة في فقدان حرارة الجسم كما يتضح في جدول (١٠-٢) . ويمكن تمثيل المفقود والمكتسب من حرارة الجسم على النحو التالي :

$$M \pm R \pm C - E = 0$$

حيث : M = الحرارة الأيضية R = الإشعاع

C = التوصيل E = التبخر

وفي حالة ما إذا كانت الحرارة المفقودة أكبر من الحرارة المكتسبة ، تصبح المعادلة غير متوازنة ، أي أن الحرارة الأيضية لا تساوي صفراً ، مما يعني انخفاض حرارة الجسم . بينما يحدث العكس في حالة ما إذا كانت الحرارة المكتسبة أكبر من الحرارة المفقودة ، فعندئذ ترتفع حرارة الجسم .

وفي حالة عدم التوازن الحراري للجسم { الحرارة الأيضية لا تساوي صفراً } ، تحدث عدة استجابات فسيولوجية . إذ تؤدي حالات البرودة إلى تجلط الدم - انخفاض معدل انسيابه - وتتنخفض كمية الدم التي تصل لسطح جسم الإنسان ، وبالتالي تنخفض الحرارة التي تصل للجسم . و يحافظ تناقص انسياب الدم إلى السطح الخارجي للجسم على حرارته الداخلية ، ولكن في نفس الوقت عدم وصول الدم للأطراف قد يصيب الإنسان بالأم مبرحة . وفي بعض الحالات الحرجة ، فقد يتعرض الإنسان لعضة الصقيع ، وينتج عنها تجمد الأنسجة وتدمير الخلايا .

وتعتبر رعشة الجسم استجابة فسيولوجية للظروف الباردة . إذ تؤدي إلى زيادة السرعة الأيضية . وإذا كانت الرعشة تؤدي وظيفتها في زيادة السرعة الأيضية ، إلا أنها بالطبع تعد استجابة غير كافية . إذ تؤدي إلى السرعة ولكنها في نفس الوقت تسمح بمرور كمية أكبر من الدم إلى الطبقات السطحية للجسم ، ويتبع ذلك زيادة المفقود من الحرارة عن طريق الإشعاع وانتقال الحرارة من الجسم إلى البيئة المحيطة .

إن استجابة الجسم تجاه الإجهاد الحراري " الحرارة الزائدة - الحمل الحراري " متغيرة . إذ تؤدي بالطبع إلى تمدد جدار الأوعية الدموية ، فترتفع حرارة الجلد . ويساعد العرق على فقدان الحرارة بواسطة نشاط وزيادة التبخر ، ويتبع ذلك برودة سطح الجسم . وقد يؤدي فقدان الأملاح بدرجة كبيرة إلى حدوث تشنج ، قد يصل إلى فشل في الجهاز الدوري . ومما يذكر ، أن مثل تلك الاستجابات قد تتطوي أحياناً على بعض الخطر على صحة الإنسان . وقد يؤدي المجهود الجسماني في البيئة الحارة الرطبة إلى ضربة الحرارة التي تحدث نتيجة توقف التعرق مع استمرار ارتفاع حرارة الجسم الداخلية . أما في المناخ الحار الرطب ، يؤدي زيادة نشاط عملية التعرق إلى تناقص الأملاح وحدوث الجفاف . وقد يكون كل من ضربة الحرارة والجفاف مميتاً .

جدول (١٠-١) إنتاج الحرارة الأيضية وعلاقته بالأنشطة البشرية

النشاط	عدد الوحدات الأيضية	المعادل ب ك . كالوري / متر ^٢ / ساعة ^١
النوم	٠,٨	٤٠
راحة - يقظة	١,٠	٥٠
العمل المكتبي	١,٦	٧٥
الوقوف - عمل خفيف	٢,٠	١٠٠
المشي بسرعة حوالي ٤ كم / ساعة	٣,٠	١٥٠
جهد كبير خلال فترة وجيزة مثل الجري السريع	١٠,٠	٥٠٠

جدول (١٠-٢) التوازن الحراري للجسم

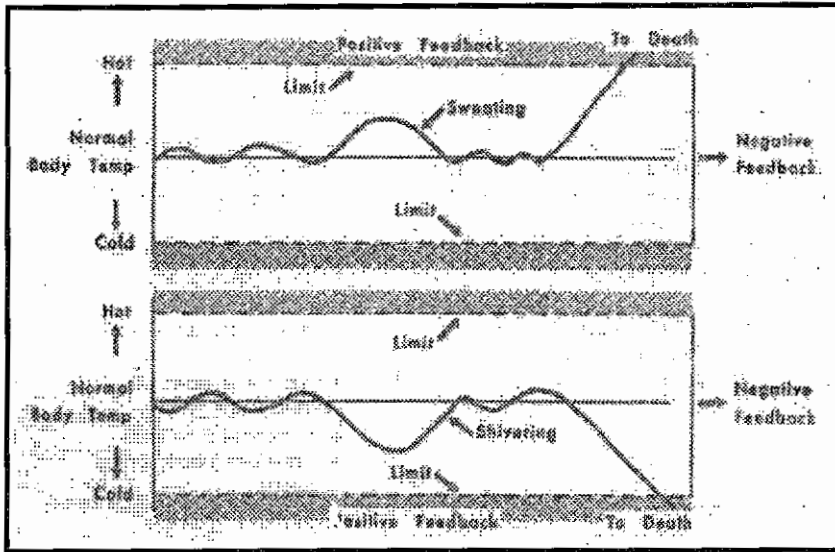
الحرارة المكتسبة	الحرارة المفقودة
١ - إنتاج الحرارة من خلال : أ - العمليات الأساسية للجسم ب - النشاط ج - توتر العضلات	١ - إشعاع الطاقة من الجسم : أ - للغلاف الخارجي ب - للأجسام المحيطة الأبرد
٢ - اكتساب الحرارة من إشعاع الأجسام : أ - الشمس ب - المشعات المتوهجة ج - الأجسام الساخنة الأخرى	٢ - توصيل الطاقة من الجسم : أ - للهواء الأبرد من حرارة الجلد ب - بالاتصال بالأجسام الأبرد
٣ - التوصيل الحراري للجسم من الهواء المحيط	٣ - فقدان الطاقة بواسطة التبخر : أ - من الجهاز التنفسي ب - من الجلد (العرق، المياه المتاحة)

يمكن توضيح استجابة جسم الإنسان للسخونة والبرودة من خلال مفهوم التوازن والتغذية الاسترجاعية . ويوضح شكل (١٠-١) اختلاف حرارة جسم الإنسان على مدار الوقت . إذ يعكس الرسم العلوي أن درجة حرارة الجسم تختلف اختلافا طفيفا عن المتوسط . وحينما يتعرض الجسم إلى ظروف حرارة مرتفعة، تنشط ميكانيكية تبريد الجسم - إلا إذا كان الإجهاد شديداً ومستمراً - فإن درجة حرارة الجسم تعود إلى وضعها الطبيعي. وهذه هي التغذية الاسترجاعية السالبة

حيث تنشط آليات خفض درجة الحرارة لتعود بحرارة الجسم إلى التوازن أي الحرارة الطبيعية . ولنفترض ، على أية حال ، أن الإجهاد الحراري كبيراً لدرجة لا تجدي معه آليات خفض الحرارة ذاتياً . فحينئذ ترتفع حرارة الجسم لما هو خارج حدود إمكانية حدوث تغذية استرجاعية سالبة ، فتنشط التغذية الاسترجاعية الموجبة . ويعني ذلك حدوث ارتفاع قاسي في حرارة الجسم ، ويستمر إلى أن يصل الجسم لمستوى التوازن ثانية . وفي حالة ما إذا تجاوزت حرارة الجسم الحد المقبول - الذي يمكن أن يتحملة ولو لفترة قصيرة - سينتهي الوضع بالوفاة.

أما الرسم السفلي من شكل (١٠-١) فيوضح الوضع نفسه بالنسبة لبرودة الجسم. فإذا كانت حرارة الجسم ضمن حدود التغذية الاسترجاعية السالبة ، فإن حرارته ترجع لوضعها الطبيعي . ومما يذكر أن التعرض الطويل قد يبطل تأثير تدفئة الجسم أو تبريده " تأثير كرة الثلج " مما قد ينتهي بالوفاة.

شكل (١٠-١) رسم تخطيطي يوضح آليات التغذية الاسترجاعية



المعايير البيوميترولوجية

نستدل على الجهد الحراري Heat Load على الجسم من خلال وظائف عدد من المتغيرات الفاعلة داخل الجسم. وقد وضعت عدة معايير بيوميترولوجية Biometeological Indices لتقدير تأثير متغيرات التفاعلات الداخلية. وبصفة عامة، فإن هذه المعايير تسمح بتوكيد الاستجابات المختلفة تجاه الإحساس بالحرارة وتقدير الصفات الفسيولوجية التي تفرضها المتغيرات الجوية المتداخلة.

وتعتبر أفضل تلك المعايير البيوميترولوجية هو معيار الحرارة والرطوبة Temperature Humidity Index (THI)، إذ يسمح بتريخ الإحساس الحراري تحت تأثير الظروف الجوية. ويمكن استنتاج هذا المعيار من استخدام قراءة الترمومتر الجاف (T_d) أو الترمومتر المبلل (T_w) مع الرطوبة النسبية (R.H.) بتطبيق أي من المعادلات التالية:

$$THI = 0,4(T_w + T_d) + 10$$

$$THI = 1,00 T_d + 0,2 T_w + 17,5$$

$$THI = T (0,50 - 0,50 R.H.) (T_d - 58)$$

وتشير نتائج تطبيق هذا المعيار إلى مستويات راحة جسم الإنسان في درجات الحرارة والرطوبة النسبية، مع ضرورة التنبيه إلى أن هذا المعيار (THI) يستخدم درجات الحرارة الفهرنهايتية ونتائجه كذلك بالدرجات الفهرنهايتية على النحو التالي:

٦٠ - ٦٥ : يشعر أغلب الناس بالراحة

٧٥ : يشعر نصف الناس على الأقل بعدم الراحة

٨٠ وأكثر: يشعر أغلب الناس بعدم الراحة وقد يتطلب ذلك ضرورة توقف جميع الأعمال في الأماكن المكشوفة تحت تأثير الظروف الجوية. وتحول دون استخدام وسائل تكييف الهواء كما يتضح في شكل (١٠-١٢).

ويعكس هذا المعيار أهمية الرطوبة النسبية في الإحساس بالإجهاد

الحراري Thermal Stress .

ولو افترضنا أن درجة حرارة الترمومتر الجاف T_d بلغت ٨٥ ف ، والرطوبة النسبية بلغت ٢٠% ، فيمكن تطبيق المعادلة على النحو التالي :

معيار الحرارة / الرطوبة = حرارة الترمومتر الجاف (ف) - (٠,٥٥ × الرطوبة النسبية) × (حرارة الترمومتر الجاف (ف) - ٥٨)

$$= ٨٥ - (٥٨ - ٨٥) \times (١٠٠ \div ٢٠) \times ٠,٥٥ - ٠,٥٥ =$$

$$= ٨٥ - (٢٧ \times ٠,٤٤) =$$

= ٧٣ تقريبا، ومن ثم أغلب الناس لا يشعرون بالراحة في هذا اليوم

وعند تطبيق نفس المعادلة ولكن ليوم آخر كانت درجة حرارته ٨٥ ف (كما كانت في المثال الأول) وكانت رطوبته النسبية ٨٥%

$$= ٨٥ - (٥٨ - ٨٥) (١٠٠ \div ٨٥) \times ٠,٥٥ - ٠,٥٥ =$$

$$= ٨٥ - (٢٧ \times ٠,١١) =$$

= ٨٢ تقريبا إذن زيادة ارتفاع الرطوبة النسبية أدى إلى زيادة عدم الشعور بالراحة تحت نفس درجة الحرارة .

وهناك معادلة أخرى تستخدم لتقدير الملابس المناسبة تحت تأثير الرياح

وانخفاض درجة الحرارة، وهي معادلة عامل تبريد الرياح Wind Chill Factor (K.)، وهي على النحو التالي:

$$= (٣٣ - T_d) \sqrt{0,٥ + ١,٠ - V} \times 100K .$$

حيث: T_d = درجة حرارة الترمومتر الجاف بالدرجات المئوية

V = سرعة الرياح متر / ثانية

هذا ويمكن الاستغناء عن تطبيق هذه المعادلة والاعتماد على الرسم البياني الذي يعكس قيمة معامل تبريد الرياح (K) ب ك كالوري/م² / ساعة (Kcal\ hr) الذي يوضحه شكل (١٠-٢) ، ويعبر الجدول التالي لفظياً عن العلاقة المحسوسة بدرجات الحرارة المنخفضة تحت تأثير سرعات الرياح المختلفة .

معامل تبريد الرياح K.	الإحساس بدرجات الحرارة
١٠٠٠	برودة شديدة
١٢٠٠	عضة البرد
١٤٠٠	تعرض الجسد للتجمد
٢٠٠٠	تعرض الجسد وخاصة منطقة الوجه للتجمد خلال دقيقة

ومما يذكر، أنه في نشرة الأحوال الجوية، يعبر عن معامل تبريد الرياح بدرجات الحرارة المكافئة لسرعة الرياح.

المرض - الاتحار - المناخ

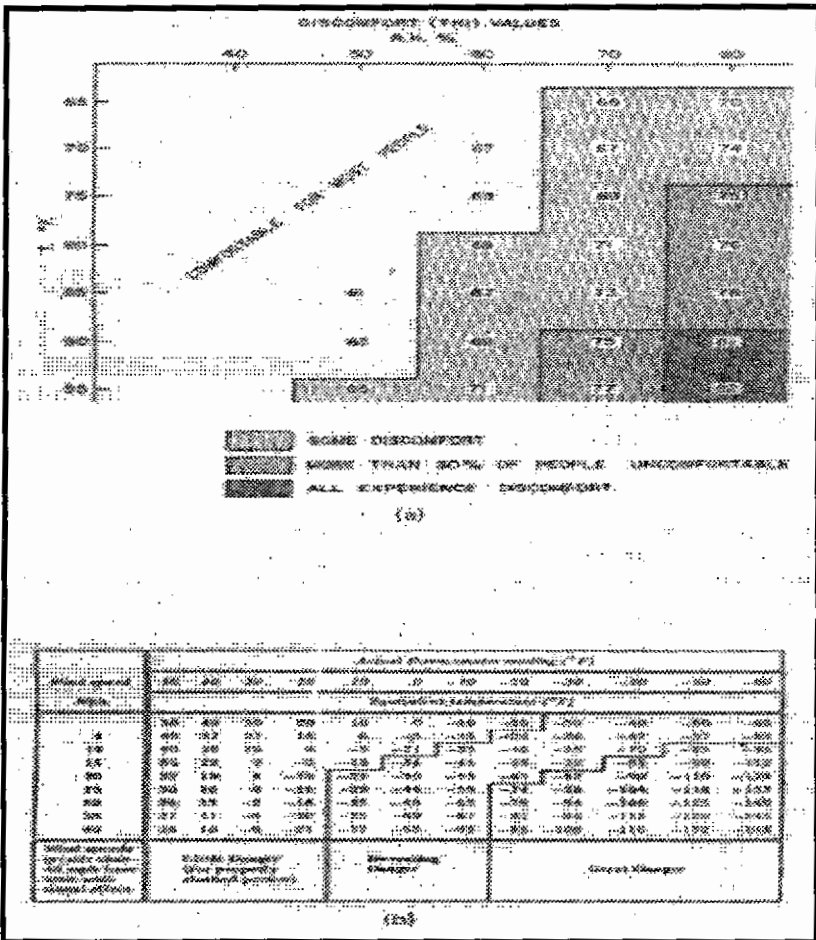
قد لعب المناخ دوراً فعالاً في الصحة العقلية والبدنية ورفاهية الإنسان عبر تاريخ طويل . وفي الحضارات القديمة ، في مصر على سبيل المثال ، كان الكهنة والأطباء يراقبون السماء للتنبؤ بالمرض ، وبطريقة أو بأخرى كانوا يفسرون بعض الظواهر الفلكية ويربطونها بصحة الناس ، إذا يعتقدوا : " إذا أظلم برج السرطان ، تحنشد الشياطين والأرواح الشريرة على الأرض ، فينتشر الموت " . وقد تغير هذا التوجه الفلكي عند الإغريق الذين كانوا يربطون بين المرض وبين الطبيعة بعيداً عن الأسباب المرتبطة بما وراء الطبيعة . وقد لاحظ هيبوقراط " أب الدواء " أنه لكي ندرس الدواء ، لا بد أن نأخذ في الاعتبار الفصل وكذلك السنة " بمعنى في أي من فصول السنة سيأخذ المريض الدواء وفي أي سنة " . هذا فضلاً عن النصائح التي قدمها للرحالة والمسافرين في كتابه بعنوان " الحكمة Aphorisms " . وقد لاحظ هيبوقراط ، على سبيل المثال ، أن رياح الجنوب تصيب بالكآبة ، وتظلم الرؤية ، وتنقل الرأس (قد يعني الصداع) ، أما رياح الشمال فتصيب بالكحة ومرض الحنجرة . وجدير بالذكر ، قد عثر على ما يشبه هذه الملاحظات والتكهنات في الحضارة الصينية والهندية القديمة .

وبمرور الزمن، ضعف نفوذ الفلكيين في عصر النهضة، واختلفت كتابات الأطباء الإيطاليين والفرنسيين المرتبطة بالوفاة - على نحو ما - عن كتابات الإغريق. وفي القرنين السابع عشر والثامن عشر ، نُشرت العديد من الأعمال التي

تبحث في الطقس والصحة وربطت بين الأمراض وعدد من العوامل متضمنة الضغط البارومتري ، والمد القمري ، والضباب . وقد ربط البعض بين أمراض الحمى والأوبئة التي حدثت في القرن التاسع عشر وبين المناخ بسبب ما أحدثه من تغيرات فصلية في الناموس والبراغيث . ولم يكن هناك وعي وإدراك في ذلك الوقت بكون هذه الأمراض ترجع إلى انتقال هذه الكائنات الحية، ولكنهم أرجعوها إلى المناخ نفسه على أنه هو السبب الحقيقي لانتشار هذه الأمراض.

شكل (١٠-٢) أ: تحليل معيار الحرارة / الرطوبة

ب : درجة الحرارة المكافئة لسرعة تبريد الرياح



وتشير هذه الملاحظات العامة إلى أن الناس قد ربطوا بين المناخ والصحة على اعتبار أن الظروف الجوية السائدة هي سبب الإصابة بالأمراض. ومما لا شك فيه أن المعلومات قد أصبحت متاحة عن أسباب الأمراض في الوقت الحالي ، وربما يدعو ذلك إلى التساؤل إذا كان المناخ يؤثر أم لا يؤثر في الصحة بدرجة واضحة . وتعد الطريقة الوحيدة للإجابة على هذا التساؤل هو الاعتماد على الملاحظة وتتبع الأحداث - فيما يتعلق بالأمراض - وعقد مقارنات إحصائية فيما بينها.

الطقس، المناخ، والوفيات

يوضح شكل (١٠-٣) سجلات الوفيات بسبب أمراض القلب والجهاز التنفسي خلال فترة زمنية طويلة في إنجلترا ، وويلز ، وأستراليا . وتظهر الصورة بوضوح من شكل منحنيات الأمراض في كل منها . ففي إنجلترا وويلز ، يحدث أعلى عدد وفيات خلال شهور الشتاء ، من شهر نوفمبر حتى شهر مارس ، بينما في نصف الكرة الجنوبي ، تحدث وفيات الشتاء في الفترة الممتدة من شهر مايو حتى شهر أكتوبر . وهكذا تتأصل فكرة فصلية الوفيات بمعنى ارتباط الوفاة بفصل معين .

ويعكس شكل (١٠-٤) تأثير المناخ في الولايات المتحدة الأمريكية حيث يوضح هودج Hodge ١٩٧٨ نماذج التوزيع الفصلي للأمراض المتسببة في الوفيات في عام ١٩٧٣ . ويوضح المحور الرأسي من الرسم البياني المعدل الشهري للوفيات ، ورسم المعدل السنوي للوفيات بخط عرضي بحيث يشير الارتفاع عن هذا الخط إلى أن معدل الشهر قد تجاوز المعدل السنوي ، كما يشير الانخفاض عن هذا الخط إلى تناقص معدل الشهر عن المعدل السنوي .

وتظهر الاختلافات الفصلية بوضوح فيما يتعلق بوفيات الجهاز التنفسي وتتضمن أمراض الرئة والأنفلونزا. ويعتبر كبار السن والأطفال هم الأكثر إصابة بتلك الأمراض خلال شهور الشتاء. أما وفيات أمراض الجهاز الدوري ، خاصة فشل عضلة القلب ، فإن توزيعها الفصلي أقل وضوحاً من وفيات الجهاز التنفسي . إذ يؤثر الغلاف الجوي تأثيراً مباشراً وغير مباشراً في أمراض القلب . ففي أثناء الطقس البارد ، تتسبب برودة الأطراف الخارجية للجسم في حدوث جهد أكبر على القلب كنتيجة لارتفاع ضغط الدم . ويزيد هذا الجهد في حالة المرضى المصابين بمشاكل في الجهاز الدوري بصفة عامة . ويصبح هذا الجهد أكبر وأكبر في حالة

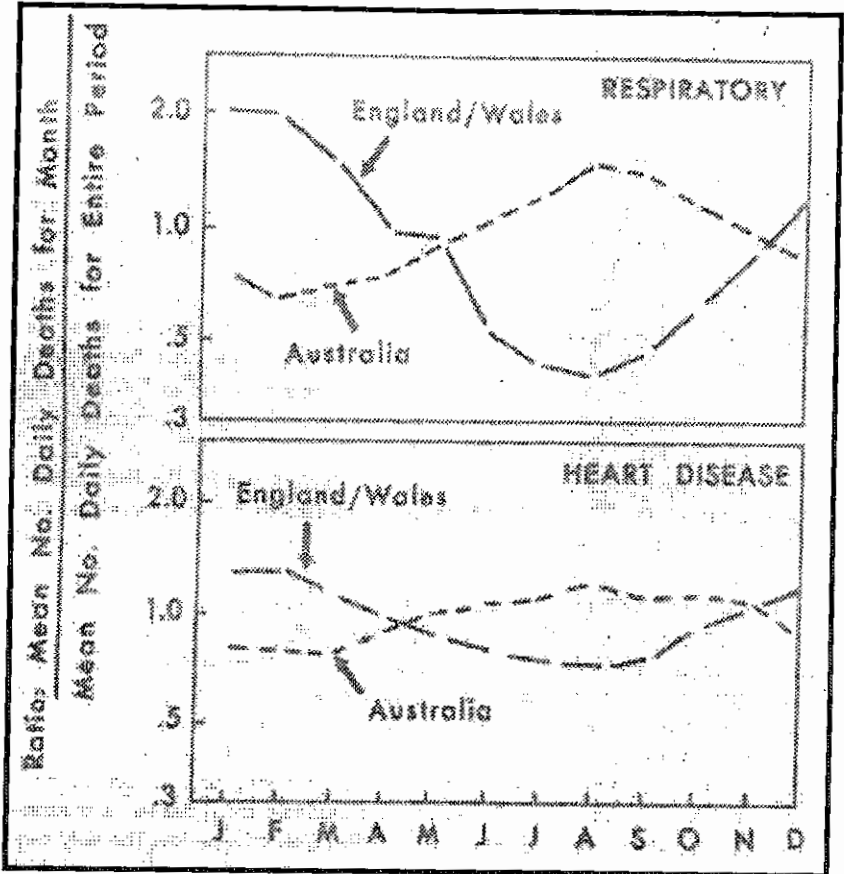
ضعف النشاط البدني ، وحدث فشل في عضلة القلب ، خاصة إذا اقترنت ذلك بعدم الاعتياد على تساقط الثلوج بمعنى أن العواصف الثلجية نادرة التكرار في بيئة المريض .

أما بالنسبة للوفيات بسبب الأمراض المعدية والطفيلية، فإنها تظهر توزيعاً فصئياً مثيراً للاهتمام. حيث تبلغ ذروة الوفيات الناتجة عنها خلال فصل الشتاء مثلها في ذلك مثل الأمراض سابقة الذكر . ومما يذكر، أن ذلك التوزيع لا يمثل الوضع الفصلي للوفيات الناتجة عن تلك الأمراض في مدينة شيكاغو الأمريكية خلال السنوات ١٨٦٧، ١٩٠٠، و١٩٢٥ . إذ يتضح حدوث تغير بارز في فصلية معظم الوفيات إذ تتدرج تصاعدياً من الصيف لتبلغ حدها الأقصى خلال فصل الشتاء . وقد حدث تناقصاً واضحاً في إعداد الوفيات خلال هذه الفترة الزمنية (١٨٦٧/ ١٩٢٥) بسبب التطعيم كنوع من الوقاية من الأمراض، والتوعية الصحية، والتعليم، والأبحاث الطبية. هذا وينبغي أن نتذكر كيف أمكن القضاء على مرض شلل الأطفال ذلك المرض الصيفي لندرك ونتفهم حجم الإنجازات التي حققتها الإنسان في هذا المضمار ويأمل في المزيد منها في المستقبل .

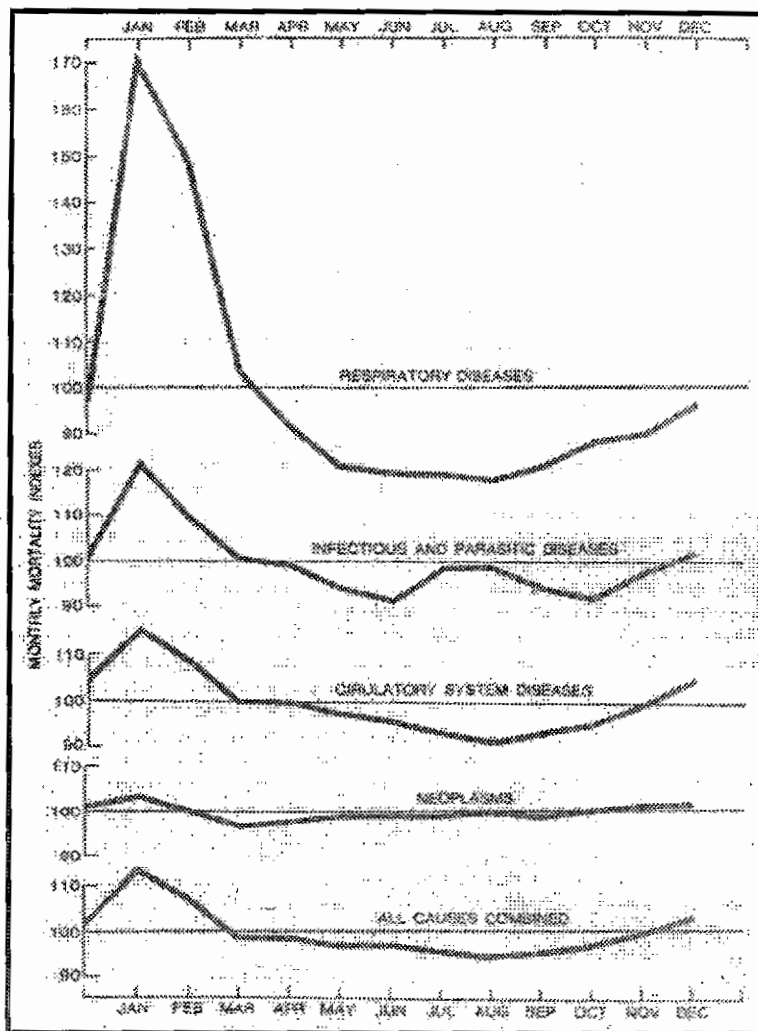
إن تأثير الأدوية الحديثة وتطور الوسائل التكنولوجية وتحسينها قد يخفي أو يحجب تأثير المناخ في الصحة بعدة طرق . وحينما نقارن بين عدد وفيات الأطفال الرضع الذين يبلغ عمرهم عاماً واحداً في الولايات المتحدة الأمريكية وفي اليابان استناداً إلى البيانات التي قدمها ماثر Mather ١٩٧٤ في شكل (١٠-٦) ، يتضح أن الخط البياني الخاص بالوفيات الأمريكية منخفض في جميع فصول السنة . وعلى النقيض منه ، ترتفع الوفيات في اليابان لتصل حدها الأقصى خلال فصل الشتاء . وترجع تلك الاختلافات إلى حقيقة كون معظم الأطفال الرضع في أمريكا يعيشون في بيوت مكيفة على مدار السنة ، ومن ثم لا يخضعون لأي جهد مناخي في أي من فصول السنة . أما في اليابان ، فإن التدفئة المنزلية غير كافية وبالتالي يصبح تأثير المناخ الخارجي أكثر وضوحاً في صحة الرضع .

وبغض النظر عن ما أحدثته الأساليب الحديثة من تأثير واضح في معدلات وفصلية الوفيات، فإن الدور الذي يلعبه الطقس مازال بالغ الأهمية. ويعكس شكل (١٠-٧) عدد الوفيات اليومية في الولايات المتحدة الأمريكية مقارنة بوفيات ١٩٧٥م التي اتخذت كأساس للمقارنة .

شكل (١٠-٣) مقارنة الوفيات الفصلية الناتجة عن أمراض الجهاز التنفسي وأمراض القلب في إنجلترا ، وويلز ، وأستراليا



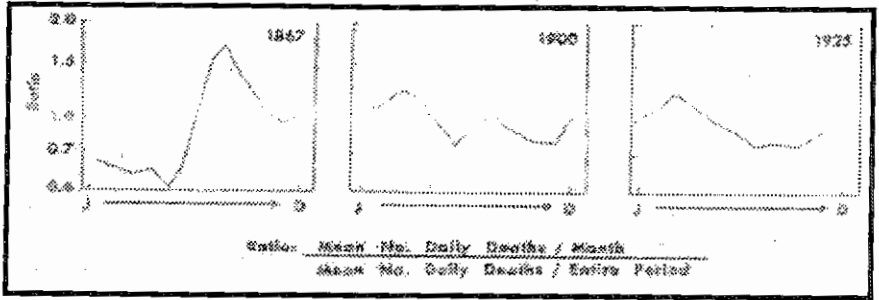
شكل (١٠-٤) التوزيع الفصلي لوفيات بعض الأمراض في الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٧٣



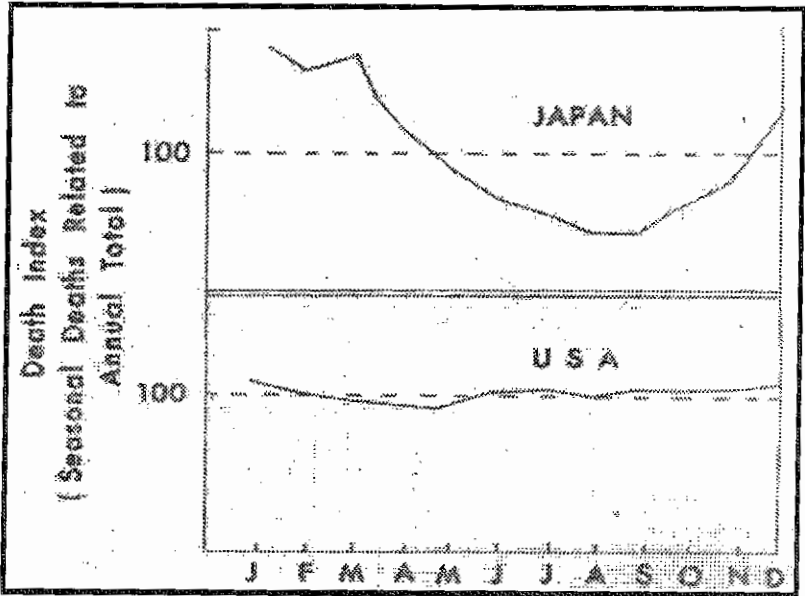
المصدر: ١٩٧٨، Hodge

ويتضح من الرسم البياني العلوي أن عدد الوفيات يميل نحو الانخفاض من شهور الشتاء إلى شهور الصيف ولكنه يظهر قمة مفاجئة في عدد الوفيات خلال شهر أغسطس. ويظهر الرسم البياني السفلي صورة مكبرة وتفصيلية لأيام هذه القمة مع ربطها بدرجة الحرارة في إحدى المحطات الساحلية الشرقية في مقاطعة فيلاديلفيا .

شكل (١٠-٥) الوفيات الشهرية في مدينة شيكاغو الأمريكية خلال ثلاث فترات
زمنية



شكل (١٠-٦) توزيع وفيات الأطفال الرضع أقل من سنة في اليابان
والولايات المتحدة الأمريكية

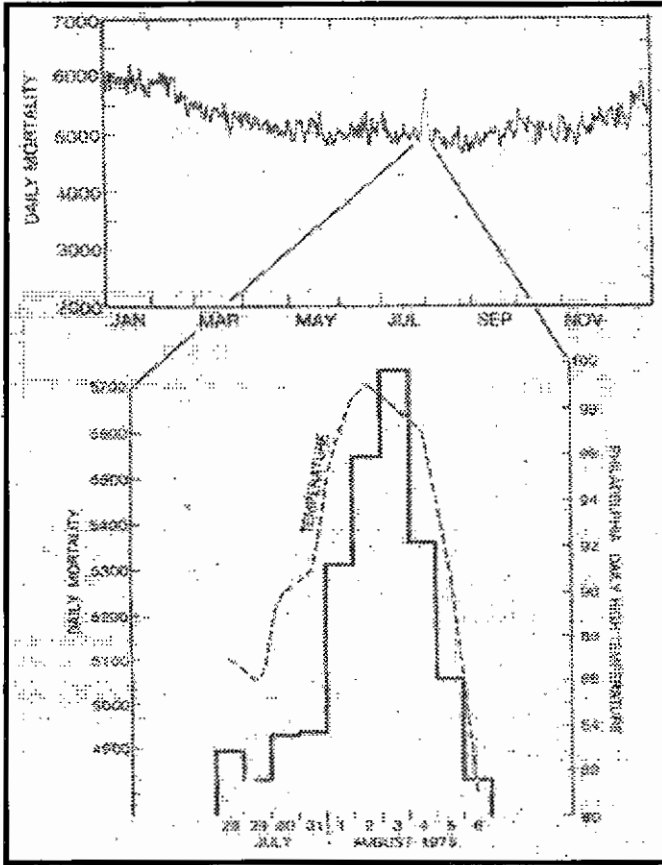


المصدر: ١٩٦٦، Mather

ويتضح وجود علاقة إحصائية واضحة بين أعداد الوفيات وموجة ارتفاع الحرارة . وفي هذه الحالة، يظهر البحث أن كبار السن هم الأكثر تأثر. إذ أن كبار السن يصعب تكيفهم مع الحرارة المرتفعة بسبب ضعف إفرازات الغدد العرقية . وبدون هذه الوسيلة الطبيعية للتبريد، فإن حرارة الجسم قد ترتفع حتى الموت. وفي نفس

الوقت، يتأثر مرضى القلب تحديداً بالحرارة المرتفعة مما قد يسهم في زيادة وفيات كبار السن في فصل الصيف.

شكل (١٠-٧) الرسم البياني العلوي : الوفيات اليومية في الولايات المتحدة ١٩٧٥ . وتظهر قمة للوفيات في أغسطس بسبب موجة حارة في الشمال الشرقي . أما الرسم البياني السفلي : صورة مكبرة لقمة الوفيات مع درجة الحرارة اليومية في فيلادفيا .



المصدر : ١٩٧٨ ، Hodge

يعقب التساؤل حول العلاقة الإحصائية بين المناخ وبين الصحة تساؤل آخر حول العلاقة بين المناخ والأنشطة العقلية. وربما يعتبر أفضل الأعمال وأشهرها هو ما قدمه هنتجتون ، الذي عرضت آرائه سابقاً . وفيما يتعلق بهذه النقطة ، فإن الأعمال الأخرى للباحثين كانت أكثر حتمية مما سطره هنتجتون . ويمكن أن نقبس الجزء التالي من كتاب Mills ١٩٤٢ " المناخ صانع الإنسان Climate Makes the Man " . ويشرح ميلز وأمثاله من الحتميين إلى أي مدى يؤثر المناخ في روح الإنسان ، ويفجر القوى المؤثرة في السيطرة العالمية والثورات . وقد قدموا كتابات ساحرة .

وقد كتب ميلز يقول :

" ربما لا تتوقع كل أم أن يصبح ابنها رئيساً ، أو أن يكون أحد عظماء الأمة ، ولكنها تأمل أن تراه يكبر بصورة ما وبطريقة ما ليصبح متميزاً بين أقرانه وفوق مستوى الناس العاديين . وتقدم وزوجها قدر استطاعتهما أكبر الفرص ليصبح ناجحاً في حياته. وتتحدد الصفات الوراثية للطفل بمجرد زواج الأبوين ، ولكن تتحكم البيئة الطبيعية لحد بعيد في تفاعله مع تلك الصفات الوراثية التي ينشأ فيها وتتشكل قدراته وأحلامه .

ينبغي على آباء وأمهات المستقبل الذين يعيشون في عروض الحرارة المعتدلة أن يضعوا نصب أعينهم أن قوتهم ونشاطهم الجسماني يمر بدورة على مدار السنة ، تصل ذروتها في الربيع ، ثم تنحدر بشدة خلال حرارة الصيف ، لتتشط ثانية في أثناء الخريف والشتاء . وتأخذ حالات الحمل في التزايد المستمر خلال فصل الشتاء البارد لتصل ذروتها خلال الربيع ثم تتناقص بحدّة لتصل إلى أدنى مستوى لها في منتصف فصل الصيف الحار .

ويحصد الطفل أفضل فرص النجاح إذا كان نتاج حمل حدث في فصل الذروة العديدة لحالات الحمل بصفة عامة في موطنه. ولكن على يقين، أن المجرمين والمختلين عقلياً أيضاً قد كانوا نتاج حمل وقع في الفصل المثالي، إذ أن المسافة الفاصلة بين العبقرية والجنون أو حتى الجنوح العقلي هي دائماً مسافة ضيقة. ويحد اختيارك الجيد للزوج من فرص جنوح أطفالك نحو الخبل أو الجنون، إذ أن الرفيق الصالح في البيئة الأسرية يبعد أطفالك عن الجريمة والجنون. وإذا

كنت تفضلين أقصى درجات الأمان لاعتدال الحالة العقلية لأطفالك، فعليك أن تختاري أقل الفصول خصوبة ليحدث الحمل في أطفالك .

ويعبر ميلز عن الشعور بالكآبة لدى البعض ، إذ كتب :

" ليس الإنسان بمعزلٍ عن التأثيرات السيكولوجية لتغير الطقس مثله في ذلك مثل الحيوانات الأقل منه ، على الرغم من أن غروره المعهود وكبريائه واعتداده بنفسه كلها مشاعر تمنعه من الاعتراف بذلك . ونميل جميعاً إلى إلقاء اللوم على ظروفنا الكئيبة فيما يتعلق بواقعنا المادي وقلقنا من المستقبل، وفي أثناء المشاجرات العائلية فإن كل منا يعتقد يقيناً بأن الطرف الآخر هو المخطئ. ويدعونا التفكير المتعلق إلى إلقاء نظرة على الباروميتر، إذ تتأثر رفاهة الإنسان مثلها في ذلك مثل الحيوانات الأخرى بانحدار الضغط الجوي ومرور العواصف. وفي الأيام المكفهرة، يصبح أفراد الأسرة سريعو الغضب ومن السهل إثارتهم، ويتشاجر الزوج مع زوجته ويعنفها ويصبح الأطفال أكثر عنداً. وكل منا يتذكر الأمسيات الحارة حينما يرجع لبيته شاكياً من أحداث يومه السيئة ليجد أسرته جميعاً على حافة الانفجار من شكواه لانهايار قدرتهم على الاحتمال في ظل هذا الطقس الحار. وكل منا ينظر إلى حالة الغضب التي تعتريه ملقياً باللوم على سوء تصرف الآخرين وعدم استجابتهم لشكواه ومعاناته . وفي مثل هذه الأمسيات أيضاً ، غالباً ما يعاقب الأطفال لأن آباتهم وأمهاتهم متعبين وفاقدين القدرة على الاحتمال ، ولكن لا ننكر في نفس الوقت أن الأطفال يصبحون مشاكسين في تلك الأمسيات " .

وهناك مثال أخير عن الأحداث التاريخية وعلاقتها بالطقس ، إذ كتب ميلز :

" إن لدرجة حرارة الهواء تأثير في العديد من الأحداث عبر التاريخ البشري . فقد تمرد الناس ضد ظلم الاستبداد حينما ينتزع الطغاة والمستبدون محصولهم بالقوة في أثناء السنوات الباردة خاصة تلك التي تعقب فترات حارة طويلة تذهب بحيويتهم وبنشاطهم. وتعتبر الثورة الفرنسية في حد ذاتها صورة لهذه القاعدة الخاصة بحرارة الجو. ولم يكن تسجيل درجة الحرارة متاحاً في باريس في القرن الثامن عشر والنصف الأول من القرن التاسع عشر ، ولكن في مدينة زوانبيرج Zwannenberg { على مسافة ٣٠٠ ميل شمال باريس } إذ تحسب المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة من الرصد الجوي الذي يرجع إلى سنة ١٧٤٣ م . وعلى مدار ٣٤ سنة من ١٧٥٠ - ١٧٨٣ م ، تميزت ٨ سنوات متفرقة بانخفاض المعدل

السنوي لدرجة الحرارة بما لا يزيد عن جزء من الدرجة عن المعدل السنوي العام . وبدأت فترات البرودة منذ سنة ١٧٨٤م ،وقد طالت لتبلغ أدنى مستوياتها ١٩٨٧ . وقد انفجرت الثورة الفرنسية في نفس العام . وخلال ٣٣ سنة بداية من ١٧٨٤ ، تميزت ٧ سنوات متفرقة بارتفاع حرارتها مقارنة بالمعدل العام . وهكذا تمثل الثورة الفرنسية وفترة حكم نابليون فترة البرودة الوحيدة على مدار قرن من الزمان " .

وتقدم مثل تلك الملاحظات عرضاً بسيطاً لتفسير السلوك البشري الذي يمكن أن يعتد به كحقائق علمية . وقد تعتبر بمثابة مصطلحات حتمية قد تثبط تطور الأبحاث الصارمة - في دقتها - التي ترتبط بتأثير المناخ في النشاط العقلي . ولحسن الحظ ، يلاقي هذا المبحث اهتماماً بالغاً في السنوات الحديثة .

وهناك مثال جيد للعلاقة بين الطقس والمناخ وبين الانتحار . إذ أن هناك آراء ومحاضرات تحمل في طياتها وجود علاقة سببية بين الظروف الجوية والانتحار . وقد قام عدد من الباحثين بحصرها وتحليلها إحصائياً . وتتضمن بعض الأفكار ما يلي :

- تأثير دوائر العرض (وأغلبها يحدث في العروض الوسطى بسبب الإجهاد العقلي)
- مرور الجبهات (تؤدي إلى الاكتئاب الذي قد يقود للانتحار)
- شدة الرياح (قد لاحظ البعض زيادة معدلات الانتحار حينما تزيد سرعة الرياح)
- التساقط (يعتقد أن معدلات الانتحار تنخفض لأدنى مستوياتها في المناخ الرطب ، وتنخفض جزئياً في الأيام الضبابية)

وقد تم حصر تلك الملاحظات من المادة العلمية التي نشرت خلال الفترة الزمنية من ١٩٠٠ إلى ١٩٣٠ م ، وتدعو هي في مجملها للتأمل . وقد ظهرت بعض الأبحاث الدقيقة في السنوات المعاصرة ، ومن أفضلها ما نشره بوكورني Pokorny ، وديفيز Davis ، وهاربرسون Harberson معاً ١٩٦٣ . وقد شرحوا كيفية الوصول لنتائج من خلال التحليل الإحصائي ، كما أوضحوا ما نحتاجه لعلاج تلك المشكلة . وقد ركزت هذه الدراسة على معدلات الانتحار في هستون ١٩٦٠ باستخدام معامل الارتباط .

معامل الارتباط الحقيقي مع		معامل الارتباط الظاهري مع		عنصر الطقس
الانتحار	الانتحار	الانتحار	الانتحار	
٠,٢٠	٠,٠٧	٠,٤١	٠,٢٥	درجة الحرارة
٠,٢٠	٠,٢٢	٠,٦٣-	٠,٥٤-	سرعة الرياح
٠,٤١	٠,٠٨-	٠,٧٨-	٠,٩٣-	اتجاه الرياح
٠,٠٥-	٠,٠٣-	٠,١٦	٠,١١	الضغط البارومتري
٠,٠٦	٠,١٠	٠,٦٣	٠,٥١	الرطوبة النسبية
٠,١٣-	٠,٠١-	٠,٦٥	٠,٥٨	الرؤية
٠,١٨	٠,٠١	٠,١٨	٠,٢٥	ارتفاع السحاب
٠,٠٢	٠,١٢-	٠,٤٨-	٠,٥٢-	المطر
٠,١٥-	٠,١٧	٠,٨٨-	٠,٨٦-	الضباب
٠,٠٢	٠,٠٠	٠,٩٨-	١,٠٠- **	العواصف الرعدية
٠,٢٤-	٠,٣٣	٠,٥٢-	٠,٣٩-	الغيوم

المصدر: Pokorny et al. ١٩٦٣.

وقد تم حصر جميع حالات الانتحار وحالات الشروع في الانتحار من سجلات مكتب بوليس هستون خلال ١٩٦٠ م. وقد تم مراجعة كل حالة من حالات الانتحار التي بلغت ٩١ حالة وحالات الشروع في الانتحار التي بلغت ٤٠٠ حالة وتدوينها وفق توقيت وتاريخ حدوثها. وفي حالة تعذر تسجيل الحالة خلال ٣ ساعات فقط من حدوثها، يتم تجاهلها تماماً من التسجيل والتحليل. ومن ثم، فقد اشتملت القائمة النهائية على ٦٧ حالة انتحار و٣٧٣ حالة شروع في الانتحار. وقد سجل العدد الأكبر من تلك الحالات في توقيت حدوثها بدقة. وقد كان تسجيل تلك الحالات بساعة حدوثها وليس باليوم فقط.

وقد اعتمدت الدراسة على بيانات ١١ متغيراً من ضمن عدد كبير من عناصر الطقس والمناخ وتم تسجيلها ساعياً. وهذه العناصر هي: درجة حرارة الترمومتر الجاف - سرعة الرياح - اتجاه الرياح - الضغط الجوي - الرطوبة النسبية - مدى الرؤية - ارتفاع السحب - المطر - الضباب - العواصف الرعدية - الغيوم. وقد استخدمت هذه الدراسة بيانات تلك العناصر خلال ساعة حدوث الانتحار أو الشروع فيه.

وقد اتضحت بعض المؤشرات من تحليل العلاقة الارتباطية كما في جدول (١٠-٣) . وقد توصلت هذه الدراسة إلى وجود علاقات ارتباطية واضحة بين الانتحار وبين: العواصف الرعدية (١،٠-)، واتجاه الرياح (-٠،٩٣)، والضباب (-٠،٨٦) . ولم تتوقف الدراسة عند هذه العلاقات الإحصائية فقط، لكنها كانت تهدف إلى إثباتها والتحقق منها وتحليل مدلولها . فقد أتضح أن، هذه العلاقة السلبية القوية بين الانتحار وبين العواصف الرعدية تفسيرها الحقيقي يكمن في اختفاء حدوث هذه العواصف في أثناء ساعات حالات الانتحار التي بلغت ٧٦ حالة. وقد تحقق فريق العمل من أنه خلال فترة ما من السنة، تختفي بعض عناصر الطقس خاصة تلك التي لا تستمر على مدار فصول السنة (مثل العواصف الرعدية والغيوم وغيرها) . إذ قد تحدث فجأة وصدفة بعض متغيرات الطقس مثلها في ذلك مثل بعض حالات الانتحار. وقد أستنتج الفريق ضرورة تجنب بحث العلاقات الارتباطية بين مثل هذه الحالات النفسية وبين عناصر جوية لا تنتزع بالضرورة على مدار شهور السنة . ومن منطلق التقويم العام، يمكن القول بأن هناك بعض ساعات محددة من أيام السنة قد تحمل قيمة معينة وقد يصبح الاعتماد عليها مضللاً. ويبدو واضحاً من هذه الدراسة أن النتيجة المؤكدة هي اختفاء وجود علاقات ارتباطية قوية. إذ فشل فريق العمل في أثبات وجود ارتباط بين الانتحار والأحوال الجوية السائدة.

الملخص والاستنتاجات

إن التحقق من تأثير الطقس والمناخ في حياة الإنسان وسلوكه قد مر بتاريخ طويل . ولسوء الحظ ، حتى الأبحاث المعاصرة بمبادئها الحتمية الصارمة لم تتوصل إلى نتائج محددة . وبالرغم من هذا التاريخ الضبابي ، فإنه لا مجال للشك في تأثير البيئة الجوية في جسم الإنسان ووظائفه . حتى وفي ظل عدم تحديد درجة التأثير في الحالة العقلية، فإنه لا يمكن الجزم بوجود هذه العلاقة .

ويمكن القول بأن، الجزء المؤكد في هذا المبحث حقيقة العلاقة الفصلية بين المناخ وبين انتشار الأوبئة والحالات المرضية والوفيات أيضاً. إذ أن هذه العلاقة موجودة بالفعل، ولكن مازال حولها العديد من علامات الاستفهام. ويمكن لكل منا أن يراجع بيانات المستشفيات في بيئته المحلية ويربطها ببيانات الطقس ليتأكد بنفسه إلى أي مدى تتطابق بيئته مع النماذج العالمية.

توطئة

يتطلب فهم وإدراك الأحداث المستقبلية فهماً جيداً معرفة تفاصيل الحاضر والماضي . إذ أنه من الثابت وجود علاقة واضحة بين التنبؤات المناخية ، وبين المكون الرئيسي للدراسات المناخية ، ألا وهو إعادة إستقراء المناخات الماضية . وسيناقش هذا الفصل عدداً من أشكال تفسير بعض المفاهيم المناخية في الماضي .

مقدمة

تزودنا الرسومات الثلاثة في الشكل (١١-١) بتفاصيل أساسية عن التغير المناخي على مدار ملايين من السنوات الماضية . إذ يوضح الشكل (١١) معظم المناطق حديثة العهد بالعصر الجليدي خلال الحقبات الجيولوجية . ويتضح أن متوسط الحرارة العالمية في أغلب العصور الجيولوجية كان أعلى مما هو عليه اليوم . وخلال العصر الجليدي البلايستوسيني وكذلك خلال الفترة التي أنحصر الجليد فيها ليقع ضمن حدود المواقع القطبية الحالية ، قد كانت المناخات أبرد مقارنةً بالمناخات التي مرت بها الأرض عبر تاريخها الجيولوجي . وإذا ما حاولنا التنبؤ بالاعتماد على النماذج أو الأشكال الماضية ، فربما يمكن أن نتوقع أن يعود الدفء للأرض ثانية . وحينئذٍ تصبح المشكلة الملحة هي كيف كان العالم قبل حدوث الفترة الدفينة الأخيرة ، وكيف تؤثر ظروف تلك الفترة القصيرة على الإمداد بالطعام للنمو السكاني العالمي .

هذا وسيستمر الجدل حول التنبؤات المناخية الخاصة بتلك الفترات الطويلة . هل الدفء النسبي الذي حدث منذ ٥٠٠٠ سنة مضت يشير إلى انتهاء العصر الجليدي؟ هل تعتبر العصور بينجليدية Interglacial time هي فترات تمتد بين فترتين أشد برودة؟ وتظهر هذه الاختلافات في الشكل (١١-١ب) ، حيث يتضح أن عصر البلايوستوسين لا يمثل فترة يتقدم ويتقهقر الجليد خلالها فقط ، ولكنه يتضمن عدداً من فترات تقدم الجليد واتساعه وأخرى دافئة يطلق عليها فترات بينجليدية . وتعتبر تلك الفترات بينجليدية عبارة عن تقلب " تذبذب " درجات الحرارة

عبر العصور ، لتمثل ظروف معتدلة أو تميل للدفء محصورة بين ظروف حرارية أبرد . ومنذ التراجع الأخير للقطبات الجليدية Ice Cap " غطاءات الثلج الدائم " وذلك التذبذب في درجات الحرارة ، يمكن تحديد تكرارية تلك الاختلافات . وتتضح هذه الاختلافات في شكل (١١-١ ج). ويظهر في هذا القرن " القرن العشرين " ، وخلال إل ٤٠ سنة الأولى الدليل على زيادة الدفء الحراري . وتوقف هذا الاتجاه في سنة ١٩٤٠ تقريباً، واتجهت درجة الحرارة نحو الانخفاض المتتابع كما يتضح في شكل (١١-٢).

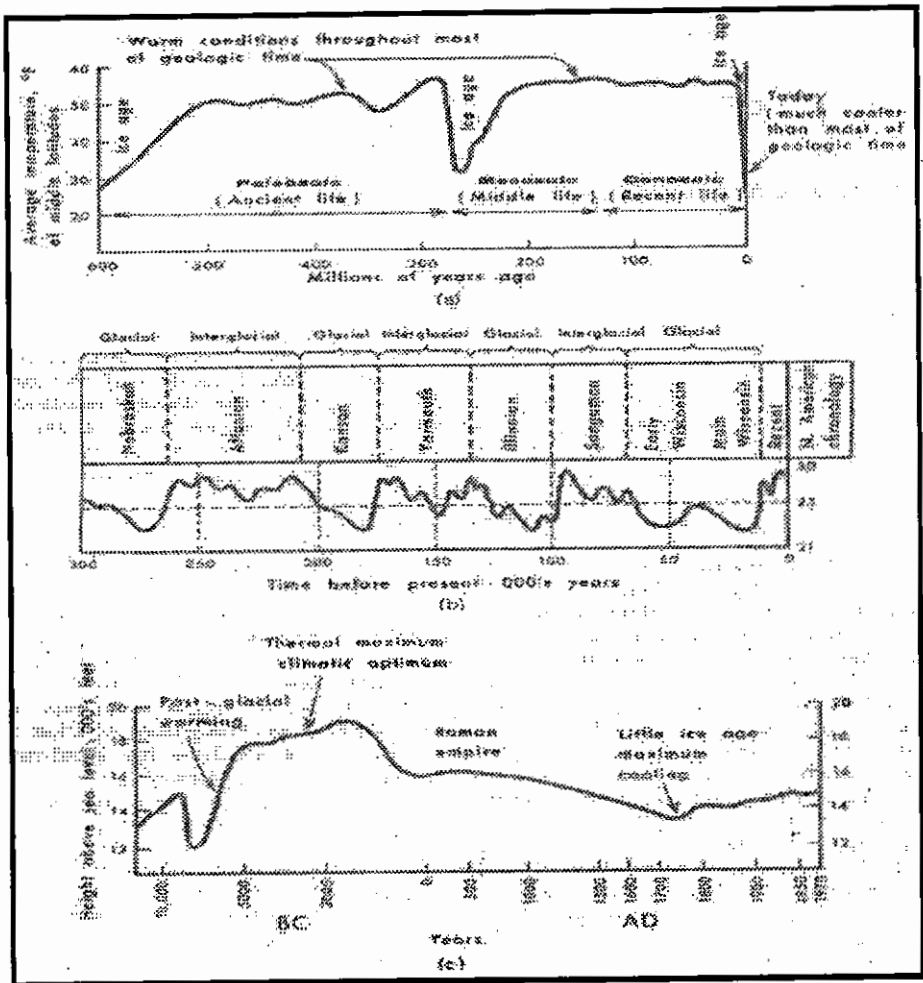
وتعطي هذه الصورة للمناخات الماضية ، مغزى وأهمية للتنبؤ بالأحداث المستقبلية ، والسؤال الذي يتبادر للعقل مباشرة ماهية تلك البيانات التي يمكن الحصول عليها ؟ وواقعياً ، إن بيانات الوقت الحاضر، لم تكن في معظمها مستمدة من قياسات أجهزة الرصد التي يرجع التوسع في استخدامها إلى حوالي إل ١٠٠ سنة الأخيرة . وفي الواقع ، قد أعيد التأسيس لبناء تصور عام عن طبيعة المناخ منذ العصر الكمبري من خلال الأبحاث الاستكشافية التي تحتاج للجهد والمثابرة . هذا، وهناك العديد من الأدلة التي تستند على علاقة المناخ بالعمليات البيئية الأخرى، وأن اكتشاف إحدى النظريات التي تخدم أي منهما " المناخ - البيئة " قد يفيد ويرتبط بالأخرى أيضاً. ولتوضيح جوانب البحث فيما يتعلق بإعادة التأسيس المناخي Climatic Reconstruction ، يعرض هذا الفصل العديد من الطرق والأساليب المستخدمة لتتبع التاريخ المناخي Climatic History للوصول لنتائج محددة من تلك المقدمات المعروفة . وجدير بالذكر أن ، هذا الفصل لا يقدم تغطية كاملة لتلك الأساليب ، ولكنه يقدم بعض الأبحاث الساحرة الشيقة .

شكل (١١-١) التغيرات المناخية العامة على مدار ٦٠٠ مليون سنة

أ: درجات الحرارة أكثر ارتفاعاً مما كانت عليه في الوقت الحاضر على مدار العصور الجيولوجية

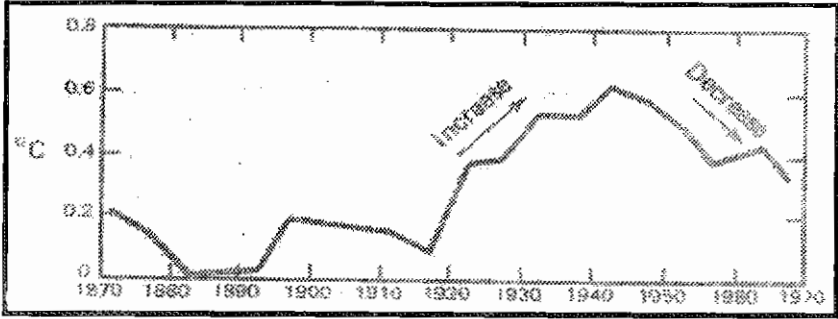
ب: حدوث الفترات الجليدية وبينجليدية خلال البلايوسين

ج: التغيرات في ارتفاع خط الجليد في المناطق الجبلية خلال ١٠,٠٠٠ سنة الأخيرة



شكل (١١-٢) التغيرات المناخية الحديثة في نصف الكرة الشمالي

تمثل قيم درجة الحرارة اختلاف درجة الحرارة عن متوسطها خلال الفترة
بالدرجات المئوية ١٨٨٤/١٨٨٠



الأدلة الجيومورفولوجية

تقدم لنا دراسة طبيعة عمليات التحول على سطح الكرة الأرضية فكرة أولية عن اختلاف المناخ عبر الزمن خاصة ما يتعلق ببقاء العصور الجليدية واستمرارها. وربما من أوائل الباحثين وأوسعهم شهرة هو العالم السويسري لويس أجازيز Louis Agassiz الذي صاغ هذه الأفكار وبدأ أبحاثه في مطلع القرن التاسع عشر.

وقد كانت بداية أبحاثه في سويسرا ، حيث لاحظ أجازيز Agassiz بما لا يدع مجالاً للشك أن الأودية تأخذ شكل حرف (U) أكثر من كونها تأخذ الشكل المعتاد التقليدي للأودية النهرية وهو شكل حرف (V) . وقد لاحظ من قبله آخرون غيره نفس الشيء ، وكان تعليقهم بأن شكل حرف (V) يرتبط في الواقع بالأنهار الصغيرة ، أي تلك الأنهار التي لم تصل بعد إلى الحد الذي يمكن معه أن نطلق عليها أنهاراً . وقد كان تفسيرهم ذلك يرتبط بالفيضان الخاص الذي يتميز بالنشاط الجارف الذي حدث في العهد القديم Old Testament . وقد استنتجوا أن الأودية الضخمة قد تعرضت للتعرية وتآكلت بفعل العديد من الجداول المائية الأكبر التي حدثت أثناء ذلك الفيضان .

وقد أستشهد أجازيز على ذلك بوجود مجموعة جيلاميد ضخمة نقلت من مناطق بعيدة ووجدت بين إرسابات أخرى أدق وأصغر حجماً . ويطلق على هذه

الجلاميد الصخور الضالة " المهاجرة " التي جرفها ذلك الفيضان بعيداً. وقد تساءل بعض الجيولوجيون عن مبررات تناثر هذه البقع الصخرية الصادمة ، وقد توصلوا إلى أن القوى التي شكلت تضاريس الوادي وجمعت كتل الجلاميد الضخمة يمكن أن تنتج فقط عن أنواع من العمليات يمكن تحديدها فقط من خلال البحث في الوقت الحاضر ، وعليه ، فقد استقروا على أن بعض العمليات في الوقت الحاضر قد تصبح بمثابة مفتاحاً لما حدث في الماضي . وبناءً على ذلك ، فقد اعتقدوا أن تلك الصخور الضخمة الضالة التي تشتت في العديد من مناطق العالم تراكمت بفعل الجليد ، وقد استندوا في أفكارهم تلك على ملاحظاتهم في ميدان العمل ، حيث استنتجوا أن هذه الركامات تم جرفها وترسيبها بفعل جبال الجليد التي تطفو فوق بحر متسع كون فيما بعد الغطاءات الإرسابية التي تغطي مساحة واسعة من أوروبا . وقد اقتنعوا استناداً على نفس المصدر فيما يتعلق بأسباب جرف كتل الجلاميد الضخمة ، بأن الإرسابات الدقيقة المختلطة بكتل الجلاميد الضالة قد جُرفت أيضاً بفعل ذوبان جبال الجليد .

وبدأ ذي بدء ، فقد أقتنع أجازيز بأن نظرية الجبال الجليدية أفضل تفسير للصخور الضالة ، ولكنه في أثناء عمله الميداني هذا ، قد تقابل مع باحثين آخرين لديهم أفكاراً وأراءً مختلفة . ومن أمثال هؤلاء جان دي كاربنتيير Jean de Charpentier وإيجنس فننيز Ignace Venetz حيث درساً لانديسكيب جبال الألب السويسرية واقتنعوا بأن الثلجات الجليدية Glaciers التي شاهدها معاً قد كانت في يوم من الأيام أكثر اتساعاً ، وعليه ، فهي تتحمل الدور الأكبر في تشكيل الأودية وأشكالها ، وإرساباتها من الركام الجليدي والصخور الضالة . وقد اعتمد كلاهما عند رسم هذا التصور على معرفة ودراية سكان الجبال Mountain People الذين يعيشون جزء من السنة على الأقل فوق مستوى خط الأشجار Mountain Tree Line في تلك الجبال ، حيث يشاهدون الثلجات الجليدية والأراضي المتاخمة والمحيط بها . وفي الواقع ، فقد تجاوب جان بير Jean Perrier ذلك البدوي الجبلي Peasant Mountaineer بدون شك مع كل من جان دي كاربنتيير وإيجنس فننيز وساعدهما في الوصول إلى استنتاجهما بأن تلك الثلجات هي مفتاحهما لفهم الأرض الذي يعيش عليها . حيث لاحظ على سبيل المثال ، بأن العديد من الصخور المكشوفة فوق سطح الأرض عليها العديد من العلامات والخدوش ، وأنها تصطف في اتجاه الوادي . وقد استنتج أن تلك العلامات قد نحتت بفعل تحرك الجليد فوق تلك الصخور " بفعل التعرية الجليدية " . ووفقاً

للمخزون المعرفي في وقتنا الحاضر ، فإن تلك الحزاحات أو الخدوش تنتج عن تحرك الجليد فوق الأساس الصخري Bedrock ، وأن وجودها دليلاً جيداً لتحديد الاتجاه الذي سلكه الجليد . ولا مجال للشك في كون ساكني جبال الألب قد لاحظوا أن الركامات الجليدية التي تمتد عند نهايات " هوامش " الثلجات الجليدية تشبه مثيلتها التي تقع على مسافة ما من تلك الثلجات الجليدية . ونستنتج بدون عناء التفكير أن تلك المفتتات الإرسابية التي تمتد على شكل صفوف ، قد تشكلت بفعل حركة الجليد ، وهي ما يطلق عليه الركامات الجليدية .

وقد ساعدت هذه الأدلة المتراكمة لدى العالم أجازيز أن يعلن عن نظريته المتكاملة عن اتساع التجمد قبل غيره من المشاهير أو أصحاب السلطات الرسمية . وفي يوليو ١٨٣٧ ، مُنح أجازيز موقعاً رسمياً في المجتمع السويسري في علوم الطبيعة Natural Sciences . وقد توقع الجمهور في إحدى محاضرات أجازيز للإعلان عن نظريته ، أن تكون حول حفريات الأسماك ، ذلك المجال الذي نال فيه أجازيز احتراماً كبيراً وشهرة واسعة . وبدلاً من ذلك ، تحدث أجازيز عن الثلجات واتساعها كثيراً مقارنة بمواقعها الحالية . وقد أستنتج أن غطاءات الجليد العظمى قد امتدت من القطب الشمالي حتى البحر المتوسط وأن الصخور الضالة

Erratics والركامات الجليدية Moraines والحزازات Striations والخدوش التي يمكن رؤيتها في الأراضي السويسرية هي نتيجة لفعل الثلجات . ومن هنا ولدت فكرة العصر الجليدي Ice Age . ويبدو على نحو ما ، أنه حتى القرن التاسع عشر كانت فكرة تجمد معظم اليابس فكرة مقبولة .

وقد ظهرت نتائج التعرية والإرساب الجليدي بوضوح في مساحات واسعة من نصف الكرة الشمالي . ويوضح شكل (١١-٣) صورة واقعية لمساحة من جبال الألب قد تعرضت للتعرية الجليدية . وقد شكلت هذه التعرية الجليدية العديد من مظاهر السطح منها: المقطع العرضي للأودية على شكل حرف (U) - الأودية المعلقة Hanging valleys - الأقواس الجليدية Cirques - السيف الجلي Arete ، الأحواض المعلقة Hanging Troughs، و تشير هذه ظاهرات في مجملها إلى ممارسة وفعل الجليد " نشاط الجليد Ice Activity " . وتختلف مظاهر السطح التي شكلتها التعرية الجليدية اختلافاً واضحاً فيما بين يابس القارات وبين مثيلتها في جبال الألب . أما مظاهر السطح التي ترجع إلى عملية الإرساب الجليدي مثل توزيع مواقع الركامات النهائية Terminal Moraine و الصخور الضالة Erratic rocks ، فقد تمت دراستها تفصيلاً على اعتبار كونها ظاهرات

تضاربية تشكلت بفعل الجليد وحركاته . وتعتبر ظاهرات النحت Erosion Features : الركامات الجليدية ، بالميلاد. ليد المعقدة ، وغيرها أدلة مماثلة لما تقدمه ظاهرات الإرساب بفعل التعرية الجليدية .

وبينما تعتبر نتائج دراسة الجليد وسيلة تفسيرية أولية على قدر كبير من الأهمية ، إلا أن الثلجات الجليدية في حد ذاتها تعد مقياساً لتخمين ظروف التساقط ودرجة الحرارة السائدة في ذلك العصر . ويستخدم تقدم الثلجات وتراجعها في تفسير التغيرات المناخية عبر تلك الحقبات التاريخية . وهناك أدلة تفيد بانكماش الثلجات منذ حوالي ٣٠٠٠ سنة قبل الميلاد ، كما أن مستوى الجليد في جبال الألب كان أكثر ارتفاعاً عن مستواه الحالي ب ١٠٠٠ قدم على الأقل مقارنة بمستواه الحالي . كما حدث تقدم واضح للثلجات تبعه تراجع منذ حوالي ٥٠٠ سنة قبل الميلاد . وفيما بين القرن السابع عشر والقرن التاسع عشر ، قد حدث انبعاث ونشاط جديدين أمكن ملاحظتهما في جبال اسكندينايفيا . ويعتبر القرن العشرين هو قرن التفهقر الكبير في الثلجات الجليدية ، على الرغم مما نلاحظه من كونه يمثل مرحلة بيئية فيما بين تقدم واتساع الثلجات وانكماشها وتراجعها .

وعلى أية حال ، تعتبر المظاهر المرتبطة بالجليد في حد ذاتها دليلاً جيومورفولوجياً يؤخذ في الاعتبار فيما يتعلق بالعصور الجليدية . هذا ، ومما يذكر أن المناطق التي لم تتعرض للتأثير المباشر للغطاءات الجليدية قد شهدت اختلافات مناخية واضحة مقارنة بمناخها الحالي . حيث أن هناك بعض المناطق التي تتميز حالياً بالجفاف التام ، قد شهدت مناخات أكثر رطوبة كنتيجة للتحويلات والتعديلات في نماذج الدورة العامة للغلاف الجوي . وعلى سبيل المثال ، فإن العديد من الأحواض الداخلية كانت تشغلها بحيرات واسعة كنتيجة لزيادة كمية التساقط . حيث تم حصر عدداً من البحيرات يُطلق عليها بحيرات المطر الغزير Pluvial Lakes لكونها تكونت بالفعل نتيجة غزارة كمية التساقط في العصور الأولى.

ويوجد في القسم الغربي من الولايات المتحدة الأمريكية وتحديدًا في منطقة الحوض العظيم أمثلة نموذجية لاتساع تلك البحيرات. حيث أحصى في هذه المنطقة نحو أكثر من ١٢٠ بحيرة من المحتمل تكونها أثناء عصر البلايوستوسين ، و تصنف كل من بحيرة بوننيفيل Bonneville وبحيرة لاتونان latontan كبحيرات جليدية ضخمة . وقد بلغت بحيرة بوننيفيل في أقصى اتساعها ١٩٠٩٤٠ ميل ويعادل ذلك حجم بحيرة مونتسجان . ويعتبر الامتداد العظيم لبحيرة بوننيفيل في العصر

الحديث من الأدلة التي تتمثل في المسطحات الملحية والشواطئ الانحسارية strandlines ، حيث تشير تلك المناطق الشاطئية إلى مستويات اتساع البحيرة . وقد كان من الطبيعي لمثل تلك البحيرات أن تعدل أنظمة تصريفها ، فضلا عن كون شكل البحيرة وفيضانها الأخير قد تبعه اتجاه تصريف جديد ومختلف كليا .

شكل (١١-٣) صورة واقعية لوادي جليدي في الأراضي السويسرية تظهر الظاهرات المرتبطة بالتعرية الجليدية في جبال الألب



ويبرهن ارتفاع مستوى المياه الذي نجده على طول خط الساحل على تغير مستويات البحر كجزء أساسي من تكوينات الفترات الدفيئة والباردة . ويستلزم تتبع

التغير في مستوى منسوب سطح البحر ما هو أبعد من الاعتماد فقط على الاستقصاءات الجيومورفولوجية لكشف ما حدث ، بل يستلزم أيضاً استخدام أساليب ووسائل تحليلية أخرى .

ويمكن أن يحدث تغيراً في مستوى منسوب سطح المحيطات حينما يتغير حجم المياه أو حجم أحوض المحيطات سواء بالزيادة أو النقصان . ويرتبط حدوث أي من تلك الحالتين بالعديد من العوامل ، ولكن أكثرها شيوعاً تراكم الإرسابات في قيعان هذه المحيطات أو اندفاع الصخور النارية " اللافا البركانية " إلى المحيطات ، ويستغرق ذلك فترات زمنية طويلة للغاية . أما التغيرات السريعة فتنشأ غالباً عن التراكم الهائل للرواسب وذوبان الثلوج . ويعتقد البعض بأنه - في وقتنا الحاضر - إذا حدث ذوبان في الغطاء الجليدي لقارة أنتاركتيكا سيستبعه بالضرورة زيادة هائلة في كمية المياه ، ومن ثم يرتفع مستوى منسوب سطح البحر ٦٠ متراً (٢٠٠ قدم) فوق مستواه الحالي . وعلى أية حال ، فإن ذوبان الثلوج التي تغطي مساحة واسعة من اليابس ، يكون مصحوباً بحدوث توازن للقشرة الأرضية حيث ترتفع اليابس ، بينما يقابلها هبوط في قيعان المحيطات كنتيجة لوزن المياه المضافة إليها . وحتى مع الإقرار بحدوث ذلك ، فإن ذوبان الجليد الأنتاركتيكي سيؤدي إلى ارتفاع مستوى منسوب سطح البحر ٤٠ متراً (١٣٥ قدم) ، ويعد هذا كافياً لحدوث فيضانات تغطي معظم أجزاء العالم .

ويعد ارتفاع وانخفاض مستوى منسوب سطح البحر خلال عصر البلايوسينين مؤشراً ودليلاً على قدر كبير من الأهمية فيما يتعلق بالأحداث الجليدية وبينجليدية . حيث تشير مناطق الشواطئ المغمورة " الغاطسة " والشواطئ المرفوعة " البارزة " والآثار البحرية في مجملها إلى كمية المياه التي تجمدت لتصبح في صورة جليد ، وغيرها من الظواهر بمثابة الدليل على تقدم الثلجات وتقهقرها .

الأدلة الحفرية

تمدنا دراسة الحياة الماضية على سطح الأرض بالكثير من المعلومات عن الظروف التي كانت موجودة في يوم ما . وتستخدم كل من النباتات والحيوانات الحفرية على نطاق واسع في استعادة الظروف الأيكولوجية الماضية ، إذ تفيدنا كثيراً في معرفة المناخات التي كانت تعيش فيها تلك الكائنات الحية .

دليل الحقبات

تستخدم حفريات الحيوانات اللافقرية Invertebrate Fossils على نطاق واسع في معرفة التتابع الجيولوجي للصخور لكونها تدل على المناخات الماضية . وبينما الوضع كذلك ، فإنه لا بد من الحذر لأنه من الممكن أن تنتهي إلى استنتاجات متحيزة من أدلة منقوصة . ويمكن أن ينطبق هذا على الحيوانات اللافقرية لأن الكثير من أصنافها تعيش في المياه العذبة أو المياه المالحة ، ولا تتأثر بصورة مباشرة بمناخ الغلاف الجوي للبحار أو البحيرات أو الأنهار التي تعيش فيها حيث تصبح هذه المياه بمثابة عازل يفصلها عن الظروف المناخية المحيطة . ونلاحظ أن انتقال الحرارة في المسطحات المائية ، على سبيل المثال ، يمكن أن يوفر دفء نسبي لمياه المحيطات مقارنة بيباس القارات ، ويؤثر ذلك بالتأكيد في الحياة البرية في المنطقة .

بينما يمكن الاستفادة من التركيب الفسيولوجي للحيوانات الحفرية الذي لا يختلف عن مثيله في الأخرى الحديثة في تقدير وتحديد المناخات القديمة ، إذ أمكن التوصل للكثير من المعلومات من التركيب الكيميائي للكائنات الحية اللافقرية . ومن الجدير بالملاحظة في هذا المجال ما قام به العالم أوري H.C.Urey من تحديد عمر النظائر .

إن للأكسجين ثلاثة نظائر ، O^{16} و O^{18} ، و O^{17} ، بالإضافة إلى أكسجين O^{16} (الأعلى) مقارنة ب ٩٩,٧% من جميع جزيئات الأكسجين . وقد قدم أوري ١٩٤٧ ورقة بحثية معنية بسرعة اختفاء نظائر الأكسجين المختلفة حينما تتبخر المياه . وقد وجهت هذه الدراسة أوري ومن بعده إيميلاني Emiliani إلى استخدام تلك الملاحظات في تحديد درجة حرارة المياه التي عاشت فيها الكائنات العضوية الحفرية . وقد اعتمدت هذه الطريقة بشكل أساسي على الوفرة النسبية للنظير O^{18} في الكائن الحي، وكميته تحدهما النسبة بين $O^{18} : O^{16}$ في المياه التي يعيش فيها الحيوان . وتعد هذه وظيفة درجة حرارة المياه .

ويمكن معرفة معدلات النظائر وتحديد مستوياتها من خلال استخدام الأصداف الحديثة التي كانت تنمو تحت ظروف حرارية معروفة . وقد أمكن التغلب على المشاكل النهائية التي تواجهنا لوضع النظرية محل التطبيق العملي بواسطة تطوير الأجهزة الدقيقة . أولا : تسمح هذه الأجهزة المتاحة فقط بوجود ٠,٢% اختلاف في النسبة بين $O^{18} : O^{16}$ ، ويقدر ذلك بمدى يعادل ١٨ ف (١٠م) . ولانتقال بهذه الطريقة لحيز التطبيق العملي، فأنا نحتاج إلى ١,٨ ف (١٠م) لتوضيح الاختلافات في درجة الحرارة ، ويستدعي ذلك توفير الأجهزة اللازمة

للقياسات العلمية الدقيقة . وتتضمن هذه الطريقة تسخين الأصداف إلى درجة حرارة مرتفعة ثم تعالج بحمض الفوسفوريك . ويتم تحليل ثاني أكسيد الكربون باستخدام مقياس الطيف Spectrometer للغاز ، ومن ثم تحديد النسبة بين نظائر الأكسجين .

وتلعب دراسة النظائر دوراً بالغ الأهمية في البحث الذي أكمله CLIMAP (Climate: Long – range investigation , Mapping and Prediction) . وقد كانت تهدف الدراسة التي قام بها CLIMAP ١٩٧٦ بحث التغيرات في الغلاف الجوي / المحيطات على مدار المليون سنة الماضية للحصول على معلومات أولية عن مسببات الاختلافات المناخية وكيفية التنبؤ بالتغيرات المناخية . وتتنحصر المفاتيح التي تركز عليها CLIMAP للحصول على البيانات بشكل جوهري ومحوري على طبقات الطين التي تغطي قيعان المحيطات .

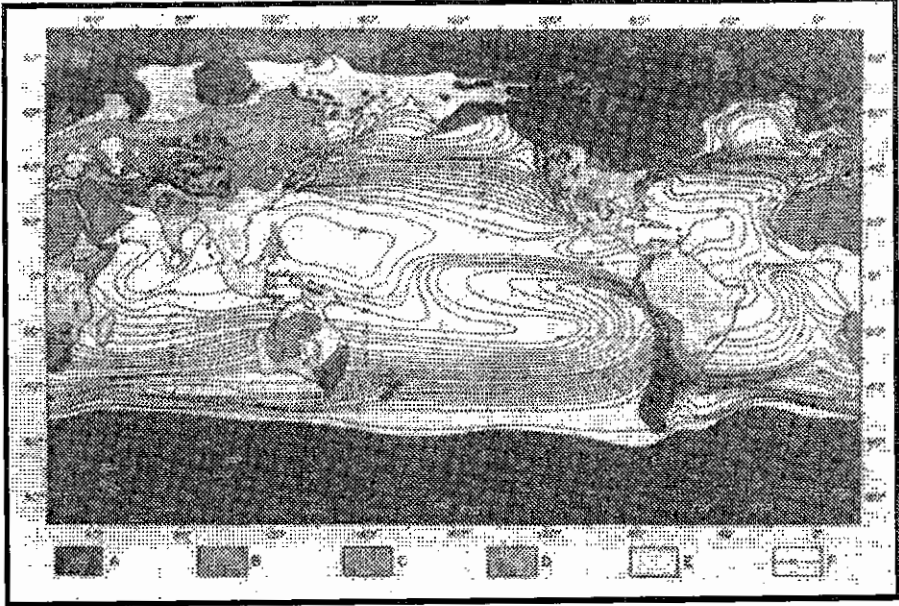
إذ تحتوي تلك الطبقات الطينية في قيعان المحيطات على بلايين من بقايا الهياكل العظمية الميكروسكوبية المختلطة بمادة البلاكتون . إذ أن الكائن الحي حينما يموت ، فإن بقاياه تسقط في أعماق المحيط لتختلط بتلك الطبقات الطينية . وبما أن الكائنات الحية الدقيقة تتكيف مع درجة الحرارة ، فإن كل سلالة منها تعيش تحت ظروف مناخية محددة في سطحها المائي ، فإذا حدثت تغيرات في المناخ ، فإنها تنزح إلى البلاكتون حيث يصبح تكيفها أفضل من التكيف مع الظروف المناخية التي استجدت عليها . وهكذا ، تصبح الحفريات المختلطة بالطبقات الطينية بمثابة سجل للتغيرات في درجة حرارة المحيطات / الغلاف الجوي فوق تلك المحيطات . ولكي نتمكن من أخذ عينة من هذه الطبقات المنتظمة والمتتابعة، فإنه لا بد من أخذها من قلب هذه الطبقات على عمق يبلغ ١٠٠ قدماً في قاع المحيط. هذا ، ويعتبر تحليل نويات هذه الطبقات مهمة شاقة حيث يتراوح عدد السلاطات من ٢٠ - ٥٠ سلالة ، بل ويرتفع في بعضها إلى ٥٠٠ سلالة في البوصة الواحدة من هذه النويات التي تمثل قلب تلك الطبقات الطينية في أعماق المحيطات .

وقد أمكن تحديد الزمن الذي تم خلاله ترسيب الكائن الحي بواسطة تحليل كربون ١٤ ، ويرتبط ذلك واقعياً بكون الهيكل العظمي يحتوي على كل من الكربون الأولي والأثر الميكروسكوبي الدقيق لنظير كربون ١٤ . إذ يبقى نصيب كربون ١٤ إلى الكربون الأولي (كربون ١٢) ثابتاً طالما الكائن العضوي حياً . وحينما يموت الكائن، يبدأ كربون ١٤ في التحلل، ومن معرفة النسبة بين كربون ١٢ وكربون ١٤ ، يمكن تحديد عمر الصدفة.

هذا، ومازلت نظائر الأكسجين تستخدم في التحليلات بهدف تحديد عمر الكائن الحي. وكما لاحظنا من قبل ، أن الأكسجين الأثقل O^{18} يختلط مع الأكسجين العادي O^{16} . وإذا يمثل أكسجين ١٦ نسبة مرتفعة من الجليد لدرجة أنه إذا كانت هناك كمية كبيرة من أكسجين ١٦ في طبقات جليدية ضخمة ، فإن كمية أكسجين ١٨ ترتفع في المحيطات . وينعكس ذلك بالتبعية في البقايا الحفرية . وهكذا عندما تصبح نسبة أكسجين ١٦ إلى أكسجين ١٨ أقل ، فإن ذلك يوضح الزمن الذي حدث فيه تقدم للجليد ، أي حدوث عصر جليدي . وباستخدام هذه المعلومات ، يقوم الباحثون في CLIMAP بإنتاج خريطة لمناخات الأرض كما حدث عند إصدار خريطة مناخات الأرض لشهر أغسطس من ١٨,٠٠٠ سنة مضت كما هو في شكل (١١-٤) . وكنتيجة للدقة المتناهية للقياسات التي اعتمدت عليها هذه الخريطة ، فإنها كانت موضع إشادة وتقدير كبيرين في مجال البحوث المرجعية الأصلية في مجلة العلوم Science .

هذا وتمدنا الحيوانات الفقرية Vertebrate Animals بمعلومات جوهرية على قدر كبير من الأهمية عن مناخات الماضي . ويمكن أن نستقي أكثرها من توزيع حفرياتها ومن خصائصها الفسيولوجية التي ترتبط بالبيئة . وقد أمكن التوصل إلى التغيرات الهائلة في حياة الفقريات عبر تاريخها الجيولوجي عن طريق استخدام أساليب تحليلية مختلفة تماما .

شكل (١١-٤) درجة حرارة المياه السطحية، اتساع الجليد، وارتفاع منسوب سطح البحر في أغسطس منذ ١٨,٠٠٠ سنة ماضية توضح حدود القارات انخفاض منسوب سطح البحر لأقل من ٨٥ متراً، وخطوط الحرارة المتساوية بفاصل درجة واحدة مئوية



تعكس الحروف الأبجدية قيم الأليبدو على النحو التالي :

- (A): الأليبدو الثلج والجليد ٤٠% (خطوط التساوي تمثل ارتفاع طبقات الجليد فوق مستوى سطح البحر بالمتر)
- (B) : يتراوح الأليبدو بين ٣٠% - ٣٩% ويعكس الثلج الذي يغطي الغابات والصحاري الرملية
- (C) : يتراوح الأليبدو بين ٢٥% - ٢٩% ويعكس تربة اللويس ، الأستبس ، والمناطق شبه الصحراوية
- (D) : يتراوح الأليبدو بين ٢٠% - ٢٤% ويعكس السافانا وأراضي الحشائش الجافة
- (E) : الأليبدو أقل من ٢٠% ويعكس الغابات وأراضي النبات الطبيعي الكثيف
- (F) : الأليبدو أقل من ١٠% ويعكس المحيط المتجمد والبحيرات المتجمدة

المصدر: ١١٣٢، v.١٩١، ١٩٧٦، Science

ويمكن تتبع خصائص بعض العصور الجيولوجية على النحو التالي :

❖ العصر الديفوني في الزمن البليوزوي الأسفل ويشار إليه في بعض الأحيان بعصر الأسماك لكونها تمثل أحد أشكال الحياة الشائعة في ذلك الوقت . وكانت العديد من الأسماك تتميز بكونها تتنفس الهواء - Air breathing لتشبه السمك الرئوي " Lungfish " الذي يتنفس بواسطة مئانة هوائية كما تتنفس بالخياشيم أيضا " . وحينما عرفت الظروف التي يعيش فيها السمك الرئوي ، أمكن الاستنتاج - من خلال التناظر الوظيفي - أن السمك الرئوي القديم يعيش تحت ظروف مناخية مماثلة فيما يعرف بالمناطق ذات مناخ فصلي دافئ ، رطب / جاف . وتكاثر البرمائيات ، حيث انتشرت حفرياتها فوق مساحات جغرافية واسعة ، مما يشير إلى اتساع المناخ الدافئ . ويحتمل أن تكون هذه الظروف الدافئة استمرت حتى العصر الكربوني . وبما أن البرمائيات والزواحف من ذوات الدماء الباردة - Cold blooded إذا لم تتكيف بشكل خاص مع هذا المناخ الدافئ، فإنها تصبح في حاجة ضرورية لدرجة حرارة هواء دافئة لتحصل على درجة الحرارة اللازمة لجسمها. وثانية ، فإن توزيع الكائنات الحية الكوزموبوليتانية Cosmopolitan تدل على شيوع الدفاء في أغلب هذه الفترة التاريخية .

❖ العصر البرمي ، يتميز بالتكاثر السريع للزواحف والديناصورات التي سادت في هذا العصر ، ويعد هذا العصر فترة شيقة ومثيرة فيما يتعلق باستخدام الفقريات في التأسيس للمناخات الماضية . إن طريقة الزواحف في التكاثر - تبيض - تسمح للزواحف أن تعيش بعيداً عن مصادر المياه لتصبح أكثر اعتماداً على مياه اليايس من البرمائيات . و لا يستدعي هذا - على أية حال - أن نتذكر هنا ، بأن أكثر الحيوانات لا تحيي بدون ماء . ويشير الانتشار الواسع للزواحف في العصر البرمي إلى توافر مصادر المياه على سطح اليايس بما في ذلك المناطق القطبية .

❖ العصر الكريتاس ، أثار انقراض الديناصورات جدلاً واسعاً وتعددت وجهات النظر حول هذا الانقراض ، وقد كان من بين هذه الآراء التي بحثت ذلك الانقراض بمنظور عام هي تلك التي أرجعته إلى الجفاف وزيادة القحط العالمي . ومما يذكر، أن هذه الحقيقة قد استخدمت في مدينة ملاهي

ديزني لاند حينما عُرضت صورة للديناصورات وكأنها تسير في مجموعات نحو حنفها عطشا . وهناك العديد من الأسباب التي تدفعنا نحو الاستفهام الاستكشافي الذي يتمحور حول بقاء الحيوانات الأخرى من الزواحف والبرمائيات وغيرها. كما نضيف ملاحظة أخرى ألا وهي ، أن هناك العديد من النباتات التي تتميز بشدة حساسيتها للتغيرات في النظام المناخي ، وبالرغم من ذلك فإنها لم تختفي من سطح الأرض .

هذا، وهناك العديد من النظريات التي تفسر انقراض الديناصورات. وإحداها على سبيل المثال ، تستند على تغير الحرارة في كونها هي العامل المناخي الأكثر تأثيراً مقارنة بتأثير تغير الرطوبة . إذ تركز هذه النظرية على أن التغير الحراري يؤثر في إنتاج السائل المنوي للديناصورات ، وانعكس ذلك على عملية التكاثر للديناصورات ، وبالتالي انقرضت . وهناك تفسير آخر يتعلق بتأثير تكون جبال الألب . إذ تؤدي الحركات الأرضية الكبرى- وما ينتج عنها من تكون السلاسل الجبلية العظمية - إلى حدوث تغير في بيئة الزواحف بدرجة لا تسمح لها بالتكيف مع الظروف المستحدثة . وقد أستخدم العالم إميلياتي في محاولته لتفسير وتحليل ظاهرة انقراض الديناصورات نظائر درجات الحرارة *Isotopic Temperature* . وقد لاحظ حدوث انخفاض في درجة الحرارة خلال فترة حرجة . ولسوء الحظ، هناك عجزاً شديداً في الحفريات اللازمة لتحليل هذه الظاهرة، كما لا توجد أي صور يمكن الاستفادة منها في هذا المضمار .

وبينما يستخدم التركيب الفسيولوجي للحيوانات الفقرية على نطاق واسع لتحليل وفهم الظروف الإيكولوجية التي تعيش فيها هذه الحيوانات ، فإن هناك دليل آخر يمكن استخدامه وهو على درجة كبيرة من الأهمية ألا وهو الطريقة التي تدفن وتتحرر بها تلك الحفريات . فعلى سبيل المثال ، قد يوجد بعضها في وضع قائم وكأنها واقفة . ولتفسير طريقة موتها على هذا الوضع، يمكن أن نخمن بأنها قد غاصت في بيئة مستنقعيه، ويربط هذا الدليل بالرواسب المحيطة وما تحويه من حفريات، فإنه يصبح ممكناً بناء تصوراً كاملاً للبيئة التي تحيي فيها. وفي واقع الأمر، توجد العديد من البقايا الحفرية مقاربية مما يعني موتها في أثناء جائحة كارثية أدت إلى موتها الجماعي . ويمكن القول بوضوح ، أن هذه الظروف الكارثية يمكن أن تأخذ أشكالاً عدة ، مثل التجمد أو الجفاف ، ولكن بإرجاعها إلى المؤشرات المناخية الماضية ، فإنه يمكن استقراء طبيعتها .

يعتبر التوزيع النباتي مؤشراً على درجة كبيرة من الأهمية فيما يتعلق بتوزيع أقاليم المناخ في الوقت الحاضر ، وكذلك الحال بالنسبة للمناخات القديمة Palaeoclimates . إذ تستخدم الأنواع النباتية وتغيراتها عبر التاريخ على نطاق واسع في تفسير المناخات الماضية .

إذ يقدم التركيب الفسيولوجي للنباتات ، مثله مثل الحيوانات ، العديد من المعلومات عن خصائص الظروف المناخية الحالية والماضية على حد سواء . وقد ساعد التطور الذي طرأ على عملية إسقاط أوراق النبات على الاستدلال على ظروف الرطوبة لبيئة النبات ، إذ تشير بقايا حفريات النبات ذات الأوراق الرقيقة إلى نموها في بيئة مناخية جافة أو شبه جافة .

ونستدل من مؤشرات المناخ في العصر الكربوني على كونه يمثل حقبة نباتية خصبة لما يتميز به من ارتفاع ضخم في سُمْك طبقات الفحم الرسوبية. وإذ تغلب الأعشاب والطحالب على الحفريات النباتية الكربونية ما يشير إلى بيئتها الشاطئية أو المستنقعية . ويدعم هذا الدليل ويؤكد الحفريات النباتية وطبقات الجذور التي تشبه النباتات المستنقعية ، فضلاً عن الخصائص التركيبية للنباتات التي تشير إلى أنها كانت تطفو فوق سطح مائي . وتشير حلقات سيقان الأشجار إلى نموها في بيئة تكاد تختفي فيها التغيرات الفصلية ، بينما تقدم أنواع الأشجار الدائمة والنباتات العشبية دليلاً مؤكداً على البيئة المستنقعية . وإجمالاً، يعكس الغطاء النباتي ظروف الدفء والمناخ الرطب الذي يساعد على النمو الكثيف للنبات الطبيعي.

هذا وقد أمكن الاستفادة بأدلة شبيهة تساعد في بناء تصور للمناخات القديمة من خلال تحليل صخور الباليوسين والميوسين . إذ يمكن الاستدلال عن المناخات الماضية باستخدام حبوب اللقاح في الإرسابات الحديثة ، فضلاً عن استخدام التوزيع النباتي في العصور الجيولوجية الحديثة ، وكذلك الاستفادة من مدلول حلقات الأشجار .

ويدرس علم الباليولوجيا Palynology " فرع من علم النبات " حبوب اللقاح والبذور. ويتوقف نجاح هذا المجال على حقيقة كون العديد من النباتات تنتج إعدادا كبيرة من حبوب اللقاح (إذ ينتج نبات الحُمّاض Sorrel حوالي ٣٩٣ مليون حبة لقاح ، كما ينتج فرع واحد من نبات الجاودار Rye ٢١ مليون حبة لقاح) ، وتنتشر حبوب اللقاح تلك في مساحات واسعة حيث تنمو هذه النباتات . ومن الجدير بالذكر، أن غلاف حبوب اللقاح يعد أكثر الأجزاء العضوية المعروفة صلابة على

الإطلاق. وحينما يتم تسخينها لدرجات حرارة مرتفعة أو يتم معالجتها بالأحماض ، فإنها لا تتغير ظاهريا . ويعد ذلك في غاية الأهمية ، إذ تسمح الخصائص المورفولوجية لحبوب اللقاح في تصنيف مجموعات نباتية عديدة .

وفيما يتعلق بأهمية اللقاح في تفسير توزيع النبات الطبيعي في الماضي وبالتالي المناخ، يصبح من الضروري أن نتوصل إلى طبقات من اللقاح. وكما ينضح في شكل (١١-٥) ، فإن ذلك غالبا ما يحدث في البحيرات القديمة أو المستنقعات حيث يتم إرساب اللقاح فصليا ثم تغطيه الرواسب .

وتحدد حبوب اللقاح تكرارية التوزيع لأنواع النباتية . وهكذا ، وربما تكون النسبة المرتفعة من لقاح الصنوبر spruce Pollen في الطبقات السفلية وسيلة لمعرفة وجود لقاح البلوط Pollen Oak في الطبقات الأعلى . وربما يشير ذلك إلى حدوث تغير في نوع النبات الطبيعي عبر التاريخ وقد يرتبط هذا الاختلاف بالانتقال من الظروف الباردة إلى ظروف مناخية أكثر دفئا . ويقدم التصنيف البسيط نسبيا لنوع اللقاح (على سبيل المثال ، عند مقارنة الذي يشتق من الأشجار مع الآخر الذي يشتق من النباتات) دليلا قويا على تغير الظروف المناخية . ونستدل من الاختلاف بين حبوب اللقاح التي تشتق من مناخ التندرا البارد الذي لا يسمح بنمو الأشجار وبين حبوب اللقاح الأخرى التي تؤخذ من بيئات تسمح بنمو الأشجار، نستدل منها على تحسن الظروف المناخية. ويفيد التحليل الإحصائي المتعمق في الوصول لفهم أدق للتفاصيل . ومما يذكر ، أن هناك أبحاثا ودراسات قد طبقت على اسكنديناويا ، حيث تم وضع أول تصنيف لعلم الطبقات النباتية Palynological Stratigraphy .

شكل (١١-٥) رسم كروكي يوضح مبادئ تحليل حبوب اللقاح

Eræ	Periods	Epochs	Millions of years ago
Cenozoic	Quaternary	Recent	
		Pleistocene	2
	Tertiary	Pliocene	6
		Miocene	20
		Oligocene	36
		Eocene	58
Mesozoic	Cretaceous	Paleocene	63
			145
			210
Palæozoic	Triassic		250
			280
	Carboniferous		360
			400
	Devonian		410
			465
Cambrian		520	
		580	
Pre-Cambrian			Formation of earth

وبالرغم من التقدم الهام الذي أحدثه استخدام هذا الأسلوب ، إلا أنه يشوبه العديد من مواطن الضعف . إذ أن الغطاء النباتي يصل إلى ذروته بعد مروره بفترة نمو تستغرق فترة زمنية ما ، ومن الطبيعي أن خصائص تركيب النبات التي نستنتجها من خلال تحليل اللقاح يظهر مرحلة استكمال البناء النباتي الذي لا يشير في مجمله إلى المناخ السائد . وفي بعض المناطق ، تختلط الأنواع النباتية ومن ثم يصبح من الصعب تحديد النوع السائد الذي نستدل منه على الظروف المناخية . وفي العصر الحجري الحديث ، فقد أثر الإنسان بشكل كثيف في الغطاء الغابي ، ومن ثم فقد أدى ذلك إلى إحداث تغيرات في نوع وشكل الغطاء النباتي ، مما قد يقودنا في النهاية إلى نتائج مضللة .

وقد درس العالم دوجلاس A.E. Douglas وطلابه الحلقات الشجرية لأول مرة في جامعة أريزونا. وقد استخدمت نتائج أبحاثه في تحديد العلاقة بين النمو الفصلي للأشجار وبين دورات البقع الشمسية، وقد استطاع التوصل إلى نتائج مفيدة.

وفيما يتعلق بالبحث في عمر الأشجار القديمة ، فقد وجد بينوس Pinus أن عمرها يبلغ ٤٠٠٠ سنة . ومما يذكر أن ، تحليل مثل هذه الأشجار القديمة يساعد في استيعاب وفهم خصائص المناخات في جنوب غرب أمريكا خلال مراحل الاستقرار البشري المختلفة .

ويعتمد تحليل الحلقات الشجرية على حقيقة كون حلقات النمو في الأشجار تسجل الأحداث الأساسية التي وقعت عبر تاريخ حياة الشجرة. وقد ظهرت حلقات النمو في الزيليم Xylem للأشجار . إذ أنه في بداية فصل النمو ، تنتج خلايا الزيليم (الجزء الخشبي من النباتات) بأحجام كبيرة وباللون فاتحة ، بينما في نهاية فصل النمو ، تصبح هذه الخلايا أصغر ويصبح لونها أكثر قتامة . ويعكس التغيير الفجائي من الحلقات ذات الألوان الفاتحة إلى الأخرى ذات الألوان القاتمة مراحل النمو السنوي . وتفيد دراسة هذه الحلقات ، وحجمها واختلافاتها ، في تقديم الأدلة على اختلاف الظروف البيئية التي نمت فيها هذه الأشجار وهو مجال بحث ما يعرف بعلم الشجر Dendrology . وتعد هذه الطريقة بالطبع ، الأكثر قيمة وفائدة في تحديد الظروف السائدة في الجزء الحديث نسبياً من التاريخ الجيولوجي وهو ما يستخدم على نطاق واسع في الأبحاث الأثرية " Archaeological Research " الأبحاث التي ترتبط بعلم الآثار ."

أدلة من فترات تاريخية

قد استخدم العديد من الباحثين الإحصاءات والتسجيلات التاريخية في تحديد التغيرات المناخية التي حدثت في فترة حياة الإنسان على الأرض ، وقد توصلوا إلى نتائج تسمح بإعادة تصور المناخات على مدار ٦٠٠٠ سنة مضت . وقد تنوعت الأدلة واختلفت اختلافاً واسعاً ، ويستعرض الجزء التالي بعض المؤشرات لتلك الأساليب المستخدمة.

١ - سجلات الفيضانات :

من الطبيعي أن هناك العديد من الأدلة التي تؤكد حدوث بعض الفيضانات في أجزاء مختلفة من العالم ، وقد أشار البعض إلى كونها ترتبط بتغيرات كبيرة في مستوى منسوب سطح البحر عبر التاريخ . ويمكن أن نستقي العديد من الأدلة بالرجوع إلى المناخ في مصر ، حيث كان هناك حرص شديد على تسجيل فترات فيضان نهر النيل عبر آلاف السنين . وبالاعتماد على ارتفاع الفيضان ، فإنه من

الممكن معرفة الظروف المناخية المصاحبة للفيضان . وفي العصور الأحدث ،
تتوافر العديد من الأدلة في غرب أوروبا وتحديداً في هولندا ، حيث يحظى دراسة
منسوب سطح البحر وتتبع الفيضانات باهتمام وحرص شديدين .

٢ - سجلات الجفاف:

قد استخدمت تأثيرات فترات الجفاف العظمى في تحديد المناخات الماضية
وتصورها. وعلى سبيل المثال ، يشير تزايد هجرة السكان لِمنازلهم مخلفين من
ورائهم إعدداً كبيرة من البيوت المهجورة في جنوب غرب الولايات المتحدة
الأمريكية إلى الجفاف . ونستدل من البيوت المهجورة في ريف Chaco
Canyon وكذلك في Mesa Verde على ارتفاع الكثافة السكانية ووجود حياة
اجتماعية نشطة. وقد تبدلت العديد من المناطق الاستيطانية إلى مناطق صحراوية
في القرن الثالث عشر الميلادي. ويعتقد البعض أن هناك أسباب أخرى غير الجفاف
تؤدي إلى هجرة السكان من مستوطناتهم ، ولكن تحليل الحلقات الشجرية يؤكد أن
تزايد مستويات الجفاف والقحط هي السبب الجوهري لتلك الهجرة . وتشير
التحليلات والدراسات إلى أن هذه المنطقة لم تستقبل أي كمية من المطر خلال الفترة
من سنة ١٢٧٦ م إلى سنة ١٢٩٩ م . وقد يرى البعض أن مثل هذا الجفاف قد
يكون سبباً في هجرة بشرية كثيفة من تلك المناطق الجافة إلى أخرى أقل جفافاً.

٣ - الهجرة الجماعية على نطاق واسع :

قد تكررت الهجرة الجماعية للسكان من المناطق شحيحة المطر إلى أخرى أكثر
رطوبة على مدار التاريخ. ويعد تفسير ذلك من الإشكاليات المعضلة . فقد أرجع كل من
هنتجتون Huntington وتونبيي Toynbee هذه الهجرة إلى المناخ ، خاصة مع تزايد
الجفاف في المناطق الطاردة للسكان . وقد توصل هنتجتون إلى وجود مرحلة لهجرة البدو
امتدت عبر ٦٠٠ سنة وقد فسرها وربطها بظروف الجفاف . وفي السياق ذاته ، قد اعتقد
تونبيي بأن هجرة المسلمين مع سيدنا محمد (ص) كانت في جزء منها لأسباب ترتبط
بالمناخ ، ويذكر أيضاً ما حدث بالنسبة للمغول في هجرتهم مع جينكيزخان . أما الحتميين "
أصحاب المدرسة الحتمية " ، فقد كانت لهم تفسيراتهم الخاصة التي تعرضت لانتقادات من
العديد من الباحثين ، وقد صاغ هنتجتون حديثاً تفسيره لتلك الهجرات البشرية في نظريته "
الموجة النابضة Pluse " .

تتضمن الأحداث الزمنية في القرون الوسطى العديد من الأدلة التي تشير إلى الظروف المناخية السائدة. ولسوء الحظ - على الرغم من كونه أمراً متوقفاً - إنها عبارة عن أحداث الطقس المتوقعة وأحوال الطقس اليومية . وتتضمن بعض المظاهر العادية مثل تجمد تيبير Tiber في القرن التاسع عشر أو تساقط الثلوج على نهر النيل . وبينما لا تتوفر سجلات منتظمة عن تلك الأحداث، إلا إنه من الممكن تكوين نظرة شاملة عن الظروف المعتادة من خلال تقدير عدد المرات المسجلة. ويعد تجمد نهر التايمز أحد تلك الأمثلة . وقد تم تسجيل حدوث تجمد واحد أو اثنين خلال الفترة من سنة ٨٠٠م إلى سنة ١٥٠٠م. وقد شهد القرن السادس عشر أربع أحداث تجمد ، وسجلت ثمان أحداث تجمد في القرن السابع عشر ، بينما عرفت ستة أحداث تجمد خلال القرن الثامن عشر .

وتقدم مثل تلك الأحداث المتلاحقة زمنياً بعض الإشارات عن أحوال المناخ من خلال تأثيره في عوامل أخرى. فقد لاحظ سيلفربرج ١٩٧٠ Silverberg أن هناك من كتب عن منطقة جلوسيتير - cester Glou في إنجلترا سنة ١١٢٥م ، وهي منطقة يقطنها عدد كبير من المزارعين مقارنة بأي منطقة أخرى في إنجلترا ، وأن إنتاجها من المحاصيل وفير وبنوعية ممتازة مقارنة بمثيلاتها في فرنسا . ومنذ القرن الخامس عشر ، توقفت صناعة الخمر في إنجلترا وإته من المفترض أن السبب الأساسي مرجعه إلى الظروف المناخية خلال تلك العصور .

٥ - الأدلة الزراعية :

وكجزء من الأدلة الموثقة التي سيقف من قبل ، فإن هناك أدلة فيزيائية ترتبط بممارسة النشاط الزراعي في مناطق محددة بأساليب معينة - كانت تناسب ظروف المناخ في ذلك الوقت - ولكنها اختلفت حديثاً لتغير الظروف المناخية . ويعد أفضل الأمثلة على ذلك أنظمة الري التي لم تعد تستخدم، وقد تكون الاختلافات الثقافية هي السبب الرئيسي في اختلافها مقارنة بالأخرى الطبيعية.

ويمكن الاستفادة من الأدلة الزراعية ، بالإضافة لبعض المؤشرات الأخرى ، في إعادة تصور المناخات في جزيرة جرينلند التي كان يقطنها جماعات الفيكينج Vikings . حيث تحركت تلك الجماعات تحت قيادة إيرك Eric the Red من جزيرة آيسلندة " حيث كانوا يعيشون في القرن التاسع عشر " إلى جرينلند . وكانت

تمو نعيد من النباتات الزراعة الوفيرة (أشجار الصفصاف - أشجار البتولا - شجيرات التوت - المراعي العشبية) التي تكفي لحياء السكان في أرض الجليد icy Land "جرينلند" التي يقطنها جماعتين يمارسون الزراعة . وقد كانت علاقاتهم مع سكان أيسلندة على ما يرام. وقد كانت جرينلند منعزلة عن محيطها الخارجي حيث يتراكد الجليد ليمنع إرساء السفن . وقد هجرها سكانها وأصبحت في طي النسيان منذ سنة ١٥١٦م ، وقد سجل أحد الرحالة في عام ١٥٤٠ م ، أنه قد وجد فيها بيوتا ومستوطنات ولكنها خالية من السكان . قد رحل سكانها وهجروها سواء إن كانت هجرتهم بسبب الأحوال المناخية أو بسبب تعرضهم للغزو من قبل آخرون . وإن كان الأرجح بسبب الظروف المناخية حيث توصل علماء الآثار الدينماركيين سنة ١٩٢١ إلى بعض الأدلة التي تشير إلى أن المناخ قد لعب دورا أساسيا في هجرة سكانها . إذ وجدوا العديد من الحفر في طبقة الجمد السرمدي (هي الطبقة المتجمدة باستمرار على عمق متفاوت تحت سطح الأرض في المناطق القطبية المتجمدة) وذلك قبل معرفة القبور . وقد وجدوا جذور الأشجار المتشابكة حول التوابيت ، ونستدل منها على أن تلك الحفر التي وضعت فيها تلك التوابيت كانت في الأصل غير متجمدة ولكن طبقة الجمد السرمدي أخذت تزحف إليها لتغطيها بل ويزداد سمكها باستمرار . وقد أتضح لهؤلاء العلماء أن السكان كانوا يعانون من نقص الغذاء وفقا لنتائج تحليل الهياكل العظمية التي وجدت ، إذ كانت لأقزام يعانون من سوء التغذية ، فضلا عن الأدلة التي تؤكد إصابة الأطفال بالكساح . وتشير تلك الأدلة في مجملها إلى أن مناخ تلك الجزيرة تميز البرودة التي أخذت تشتد من سنة إلى أخرى مما دفع السكان إلى هجرتها .

٦ - فترة الأجهزة والقياسات :

يتطلب توفير القياسات الدقيقة للتغيرات المناخية تطوير أجهزة ترصد جميع العناصر المناخية بدقة . وبالرغم من توفر معلومات عن أحوال الطقس السائدة وتوثيقها على يد الإغريق والمصريين (من أمثال هيبيوقراط Hippocrates في كتابه " الهواء والمياه والأماكن سنة ٤٠٠ ق. م. ، وأريستول Aristotle في الميترولوجيكا سنة ٣٥٠ ق. م. ، وكذلك يوميات بتلومي Ptolemy عن الطقس المحلي في القرن الميلادي الأول) ، فإن القياسات الدقيقة قد بدأت فعليا باختراع أجهزة رصد عناصر الطقس . وبالرغم من بدء استخدام تلك الأجهزة ، إلا أنه لم يكن من السهل تدقيق تلك التسجيلات لأحوال الطقس . إذ يؤدي تغير مواقع أجهزة

الرصد ، وأخطاء الراصد الجوي ، وعدم تتابع عمليات الرصد وانتظامها ، وكذلك التغيرات في أجهزة الرصد في حد ذاتها إلى عدم تجانس البيانات وتتابعها زمنياً .

وقد حاول عدد من الباحثين إعادة هيكلة البيانات المتراكمة في سياق مفيد . وعلى سبيل المثال ، فقد قام مانلي Manley بدراسة درجة الحرارة على مدار ثلاثة قرون في وسط إنجلترا . ويمكن الحصول على بيانات الطقس من مصادر متنوعة وإن كانت القيم المعيارية يمكن اختزالها في موقع واحد. وحديثاً جداً ، قام كل من جفرمان Groveman ولانديسبرج Landsberg ١٩٧٩ بدراسة تفصيلية عن درجة الحرارة في نصف الكرة الشمالي خلال الفترة ١٥٧٩ - ١٨٨٠ م . وفي سياق أبحاثهما، قد استنتجا متوسط درجة الحرارة لعدد من المحطات. وقد حظيت هذه الدراسة باهتمام الباحثين فيما يتعلق بتغير المناخ في فترة استخدام الأجهزة والقياسات لعناصر الطقس . وقد حرص المؤلف على وضع ملحق للبيانات التي توصل إليها جفرمان ولانديسبرج لكونها تعطي نظرة عامة لخصائص المناخ في إنجلترا خلال هذه الحقبة التاريخية . كما عُرض في ملحق (٣) الملخص المناخي لبعض المحطات وفق دراسة مانلي .

يعد تدقيق المناخات الماضية عمل أشبه ما يكون بالعمل المخبراتي إذ يسعى إلى بناء تصور لخصائص المناخ ومحاولة استعادة تلك المناخات التي كانت موجودة بالفعل في حقبة تاريخية ما ، وإن كانت غير مسجلة ولم يشدها الإنسان . ويتطلب تحليل الأدلة المتاحة ومحاولة تفسيرها العديد من المدخلات ذات الصلة . بدءاً من الجيومورفولوجيا (مثل أشكال التعرية الجليدية لأجزاء من العالم) إلى الأدلة النباتية (مثل تحديد فصائل حبوب اللقاح) إلى علم البليونتولوجيا " علم الإحاثة وبحث في أشكال الحياة في العصور الجيولوجية السالفة كما تظهر في المتحجرات أو المستحاثات الحيوانية والنباتية " (مثل الأدلة الحفرية) . ومما يذكر أن ، أجهزة الرصد الدقيقة قد أتاحت حديثاً ، وقد كانت عظيمة الفائدة لكونها ساعدت على تقصي أحوال الطقس والمناخ المعاصر مما ساعد في تحليل وفهم مناخات الماضي .

وقد رسمت صورة مناخ الأرض في الماضي بناءً على الأدلة المتراكمة التي تشير إلى كون المناخات القديمة كانت أبرد مما كانت عليه في أغلب العصور الجيولوجية . ويعتبر المناخ المعاصر جزءاً من عملية التبريد، وهي واحدة من العمليات التي حدثت على فترات عبر تاريخ الأرض. وفي أثناء اتجاه المناخ نحو البرودة ، اختلفت درجات الحرارة فيما بين الجليد وبينجليد ، وفي أثناء الفترات بينجليدية ، اختلفت فيما بين الاعتدال الذي يميل للدفء وبين الفترات الأبرد . وقد يمثل المناخ الحالي فترة بينجليدية حيث بدأت درجة الحرارة في اتجاه نحو التناقص بعد فترة اعتدال في درجة الحرارة امتدت لأكثر من نصف قرن .

وعلى الرغم من أن الأبحاث المعاصرة فيما يتعلق بالتغير المناخي تعتمد على مجموعات بحثية كبيرة وغالباً ما تكون على مستوى العالم ، إلا أن هناك أبحاثاً فردية قيمة على المستوى المحلي . هذا وتضيف كل دراسة مناخية مهما كانت لمساحة صغيرة الكثير في محاولة استعادة خصائص المناخ واستكمال بناء تصور أكثر دقة للمناخ في الماضي . ويمكن تحقيق هذا الهدف المنشود من خلال إثراء الأبحاث المناخية ببيانات مناخية دقيقة ومتابعة ، فضلاً عن الأبحاث الأكاديمية المنشورة حديثاً .

الفصل الثاني عشر

المناخ في المستقبل

توطئة

قد ظهرت أهمية المناخ بوضوح من خلال العديد من التأثيرات السلبية التي أدت إلى اختلاف الأحوال المناخية عن خصائصها العادية والمتوقعة . فإذا كان المناخ في اتجاه نحو التغير مستقبلا ، فبلا شك ، سيتبع ذلك تأثيرات واسعة . ويتناول هذا الفصل دراسة مختلف الآراء التي تبحث في كيفية تغير المناخ ، وماهية البحوث والاجتهادات القائمة لمحاولة وضع تصورات دقيقة لمثل تلك التنبؤات ، وأخيراً ، بحث الاتجاهات المستقبلية الأكثر احتمالاً فيما بين تلك السيناريوهات المناخية .

مقدمة

كما أتضح في الفصل الحادي عشر، أن السنوات المعاصرة قد تميزت بحدوث انخفاض في درجة الحرارة في نصف الكرة الشمالي. هذا ، وبالرغم من إنه ليس مجدياً محاولة الاستقراء من خلال سلسلة من الملاحظات المحلية ، ومحاولة تطبيقها على المستوى العالمي ، فإن الأدلة العامة تشير إلى اتجاهات التبريد في وقتنا الراهن . إن انخفاض درجة الحرارة في الأجزاء الوسطى من الولايات المتحدة الأمريكية ، تظهر بوضوح من خلال زيادة عدد أيام التدفئة . وعلى سبيل المثال ، في مدينة تيري هوتي Tree Haute في ولاية أنديانا كنموذج لمدينة تقع في غرب الوسط ، فإن المتوسط السنوي لعدد أيام التدفئة خلال ١٠ سنوات (١٩٥٩/١٩٦٦م) قد بلغ ٥٥٣٨ يوماً. وقد كان هذا المتوسط أعلى من مثيله خلال العقود السابقة ، حين بلغ ٥١٧٥ يوماً (١٩١٩/١٩٢٩) ، كما بلغ ٥١٠٩ يوماً (١٩٢٩/١٩٣٩) ، وقد كانت أكبر مشكلة مرتبطة بذلك الانخفاض هي نقص إمدادات الوقود { بمعنى توفير الطاقة الحرارية اللازمة للتدفئة } . أما على مستوى المناطق القطبية ، فإن استمرار الثلوج في جزيرة بافن { في أقصى شمالي كندا } واتساع ذلك النطاق الثلجي حول سرسئ أيسلندة قد أدى إلى العديد من الأخطار

الملاحية . وعلى ما يبدو، فقد انعكست آثار درجات الحرارة المنخفضة على المملكة الحيوانية. حيث هاجرت الأحياء الحيوانية المحبة للدفء نحو الشمال {الحيوانات التي تعيش في بيئات دافئة} وقد أوسع نطاقها للتوغل في غرب الوسط في النصف الأول من القرن العشرين ، وقد رجعت حالياً إلى حدودها الأولى ضمن المناطق الأدفأ في مقاطعة تكساس .

ويستدل معظم الباحثين من هذا على استمرار تزايد البرودة . وبخلاف ذلك ، وعلى أية حال ، فإن اتفاق لعلماء حول هذه الرؤية محدوداً بل وضعيفاً، إذ تعج المحاضرات والأبحاث والمقالات بالعديد من وجهات النظر حول مستقبل المناخ . ولتوضيح أحد تلك الآراء ، نضرب مثالا بما كتبه هايز Hays: " إذا كانت جميع المؤشرات صحيحة ، فإن الأسوأ لم يأت بعد . وعند التسليم بما حدث في الماضي ، فإن التبريد يسمح بتكوين ثلجات بسمك عدة آلاف من الأقدام تغطي أمريكا الشمالية وتتوغل جنوباً حتى جزيرة لونغ Long Island " . أما وجهة النظر الأخرى ، فقد شرحها بروكر Broecker إذ يقول : " إن حقيقة كون المتوسط العالمي لدرجة الحرارة قد أنخفض على مدار عدة عقود ماضية لم يتيح للباحثين فرصة حصر آثار الدفاء وأن هذا القول ليس مؤكداً. وإنه من المحتمل أن نكون على مشارف تسخين سريع لفترة تمتد لعدة عقود طويلة " . هذا، وما يمكن أن نصرح به، هو الاستعداد لغياب العصر الجليدي، ومن جهة أخرى، نتوقع حدوث المزيد من الدفاء. هذا وليس مجدياً القول، بأنه سواء إن طال الدفاء أو التبريد فأثارهما العنيفة سنلقي بظلالها على المحيط البيئي. وهكذا ، فإن وجهتي النظر المتناقضتين قد استندت على أدلة من المناخات الماضية والحديثة . وإنه لمن المفيد تحليل وفحص الأدلة بهدف تقييم تلك التنبؤات . وينبغي عند النظر إلى مختلف التفسيرات ، أن نأخذ في الاعتبار أن تطبيقاتها تؤخذ كتوطئة للأسباب الجوهرية التي أدت إلى حدوث التغير المناخي خاصة تلك التي ترتبط بالتاريخ الجيولوجي . ومجمل القول أن، الفكرة السائدة، ترجع أغلب تغيرات مناخ الأرض أساساً إلى تغيرات مسارات دوران الأرض حول الشمس، وتغيرات في توزيع وكمية الطاقة الشمسية الواصلة لسطح الأرض. وباستثناء الأفكار الحديثة المؤيدة لكون أغلب التغيرات ستؤدي إلى التقلص السريع للغطاء الجليدي فوق مساحات واسعة خلال فترة زمنية قصيرة جداً ، فإن الدليل على مثل هذه الآراء يعد ضعيفاً . وهكذا ، فإن جوهر هذه الاعتراضات تنحصر في خصائص المناخ ، وإن كان الزمن يعمق فكرة الاتجاهات المناخية Climatic Trends .

إن وجهة النظر التي ترمي إلى أن الاتجاه العام للمناخ نحو التبريد تركز بشكل أساسي على كون الأرض على مشارف عصر جليدي، تستقي أدلتها على ذلك من الأحداث الماضية { الظروف المناخية في العصور التاريخية } . إذ تشهد الفترات بينجليدية مناخات معتدلة وأخرى تميل للبرودة تماثل تلك التي نعيشها اليوم . وأن الامتداد الزمني للفترات المعتدلة يبلغ حوالي ١٠,٠٠٠ سنة. وإذا كان التاريخ يعيد نفسه، فإن الفترة الزمنية التي نحياها ونتمتع بمناخها المعتدل، قد شارفت على الانتهاء، ومن ثم ينبغي أن نتوقع بعض التغيير. وتعتمد وجهة النظر هذه على حقيقة يرجع تاريخها إلى حوالي ٧٠,٠٠٠ سنة، وتتمحور في كون متوسط درجة الحرارة قد ارتفع لمدة لا تتجاوز ٥% من الزمن وهي الفترة التي نعيشها الآن. ومن منطلق التوزيع التكراري لمتوسط درجات الحرارة، فإن قيم درجة الحرارة تظهر انتقالاً طويلاً الأمد في خصائص الحرارة، أو أن قيم درجة الحرارة التي حدثت هي الأكثر تكراراً. وبالرغم من اعتناق أغلب المناخيين بفكرة الجليد القادم { فترة برودة قادمة } ولكنهم في الوقت ذاته ، يرفضون التصديق بقسوة الفترات القادمة الأبرد . وقد اعتقد البعض بتوسع حدود العصر الجليدي ، مقابل البعض الذي يعتقد بحدوث عصر جليدي محدود على اعتبار أن انخفاض درجات الحرارة لن يسمح بحدوث تراكم جليدي كثيف . وثانية، فإن السبب وراء بداية ذلك العصر الجليدي المحدود، قد أسند على ملاحظة الأحداث الماضية وتتبعها. وقد أثبتت الأعمال البحثية في أوروبا ، أنه خلال الفترة ١٤٣٠ / ١٨٥٠ ، كانت مناخات أوروبا على نحو ما أبرد مما عليه الآن . فقد كان هناك اعتقاداً بأن نصيب الجزء الأخير من الفترة الفاصلة كانت برودته أوضح، ومن ثم صنفت على كونها فترة عصر جليدي محدود. ومن هذا المنطلق ، يعتقد هؤلاء بأن الفترات الباردة هي مقدمة حقيقية لتنبوءاتهم وتوقعاتهم . أما وجهة النظر التي تعتقد في دفء مناخ المستقبل فتستند على دور الإنسان في تعديل دورة التدفئة والتبريد التي حدثت في الماضي. ويؤكد هذا الرأي بروكر الذي يعتقد بأن الملوثات التي أطلقها الإنسان - عن غير قصد - إلى الغلاف الجوي ، خاصة ثاني أكسيد الكربون ستحدث تأثيراً واضحاً في درجة الحرارة على المستوى العالمي . بينما يصعب توثيق تأثير الجزئيات العالقة بالهواء بسبب عدم التأكد من كميتها ، وتوزيعها ، وخصائصها . أما التلوث الحراري Heat Pollution الناتج عن التحضر والتصنيع - وإن كان يلقى المزيد من الاهتمام - إلا أن تأثيراته غالباً ما تنحصر في نطاق محلي.

يؤدي ثاني أكسيد الكربون إلى إحداث تغييراً مناخياً من خلال ما يسببه من تأثير البيوت الزجاجية **Greenhouse Effect** . إذ يسمح بتوغل الإشعاع الشمسي ، ولكنه في نفس الوقت ، يمتص الإشعاع الأرضي ويمنع انتقال بعض موجاته الإشعاعية إلى الفضاء . خاصة، وإن الطاقة الناتجة عن امتصاصه للإشعاع أكبر من تلك التي يشعها نحو الفضاء ثم تعود في أغلبها ثانية للأرض. وقد تبع زيادة مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ، حدوث ارتفاع في درجة الحرارة . وتضاف كميات هائلة من ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي نتيجة حرق الوقود الحفري . ويوضح جدول (١-١٢) تقدير كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي خلال الفترة ١٩٠٠/٢٠١٠ . وقد قدر البعض ارتفاع درجة الحرارة الناتج عن تلك الكميات المضافة من ثاني أكسيد الكربون . وقد اختلفت تلك التقديرات، وإن كانت تكاد تتفق في أن كميته لو تضاعفت ٣ مرات، فسترتفع درجة الحرارة بمقدار ٢,٤ م° . وعلى أية حال ، فإن العلاقة بين ثاني أكسيد الكربون وبين ارتفاع درجة الحرارة ، ليست علاقة بسيطة في مجملها . ويوضح جدول (١-١٢) ارتفاع درجة الحرارة بسبب إضافة ثاني أكسيد الكربون للغلاف الجوي .

جدول (١-١٢) كميات ثاني أكسيد الكربون والدفء العالمي المرتقب

السنة	تركيز ثاني أكسيد الكربون (جزء في المليون)	ارتفاع درجة الحرارة على المستوى العالمي (م)
١٩٠٠	٢٩٥	٠,٠٢
١٩١٠	٢٩٧	٠,٠٤
١٩٢٠	٢٩٩	٠,٠٧
١٩٣٠	٣٠٢	٠,٠٩
١٩٤٠	٣٠٥	٠,١١
١٩٥٠	٣٠٩	٠,١٥
١٩٦٠	٣١٤	٠,٢١

٠,٢٩	٣٢٢	١٩٧٠
٠,٤٢	٣٣٥	١٩٨٠
٠,٥٩	٣٥١	١٩٩٠
٠,٨٠	٣٧٣	٢٠٠٠
١,١٠	٤٠٣	٢٠١٠

ويتضح من جدول (١٢-١) أن البيانات تركز على ارتفاع درجة الحرارة كنتيجة لارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي فقط. وليكن واضحاً أن، مثل ذلك الارتفاع في الحرارة على المستوى العالمي يقع ضمن منظومة التغيرات الطبيعية في المناخ. وتظهر بعض البيانات المتاحة كون مثل تلك التغيرات تنبثق من مراكز الجليد Ice Cores في شمالي غرب جرينلاند خلال قرن المناجم .Camp Century

وتظهر التسجيلات التاريخية على مر آلاف السنين، إن الجليد قد تكون طبقة تلو الأخرى، وسنة تلو الأخرى. وأن هذا الجليد يحوي الأكسجين ونظائره. وبأخذ النسبة بين أحد نظائر الأكسجين (O^{18}) إلى (O^{16}) الموجود في طبقات في طبقات الجليد ، يمكن تقدير درجة الحرارة البيئية في أثناء تكون طبقات الجليد . وقد ساعد استخدام طريقة نظائر الأكسجين Oxygen Isotope Method في إحداث تطوراً واضحاً في تسجيل تغيرات درجة الحرارة على مدار التاريخ .

وقد أعد بروكر صورة مركبة حينما ربط التغيرات في درجة الحرارة الناتجة عن الأسباب الطبيعية بالتغيرات الأخرى الناتجة عن زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في العروض الوسطى لتتجم مع البيانات المناخية التي تم تسجيلها في ١٨٧٠م كما أتضح في شكل (١٢-أب) . حيث أتضح وجود علاقة اعتبارية فيما بينهما خلال فترة من الزمن. ويمكن أن نستقي من هذه الصورة أن اتجاه درجة الحرارة نحو الانخفاض قد توقف منذ الثمانينيات من القرن العشرين. ثم ما لبثت أن اتجهت درجات الحرارة نحو الارتفاع مرة أخرى . وتتعلق الخطوة الثانية في تحليل مستقبل هذا الارتفاع في درجة الحرارة حين ربطه بتزايد كمية ثاني أكسيد الكربون، كما في شكل (١٢-أب). أما الخطوة الأخيرة فيتمثل في

تجميع تغيرات درجة الحرارة طبيعياً مع التغيرات الناتجة عن كمية ثاني أكسيد الكربون كما في شكل (١٢-١ج). حيث يتضح في الرسم البياني (ج) أن ، دورة قرن المناخ ستبقى ولكن سيطراً عليها بعض التعديلات . إذ أن اتجاه الانخفاض في درجة الحرارة قد توقف في السبعينيات من القرن العشرين ، وأن الاتجاه الصاعد في درجة الحرارة سيبقى تبعاً لزيادة كمية ثاني أكسيد الكربون المضافة للهواء . وفي الحقيقة، فإن الجزء الأخير من التغير الطبيعي يبدو أكثر ارتفاعاً، كما أن اتجاه ارتفاع درجة الحرارة سيستمر بمعدلات أعلى.

ونستنتج مما سبق أن وجهتي النظر فيما يتعلق بمستقبل درجة الحرارة على المستوى العالمي متناقضتين تماماً. وتتعدد وجهات النظر الأخرى ويصبح الوضع أكثر تعقيداً خاصة لدى أصحاب الرؤية التي تتلخص في كون ثاني أكسيد الكربون ليس بالغاز الوحيد الذي يتزايد تركيزه في الهواء، بل أن الهواء يستقبل كميات كبيرة من ملوثات عديدة من جراء النشاط البشري. ونخلص مما سبق إلى ، إنه لا يمكن التنبؤ الدقيق بمستقبل المناخ . ويبقى التساؤل الذي طرحه هاري حينما كتب يقول : " إن شرح اختلافات المناخ يجب أن يستند على نظرية ملائمة للمناخ الحالي . وطالما استمرت مناقشة الاتجاهات السابقة والاتجاهات المستقبلية عبر الزمن وفقاً لأساس مجهول لدينا، سنبقى وكأننا أعمى يقوده أعمى " .

البحث في مناخ المستقبل

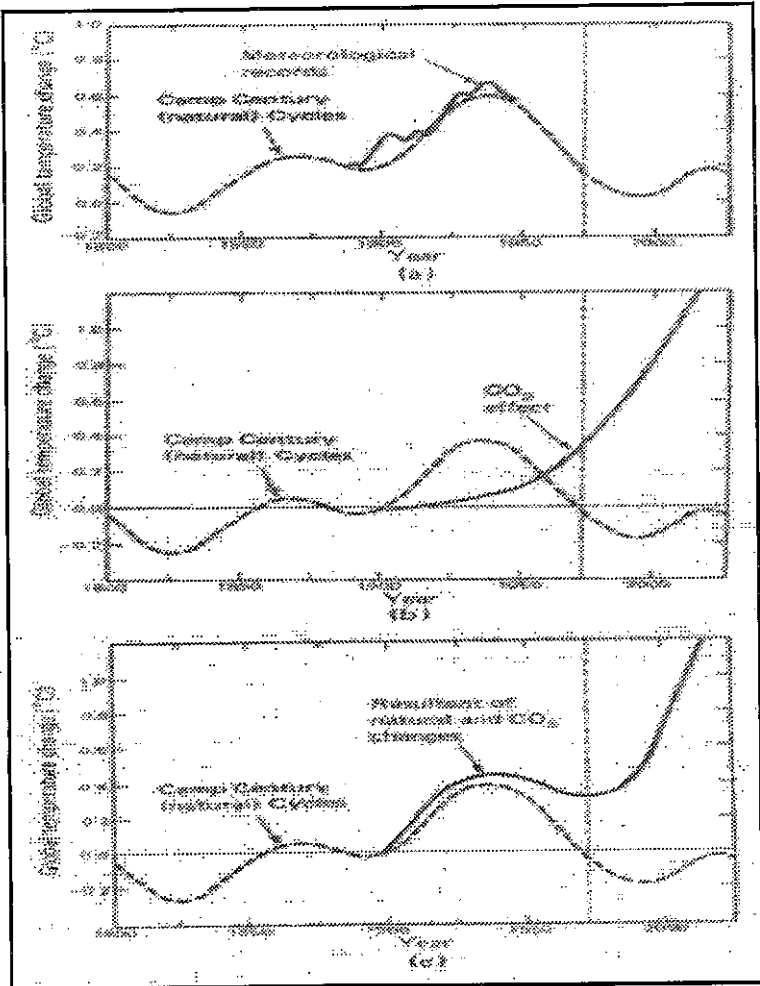
لا بد أن نأخذ في الاعتبار إننا في حاجة لفهم اتجاه المناخ { مسار المناخ Current Climate } حتى يعيننا على فهم مستقبل المناخ الذي يحمل في ثناياه بعضاً من الاتجاهات الحالية. وبينما يعد من الصعب الإلمام بجميع المشاريع البحثية التي أصدرتها الهيئة الفيدرالية ، والجامعات ، والمجموعات البحثية الخاصة ، فإن انتقاء بعض الأمثلة التي تبحث في الجغرافيا المناخية الديناميكية يعطينا بعض المؤشرات التي تلقي بالضوء على مستقبل المناخ . وليس هناك أسوأ فيما يتعلق بهذه النقطة من كون أي بحث في الجغرافيا المناخية يحتاج لكم كثيف من البيانات المجمعة يتم تحليلها بواسطة حاسبات آلية بتقنيات هائلة.

شكل (١٢-١) التنبؤ بالدفء العالمي

أ : البيانات المناخية الحديثة ومقارنتها ببيانات قرن المناجم

ب : الدفء العالمي نتيجة زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي

ج : الإتجاه المرتقب كنتيجة لزيادة ثاني أكسيد الكربون والدورات الطبيعية



المصدر : Broecker , ١٩٧٥

تستخدم الأبحاث المتطورة في الجغرافيا المناخية مختلف أشكال نماذج الحساب بالقياس **Analogue Mode** ، وهي طريقة بحثية تعتمد على النماذج التي تستخدم القياس في تمثيل الظروف المناخية الفعلية . وتستخدم أحد هذه النماذج الحسابات القياسية الالكترونية التي تستخدم القوة المحركة الكهربائية ، ومختلف المقاومات { جمع مقاوم ، وهو أداة تستعمل في دائرة كهربائية } ، والأمبيرات التي تعمل على توضيح مكونات الغلاف الجوي . وعند استخدام مثل تلك النماذج ، يمكن أن يظهر انسياب الطاقة من الشمس القوة الفوتونية الساكنة ، بينما تتضاعف الاختلافات الفصلية في المكان مستخدمة المقاومات الكهربائية المختلفة . وتعد نماذج الحاسبات الرقمية التي تعتمد على المعادلات الحسابية هي الأكثر استخداما . ويفيد بعض هذه النماذج في تأسيس معادلات الديناميكا الحرارية **Thermodynamic** } وهي فرع من فروع الفيزياء يبحث في العلاقة بين الحرارة والطاقة الديناميكية { والديناميكا المائية **Hydrodynamic** التي تصف حركة الغازات وقوتها داخل الجزئي والحركة المضطربة للسوائل . ويطلق على المعادلات المطورة " نماذج المعادلة الأولية **Primitive Equation Models** " وهي شديدة التعقيد وتعتمد على أسس عالمية لدرجة أن أجهزة الحاسوب العددية لا يمكن أن تستوعبها بسهولة . ويمكن القول بأن أبسط الطرق الشبيهة بهذه النماذج العددية هي المعادلة التي تستند على قيم لعدد محدود من النقاط موزعة على شبكة مقسمة لخطوط عرضية وأفقية . ومن المؤكد أن ذلك يعد بسيطا جداً عند تحليله بواسطة الحاسوب ولكنه في نفس الوقت يصف العديد من المتغيرات في النموذج .

ويمكن استخدام نماذج الحاسوب العددية ، وأكثرها فاعلية هي تلك النماذج التي تهتم بنماذج الدورة العامة **(GCM) General Circulation Models** للغلاف الجوي ، وكذلك جيل النماذج الإحصائية الديناميكية - **Statistical - Dynamical models** ، بالإضافة لنماذج الغلاف الجوي والمحيطات معا **Ocean - Atmosphere Models** .

وتهدف نماذج **(GCM)** إلى محاكاة نماذج الدورة العامة للغلاف الجوي باستخدام المعادلات الأصولية. هذا، وبالرغم من التطور الهائل الذي حدث في تلك

النماذج ، إلا أن عمليات محاكاة النماذج تختلف عند مقارنتها بالحركة والمسار الطبيعي للغلاف الجوي .

أما النماذج الإحصائية الديناميكية التي تستخدم بعض مكونات الحركة الدائرية للتسخين والرطوبة كمؤثرات إحصائية تستخدم في نماذج المحاكاة Simulation Model ما يجعلها أكثر شبهاً مقارنة بنماذج (GCM) عند نمذجة الغلاف الجوي إذ تستغني عن ضرورة تتبع البعد التاريخي لأي اضطراب قد حدث من قبل . ومن ثم لا تتجاهل التنوع في النموذج بما أن عنصر الزمن الذي أخذ في الاعتبار أطول من مدة بقاء الدورة .

وبما أنه من المستحيل محاكاة جميع أسس المناخ العالمي دون أن نأخذ في الاعتبار دور المحيطات، فإنه كان من الضروري أن يتم تطوير نماذج المحيطات والغلاف الجوي. ويحتاج الفهم المتكامل للتفاعلات الداخلية إلى دراسة متعمقة في الجغرافيا المناخية للمحيطات ، وفي وقتنا الحاضر ، فإن قاعدة البيانات البنكية الضرورية غير متاحة . هذا ولسوء الحظ ، أن عدداً من أكبر البرامج البحثية لا تستطيع تغطية البيانات المفقودة . وتحديدًا فيما يتعلق بالبرنامج العالمي لأبحاث الغلاف الجوي (GARP) Global Atmospheric Research Program ، فقد تم تطويره في عهد الرئيس الأمريكي كينيدي President Kennedy ١٩٦١ . وقد كان من المفترض أن يركز البحث الأول على النطاق المداري Tropics ، وقد كان من ثماره برنامج الأطلنطي المداري التجريبي (GATE) Atlantic Tropical Experiment الذي بدأ ١٩٧٤م. أما على المستوى العالمي، فقد تم تجميع البيانات ضمن البرنامج العالمي لأبحاث الغلاف الجوي (GARP) وأطلق عليه برنامج أبحاث الغلاف الجوي التجريبي الأول (FGGE) First GARP Global Experiment ١٩٧٩ واستخدم المتغيرات العديدة. وقد تم استكمال مختلف الأنشطة البحثية كجزء من برنامج (GARP)، ونشرت تقاريرها ونتائجها في مجلة شهرية أمريكية مرموقة Bulletin of American Meteorological Society.

وتعد نمذجة الحاسوب وتجميع البيانات جزءاً من الأبحاث التي تساعد على فهم تأثير المحيطات في التنبؤات المناخية Climatic Predictions . ومما يذكر أن ، الملاحظات والسجلات الإحصائية تلعب دوراً أساسياً وفعالاً فيما يتعلق ببحث تأثير المحيطات في التنبؤ بالمناخ العالمي .

علاقات المحيط / الغلاف الجوي

تعتبر أبحاث علاقات المحيط / الغلاف الجوي - Atmosphere Ocean Relationships من أمتع الأبحاث التي تبحث في النطاق الهامشي الذي يفصل بين المسطحات المائية { المحيطات } وبين الغلاف الجوي ، إذ تبحث في مجال يختلف عن مجالات الأبحاث سابقة الذكر . ولعل من أهم المساهمات في هذا المضمار ما قامت به إحدى الجهات البحثية تحت مسمى " عقد الاستكشاف الدولي للمحيط (IDOE) International Decade of Exploration " ، وقد قدمت أبحاثاً متعددة المحاور عن المحيطات. ويعتبر برنامج التنبؤ البيئي Environmental Forecasting Program أحد أهم تلك الجهات البحثية . ويهدف هذا البرنامج إلى تطوير وتحسين قدرات التنبؤ البيئي من خلال فهم أفضل للتغيرات التاريخية في المناخ ، وتأثير المحيطات في الغلاف الجوي ، فضلاً عن الدور الذي تلعبه المحيطات في تشكيل الطقس والمناخ . وسيعرض هذا الفصل بعض نماذج من تلك الأعمال البحثية . ويجدر التنويه، إلى أن تلك الأمثلة البحثية قد تبدو للوهلة الأولى غير مناخية ، على اعتبارها أحداث خاصة أكثر من كونها أبحاث طويلة الأمد . وعلى أية حال ، فإن ما يهم في ذلك الأمر ، أن هذه الأحداث وإن كانت تبدو وكأنها مرتبطة بفترات زمنية قصيرة Short - term events ، إلا إنها ترتبط بالنظام البيئي العالمي الذي يحدد مستقبل المناخات .

الأحواض الباسيفيكية ومناخ الولايات المتحدة الأمريكية

قد حدث في عام ١٩٥٧م دفاء غير عادي في الأحواض المحيطية الضخمة لدرجة ذوبان المحيط المتجمد الشمالي وظهور المياه الباردة . ويتراوح اتساع هذه الأحواض ما بين ٦٠٠-١٢٠٠ ميل ويعمق يتراوح ما بين ٦٠٠-١٠٠٠ قدم، وقد ارتفعت درجة حرارتها حوالي ٢,٠م عن معدلها الطبيعي في هذا الوقت من السنة . ويشير اختلاف متوسط درجة حرارة المياه في تلك الأحواض الواسعة إلى زيادة أو نقصان في صافي كميات الطاقة. وقد كان الاعتقاد بأن تلك الأحواض تتشأ حيثما

تحدث اضطرابات في الغلاف الجوي فتؤدي لتعديل مسار حدود التيارات في المحيط الباسيفيكي ، ويتبعه حدوث انقطاع حيث تنكسر الكتل المائية وتلتوي بعيداً عن مسارها . وقد درس جيروم ناميس Jerome Namias أهمية تلك الأحواض بالنسبة للطقس والمناخ مع طلابه في معهد خاص بجغرافية المحيطات Scripps Institute of Oceanography . وقد أستنتج ناميس أن تلك الأحواض هي بمثابة آلة لتوجيه حركة الهواء من فوقها . وعلى سبيل المثال ، فإن الرياح التي تهب من الغرب فوق حوض دافئ ، فإنها تُدفع دفعاً نحو الارتفاع ، أو أنها تتزحزح في اتجاه الرياح نحو الشمال { بمعنى أن المياه هي التي تحرك الرياح وتسيطر على اتجاهها } . ومن ثم يمكن القول بأن تلك الأحواض هي المتسبب في حدوث فصول الشتاء الباردة حديثاً في وسط وشرق الولايات المتحدة الأمريكية ، كما إنها مسؤولة عن بعض فصول الشتاء الدافئة التي أمكن التنبؤ بها . ووفقاً لتلك النظرية، قد تسبب الحوض البارد في وسط الباسيفيكي في الستينيات في زحزحة لاتجاه الرياح السائدة نحو الجنوب كما يتضح في شكل (١٢-١٢) . وقد أدى ذلك إلى سيادة البرودة والهواء الجاف في النصف الشرقي من الولايات الأمريكية ، وأن تحل هذه الكتل الهوائية الباردة محل الأخرى الدفيئة السائدة . وقد تكرر نفس المشهد في شتاء ١٩٧٧/٧٦ (كما أتضح من قبل) مما نتج عنه حدوث شتاء شديد البرودة في العديد من أجزاء الولايات الأمريكية . بينما حدث العكس في فصول الشتاء خلال الفترة ١٩٧٥/١٩٧١ التي تميزت باعتدال درجة حرارتها. إذ أنه خلال تلك السنوات، حلت كتلة هواء دافئة محل أخرى باردة في وسط المحيط الهادي كما يتضح في شكل (١٢-٢ب) . وقد أدى ذلك بشكل أساسي إلى زحزحة الغربيات (الرياح الغربية) نحو الشمال ، ونتج عن ذلك سيادة الدفء والهواء الرطب القادم من الخليج والمحيط الأطلنطي ليعطي النصف الشرقي من الولايات الأمريكية . وقد أمكن فهم هذه الحركة الميكانيكية التي تؤثر في الأحواض المحيطية Pacific Pools . وفي الواقع ، يعتقد بعض الباحثين ، بأن تأثير تلك الأحواض محدوداً ، أو قد لا تؤثر على الإطلاق في الدورة العامة للهواء والأحوال الجوية خلال فصل الشتاء . وبوضوح فإن بعض الباحثين قدموا أدلة وبراہين كافية يمكن تعقبها ومتابعتها . ومما يذكر ، أن بعض المؤشرات عن طبيعة الشتاء القادم يمكن التنبؤ بها ، وتفسير الآلية التي تتيح استنباط بعض الإشارات عن الأحوال الجوية لفترة معينة من السنوات القادمة .

إن مياه الجنوب الشرقي من المحيط الهادي على شواطئ بيرو، هي واحدة من أغنى مناطق الصيد في العالم. وتساعد عملية تقليب المياه Up Welling الباردة على انتقال النيتروجين من الأعماق إلى المياه السطحية على توفير الغذاء لعدد من الدول التي تعاني نقصاً في الثروة السمكية. وفي الواقع، تعد هذه المنطقة من سواحل بيرو غنية لدرجة أنه يتم صيد طن من الأسماك مقابل ٥ طن من الأسماك التي يتم صيدها من جميع أنحاء العالم. وفي فترة ما ، تتوقف عملية تقليب المياه بسبب طبيعية المياه الدافئة التي تندفع جنوباً على طول الساحل . ويطلق على هذا التيار النينو El Nino { ويعني الطفل ، وقد تم شرح هذه الظاهرة بالتفصيل من قبل } لكونه يظهر في فترة أعياد الميلاد Christmas Time .

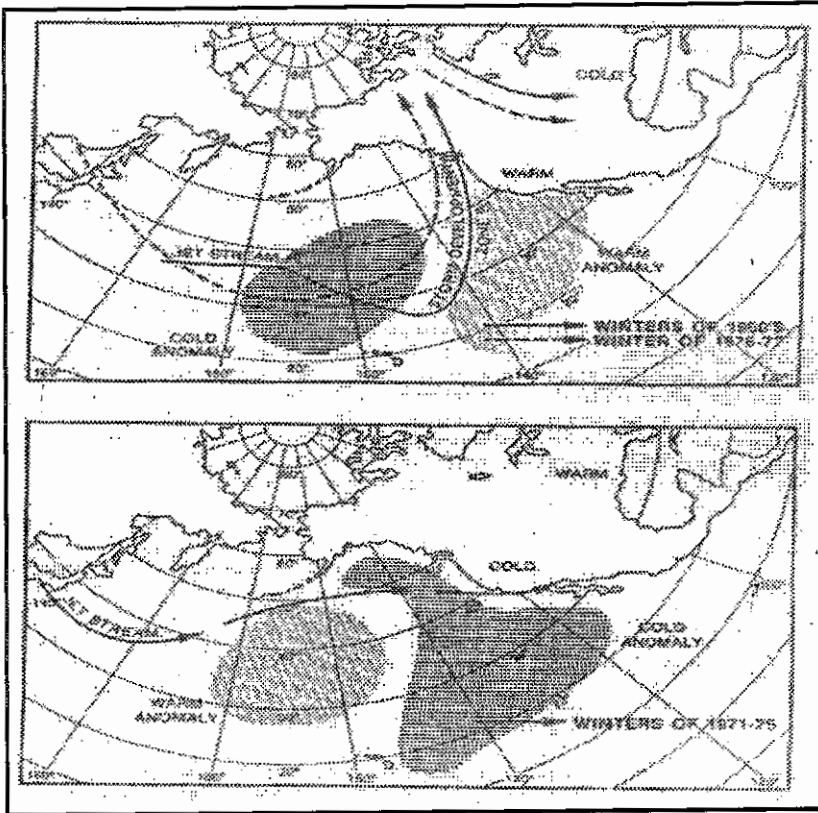
وتعطل ظاهرة النينو سلسلة الغذاء ، فحينما تتوقف عملية تقليب المياه الغنية ، تختفي الأسماك والطيور أو قد تموت . وحينما يحدث ذلك ، تتأثر صناعة الأسماك في بيرو - التي تعد الأضخم عالمياً - فتؤثر بدرجة خطيرة على اقتصاد الدولة . وبوضوح ، حينما نعرف الظروف التي تؤدي إلى حدوث ظاهرة النينو ، فإنه يمكن التنبؤ بسنوات حدوثها ، وبالتالي تحديد آثارها السلبية المحتملة على الثروة السمكية . وكما هو في حالة أحواض الباسيفيكي ، فإن الهدف هو التنبؤ بالمناخ لمدة سنة أو أقل ، ولكن ، إذا لم يتم فهم التغيرات ، نقل فرصة التوقع أو التنبؤ بالتغيرات طويلة الأمد بحيث لا تتعدى كونها تخمينات فقط على أحسن تقدير. وفي محاولة للتنبؤ بحدوث النينو ١٩٧٥م حينما كانت جميع الأدلة والشواهد متوقعة . قد أسهم البحث في السجلات التاريخية للنينو خلال الفترة ١٩٥٧/١٩٥٨ - ١٩٧٣/٧٢ في تحديد كيفية التفاعل بين الرياح والمحيطات وما يتبعه من دفء المياه . وتظهر الدراسة المتأنية لتغيرات الرياح أن الرياح التجارية تزيد في السنوات التي يتوقع خلالها حدوث النينو . ويقودنا ذلك إلى استنتاج مفاده أن ارتفاع سرعة الرياح التجارية الجنوبية لتصبح أعلى من معدلها يؤدي إلى زيادة كمية المياه المنقولة نحو الغرب بفعل التيارات البحرية من المحيط الهادي في المنطقة الاستوائية . وبالتالي ، فإن التيارات المحيطية العالمية تتحرك يهدوء في اتجاه الشمال بسبب الرياح التي تهب من جنوب أمريكا إلى غرب الباسيفيكي . ويبرهن هذا على حالة حدوث ارتفاع في مستوى البحر التي تعكس ارتفاع مستوى المياه في المنطقة. ونلاحظ موقع التيار النفاث Jet Stream وعلاقته بحالات الشدوذ في درجة

حرارة المحيطات Oceanic temperature Anomalies المحصورة بين ساموا ونيوزيلندا حينما تكون سرعة الرياح أشد . وحينما تنخفض سرعة الرياح التجارية ، تنسحب المياه وتراجع للخلف في اتجاه أمريكا الجنوبية لتؤدي إلى انسياب المياه الدافئة نحو الشرق بالقرب من خط الاستواء ، ومن ثم تصل جنوباً بعيداً لتصل للسواحل الأمريكية الجنوبية . كما أتضح أيضاً أن ضغط الهواء بين جزيرة إيستر ومنطقة داروين في أستراليا ، يرتبط بتلك الأحداث . فحينما يرتفع الضغط الجوي في داروين ، ينخفض في جزيرة إيستر . وبعد ذلك دليلاً على تبعات تيار النينو فيما يتعلق بالتغيرات التي تحدث عبر المحيط الهادي .

شكل (١٢-٢) العلاقة بين الأحواض المحيطية والدورة العامة للهواء

أ : يوضح فصلين للشئاء القاسي

ب : شئاء معتدل



وباستخدام النماذج المتعددة ، أمكن التنبؤ بحدوث تيار نينو ضعيف ١٩٧٥ م . وقد وصلت سفن الأبحاث إلى المنطقة ، ووجدت دليلاً واضحاً على تأثير النينو ، وبالرغم من كونه ضعيفاً ، إلا أن الأبحاث المكثفة قد ساعدت على التنبؤ به ، كما أمكن التنبؤ بالأحوال الجوية المعقدة . هذا ، وعلى الرغم من كون مدة التنبؤ كانت وما تزال قصيرة ، إلا أنها خطوة في الاتجاه نحو تنبؤات مناخية أكثر فاعلية .

سيناريوهات المستقبل

يضاف إلى الأبحاث التي تحاول فك ألغاز وتعقيدات الغلاف الجوي المؤثرة في المناخ في المستقبل ، فإن هناك أيضاً مشاريع بحثية أخرى تركز على الأحداث بهدف استنباط الأحوال المستقبلية. ويسعى هذا المنهج إلى وضع أو تأسيس سيناريوهات المستقبل . وتهدف الإجابة على سؤال مفاده ماذا يحدث لو ؟ ويبني السيناريو في جزئه الأساسي من السؤال الخاص بإذا ؟

وقد سميت السيناريوهات المناخية بنفس أسماء تقديرات الزيادة السكانية { تقدير منخفض - تقدير متوسط - تقدير مرتفع } .

إن أفضل الأمثلة عند الحديث عن السيناريوهات هو ما ذكرته " المؤسسة القومية للعلوم National Science Foundation " في دراسة استكملها جريلي Greeley . وترتكز هذه الدراسة على المستقبل المنظور Foreseeable Future ، والأنشطة البشرية التي تُغيّر على القوى الطبيعية Natural Forces من جراء مخاطرها على المناخ. وعلى سبيل المثال، قد نتج عن الزيادة المستمرة في الوقود الحفري بمعدل ٤% / سنوياً تسخين الهواء والماء بمعدلات وصلت إلى درجة التحذير العالمي. وفي حالة استمرار معدل ٤% حتى عام ٢٠٧٠م، سيحدث تسخيناً يعادل ١٠% من كمية الإشعاع الواصل إلى الأرض. وستؤدي مثل تلك الزيادة في معدل استهلاك الطاقة إلى ارتفاع معدل درجة حرارة الأرض بمقدار يتراوح ما بين ٥-٨ م^٠ . ويعد هذا التقدير في حد ذاته أحد السيناريوهات ، ويتنبأ بماذا يحدث إذا استمر معدل استهلاك الطاقة كما هو في الوقت الحاضر . ويعتقد جريلي أن معدل استهلاك الطاقة لم يعد استمراره حتمياً في المستقبل ، إذا يتوقف على معدل الزيادة السكانية العالمية ، وكثافة التصنيع ، ونوع الوقود المستخدم في توليد الطاقة . وإذا أخذنا في الاعتبار أن ذلك غير معلوماً بدقة، فإنه من الضروري

وضع العديد من السيناريوهات، وإذا اعتمدنا على تقدير الزيادة السكانية حتى عام ٢١٠٠م، فإن التقديرات المتاحة تتراوح فيما بين التقدير العالي للزيادة ب ٣٠ بليون نسمة، وبين التقدير المنخفض الذي يتوقع فقط الزيادة ب ٦ بليون نسمة ، وفيما بينهما التقدير المتوسط الذي يتوقع الزيادة السكانية العالمية في حدود ١٠ بليون نسمة كما يتضح في شكل (١٢-٣). ومن ثم ينبغي تحديد كمية الطاقة التي يحتاجها هذا العدد السكاني العالمي { وفق التقديرات الثلاثة للزيادة السكانية } ووفق تلك السيناريوهات كما يتضح في جدول (١٢-٢) . وتوضح بيانات ذلك الجدول معدل حرق الوقود لإنتاج الطاقة بمدى يتراوح بين ١٠٠-١٠٠٠ مليون وحدة حرارية بريطانية /سنوياً. ويشير هذا المدى المتسع من البيانات والتوقعات إلى اختلاف مستقبل الطاقة وفقاً للسيناريوهات الثلاثة التي تقدر عدد السكان في عام ٢١٠٠م.

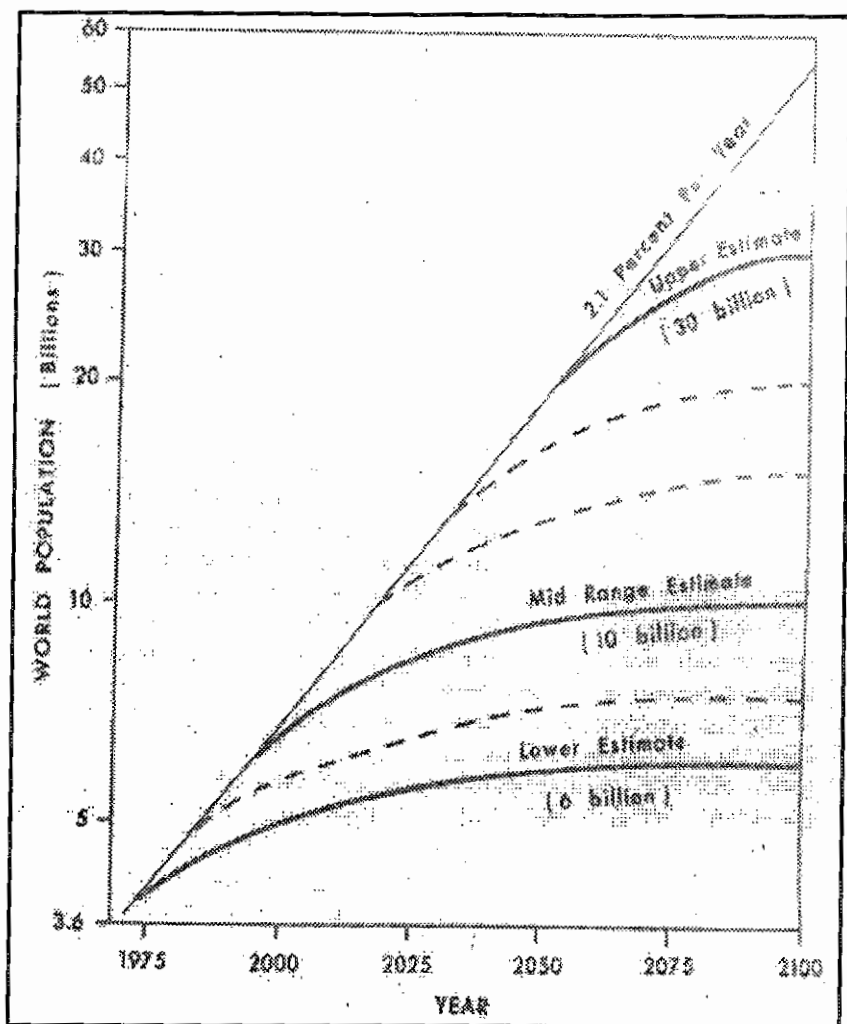
جدول (١٢-٢) مدى الطاقة العالمية المستخدمة

معدل الطاقة المستخدمة بليون وحدة حرارية بريطانية / سنوياً				عدد سكان العالم
١٠٠٠	٥٠٠	٣٠٠	١٠٠	
Q٦	٣	Q١,٨	Q Q٠,٦	٦ بليون
Q١٠	٥	Q٣	Q١	١٠ بليون
Q٢٠	١٠	Q٦	Q٢	٢٠ بليون

Q = بالمليون وحدة حرارية بريطانية/ سنوياً

Q Q = ١٠^{١٨}

شكل (١٢-٣) تقديرات الزيادة السكانية وفقا لعدد من الباحثين



السيناريو (١)

أن يصل استهلاك الطاقة العالمي ٢٠ وحدة حرارية بريطانية (Q BTU) Sackville Thermal Units / سنويا خلال عام ٢٠٠٠م حينما يكون عدد السكان ٢٠ بليون وتبلغ الطاقة المحروقة ١٠٠٠ مليون وحدة حرارية بريطانية / نسمة / سنويا.

الاحتمال الأول (أ): أن يتم حرق إجمالي الوقود الحفري المتبقي، وبالتالي ينتهي خلال القرن الحادي والعشرين. وتصبح الطاقة الذرية هي المصدر الغالب على مصادر الطاقة في أواخر القرن إل ٢١ ، بل تصبح المصدر السائد بحلول عام ٢١٠٠م.

الاحتمال الثاني (ب): أن يقلص الوقود الحفري بحلول عام ٢٠٥٠، ومن ثم فإن كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي لن تتجاوز ٤٢٠ جزء في المليون. وتصبح الطاقة الذرية هي المصدر الغالب خلال فترة فاصلة في أواسط القرن إل ٢١ ، وتصبح الطاقة الشمسية هي السائدة بحلول عام ٢١٠٠ م .

السيناريو (٢)

أن تصل الطاقة العالمية ٣ وحدة حرارية بريطانية (Q BTU) Sackville Thermal Units / سنويا خلال عام ٢١٠٠م ووفقا للتوقع بأن يبلغ عدد سكان العالم ١٠ بليون نسمة مقابل ٣٠٠ مليون وحدة حرارية بريطانية / نسمة / سنويا.

الاحتمال الأول (أ): أن يقلص استخدام الوقود الحفري بحلول علم ٢٠٥٠ م، ومن ثم لن تتجاوز كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ٤٢٠ جزء في المليون. وتصبح الطاقة الذرية هي السائدة قبل منتصف القرن الحادي عشر ، بل تصبح المصدر الوحيد للطاقة بحلول عام ٢٠٥٠ .

الاحتمال الثاني (ب): ويمثل الاحتمال الأول باستثناء كون الطاقة الشمسية تصبح هي الطاقة السائدة لتتفوق على استخدام الطاقة الذرية بحلول عام ٢٠٧٥ .

السيناريو (٣)

أن تصل الطاقة العالمية ٠,٦ وحدة حرارية بريطانية (Q BTU) Sackville Thermal Units / سنويا خلال عام ٢١٠٠م، ووفقا للتوقع بأن يبلغ

عدد سكان العالم ٦ بليون وتبلغ الطاقة المحروقة ٣٠٠ مليون وحدة حرارية بريطانية /نسمة/ سنوياً.

الاحتمال الأول (أ): أن ينقصر الوقود الحفري بحلول عام ٢٠٠٠ م، ومن ثم لن يتجاوز تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ٤٠٠ جزء في المليون. وتنفوق الطاقة الذرية على أنواع الطاقة الأخرى في بدايات القرن الحادي عشر ، بل تصبح المصدر السائد بحلول عام ٢٠٢٥ م .

الاحتمال الثاني (ب): ويمائل الاحتمال الأول باستثناء كون الطاقة الشمسية تصبح هي الطاقة السائدة لتتفوق على استخدام الطاقة الذرية بحلول عام ٢٠٥٠. هذا وعند تقدير الأخطار المناخية المرتبطة بتلك السيناريوهات ، فإن هناك متغيرين لا بد من أخذهما في الاعتبار : الأول : التحقق من التسخين الناتج عن عمليات توليد الطاقة ، والثاني : دور ثاني أكسيد الكربون في إحداث تأثير البيوت الزجاجية . وتستننتج نماذج الحاسوب التأثيرات والمخاطر النسبية لهذين العاملين على أساس ارتباطهما بالسيناريوهات الثلاثة السابقة . ونخلص من ذلك إلى معدلات ارتفاع درجة الحرارة على المستوى العالمي وعند القطبين على النحو التالي :

معدل ارتفاع درجة الحرارة بالدرجات المئوية		وفقاً للسيناريو
عند القطبين	العالمي	
١٠ أو أكثر	٣-٢	السيناريو (١) الاحتمال (أ)
* ٣-٢	* ١	السيناريو (١) الاحتمال (ب)
* ٥-٢	* ١,٣-١,٢	السيناريو (٢) الاحتمال (أ)
* ٣-٢	* ١	السيناريو (٢) الاحتمال (ب)
* ١	* ½	السيناريو (٣) الاحتمال (أ)
* ١	* ½	السيناريو (٣) الاحتمال (ب)

* يرتبط هذا الارتفاع في درجة الحرارة بزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي نتيجة حرق الوقود الحفري .

وتشير تلك النتائج بوضوح إلى الدور المعقد والمتشابك للاستمرار في زيادة كمية استهلاك الوقود الحفري / نسمة / سنويا {كنتيجة للزيادة العالمية في السكان} في صياغة مناخ المستقبل . ويعتبر سيناريو التسخين الأعلى (سيناريو (1) الاحتمال (ا)) ويحدث حينما يتم استغلال الوقود الحفري خلال القرن الحادي عشر مع زيادة عدد سكان العالم وفق التقدير الأعلى ، فيعكس ذلك على التقدير الأعلى للطاقة ومن ثم أعلى تقدير لارتفاع درجة الحرارة عالمياً و تحديداً عند القطبين. بينما يرتبط أقل تقدير لارتفاع درجة الحرارة بالسيناريو (3) حيث أقل تقدير للزيادة في عدد سكان العالم، بالإضافة إلى التوقع بالاعتماد على الطاقة الذرية والطاقة الشمسية لتحل محل الطاقة الحفرية.

وفي محاولة لتقويم تلك السيناريوهات ، فيعتقد جريلي أن نتائجها غير دقيقة . ويمكن القول ، بأنه وفق لقواعد الجغرافية المناخية الديناميكية ، تعد تلك النتائج أقل دقة وأقل قبولاً بسبب اعتمادها على هذين العاملين (استغلال الطاقة - الزيادة السكانية) في التأثير على مستقبل المناخ . إذ أنه بالإضافة للتسخين الناتج عن حرق الوقود وتركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، فإن هناك الغبار وتلوث الهواء، فضلاً عن التغير الطبيعي للمناخ الذي ينبغي أن يؤخذ في الاعتبار. وعلى أية حال ، فإن تلك السيناريوهات لا تظهر طبيعتها ومدى قيمتها وأهميتها في توفير قاعدة معلوماتية عن نوعية التغير المتوقع حدوثه . وفي حال توفر المزيد من البيانات التفصيلية حول مسببات تغير المناخ ، فإنه يمكن اعتماد عدداً من السيناريوهات في حال إتاحة المزيد من البيانات التفصيلية التي يمكن أن تؤدي إلى حدوث تغيرات في المناخ بشرط أن تصبح تلك المسببات عامة وشاملة.

الملخص والملاحظات والتوصيات

بعد التنبؤ بشكل وطبيعة وخصائص مناخ المستقبل غاية في التعقيد . إذ تظهر بعض الأدلة اتجاهين متضادين . وتستند الافتراضات العديدة على أبحاث تسعى لفك طلاسم الأسباب الرئيسية المتسببة في كلٍّ من مناخ الماضي ومناخ الحاضر . وبدون فهم تلك المسببات واستيعابها ، يتعذر وجود مشاريع بحثية جادة يمكن الاستناد عليها في التنبؤ بمناخ المستقبل .

وفي مضمار التنبؤ بحالة المناخ مستقبلاً ، فإن هناك ضرورة ملحة إلى إجراء المزيد من البحوث والدراسات . ويعد استقراء تفاعل المحيط / الهواء مجالاً جديداً يمكن التأسيس عليه لوضع المزيد من السيناريوهات التي تعكس المخاطر المحتملة لبعض العناصر البيئية المختارة.

هذا ولا يوجد اتجاهًا واضحاً أو إجابة نهائية شافية عن ماهية وكيفية حدوث تغير في المناخ خلال القرن القادم { إل ٢١ } ، كما لم يحدث حتى الآن تغير ملموس وواضح يمكن التحقق منه أو أثباته خاصة فيما يتعلق برفاهية الإنسان في المستقبل . وأخيراً ، يمكن القول بأن مضمار بحث التنبؤات المناخية مازال بكراً وفرص البحث فيه لانهائية ومتعددة المحاور .

ملحق (1)

قائمة تحويل بعض المقاييس

الوحدة	من	إلى	الضرب x
المساحة	أكر	متر مربع	٤,٠٤٦,٨٧٣
	أكر	ميل مربع	$3- 1.0 \times 1,0625$
	أكر	ياردة مربعة	٤,٨٤٠,٠
	سنتيمتر مربع	قدم مربع	$3- 1.0 \times 1,076$
	سنتيمتر مربع	بوصة مربعة	٠,١٥٥٠
	قدم مربع	أكر	$- 1.0 \times 2,29068$
	قدم مربع	متر مربع	٠,٠٩٢٩,٣٤١
	بوصة مربعة	مليمتر مربع	٦٤٥,١٦٢٦
	كيلومتر مربع	أكر	٢٤٧,١٠٠٤
	كيلومتر مربع	ميل مربع	٠,٣٨٦١
	ياردة مربعة	أكر	$- 1.0 \times 2,06612$
	ياردة مربعة	متر مربع	٠,٨٣٦١٣
	الأطوال	قدم	سنتيمتر
قدم		كيلومتر	$4- 1.0 \times 3,048$
قدم		متر	٠,٣٠٤٨

٠,٣٣٣٣	ياردة	قدم
٢,٥٤٠	سنتيمتر	بوصة
٠,٠٨٣٣٣	قدم	بوصة
^{٢-} ١٠×٢,٥٤٠	متر	بوصة
^{٥-} ١٠×١,٥٧٨	ميل	بوصة
٣,٢٨١,٠	قدم	كيلومتر
٠,٦٢١٤	ميل	كيلومتر
١,٠٩٣,٦	ياردة	كيلومتر
٣,٢٨٠.٨	قدم	متر
٣٩,٣٧٠	بوصة	متر
^{٤-} ١٠×٦,٢١٩	ميل	متر
٥,٢٨٠,٠	قدم	ميل
١,٦٠٩٣٥	كيلومتر	ميل
١,٦٠٩,٣٥	متر	ميل
٣,٠	قدم	ياردة
^{٤-} ١٠×٩,١٤٤	كيلومتر	ياردة
٠,٩١٤٤	متر	ياردة
١,٠٩٧٣	كيلومتر / ساعة	قدم / دقيقة
١٨,٢٩	متر / دقيقة	قدم / دقيقة
٠,٦٨١٨	ميل / ساعة	قدم / دقيقة

الوقت

٤٤,٧٠٤	سنتيمتر / ثانية	ميل / ساعة	
٨٨,٠	قدم / دقيقة	ميل / ساعة	
١,٤٦٦٧	قدم / ثانية	ميل / ساعة	
١,٦٠٩	كيلومتر / ساعة	ميل / ساعة	
٢٨,٣٢٠,٠	سنتيمتر مكعب	قدم مكعب	الطول
١,٧٢٨,٠٠	بوصة مكعبة	قدم مكعب	
٠,٠٢٨٣١٧	متر مكعب	قدم مكعب	
٠,٠٣٧٠٤	ياردة مكعبة	قدم مكعب	
٣٥,٣١٤٤	قدم مكعب	متر مكعب	
١٠×٦,١٠٢٣	بوصة مكعبة	متر مكعب	
١,٣٠٧٩	ياردة مكعبة	متر مكعب	
٠,٠٠١	كيلوجرام	جرام	
٠,٠٣٥٢٧	اونصة	جرام	
٣١٠×٢,٢٠٥	باوند - رطل انجليزي	جرام	
١,٠٠٠,٠	جرام	كيلو جرام	
٣٥,٢٧٣٩	اونصة	كيلو جرام	
٢,٢٠٤٦	باوند - رطل انجليزي	كيلو جرام	

ملحق (٢)

قائمة تحويل الدرجات الفهرنهايتية إلى الدرجات المئوية

٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	صفر	الدرجة الفهرنهايتية
٢٩,٤٤	٣٨,٨٩-	٣٨,٣٣-	٣٧,٧٨	٣٧,٢٢-	٣٦,٦٧-	٣٦,١١-	٣٥,٥٦-	٣٥,٠٠-	٣٤,٤٤-	٣٠-
٣٢,٨٩-	٣٢,٣٣-	٣٢,٧٨-	٣٢,٢٢-	٣١,٦٧-	٣١,١١-	٣٠,٥٦-	٣٠,٠٠-	٢٩,٤٤-	٢٨,٨٩-	٢٠-
٢٨,٣٣-	٢٧,٧٨-	٢٧,٢٢-	٢٦,٦٧-	٢٦,١١-	٢٥,٥٦-	٢٥,٠٠-	٢٤,٤٤-	٢٣,٨٩-	٢٣,٣٣-	١٠-
٢٢,٧٨-	٢٢,٢٢-	٢١,٦٧-	٢١,١١-	٢٠,٥٦-	٢٠,٠٠-	١٩,٤٤-	١٨,٨٩-	١٨,٣٣-	١٧,٧٨-	-
١٢,٧٨-	١٣,٣٣-	١٣,٨٩-	١٤,٤٤-	١٥,٠٠-	١٥,٥٦-	١٦,١١-	١٦,٦٧-	١٧,٢٢-	١٧,٧٨-	+
٧,٢٢-	٧,٧٨-	٨,٣٣-	٨,٨٩-	٩,٤٤-	١٠,٠٠-	١٠,٥٦-	١١,١١-	١١,٦٧-	١٢,٢٢-	١٠
١,٦٧-	٢,٢٢-	٢,٧٨-	٣,٣٣-	٣,٨٩-	٤,٤٤-	٥,٠٠-	٥,٥٦-	٦,١١-	٦,٦٧-	٢٠
٣,٨٩	٣,٣٣	٢,٧٨	٢,٢٢	-١,٦٧	١,١١	٠,٥٦	٠,٠٠	٠,٥٦-	١,١١-	٣٠
٩,٤٤	٨,٨٩	٨,٣٣	٧,٧٨	٧,٢٢	٦,٦٧	٦,١١	٥,٥٦	٥,٠٠	٤,٤٤	٤٠
١٥,٠٠	١٤,٤٤	١٣,٨٩	١٣,٣٣	١٢,٧٨	١٢,٢٢	١١,٦٧	١١,١١	١٠,٥٦	١٠,٠٠	٥٠
٢٠,٥٦	٢٠,٠٠	١٩,٤٤	١٨,٨٩	١٨,٣٣	١٧,٧٨	١٧,٢٢	١٦,٦٧	١٦,١١	١٥,٥٦	٦٠
٢٦,١١	٢٥,٥٦	٢٥,٠٠	٢٤,٤٤	٢٣,٨٩	٢٣,٣٣	٢٢,٧٨	٢٢,٢٢	٢١,٦٧	٢١,١١	٧٠
٣١,٦٧	٣١,١١	٣٠,٥٦	٣٠,٠٠	٢٩,٤٤	٢٨,٨٩	٢٨,٣٣	٢٧,٧٨	٢٧,٢٢	٢٦,٦٧	٨٠
٣٧,٢٢	٣٦,٦٧	٣٦,١١	٣٥,٥٦	٣٥,٠٠	٣٤,٤٤	٣٣,٨٩	٣٣,٣٣	٣٢,٧٨	٣٢,٢٢	٩٠
٤٢,٧٨	٤٢,٢٢	٤١,٦٧	٤١,١١	٤٠,٥٦	٤٠,٠٠	٣٩,٤٤	٣٨,٨٩	٣٨,٣٣	٣٧,٧٨	١٠٠

A Basic Bibliography of Climatology

GENERAL AND INTRODUCTORY

- ❖ Anthes, R.A., & Others : "The Atmosphere"
Columbus, Ohio: Charles E. Merrill, 1970.
- ❖ Barry, R.G., and Chorley, R.J. : "Atmosphere,
Weather and Climate" 2nd ed. New York: Rinehart and
Winston, 1977.
- ❖ Bruce, J.P., and Clark, R.H. : " Introduction to
Hydrometeorology " London: Pergamon Press ,
Inc., 1966.
- ❖ Calder, N. : " The Weather Machine" New York :
Viking Press, 1970.
- ❖ Crowe , P.R. : " Concepts in Climatology
"London: Longmans, 1971.
- ❖ Day, J.A., and Sternes, G.L. : "Climate and
Weather " Reading, Ma : Addison- Wesley Publishing
Co., 1974.
- ❖ Flohn, H. : "Climate and Weather "New York:
McGraw- Hill , 1969.
- ❖ Mather, J. R : " Climatology – Fundamentals
and Applications " New York : : McGraw- Hill Book
Co., 1974.
- ❖ Neiburger, M. & Others : " Understanding Our
Atmospheric Environment " San Francisco : W.H.
Freeman and Co., 1973.

- ❖ Stringer, E. T. : " Foundations of Climatology "San Francisco : W.H. Freeman and Co., 1972 .
- ❖ Wiesner, C.J. : "Hydrometeorology "New York : Barnes and Noble , 1970.

CLIMATES – REGIONAL AND DYNAMIC

- ❖ Barry, R.G. and Perry,A. H. : " Synoptic Climatology - Methods and Applications " New York : Harper and Row, 1973.
- ❖ Chang, Jen-hu. : " Atmospheric Circulation Systems and Climates " Honolulu, Hawaii: Oriental Publishing Co., 1972.
- ❖ Geiger, R. : " The Climate Near the Ground " 4th ed. Cambridge, Ma : Harvard Univ.Press, 1960.
- ❖ Franklin, T. B. : " Climates in Miniature – A Study of Microclimate and Environment " New York : Philosophical Library, 1900 .
- ❖ Kendrew, W. G. : " The Climates of the Continents " 6th ed. Oxford : Clarendon Press, 1971.
- ❖ Lee, D.H.K. : "Climate and Economic Development in the Tropics " New York : Harper , 1907.
- ❖ Oke , T. R. : " Boundary Layer Climates "New York : Halstead Press , 1978.
- ❖ Trewartha, G. T. : " The Earth's Problem Climates." Madison : University of Wisconsin Press , 1971 .

❖ Yoshino , M. M. : "Climate In a Small Area – An Introduction to Local Meteorology " Tokyo : University of Press , 1970 .

CLIMATE , ENVIRONMENT , AND LIFE

❖ Aronin , J. E. : "Climate and Architecture " New York : Reinhold , 1961 .

❖ Brooks , C. E. P. : "Climate in Everyday Life " New York : Philosophical Society Library , 1961 .

❖ Chang , J. : "Climate and Agriculture – An Ecological Survey " Chicago : Aldine Publishing Co., 1968 .

❖ Gates , D. M. : " Man and His Environment – Climate " New York : Harper and Row , 1972 .

❖ Landsberg , H. E. : " Weather and Health – An Introduction to Biometeorology " Garden City , N.Y. : Anchor Books , Doubleday & Co., 1969 .

❖ Mander , W. J. : " The Value of the Weather " New York : Barnes and Noble , 1970 .

❖ Oliver , J. E. : " Climate and Man's Environment - An Introduction to Applied Climatology " New York : John Wiley and Sons , 1973 .

❖ Roseberg , N. J. : " Micoclimate – The Biological Environment " New York : John Wiley and Sons , 1974 .

❖ Smith , K. : " Principles of Applied Climatology " New York : Halstead Press , 1970 .

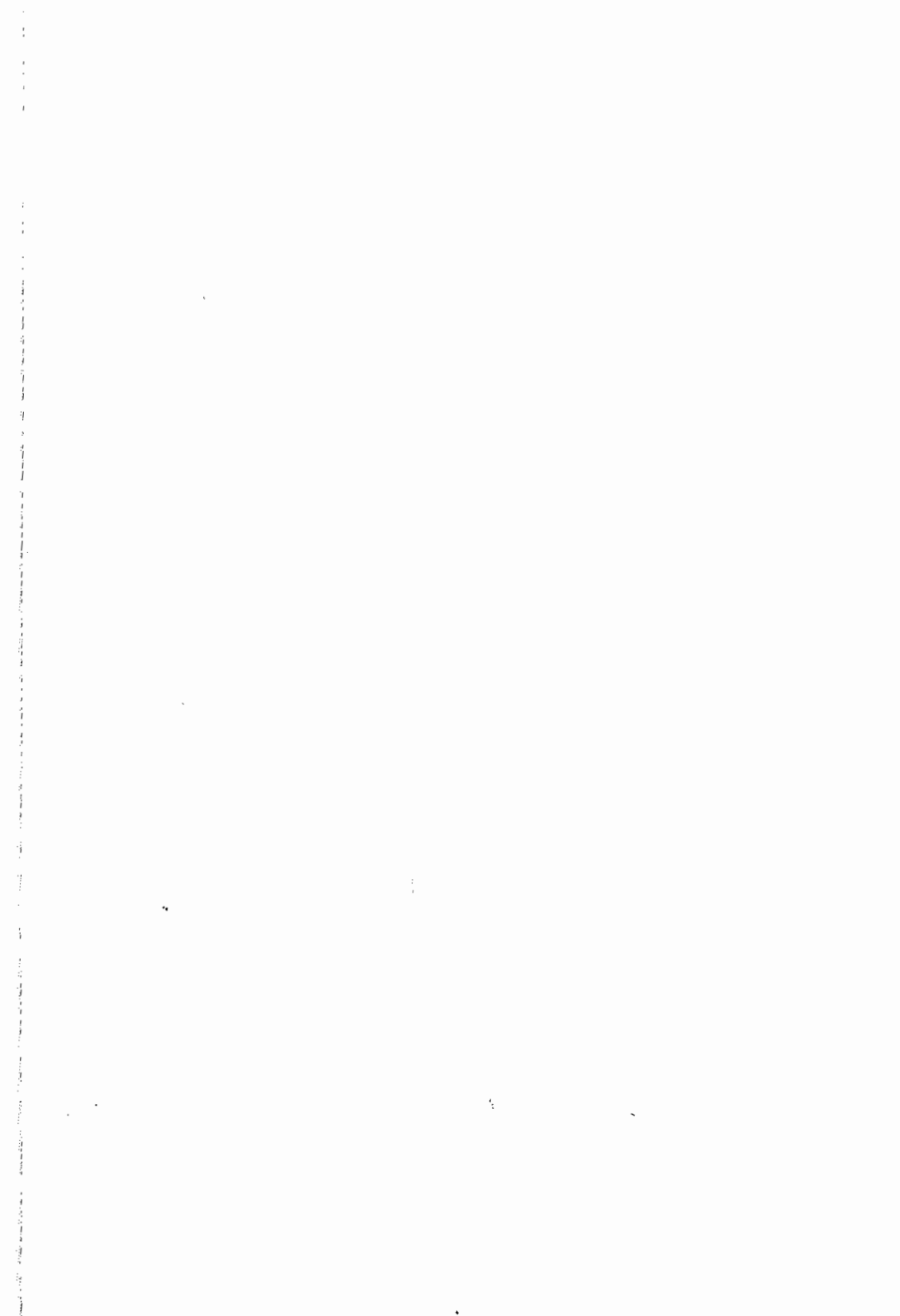
❖ Taylor , J. A. : " Weather and Agriculture " Oxford , England : Pergamon Press , 1967 .

- ❖ Tromp , S. W. : " Medical Biometeorology – Weather, Climate and the Living Organism " Amsterdam and New York: Elsevir , 1963 .
- ❖ Wang , J. W. : " Agricultural Meteorology " Milwaukee , Wisc. : Pacemaker Press , 1963 .

CLIMATIC CHANGE AND MODIFICATION

- ❖ Bryson, R. A., and Murray, T. J. : " Climates of Hunger - Mankind and the World's Changing Weather " Madison, Wisconsin : Univ. of Wisconsin Press, 1977.
- ❖ Glantz , M. H. : " Desertification – Environmental Degradation in and Around Arid Lands " Boulder , Colorado : Westview Press , 1977 .
- ❖ Gribben, J. : " Climate Change " Cambridge : Cambridge Univ. Press, 1978.
- ❖ Hess, W. N. : " Weather and Climate Modification " New York : John Wiley and Sons , 1973
- ❖ Lamb , H. H. : " The Changing Climate " London : Methuen & Co., Ltd., 1966 .
- ❖ Lamb , H. H. : " Climate – Present , Past and Future " London : Methuen, 1972 .
- ❖ Mitchell , J. M. : " Causes of Climatic Change " International Association for Quaternary Research. Boston: American Meteorological Society , 1968 .
- ❖ Sewell , W. R. D. : " Modifying the Weather – A Social Assessment " Victoria , BC: University of Victoria , 1973 .

تم بحمد الله وتوفيقه،،،،،



رقم الإيداع
١٩١٦٤
—————
٢٠١٢

مطبعة الحنفى الحديثة
بشبين الكوم ٠١٠٠٩٠٢٩٩٥٧

