الفصل التاسع

الصحاري والتصحر

توطئة

لطالما كانت دراسة المناخات الإقليمية بؤرة الدراسات المناخية . وقد تم تطوير مخططات ونماذج التصنيف كجزء من الأقلمة 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 الثوابت العامة ، إن أعمق مشكلة حدود مناخيّة تنحصر 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 ويلي 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 Evaportranspiration 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 فيما بين دائرتي عرض ٣٠ درجة شمالا وجنوبا. ويوضح جدول (٩-٢أ) 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 اليابس 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 علي أن الصحاري المدارية تتسم 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 الرئيسة

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

المصدر: Oliver, ١٩٧٩.

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

(٢٧ درجة شمالاً و٢ درجة شرقاً) .

الفترة ١٩٢٥/ ١٩٥٠	درجة الحرارة بالدرجات الفهرنهيتية						رطوبة نسبية%		التساقط		
	المعدل اليومي		معدل أعلى درجة شهرية	معدل أدنى درجة شهرية	الحرارة المسجلة		معدل الرصدات في ساعة محددة		المعدل الشهري بالبوصة	أقصى كمية تساقط يومي بالبوصة	معدل عدد الأيام بكمية تساقط ٠,٠٠٤ واكثر
الشهر	العظمى	الصغرى			العظمى	الصغرى	٠٧٠٠	١٣٠٠			
يناير	٦٩	٤٣	٧٩	٣٣	٨٨	٢٦	٦٣	٣٧	٠,١	٠,٣	٠,٤
فبراير	٧٥	٤٧	٨٦	٣٦	٩٥	٢٨	٦٤	٣٤	٠,١	<٠,١	٠,٦
مارس	٨٣	٥٣	٩٦	٤٤	١٠٢	٣٦	٥١	٣٥	<٠,١	<٠,١	٠,٤
أبريل	٩٢	٦٢	١٠٢	٥١	١٠٧	٤٨	٤٠	٢٧	<٠,١	٠,٣	٠,٦
مايو	٩٩	٦٩	١١١	٥٨	١١٤	٥٤	٣٧	٢٣	<٠,١	<٠,١	٠,٩
يونيو	١١٠	٨٠	١١٥	٧٢	١٢٢	٦١	٣٦	٢٥	<٠,١	<٠,١	٠,٦
يوليو	١١٣	٨٣	١١٦	٧٧	١٢٢	٧٣	٢٩	١٦	٠,٠	٠,٠	٠,٠
أغسطس	١١١	٨٢	١١٤	٧٩	١٢٢	٧٢	٣١	١٩	٠,١	<٠,١	٠,٦
سبتمبر	١٠٥	٧٧	١١٠	٧١	١٢٠	٦٣	٣٨	٢٤	<٠,١	٠,١	٠,٧
أكتوبر	٩٤	٦٦	١٠٣	٥٧	١١١	٤٨	٤٤	٢٨	<٠,١	٠,٢	٠,٨
نوفمبر	٨٠	٥٣	٩٢	٤٤	٩٧	٣٨	٦١	٣٨	٠,٢	<٠,١	١
ديسمبر	٧١	٤٥	٧٩	٣٦	٨٨	٣٢	٦٥	٣٨	٠,١	<٠,١	٠,٩
السنوي	٩٢	٦٣	١١٧	٣١	١٢٢	٢٦	٤٧	٢٩	٠,٦	٠,٣	٧
عددالسنوات	١٥	١٥	٩	٩	١٥	١٥	١٥	١٥	١٥	٢	١٠

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

الفترة ١٩٢٥/ ١٩٥٠	درجة الحرارة بالدرجات الفهرنهيتية						رطوبة نسبية%		التساقط		
	المعدل اليومي		معدل أعلى درجة شهرية	معدل أدنى درجة شهرية	الحرارة المسجلة		معدل الرصدات في ساعة محددة		المعدل الشهري بالبوصة	أقصى كمية تساقط يومي بوصة	معدل عدد الأيام بكمية تساقط ٠,٠٠٤ وأكثر
الشهر	العظمى	الصغرى			العظمى	الصغرى	٠٧٠٠	١٣٠٠			
يناير	٦٧	٥٦	٧٨	٤٦	٨٩	٧٤	٨٦	٧٤	٠,٣	٠,٦	٣
فبراير	٦٧	٥٧	٧٨	٤٦	٨٤	٤٣	٨٨	٧٨	٠,٢	٠,٥	١
مارس	٦٨	٥٨	٨٠	٥١	٩٢	٤٩	٩٠	٨٢	٠,٢	٠,٧	١
أبريل	٧٠	٦٠	٨٤	٥٥	١٠٣	٤٨	٨٩	٨١	<٠,١	<٠,١	٠,٩
مايو	٧٠	٦٢	٧٦	٥٨	٨٠	٥٥	٨٥	٨٠	<٠,١	<٠,١	٠,٢
يونيو	٧٢	٦٤	٧٧	٦١	٨٣	٥٥	٨٨	٨٢	<٠,١	<٠,١	٠,٢
يوليو	٧٣	٦٥	٨٠	٦٢	٩٧	٥٩	٩١	٨٥	<٠,١	<٠,١	٠,١
أغسطس	٧٤	٦٥	٧٨	٦٢	٨٦	٥٧	٩٢	٨٦	<٠,١	<٠,١	٠,٤
سبتمبر	٧٤	٦٥	٨٣	٦٠	٩٤	٥٧	٩٣	٨٦	٠,٣	١,٣	١
أكتوبر	٧٤	٦٤	٨٣	٥٩	١٠١	٥٣	٩٠	٧٩	<٠,١	<٠,١	٠,٥
نوفمبر	٧٣	٦١	٨٤	٥٤	٩٥	٥٠	٨٧	٧٦	٠,٦	١,٥	٣
ديسمبر	٦٩	٥٧	٧٨	٤٩	٨٤	٤٤	٨٦	٧٣	٠,٣	٢,١	٣
السنوي	٧١	٦١	٩٣	٤٥	١٠٣	٤١	٨٩	٨٠	١,٩	٢,١	١٤
عدد السنوات	١٤	١٤	١١	١١	١٤	١٤	٧	٧	١٤	١٤	١٤

الحدود الصحراوية Desert Boundaries

يعد ترسيم الحدود الصحراوية Desert Boundaries فيما بين النماذج الصحراوية الثلاث هو المشكلة الجوهرية . وربما يعتبر استخدام المسببات الرئيسة لتكون الصحاري هي أنسب الطرق التي يمكن الاعتماد عليها، ألا وهي ندرة المطر، ويمكن استخدام كمية المطر ٢٥٠ ملليمتر / سنوياً 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 شمالاً تقريباً
وخط طول ٧٦ درجة شرقاً تقريباً

الفترة ١٩٢٥/ ١٩٥٠	درجة الحرارة بالدرجات الفهرنهيتية						رطوبة نسبية%	التساقط		
	المعدل اليومي		معدل أعلى درجة شهرية	معدل أدنى درجة شهرية	الحرارة المسجلة		معدل الرصدات في ساعة محددة	المعدل الشهري بالبوصة	أقصى كمية تساقط يومي بالبوصة	معدل الأيام تساقط بكمية ٠,٠٠٤ وأكثر
الشهر	العظمى	الصغرى			العظمى	الصغرى	٠٨٠٠			
يناير	٣٣	١٢	٤٠	٢	٥١	-٧	٧٦	٠,٦	٠,٣	١
فبراير	٤٣	١٩	٥٧	١١	٦٢	-٤	٧١	٠,١	٠,٤	٠,٥
مارس	٥٦	٣٥	٧٢	٢٤	٧٨	٨	٥٧	٠,٥	٠,٦	١
أبريل	٧١	٤٨	٨٤	٣٥	٩٣	٢٧	٤٧	٠,٢	١,٠	١
مايو	٨١	٥٨	٩٣	٤٤	٩٧	٣٩	٤٦	٠,٣	٠,٩	١
يونيو	٨٩	٦٤	٩٦	٥٣	١٠٢	٤٢	٤٤	٠,٢	٠,٦	١
يوليو	٩٢	٦٨	١٠٢	٥٩	١٠٦	٥٣	٤٩	٠,٤	٠,٥	١
أغسطس	٩٠	٦٦	٩٨	٥٦	١٠١	٥٤	٥٤	٠,٣	٠,٣	٢
سبتمبر	٨٣	٥٧	٩٢	٤٥	٩٨	٣٩	٥٥	٠,١	٠,٢	١
أكتوبر	٧١	٤٣	٨١	٣٢	٨٩	٢٩	٥٧	٠,١	٠,٦	٠,١
نوفمبر	٥٤	٢٩	٦٦	١٨	٧٠	١	٦٧	٠,٢	٠,٢	١
ديسمبر	٣٨	١٧	٤٩	٥	٦٢	-١٥	٧٩	٠,٣	٠,١	٠,٤
السنوي	٦٧	٤٣	١٠٢	٠	١٠٦	-١٥	٥٨	٣,٢	١,٠	١١
عدد السنوات	٢٧	٢٧	١٠	١٠	١٠	١	١٠	١٨	٧	١٦

الموقع / الصحراء	كمية التساقط السنوي ملليمتر	كمية التبخر / نتح المحتمل ملليمتر	النبات الطبيعي
تاكسون Tucson – أريزونا	٢٨٣	١٠٦٠	صحراء
يلونيف– المقاطعة الشمالية الغربية بكندا Yellow Knife	٢١٣	٤٢٩	غابات التايجا

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 التايجا . 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 Cofficient (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 ١٣٠٠ " الواحدة بعد الظهر" في أحدة 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 (٥٠٨ 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 رتبتها (٤) ، فإن كل منهما تأخذ ٤,٥ (٤+٥÷٢=٤,٥) ،وتصبح الرتبة التالية هي رقم (٦) .

جدول (أ) كمثال تطبيقي

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

جدول (ب) تابع المثال التطبيقي

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

ومعادلة ارتباط الرتب: -١ $R = \frac{6\sum (x-y)^2}{n(n^2-1)}$

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

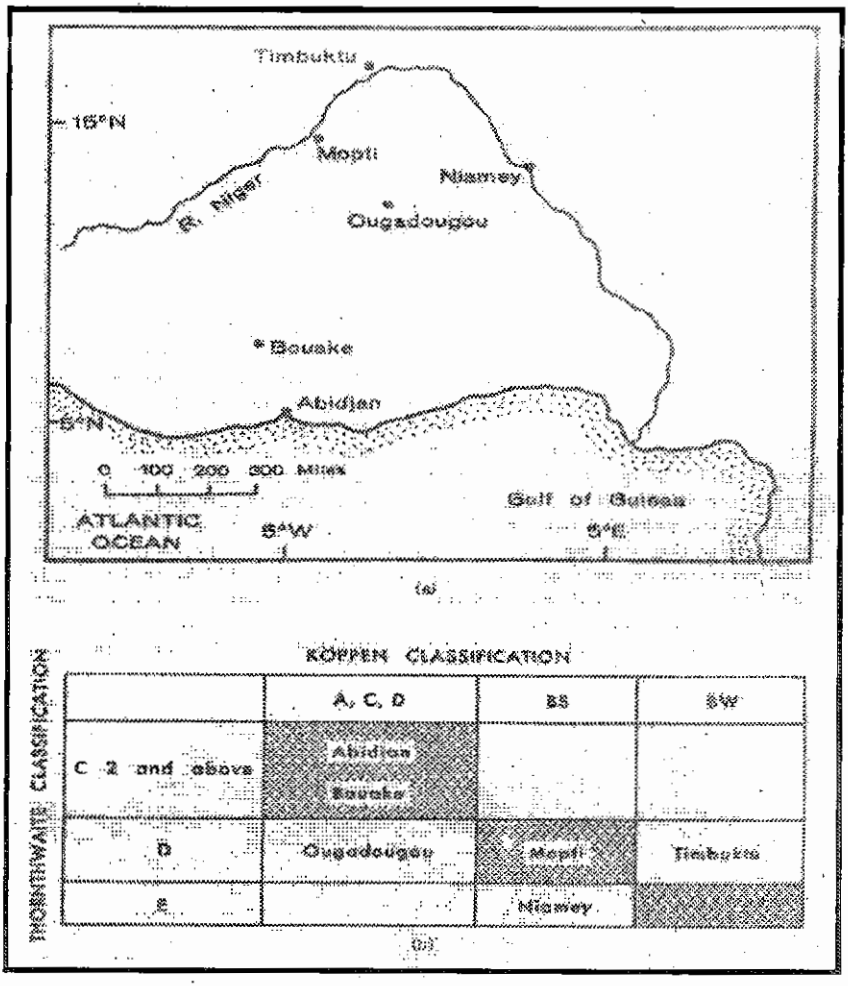
ووفقا لما جاء في جدول (ب) فإن حساب قيمة (R) يعد سهلا جداً. يقسم مجموع $2(x-y)$ ÷ ١٢ وهي عدد القياسات. وناتج قيمة (R) = ٠,٩٢ مما يعني أن العلاقة طردية قوية بين المتوسط الشهري لدرجة الحرارة والمتوسط الشهري لضغط البخار لأن قيمة معامل الارتباط تقترب كثيراً من رقم (١) الذي يمثل العلاقة المثالية

هذا، ولا تشير العلاقة الإحصائية – على أية حال – إلى الأسباب المناخية لمثل 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 لتنويه 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 معادلتي كوبن Koppen وثورنثويت Thornthwaite



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<٠,٢٢(T-٧)

ب – إذا كانت أكثر شهور الشتاء رطوبة تعادل ٣ أمثال أكثر شهور الصيف رطوبة، فإن الصحاري يمكن تحديدها من المعادلة: P<٠,٢٢(T-٣٣,٠)

ج – وفي حالة عدم وجود أي من الحالتين السابقتين، فإن المعادلة تصبح على النحو التالي: P<٠,٢٢(T-١٩,٥)

ويمكن تحديد فعالية كمية المطر الفصلي من خلال مردود هذا المطر على نمو النبات " 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 الرطوبةMoisture Index (Im) ، حيث وضع المياه الكافية " الفائضة " Water Surplus ، والمياه الشحيحة" العجز المائي " Water Deficit ، والتبخر / نتح المحتمل ، في المعادلة التالية :

Tm = ١٠٠s – ٦٠d ÷ PET

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

S = الكمية السنوية للرطوبة الفائضة Water Surplus

d = 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 كلٍ منهما توضح وبشكل دقيق محددات حدود الصحاري ،

ويتضح في شكل (٩- ١أ) توزيع ٦ محطات في غرب أفريقيا . وقد تم تحديد كل منهما باستخدام معادلتي 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 أبيدجان وبوكي ، لا يقعان ضمن النطاق الصحراوي" غير صحراويتين" Non - Desert، ولكن أوجادو ، فتصنف وفق معادلة كوبن على كونها محطة رطبة Humid، بينما تصنف وفق معادلة ثونثويت على إنها محطة شبه جافة Semi Arid. أما موبتي ونيامي ، فإنهما يقعان في نفس المجموعة التصنيفية وفق معادلة كوبن ويصنفان على إنهما محطتان شبه صحراويةSemi 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 .

التصحر

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 تشابها 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 ،

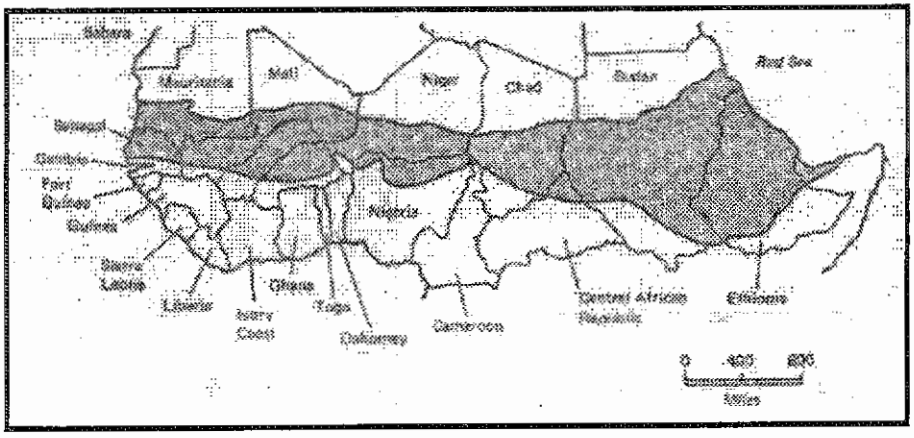
دراسة وتحليل منطقتين عالميتين يتجهان نحو التصحر Desertification ، هما منطقة الساحل في أفريقيا ، والأخرى منطقة شمال غرب الهند وباكستان .

المنطقة الأولى منطقة الساحل

قد أشتق 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 قطيع 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 ١/٣ " الثلث "، فضلاً عن الزيادة في أعداد الماشية والحيوانات بمقدار الضعف

شكل (٩-٢) المنطقة المظللة 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 وحدوث المجاعات. وفي نفس الوقت، أصبحت الأعشاب هي الأخرى غير كافية لتلبية احتياجات الأعداد الكبيرة من الحيوانات، فضلاً عن الضغط على النبات الطبيعي الذي بات هزيلاً، 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 ميلاً عن حدود شواطئها الأصلية السابقة. وحينما يمتد ويتسع الجفاف ، فإنه يرتبط بنظم الطقس السائدPrevailing 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 Intertropical Front (ITF) ، حيث التقاء الهواء دون المداري Intertropical Convergence(ITC) ، وتخلخل الهواء دون المداري Intertropical Discontinuity. ويحدث تفرق للهواء (ITD)عند نطاق الساحل . ويوضح شكل (٩- ٣أ) 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- ٣ج) } 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 (ه): يتسع هذا النطاق في المناطق الساحلية حيث تتكاثر السحب الكثيفة، ولكن الفترات الممطرة قصيرة.

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

محطة الأرصاد	الدولة	فترة الرصد	المتوسط السنوي للمطر خلال الفترة	المدى السنوي الكلي(ملم)	
				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

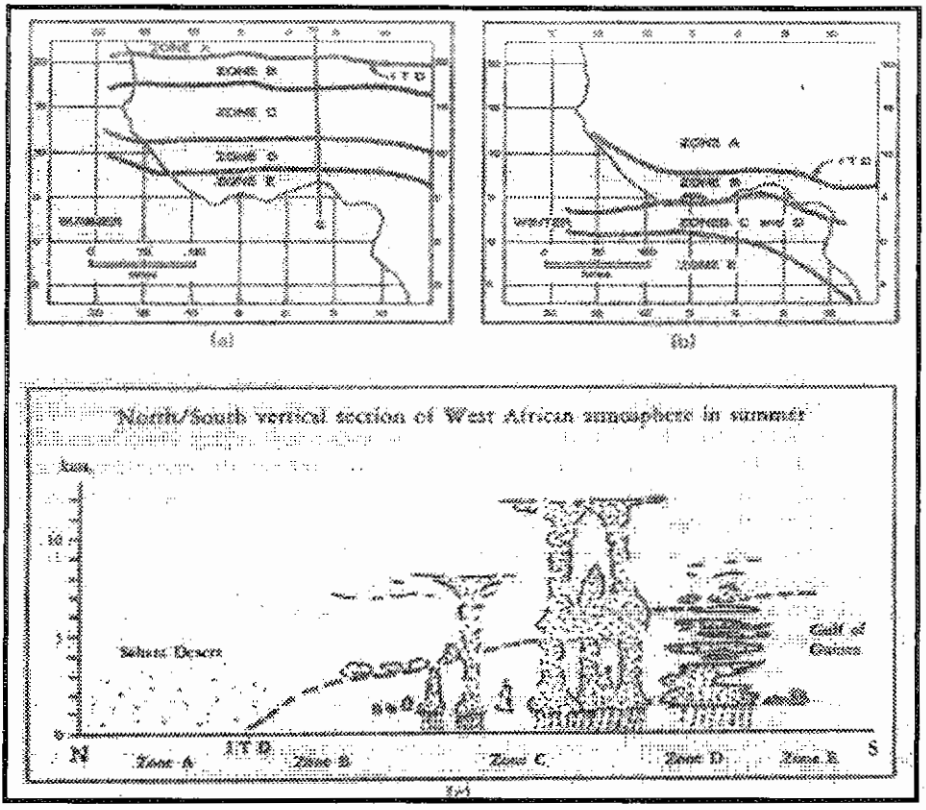
وتتشكل مواقع هذه النطاقات كما يوضحها شكل (٩-٣أ) خلال فصل الصيف حينما ترسل الشمس أكبر كمية طاقة حرارية في نصف الكرة الشمالي ، ويتبع ذلك تزحزح نطاقات الضغط الجوي إلى حدها الأقصى شمالا . بينما تتقهقر أنظمة الضغط الجوي خلال فصل الشتاء ، وتتحرك أحزمة الضغط الجوي نحو الجنوب ، فيتغير موقع تلك النطاقات كما يتضح 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 تزحزح (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 (٩-٣) الحدود التقريبية لمواقع تفرق الكتل المدارية

(٩-٣أ): في الصيف (٩-٣ب): في الشتاء

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



الجفاف

بصفة 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 (٩-٤) 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

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

* المحطات هي : كانو – سوكوتو – 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 معهما . وهكذا ، تحدد مواقع بؤر الضغط المرتفع بشكل حاد وحرج امتداد واتساع المطر المرتبط بالتفرق دون المداري(ITD) Intertropical Discontinuity .

هذا وحدوث 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 التفرق 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 التفرق 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 ، فيتفاقم 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 . ووفقا 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 التغير . وأخيراً ، يمكن القول بأن نظرية بريسون هي نظرية مثيرة للجدل وتستحق المزيد من البحث والدراسة والتأمل .

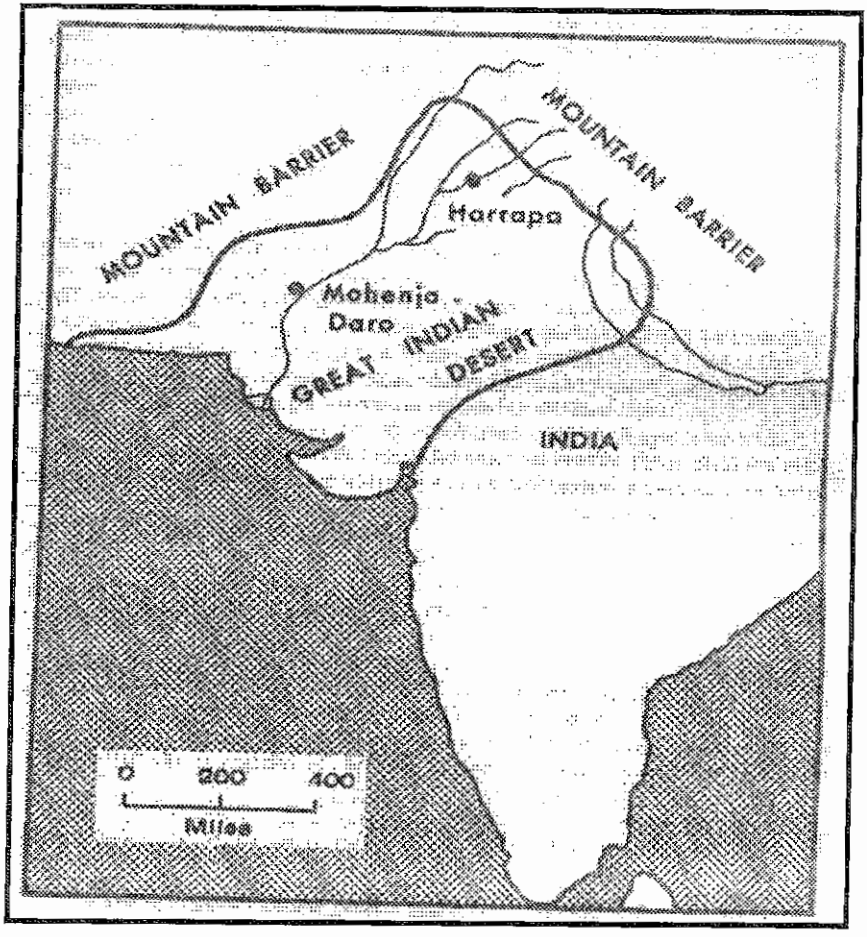
الصحراء الهندية العظمى

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 يتعقد بأنها كانت تمتد لمسافة ما من موقعها على نهر السند حيث 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 ، وبتحليل 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 ؟ وثانيا : 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. ونظرا لكون أغلب أمطار شبه القارة الهندية يرتبط بالرياح الموسمية، وأن توغل المطر يتناقص بالانتقال للمناطق الداخلية خاصة تلك التي تقع في منصرف الرياح. وحاليا ، 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 ، وان 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 لابد أن تتكاثر بحيث يصاحبها سقوط المطر ، كما لابد 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 مترية " . 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 / ميل٢ . وتعد تأثيرات هذا الغبار معقدة وغير مفهومة على وجه الدقة ، ولكن في نفس الوقت ، ينعكس بوضوح تأثيرها المباشر في كونها سببا في تناقص كمية المطر فوق هذه الصحراء . وفي أثناء النهار، يحجب الغبار جزءا كبيرا من كمية الإشعاع الشمسي التي تصل لسطح الأرض فتنخفض درجة حرارته. وينتج عن ذلك ضعف التيارات الهوائية الصاعدة

التي من المفترض أن تهيأ الفرصة لسقوط المطر . أما في ساعات الليل ، فإن السحب الغبارية تبرد بسرعة لفقدانها حرارتها بسرعة فتؤدي هذه البرودة إلى هبوط الهواء . وهكذا تتضافر 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^{2} في أغلب هذه المناطق . ويرجع هذا الضغط السكاني إلى الزراعة الحقلية التي تناسب 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 " قطيع 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 Eric ١٩٧٦ : " 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 النامية في الخطة الخمسية الأولى١٩٥٢ إلى تقديم إنذار خطير : أن معدل انتشار الصحراء يتم بمعدل ½ 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 لاندسكيب مقفر كئيب 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 وتقلصت .

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 .