

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بغداد

المناخُ التطبيقيُّ

تأليف

الدكتور عادل سعيد الراوي

استاذ مساعد / جامعة بغداد / كلية التربية الاولى

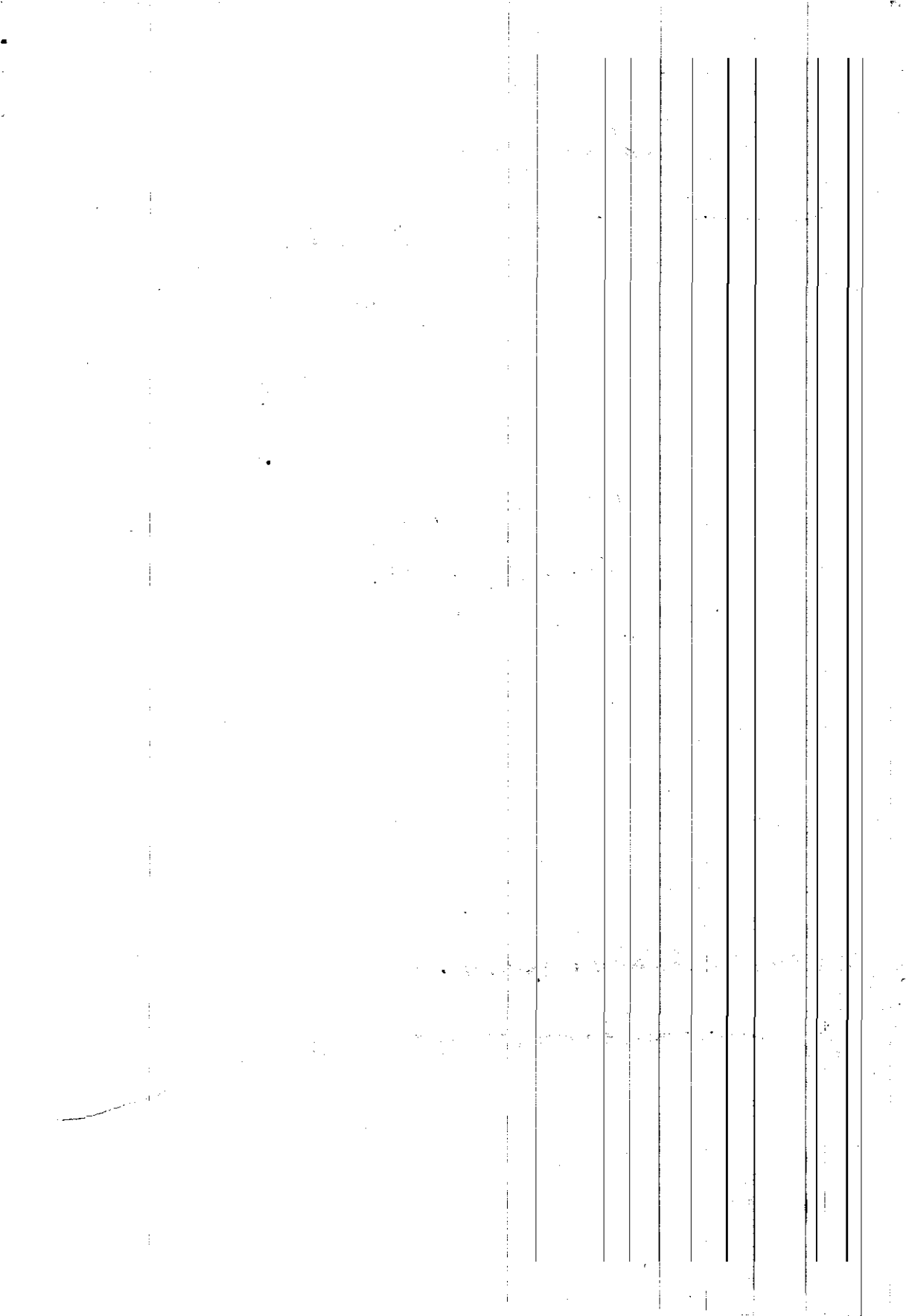
الدكتور فاضل عبد المجيد السامرائي

مدرس / جامعة بغداد / كلية الاداب

بغداد

١٩٩٠

١٧٤٠٢



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَمِنْ آيَاتِهِ يُرِيكُمُ الْبَرْقَ خَوْفًا وَطَمَعًا وَيُنْزِلُ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً
فِيُخْرِجُ بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ.

سَدَّ اللَّهُ الْعَظِيمِ الرَّحْمَنُ

المحتويات

الصفحة

الفصل الاول : مفهوم علم المناخ التطبيقي واتجاهات دراسته ٢١

- ٢٨ المبحث الاول : تعريف المناخ التطبيقي ونشأته وتطوره
- ٢٨ تعريف المناخ التطبيقي
- ٣٠ نشأة المناخ وتطوره
- ٣٥ نشأة المناخ التطبيقي وتطوره .
- ٣٩ المبحث الثاني ، الاتجاهات الحديثة في دراسة المناخ التطبيقي
- ٣٩ اهمية دراسة المناخ
- ٤٠ اتجاهات دراسة المناخ التطبيقي
- ٤٥ الاتجاهات الحديثة في دراسة المناخ التطبيقي

الفصل الثاني : قياس المعلومات المناخية ومعالجتها ٤٩

- ٥١ المبحث الاول ، الاجهزة المستخدمة في الدراسات المناخية التطبيقية
- ٥٢ المحطات المناخية
- ٥٤ انواع المحطات المناخية
- ٥٦ التنبؤ الجوي
- ٥٩ اجهزة قياس الاشعاع الشمسي
- ٦٣ اجهزة قياس درجات الحرارة
- ٦٧ اجهزة قياس الضغط الجوي
- ٧٢ اجهزة قياس الرياح
- ٧٥ اجهزة قياس كمية الهطول
- ٧٨ اجهزة قياس الرطوبة الجوية
- ٨١ اجهزة قياس التبخر / النتح
- ٨٨ اجهزة الرصد العلوي

الصفحة

المبحث الثاني : الانتقال من الوسائل المباشرة في القياس

٩٩	الى الوسائل الاحصائية والرياضية .
٩٩	قياس التبخر / النتح
١١٢	قياس الجفاف
١١٨	قياس الاشعاع الشمسي
١٢٢	الموازنة المائية المناخية

الفصل الثالث : التصنيفات المناخية

١٣١	المبحث الاول : التصنيفات المناخية الاصلية ،
١٣٦	تقسيم كوين للاقاليم المناخية في العالم
١٤٥	تقسيم ديمارتون
١٤٧	تقسيم فلون
١٤٧	تقسيم ثورثويت
١٥٤	المبحث الثاني : التصنيفات المناخية الحديثة ،
١٥٤	تصنيف هولدرج
١٥٥	تصنيف بديكو
١٥٦	تصنيف كوسن
١٥٨	المبحث الثالث : التصنيفات البشرية
١٥٨	تطبيق دراسة توم وسبل وبازل لتصنيف مناخ العراق لاقاليم للراحة الطبيعية .

الفصل الرابع : العلاقة بين المناخ والنشاطات البشرية .

١٨٩	العلاقة بين المناخ وكل من :
١٩١	المبحث الاول ١ - الزراعة والرعي
١٩٧	المبحث الثاني ٢ - النقل الجوي والبري والمائي
٢٠٠	المبحث الثالث ٣ - الصناعة
٢٠٣	المبحث الرابع ٤ - السياحة والترفيه

الصفحة

٢١١	المبحث الخامس ٥ - العمليات العسكرية
٢١٥	الفصل الخامس : المناخ والمجتمع
٢١٩	المبحث الاول ، الراحة الفسيولوجية للانسان
٢٥٠	المبحث الثاني ، المناخ والصحة العامة
٢٦٥	المبحث الثالث ، المناخ وتصميم البناء
٢٨٢	الفصل السادس : المناخ ومصادر الطاقة البديلة
٢٨٦	المبحث الاول ، مصادر الطاقة البديلة وعلاقتها بالمناخ
٢٨٧	١ - الاشعاع الشمسي
٢٩٢	٢ - طاقة الرياح
٢٩٨	٣ - طاقة المد والجزر
٣٠٠	٤ - طاقة البرق
٣٠٣	المبحث الثاني ، الاستهلاك اليومي والسنوي للطاقة
٣١١	الفصل السابع : التنبؤ بالطقس والسيطرة عليه
٣١٥	المبحث الاول ، التنبؤ بالطقس وطرائقه
٣٣١	المبحث الثاني ، التنبؤ بالمناخ والتبدل المناخي
٣٣٥	المبحث الثالث ، اهمية التنبؤ بالطقس والمناخ والسيطرة عليهما
٣٦٢	الفصل الثامن : مناخ المدينة أنموذجاً للتغير المناخي المحلي
٣٦٧	المبحث الاول ، العوامل المساعدة على تكوين مناخ المدينة
٣٧٩	المبحث الثاني ، الصفات الاساسية لمناخ المدينة
٤٠٠	المبحث الثالث ، مقارنة عامة بين مناخ المدينة ومناخ الريف

الصفحة

٤٠٧

٤٠٨

٤١٩

(i) دليل الحرارة

(a) قيمة

(E) تعديل قيم

الملاحق الإحصائية :

ملحق إحصائي رقم (١)

ملحق إحصائي رقم (٢)

ملحق إحصائي رقم (٣)

المصادر العربية والأجنبية



الصفحة	العنوان	التسلسل
٢٥	١ - رسم تخطيطي يوضح فروع المناخ المختلفة والطرائق العلمية المتبعة في دراسته مع المقاييس المختلفة للدراسة .	
٥٥	٢ - مخطط لمحطة مناخية متكاملة	
٦٠	٣ - جهاز كامبل - ستوكس	
٦١	٤ - جهاز انكستروم	
٦٢	٥ - جهاز ابلي	
٦٣	٦ - المحرار الاعتيادي	
٦٤	٧ - محرار النهاية الصغرى والنهاية العظمى	
٦٥	٨ - محرار مسجل ثنائي المعدن	
٦٦	٩ - محرار التربة	
٦٨	١٠ - البارومتر الزئبقي	
٦٩	١١ - بارومتر فورتن	
٧٠	١٢ - باروميتركيو	
٧١	١٣ - باروميتر أنيرويد المعدني	
٧١	١٤ - الباروميتر المعدني المسجل	
٧٣	١٥ - جهاز قياس سرعة الرياح واتجاهها	
٧٣	١٦ - مرياح داينز	
٧٥	١٧ - مخطط اتجاه الرياح وقيمها	
٧٦	١٨ - مقياس التساقط الوزني	
٧٧	١٩ - مقياس (مسطرة) الثلج	
٨٠	٢٠ - السيكروميتر	
٨٠	٢١ - جهاز أسمان	
٨١	٢٢ - مقياس الرطوبة الشعري	
٨٢	٢٣ - مسجل الرطوبة	

٨٣	مقاس بيشة للتبخّر	٢٤-
٨٤	حوض التبخّر	٢٥-
٨٥	مسجل التبخّر	٢٦-
٨٦	اللايزميتر الوزني	٢٧-
٨٧	اللايزميتر ذو الصرف	٢٨-
٩٠	الثيدولايت البصري	٢٩-
٩١	الراصد خلف شاشة الرادار	٣٠-
٩٢	آ و ب رادار دوبلر	٣١-
٩٤	جهاز الراديو سوند ومراحل عمله	٣٢-
٩٥	صورة عن القمر الصناعي تغطي أكثر من قارة	٣٣-
٩٦	قمر صناعي على ارتفاع ٢٢٠٠٠ ميل فوق الاستواء	٣٤-
٩٧	نظام الاتصال بين القمر الصناعي والمحطات الأرضية	٣٥-
٩٨	جهاز الفاكس ميل	٣٦-
١٢٢	اختلاف عامل الرؤية مع اختلاف ارتفاع الجهاز ومسافة النظر ضمن المتر الواحد	٣٧-
١٢٤	الدورة المائية	٣٨-
١٢٥	التغير الفيزيائي للماء	٣٩-
١٤٤	خارطة التوزيع الجغرافي لاقاليم المناخ في العراق حسب كوين	٤٠-
١٧٠	خارطة التوزيع الجغرافي لاقاليم الراحة في العراق لفصل الربيع	٤١-
١٧١	خارطة التوزيع الجغرافي لاقاليم الراحة لفصل الصيف	٤٢-
١٧٢	خارطة التوزيع الجغرافي لاقاليم الراحة لفصل الخريف	٤٣-
١٧٣	خارطة التوزيع الجغرافي لاقاليم الراحة لفصل الشتاء	٤٤-
٢٣٠	مقارنة بين اقيام الطاقة التبريدية للرياح	٤٥-
٢٣٣	رسم بياني للحرارة المؤثرة	٤٦-
٢٣٥	رسم تخطيطي لمنطقة الشعور بالراحة	٤٧-
٢٣٧	الطاقة اللازمة لرفع حرارة الهواء الى منطقة الشعور بالراحة	٤٨-
٢٣٨	سرعة الرياح اللازمة لخفض حرارة الهواء الى منطقة الشعور بالراحة	٤٩-

٢٣٩	٥٠ - تأثير كمية الرطوبة على درجة حرارة الهواء
٢٤٠	٥١ = منطقة الشعور بالراحة ومتطلباتها
٢٤٢	٥٢ - بعض الامراض المصاحبة لارتفاع وانخفاض الحرارة
٢٤٣	٥٣ - مدلولات الشكل البياني لراحة الانسان
٢٥٢	٥٤ - الموازنة الحرارية للجسم البشري
٢٦٧	٥٥ - فترات ارتفاع وانخفاض الحرارة في بغداد موزعة على شهور السنة وحسب ساعات النهار
٢٧٣	٥٦ = (أ، ب) مسير الاشعاع الشمس للكرة الارضية
٢٧٥	٥٧ - المعدل السنوي للاشعاع الشمس وحسب الاتجاهات
٢٧٦	٥٨ - تصاميم منازل في اقاليم مناخية مختلفة
٢٨٦	٥٩ - مسير الطاقة الحرارية على الارض
٢٨٨	٦٠ - تخطيط هيكلية لنظم التبريد الشمس
٢٩٠	٦١ - خارطة التوزيع الجغرافي للمعدل اليومي للاشعاع العمودي المباشر في العراق
٢٩١	٦٢ - خارطة التوزيع الجغرافي للمعدل اليومي للاشعاع الكلي في العراق
٢٩٤	٦٣ - مخطط طاحونة هوائية تعمل بقوة الرياح
٢٩٥	٦٤ - مخطط نفق الرياح
٢٩٩	٦٥ - علاقة دوران القمر بعنقبة المد والجزر
٣٠١	٦٦ - مخطط غيمة الرعد والبرق
٣٠٥	٦٧ - فترات التدفئة والتبريد لمدينة السلطانية
٣٠٦	٦٨ - فترات التدفئة والتبريد لمدينة بغداد
٣٠٧	٦٩ - فترات التدفئة والتبريد لمدينة البصرة
٣١٨	٧٠ - المعلومات الطقسية التي تثبت حول كل محطة
٣١٩	٧١ - صورة مأخوذة بالاقيمار الصناعية
٣٢٠	٧٢ - خريطة تمثل الحالة الجوية على ارتفاع ٥٠٠ ميليار
٣٢٤	٧٣ - الخطوات المنطقية المتبعة في تحديد المسار الهوائي لعمل التنبؤ الجوي
٣٣٤	٧٤ - مواقع القارات قبل ٣٠٠ مليون سنة والآن

الصفحة	التسلسل العنوان
٣٦٩	٧٥ - نظام الاشعاع المعقد فوق المدينة
٣٧٠	٧٦ - نظام الاشعاع البسيط فوق الريف
٣٧٢	٧٧ - صورة لسيارة مأخوذة بالاشعة تحت الحمراء
٣٧٧	٧٨ - خيمة الغبار والملوثات فوق المدينة
٣٧٨	٧٩ - اختلاف الحرارة بين يوم عطلة ويوم عمل
٣٨٠	٨٠ - اختلاف كمية الاشعاع الواصل الى المدينة مقارنة بالريف
٣٨٣	٨١ - الاختلاف بين درجة حرارة المدينة والريف
٣٨٧	٨٢ - الجزيرة الحرارية في مدينة واشنطن
٣٨٨	٨٣ - الجزيرة الحرارية في مدينة سان فرانسيسكو
٣٩٦	٨٤ - توزيع الامطار في المدينة
٣٩٧	٨٥ - اختلاف كثافة الامطار في المدينة

الجدول



الصفحة

التسلسل العنوان

- ١ - التنبؤ الجوي لاحتمالية سقوط المطر لموقع معين ولفترة سنة ٥٩
- ٢ - استخدام الفرق بين الحرارة الجافة والرطوبة للتعرف على الرطوبة النسبية. ٧٩
- ٣ - تعديل كمية التبخر بسبب الغطاء النباتي بحسب الفصول ١٠٤
- ٤ - المعدل الشهري للحرارة والامطار والرطوبة النسبية لمدينة بغداد ١٠٦
- ٥ - تقدير التبخر لمدينة بغداد بحسب معادلة ايفانوف ١٠٧
- ٦ - حساب مقدار التبخر - المنتج بحسب معادلة ثورنثويت ١١٠
- ٧ - تقدير التبخر / النتج لمدينة الزرقاء في الاردن ١١١
- ٨ - المناطق المناخية لثورنثويت بحسب كفاية المطر ١١٤
- ٩ - المناطق المناخية لديمارتون بحسب معامل الجفاف ١١٦
- ١٠ - حدود الجفاف لمورال ١١٧
- ١١ - الاقاليم المناخية لمورال على اساس معامل الجفاف ١١٧
- ١٢ - الاختلاف قيم (a) و (b) بحسب مايفطي سطح الارض لمجموعة من الباحثين. ١٣١
- ١٣ - الموازنة المائية للعالم. ١٣٧
- ١٤ - الموازنة المائية لمدينة بغداد ١٣٩
- ١٥ - اقاليم المناخ الرئيسية لكوين ١٣٧
- ١٦ - الرموز التفصيلية وحدودها المناخية ١٣٨
- ١٧ - الحروف التفصيلية لزيادة وصف الاقليم ١٤٠
- ١٨ - اقاليم المناخ في العراق بحسب تصنيف كوين ١٤٣
- ١٩ - اقاليم المناخ لفلون ١٤٨
- ٢٠ - رطوبة الاقاليم Im بحسب دليل الرطوبة ١٥٠
- ٢١ - الاختلافات الفصلية للقيمة الفعلية للرطوبة ١٥١
- ٢٢ - دليل كفاية الحرارة ١٥٢
- ٢٣ - التوزيع الجغرافي للتركيز الصيفي للحرارة ١٥٣

١٥٧	٢٤ - اقاليم البحر المتوسط بحسب تصنيف كوسن
١٦٤	٢٥ - ملخص تصنيف قيم (THI) للمحطات المناخية في العراق
١٦٦	٢٦ - تلخيص قدرة الرياح على التبريد للمحطات العراقية
١٦٧	٢٧ - جمع قيم (THI) و (k) في كل شهر للمحطات المناخية العراقية .
١٦٩	٢٨ - الاضاف الرئيسية لاقاليم الراحة في العراق بحسب الفصول
١٧٤	٢٩ - معدلات حرارة الهواء الجاف والرطب وسرعة الرياح وقيم (THI) لمحطة بغداد .
١٧٥	٣٠ - معدلات حرارة الهواء الجاف والرطب وسرعة الرياح وقيم (THI) لمحطة الموصل .
١٧٦	٣١ - معدلات حرارة الهواء الجاف والرطب وسرعة الرياح وقيم (THI) لمحطة كركوك .
١٧٧	٣٢ - معدلات حرارة الهواء الجاف والرطب وسرعة الرياح وقيم (THI) لمحطة الرطبة .
١٧٨	٣٣ - معدلات حرارة الهواء الجاف والرطب وسرعة الرياح وقيم (THI) لمحطة الحي .
١٧٩	٣٤ - معدلات حرارة الهواء الجاف والرطب وسرعة الرياح وقيم (THI) لمحطة الناصرية .
١٨٠	٣٥ - معدلات حرارة الهواء الجاف والرطب وسرعة الرياح وقيم (THI) لمحطة البصرة .
١٨١	٣٦ - معدلات حرارة الهواء الجاف والرطب وسرعة الرياح وقيم (THI) لمحطة الديوانية .

- ٣٧ - معدلات حرارة الهواء الجاف والرطب وسرعة الرياح
- ١٨٢ وقيم (THI) لمحطة سنجار .
- ٣٨ - معدلات حرارة الهواء الجاف والرطب وسرعة الرياح
- ١٨٣ وقيم (THI) لمحطة صلاح الدين .
- ٣٩ - معدلات حرارة الهواء الجاف والرطب وسرعة الرياح
- ١٨٤ وقيم (THI) لمحطة السليمانية .
- ٤٠ - معدلات حرارة الهواء الجاف والرطب وسرعة الرياح
- ١٨٥ وقيم (THI) لمحطة خانتقين .
- ٤١ - معدلات حرارة الهواء الجاف والرطب وسرعة الرياح
- ١٨٦ وقيم (THI) لمحطة عنه .
- ٤٢ - معدلات حرارة الهواء الجاف والرطب وسرعة الرياح
- ١٨٧ وقيم (THI) لمحطة حديثة .
- ٤٣ - كمية الماء اللازمة لنمو المحاصيل المختلفة
- ١٩٥ دليل المناخ السياحي الصيفي (Io) في العراق
- ٢٠٩ الطاقة المولدة في الجسم وما يعادلها بالكيلو سرعة لنشاطات
- ٢٢١ مختلفة .
- ٤٦ - نتائج دليل تبريد الرياح وما يعادلها من شعور لدى الانسان
- ٢٢٨ دليل تبريد الرياح
- ٢٣٦
- ٤٨ - الارقام التي استخدمها تريجو في تصنيفه المناخي
- ٢ ٤٥
- ٤٩ - عملية تقدير لتوفير الدولارات نتيجة خفض نسبة التلوث في
- ٢٥٨
- ٥٠ - تأثير سمك ولون الجدران في ايصال الحرارة الى داخل المنزل
- ٢٧٠

٢٧٢	٥١ - نسبة الاختلاف بين المناخ المجاور للمنزل والمناخ داخل المنزل .
٢٨٠	٥٢ - تقسيم درجات الحرارة بحسب الساعات
٢٩٧	٥٣ - سرعة الرياح في بعض أقطار الوطن العربي
٣٠٩	٥٤ - تطور استهلاك الطاقة الكهربائية ونصيب الفرد من الاستهلاك
٣٨٥	٥٥ - الاختلاف بين معدل درجة الحرارة السنوي في المدينة عن ريفها المجاور .
٣٨٦	٥٦ - سرعة الرياح المطلوبة لتبريد الجزيرة الحرارية نسبة الى عدد سكان المدينة .
٣٩٣	٥٧ - الفرق بين سرعة الرياح بين وسط مدينة لندن ومطارها .
٤٠١	٥٨ - معدل التغير في عناصر مناخ المدينة عن الريف المجاور .

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

ان اهمية دراسة علم المناخ التطبيقي تبدو عموما في ناحيتين ، اولاهما مايخص علم المناخ نفسه حيث يعالج علم المناخ التطبيقي في جزء منه التفاعل القائم بين العناصر المناخية نفسها للوصول الى اعلى مايمكن من الدقة في وصف الظاهرة المناخية قبل بيان تأثيرها خارج مايخص علم المناخ نفسه . والثانية اهمية علم المناخ التطبيقي للانسان نفسه فيما يخص صحته وراحته ، أو ما يخص هندسة مدنه وبنائها وشؤونه العسكرية والاجتماعية الاخرى او شؤونه الاقتصادية بصورة عامة .

ان البحث التفصيلي في هاتين الاهميتين تطلب بالضرورة بناء قاعدة واسعة للمنهج الكمي الذي أخذ مساره يتزايد سرعة وحجما بين البحوث الجغرافية الحديثة . وعلم المناخ التطبيقي هو احد العلوم الذي بدأ يعتمد مثل هذه القاعدة في التحليل الجغرافي الذي يمكن ان يضيف في الوقت نفسه الى المنهج الكمي اضافات أساسية .

ان افتقار المكتبة العربية عموماً وحاجة طلبتنا الماسة الى مثل هذا النوع من الدراسة كان الدافع للباحثين في وضع هذه الدراسة بصيغة كتاب منهجي محاولة لسد بعض مما تفتقر اليه المكتبة العربية ومما تتطلبه حاجة طلابنا .

لقد بذل الباحثان جهودا كبيرة في اخراج هذا الكتاب بحسب ماتطلبته مفردات المنهج التي عمد الباحثان على تطويرها وتوسيعها وازالة التكرار فيها . وقد قسمت بين الباحثين حيث قام الدكتور عادل سعيد الراوي بكتابة الفصول : الثاني والثالث والرابع والسادس . وقام الدكتور قصي عبد المجيد السامرائي بكتابة الفصل الاول والخامس والسادس والثامن .

ولابد من توجيه الشكر والتقدير الى جامعة بغداد وكلية التربية الاولى وقسم الجغرافية في الكلية لتكليفهما المؤلفين بانجاز هذا الكتاب . ولايسعنا الا ان نشكر الزملاء في قسمي الجغرافية في كلية التربية الاولى وكلية الاداب في جامعة بغداد لما

أبدوه من تعاون واسهام بعض منهم في مناقشة بعض المواضيع وابداء الرأي فيها .
والى كل من لم يبخل علينا بكتاب او مصدر او رأي سديد ونشكر السيد سالم
برشان الذي نفذ الرسوم والاشكال البيانية . أملين ان يكون هذا الكتاب بالمستوى
المطلوب والله الموفق .

المؤلفان

بغداد / ١٩٩٠

الفصل الأول

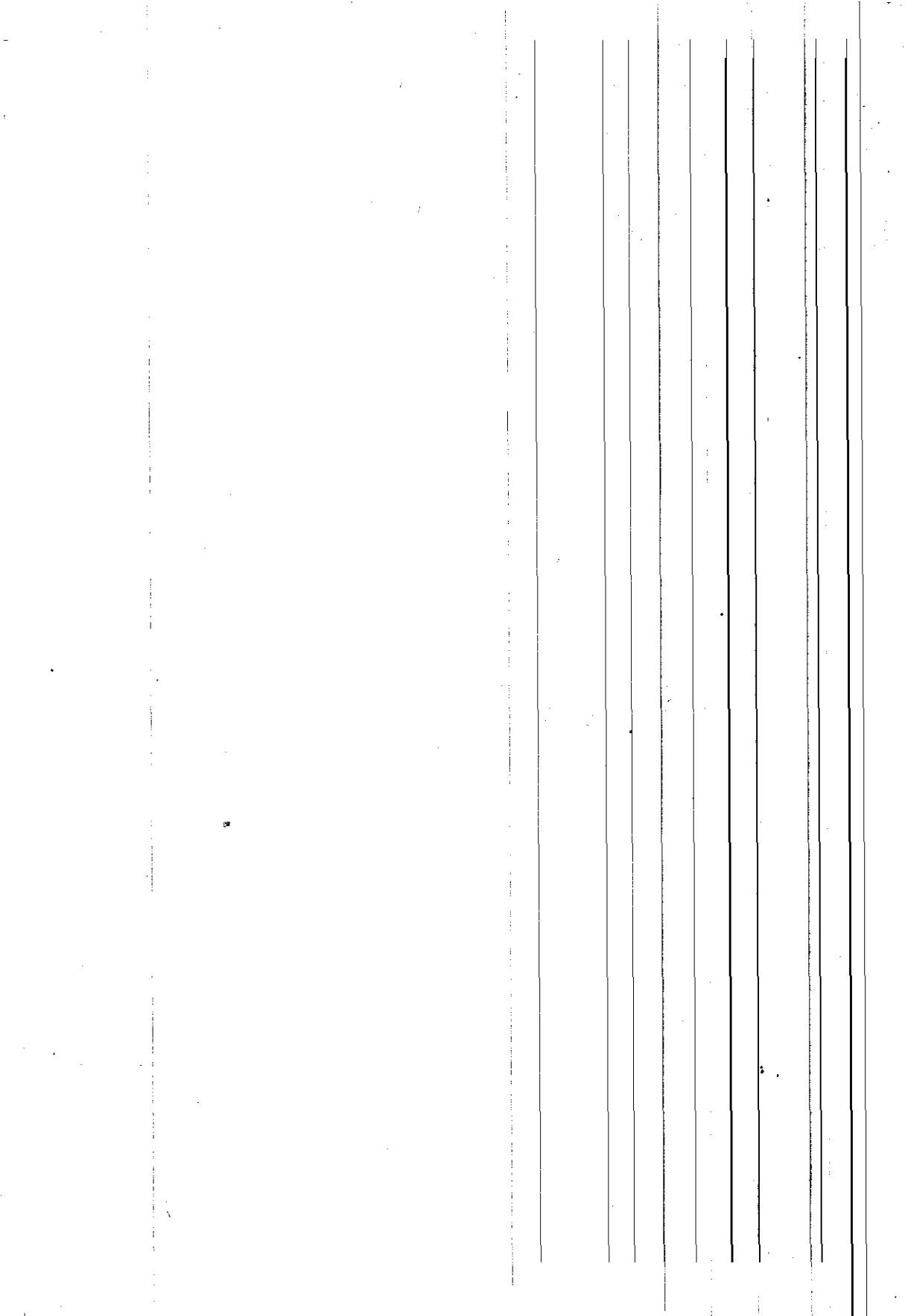


مفهوم علم المناخ التطبيقي واتجاهات دراسته

المقدمة

المبحث الاول : تعريف المناخ التطبيقي ونشأته وتطوره .

المبحث الثاني : الاتجاهات الحديثة في دراسة المناخ التطبيقي .



المقدمة :

ان علم المناخ هو احد العلوم التي تهتم بدراسة الغلاف الغازي . فهو جزء من الدراسة الطبيعية للارض التي تشمل دراسة طبقات الارض (جيولوجي Geology) واشكال سطح الارض (جيمورفولوجي Geomorphology) والهطاء المائي للارض (علم المحيطات Oceanography) والغلاف الغازي المحيط بالارض ميتيورولوجي (Meteorology) الذي يعد المناخ جزءا منه . فالدراسات التي تتعلق بالغلاف الغازي يمكن تقسيمها الى ثلاثة اقسام :

- ١ - علم الهواء Aerology . وهو العلم الذي يهتم بدراسة الغلاف الغازي من خلال طبقاته المختلفة . أي انه يهتم بدراسة التغيرات الكيميائية والفيزيائية التي تجرى في الهواء وامتداده عموديا الى نهاية الغلاف الغازي . كما انه يدرس توزيع الهواء بمكوناته المختلفة وباختلاف طبقاته .
- ٢ - علم الانواء الجوية Meteorology وهو العلم الذي يدرس حركة الغلاف الغازي وظواهره التي تخدم عملية التنبؤ بحالة الطقس المستقبلية . او هو حالة الطقس بعناصره المختلفة ولفترة قصيرة من الزمن .
- ٣ - علم المناخ Climatology وهو العلم الذي يدرس معدل حالة الطقس ويعمل على تحليلها ولفترة طويلة من الزمن .

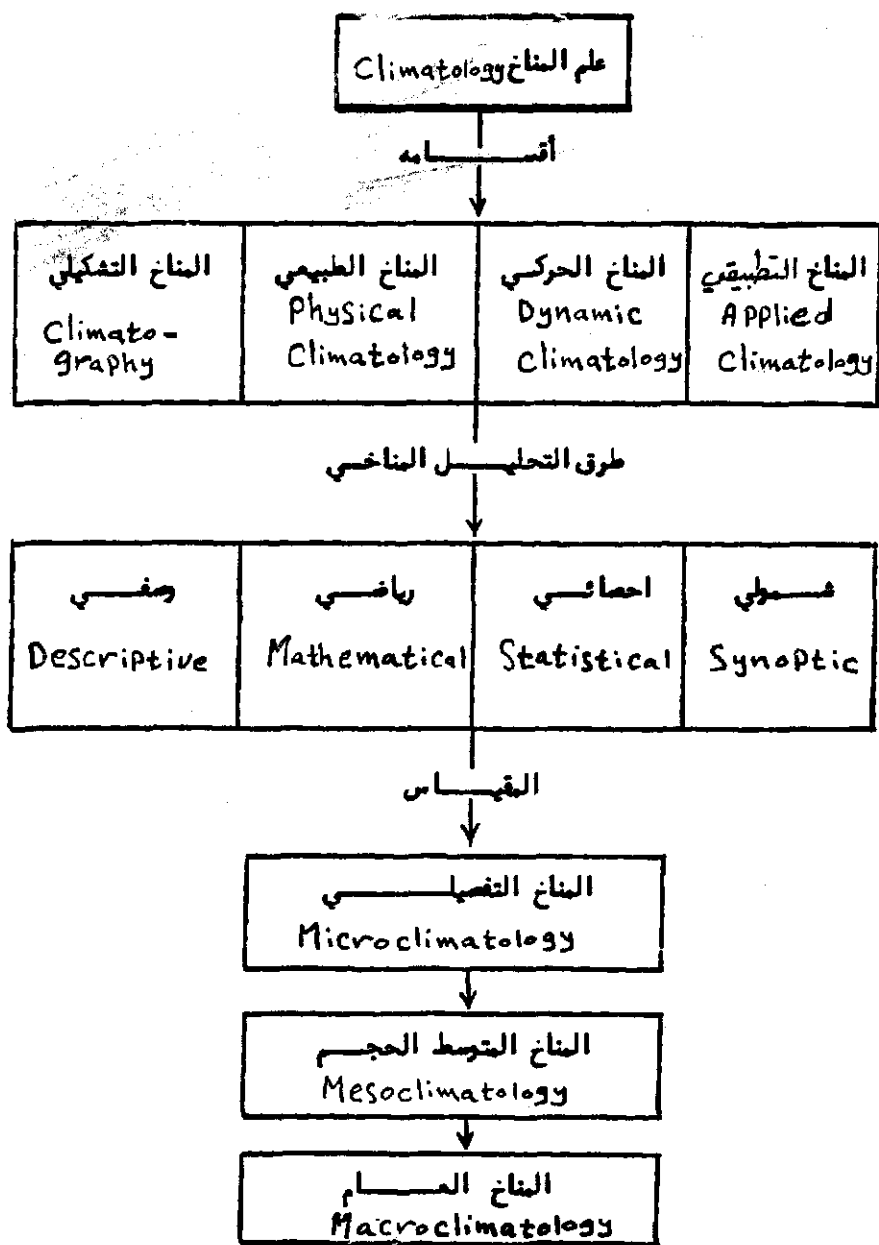
المناخ ليس معدل حالة الطقس فقط . بل ان بعض الباحثين يعده تركيبا وتحليلا لمعدل حالة الطقس ولفترة طويلة . وقد تطور مفهوم المناخ بتطور المعلومات المتوافرة للاستخدام في مجال المناخ . ففي المرحلة الاولى . عد المناخ معدل حالة الطقس لفترة طويلة من الزمن . ولكن لوحظ اثناء التطبيق ان معدل حالة الطقس لا تعبر عن الحالة المناخية لمنطقة ما وبشكل جيد . لذلك وبعد ان توافرت التسجيلات من المحطات الارضية . تم استخدام الحالات القصوى في التسجيل لاعطاء صورة أفضل عن مناخ المنطقة . كما تم استخدام معدل تكرار بعض الظواهر الطقسية مما اضطر عددا من الباحثين لاعادة النظر في هذا التعريف . لذلك يجمع الباحثون في الوقت الحاضر على ان تعريف المناخ يجب ان يتجاوز مجرد (معدل حالة الطقس لفترة طويلة من الزمن) . فيعرفه أولفر بأنه مجموع حالات الطقس لمنطقة معينة لفترة معينة . بينما تعرفه الانسكلوبيديا المناخية على أنه معدل الحالة الفيزيائية للغلاف الغازي مع الاختلافات الاحصائية في الوقت والمكان .

مثلاً ينعكس على مجمل حالة الطقس لفترة عدد من السنين . لذلك فالمناخ لايعني فقط وصف الحالة المناخية وانما يعني تفسير اصل الظاهرة المناخية ومعدل تكرارها والتغيرات المتوقعة في حالة المناخ . وبذلك سوف نجد ان المناخ يعتمد على علوم كثيرة لأيجاد التفسير اللازم لبعض الظواهر . وان عددا كبيرا من العلوم يعتمد على المناخ لتفسير الظواهر الخاصة به . ولما كان المناخ يعتمد حالة

الطقس أساساً فهو اذا فرع من فروع الأنواء الجوية . وانه نتيجة لاهتمامه بمناخ سطح الارض او حالة الغلاف الغازي المحيطة بالارض ، فهو يعود الى الجغرافية . فالمناخ يأخذ طوره العلمية من الأنواء الجوية بينما تكون اتجاهاته ونتائج دراسته جغرافية .

ونتيجة لتطور وتراكم المعلومات الطقسية المجمعة من محطات واسعة منتشرة على سطح الارض ، فان علم المناخ أخذ اتجاهات عديدة وتنوع . وبذلك تعددت المروع داخل علم المناخ لتشمل اقفا اوسع من السابق كلها يعبر عنها بالدراسات المناخية . فالمعروف انه لا يوجد مفصل من مفاصل الحياة او الطبيعة لا يتأثر بالمناخ بشكل مباشر او غير مباشر . وان هناك عوامل طبيعية كثيرة تؤثر بدورها في المناخ . ولتغطية هذه الجوانب المختلفة فقد توسع علم المناخ . وفضلا عن فروعه المختلفة فقد اتبعت طرائق مختلفة لدراستها ضمن مقاييس مختلفة . والشكل التخطيطي الاتي (١) يعطي صورة واضحة لما وصلت اليه الدراسات المناخية في الوقت الحاضر (شكل ١) . فالمناخ في فروعه يتراوح بين الشكلي والتحليل البسيط للمعلومات الى التطبيقي ومحاولة الاستقاء من نتائج الدراسات الى تحليل الظواهر المعقدة في المناخ . وان طرائق معالجة المعلومات تتراوح بين الوصفي التقليدي الى التحليل الشمولي الذي يعتمد الخرائط الطقسية اساسا الى استخدام الاحصاء والرياضيات . ويمكن للمناخ ان يدرس ضمن ثلاثة مقاييس الاول تفصيلي . وذلك عندما يتابع التفاصيل الدقيقة في الاختلاف وضمن منطقة صغيرة كأن تكون حقلا . مدينة . غابة ... الخ . والثاني متوسط حيث يمكن ان يشمل اقليما جغرافيا او منطقة محددة . والثالث عام ويمكن ان يشمل الكرة الارضية وكل الغلاف الغازي .

(1) Oliver, John. Climatology, Selected Application, New York, 1981. P. 4.



شكل ١١. رسم تخطيطي يوضح فروع المناخ المختلفة والطرائق العلمية المتبعة في دراسته مع المقاييس المختلفة للدراسة.

ان السبب في هذا التشعب في الدراسات المناخية يعود الى انه يمكن طرح اسئلة عديدة عن الظاهرة الواحدة وبذلك تحتاج الى اساليب متعددة للأجابة عنها . فاذا اخذنا مناخ العراق مثلا . فيمكن النظر اليه بطرائق مختلفة . حيث يمكن طرح الاسئلة الآتية : ماهي معيزات المناخ في العراق . وماهي مسببات هذا المناخ ؟ هل مناخ العراق متغير ؟ هل هناك اختلافات واضحة بين مناطق العراق المختلفة ؟ كيف يمكن للمناخ ان يؤثر في الانتاج الزراعي ؟ هل يتطلب انشاء المباني والمشاريع ضمن مناخ العراق تدابير خاصة ؟ هذه أمثلة عن الاسئلة التي يمكن ان تطرح . لذلك فإن فروعا مختلفة من المناخ هي المسؤولة عن الاجابة عن هذه الاسئلة . وان طرائق مختلفة ينبغي اتباعها للإجابة عن هذه الاسئلة . وإذا ما تعرفنا على كل فرع من هذه الفروع . فإنه يمكن تحديد اي الفروع هو الأفضل للأجابة عن احد هذه الاسئلة .

فالمناخ التشكيلي Climatology او الاقليمي Regional Climatology يهتم بتحضير المعلومات الاساسية عن المناخ من ارقام واشكال بيانية وخرائط توزيع من أجل المساعدة في تهيئة المعلومات الاساسية لوصف المناخ . لذلك فإن المناخ الوصفي يهتم بتصنيف المناخ ووصفه اكثر من اعطاء السبب للظاهرة المناخية . أما المناخ الطبيعي Physical Climatology فإنه يدرس فيزياء الغلاف الغازي مثل تبادل الطاقة والمكونات الفيزيائية للعناصر . فالاختلاف الزمني والمكاني للعناصر المناخية هو من اختصاص المناخ الطبيعي .

أما المناخ الحركي Dynamic Climatology الذي يسمى حالياً المناخ الشمولي Synoptic Climatology فإنه يدرس الحركة ضمن الغلاف الغازي والتبادل في الطاقة الذي يؤدي او ينتج عن هذه الحركة . فهو يدرس مراكز الضغط المختلفة وتوزيعها والجهات الهوائية وحركة الهواء ومسبباتها . والمناخ التطبيقي Applied Climatology هو الاستخدام العلمي للمعلومات المناخية وتطبيقها على مشاكل معينة ضمن موضوع معين مثل الغابات : الزراعة . الصناعة ... الخ . كما يمكن ان يعني تطبيق النظريات والمعلومات المناخية على مواضيع اخرى مثل الجيومورفولوجي او علم التربة . وهذا الفرع من المناخ هو الذي سنركز عليه خلال الفصول القادمة .

أما اختلاف طرائق التحليل فقد تطلبتها صعوبة الموضوع والغموض الذي يحيط ببعض جوانبه. فالطريقة الوصفية هي من أقدم الطرائق المستخدمة في المناخ، وهي عبارة عن عملية تحويل الأرقام الى وصف عام للمناخ فيه الكثير من الاجمال. اما الطريقتان الاحصائية والرياضية فهما من الطرائق الحديثة وقد سادتاً حالياً على بقية الطرائق في المعالجات للمواضع المناخية. فالباحث يحاول بهذه الطريقة ان يوجد قانوناً عاماً يحكم الظاهرة المناخية وهذه هي الطريقة الرياضية أو يحاول ان يجد علاقات بين الظواهر المختلفة وهذه هي الطريقة الاحصائية. أما الطريقة الشمولية **Synoptic** فهي التي تستخدم فيها الخرائط الطقسية المختلفة فضلاً عن نظرة عامة شاملة الى وضع الغلاف الغازي اساساً لايجاد تفسير للظاهرة التي يراد دراستها.

اما المقياس فيمكن ان يكون تفصلياً **Micro** يهتم بمنطقة صغيرة او كبيرة ولكن بشكل تفصيلي. وغالباً ما يكون مثل هذا النوع من المقاييس مطلوباً في الدراسات التطبيقية. فبناء منزل. أو رطوبة التربة. أو معرفة مدى نجاح الانتاج الزراعي أو الاستعانة بالمناخ لخدمة النشاط الصناعي وغيرها من المجالات التطبيقية تتطلب هذا النوع من المقاييس في البحث. اما المقياس المتوسط الحجم **Meso** فهو الذي يهتم بمنطقة تتراوح مساحتها بين عدة كيلومترات الى اقليم مناخي. وعلى العموم تكون فيه التفاصيل اقل لذلك يحل التعميم محل التخصيص. يمكن استخدام هذا المقياس في المناخ التطبيقي ولكن بصورة اقل من المقياس الاول. اما المقياس الثالث والاخير وهو المقياس العام **Macro** فهو يشمل الكرة الارضية او الغلاف الغازي او هما معاً. لذلك فان التعميم فيه كبيراً. وعادة يستخدم هذا المقياس اكثر ضمن الدراسات الشمولية والطبيعية. واما استخدامه في الدراسات التطبيقية فانها محدودة جداً. واذا ما أردنا التركيز هنا فقط على الجوانب التي تخدم المناخ التطبيقي. فأنتا سنجد في مجال طرائق البحث ان الطريقتين الاحصائية والرياضية هما الاكثر استخداماً من الطريقتين الوصفية والشمولية. أما في مجال المقياس. فان المقياس التفصيلي هو افضل المقاييس لمعالجة موضوع المناخ التطبيقي. ويمكن الاستعاضة عن المعلومات التفصيلية بالمعلومات التي يوفرها المقياس المتوسط اذا تعذر وجود المعلومات التفصيلية. ولكن يجب الانتباه الى ان النتائج ستكون اقل دقة من الحالة التي تستخدم المعلومات التفصيلية.

المبحث الاول تعريف المناخ التطبيقي ونشأته وتطوره .

تعريف المناخ التطبيقي

جاء في تعريف المناخ التطبيقي في الانسكلوبيديا المناخية . بأن المناخ التطبيقي يهتم بالطريقة العملية لاستعمال المعلومات المناخية في التصميم الهندسي . وإدارة العمليات المختلفة . وعمليات التخطيط . ان هذا التعريف العام والشامل ليس فيه دقة أو وضوح كاف . ويعرفه كرفث Griffith بأنه يدرس تأثير العناصر المختلفة للمناخ في النباتات وبخاصة الزراعة . والحيوانات . والإنسان . والنباتات . ويعرفه أولفر Oliver بأنه الاستخدام العلمي للمعلومات المناخية وتطبيقها على مشاكل معينة وضمن موضوع معين مثل محاولة ايجاد تأثير بعض عناصر المناخ او كلها في إنتاج الغابات . او الانتاج الزراعي . او الصناعة . او الانسان ... الخ . ويمكن ان يكون المناخ التطبيقي عبارة عن استخدام المعلومات والنظريات المناخية في التطبيق في مجالات العلوم الاخرى ذات العلاقة المباشرة مع المناخ كالجيمورفولوجي وعلم التربة والعلوم الطبية وغيرها . ان تعريف أولفر يبين ان تأثير المناخ غير محدود حيث انه يؤثر في معظم الاشياء في الطبيعة اما بشكل مباشر او غير مباشر . كما يبين مدى اهمية هذا العلم في فهم عدد كبير من الظواهر الطبيعية وغير الطبيعية . وقد جاء في تعريف علي موسى انه العلم الذي يهتم بدراسة مدى تأثير مختلف العناصر المناخية في جوانب البيئة المختلفة (زراعية . صناعية . تجارية . سياحية ... الخ) . بما في ذلك الانسان نفسه من حيث لباسه وطعامه وسكنه وحركاته ... الخ . ولا يختلف ماذر Mather كثيراً في تعريفه عن التعريفين السابقين حيث يذكر ان العاملين في مجال المناخ التطبيقي يعملون على استعمال معلوماتهم حول تأثير عناصر الطقس المختلفة في عوامل البيئة المختلفة لتوفير معلومات عن كيفية استطاعة شخص او مؤسسة ان يكيف حياته وفعالياته للمناخ الحالي او للمناخ المتوقع في المستقبل من اجل الحصول على حياة مريحة قليلة التكاليف . ولتحقيق ذلك فان المناخ التطبيقي هو عملية تحليل وتطبيق للمعلومات المناخية في عملية محدودة الاغراض . ومن الامثلة على الجوانب التطبيقية محاولة السيطرة على التلوث . خطط زيادة الموارد المائية او السيطرة عليها . تخطيط المدن واختيار الموقع للملائم لعدد من الفعاليات الاقتصادية . خطط استخدام الارض . سلامة طرق المواصلات . اخطار العواصف . تصميم خطوط المرور

السريعة او الجسور وغيرها . ويلاحظ ان هذه المجالات تغطي الانشطة البشرية عموماً .

ان الاستعراض السابق لبعض التعاريف في مجال المناخ التطبيقي تبين ان جميع الباحثين متفقون على ان المناخ التطبيقي هو محاولة معرفة تأثير بعض او كل العناصر المناخية على جوانب مختلفة من الحياة والطبيعة . وحيث ان للمناخ تأثير في معظم جوانب الحياة والطبيعة . فان مجال عمل هذا الفرع من المناخ واسع جداً . لذلك بدأت تظهر مصطلحات كثيرة تعبر عن جانب من جوانب اهتمامات المناخ التطبيقي . فظهر مصطلح المناخ الزراعي **Agricultural Climatology** وحيثما كثيرة يختصر الى **Agroclimatology** وهو الذي يهتم بتأثير العناصر المناخية المختلفة وبخاصة الحرارة الامطار والاشعاع الشمس في النباتات من حيث الانتاج والنمو والامراض وغيرها . اما مصطلح المناخ الحياتي **Bioclimatology** . فقد ظهر ليعبر عن الاهتمام بتأثير البيئة في الكائنات الحية وبخاصة الانسان . وكذلك تأثير هذه الكائنات في البيئة وبخاصة الغلاف الغازي . لذلك فان هذا الجانب من المناخ التطبيقي يهتم بالتلوث وصحة الانسان وراحة الانسان . كما يهتم بتأثير البيئة في الحيوان والنبات الطبيعي من حيث عيشها وانتاجيتها . كما ظهر مصطلح المناخ الطبي **Medical Climatology** وهو جزء مهم من المناخ البيئي والذي يهتم بالانسان فقط من حيث صحته والامراض التي يتعرض لها . ومناخ الابنية **Architectural Climatology** او **Building Climatology** هو كذلك جزء من المناخ البيئي والذي يتتبع شعور الانسان بالراحة ومحاولة توفير هذه الراحة في السكن الذي يتم تصميمه في منطقة معينة مراعيًا ظروفها المناخية . أما مناخ المدينة **Urban Climatology** فان العاملين فيه يبحثون عن الفروق بين المناخ في المدينة والمناطق المجاورة للمدينة واسباب ذلك من اجل الوصول الى تصميم مستقبلي أفضل للمدينة يحاول ان يخفف من الاثار السيئة التي اوجدها مناخ المدينة .

ولابد من الاشارة الى ان كل فرع من فروع المناخ التطبيقي يتطلب معلومات دقيقة وتفصيلية من فروع المعرفة الاخرى . فمثلاً المناخ الزراعي يتطلب معلومات عن احوال النبات ومراحل نموه وحاجته المائية والحرارية وحاجته الى الطاقة كما ان المناخ الطبي مثلاً يتطلب معرفة بالامراض الشائعة ومتطلبات الجراثيم للحرارة والرطوبة أو الاجواء المثلى التي يمكن ان تعيش فيها من اجل تحديد مناطق

وجودها وانتشارها والظروف الملائمة على تفجر الحالات الوبائية . وهذا يعني ان المناخ التطبيقي يستلزم معرفة واسعة وتعاون بين العلوم المختلفة من اجل الوصول الى الحقيقة .

نشأة المناخ وتطوره

يصعب كثيراً الفصل بين فروع المناخ المختلفة عند مناقشة مراحل تطورها . وذلك لان جميع العلوم نشأت في البداية بدون ان يكون بينها حدود . وفي القرن الثامن عشر . عندما صنف العلوم وبدأت تأخذ مسارات مستقلة بعضها عن بعض . فان نوعاً من الترابط بين هذه العلوم استمر . وهذا حال المناخ كذلك . فان عدم وجود حدود بين مختلف الدراسات المناخية ادى الى ان التطور شملها جميعاً في مراحلها الاولى . وبعد الحرب العالمية الثانية بدأت الفروع المختلفة تشهد تهوراً واضحاً لنوع من الاستقلالية في الخط الذي تتبعه . لذلك فلو تتبعنا نشأة علم المناخ بشكل عام ومن ثم تطوره لوجدنا بين الصفحات مضامين في مراحل التطور المختلفة تشمل معظم فروع المناخ الحالية . لذلك سنعرض الى نشوء علم المناخ وتطوره حتى بداية القرن العشرين . وبعد ذلك سوف نفرد ماتبقى من مراحل التطور للمناخ التطبيقي

Applied Climatology

ان كلمة المناخ بالانكليزية أخذت اصولها من اليونانية ومن كلمة **Klima** التي تعني زاوية سقوط الاشعة الشمسية . لذلك لاغرابة في ان يكون اول ماوصل اليها بشكل مكتوب ومعالجة منهجية عن المناخ ان يكون يونانياً . على الرغم من انه يمكن التصور ان الاهتمام بالمناخ بدأ منذ بداية وجود الانسان على الارض . فالخوف البشري من البرق والرعد . وتتبع مواسم الفيضانات التي كانت تجلب الخسائر للبشر . ومحاولات الانسان ايواء نفسه اتقاء لحر الشمس او برودة الجو ومحاولته ايجاد تفسير لها كلها تتدرج تحت الارهاصات الاولى للانسان في الاهتمام بالمناخ .

ان اول كتاب مداخل منهجي كان لابوقراط **Hippocrates** الذي اسماه (الهواء والماء والاماكن **Air, Waters, and places**) وذلك عام ٤٠٠ ق . م . وتلاه كتاب ارسطو الموسوم بـ (الميترولوجيا) **Meteorologica** عام ٣٥٠ ق . م . وكتاب ابوقراط عالج المواضيع المناخية بينما كتاب ارسطو اهتم بالانواء الجوية .

وفي عام ١٠٠ ق . م . صمم كيرهيستس kyrrestes برج الرياح Tower of the winds الذي يعد اول مرصد انوائي في العالم .

أما الغرب فقد كانوا يطلقون على المناخ لفظة نوع وجمعها أنواء . وقد ظهرت عند العرب العديد من المعالجات المناخية التي كانت متأثرة في الفترة الاولى ببعض النظريات اليونانية التي وصلت اليهم عن طريق ترجمة كتب ارسطو وابوقراط . ولكن فيما بعد أضاف العرب الكثير من المعلومات الجديدة بل صححوا كثيراً من الافكار التي جاءت عن طريق اليونان . وما كان ينقص العرب حقاً في هذه الفترة سوى قياس الظواهر المناخية . فعلى الرغم من عدم وجود الاجهزة التي تقيس هذه الظواهر . فان المعالجات المناخية كانت رائعة حيث تركوا بصمات واضحة مازالت حية في هذا المجال . فمثلاً ان اول من اكتشف الرياح الموسمية ووصفها وصفاً جيداً بل استعملها في التجارة هم العرب . حتى أن لفظة موسمية قد أخذت من قبل الشعوب الاخرى عن العربية . فالمناخ الموسمي يطلق عليه Monsoon وهي محرفة قليلاً عن (الموسم) العربية . والاعاصير المدارية في المحيط الهندي مازال يطلق عليها اسم Typhoon وهي مأخوذة من كلمة (الطوفان) العربية . واستطاع ابن حوقل ان يفند النظرية اليونانية القائلة ان المناطق الاستوائية غير مسكونة نتيجة ارتفاع الحرارة الشديدة فيها . فثناء عبور ابن حوقل لخط الاستواء شاهد عدداً كبيراً من الناس في هذه المناطق مما مكنه من تنفيذ النظرية اليونانية . ويعد البخخي واضع اول اطلس مناخي في العالم سنة ٩٢١م وسماه (كتاب الاشكال) . وقد جمع البخخي مادته العلمية لعرض مناخ البلدان من كتب الرحلات حيث مكنه ذلك من تأليف صورة عامة لمناخ العالم المعروف آنذاك استعملها في اطلسه . أما المسعودي . فقد عالج العوامل المؤثرة في مناخ الاقاليم واستطاع ان يبين العلاقة بين انطقة الضغط وحركة الشمس . وانه ربط بين انطقة الضغط والرياح وبذلك استطاع ان يعطي تفسيراً علمياً لظاهرة الرياح الموسمية لايختلف عن التفسير الحالي كثيراً كما وصفها وصفاً رائعاً . واستطاع ان يصف عملية التبخر من سطح الماء ثم تكاثفه في طبقات الجو لتظهر الغيوم . أما المقدسي فقد قسم العالم في سنة ٩٨٥ ميلادية الى (١٤) أقليماً مناخياً وبذلك اضاف الى تصنيف اليونان اقاليم جديدة . فقد لاحظ المقدسي ان المناخ لا يتأثر فقط باختلاف دائرة العرض بل كذلك بالنسبة الى الموقع الى شرق القارات او غربها . هذه الحقيقة التي اكدها هامبولت بعد ٨٠٠ سنة . وان المقدسي هو اول من ذكر ان النصف الجنوبي من الارض اكثر ماء بينما معظم اليابس يتركز في النصف الشمالي من الارض . هذه الاسهامات فضلاً عن الوصف الحي لمناخ البلدان

الموجود في عدد كبير من كتابات الرحالة يعد اسهاماً كبيراً في تطور علم المناخ لاحقاً. وقد ظهرت عند العرب معالجات لمناخات محلية مثل معالجة البيروني لآثر جبال الهملايا في سقوط الامطار الموسمية في الهند. وقد جاء اخوان الصفا بمفاهيم جديدة أثبتت صحتها وما زالت تستعمل. فقد تكلم اخوان الصفا على العلاقة بين ارتفاع الحرارة وارتفاع التبخر. وناقشوا تكون السحب من بخار ماء يرتفع الى الاعلى وعندما يبرد يتكاثف. وقالوا ان البخار الذي لا يرتفع بل يتكاثف قرب سطح الارض يصبح ندى او صقيعاً. وقد ذكروا ان قطرات المطر قبل سقوطها تتكون من اتحاد عدد من الذرات المتكاثفة (واحدت نظريات سقوط المطر تؤيد هذا الرأي) وقد اخض اخوان الصفا في موضوع سمك الغلاف الغازي واستطاعوا استنتاجه بما لديهم من معلومات رياضية. أما ابن بطوطة فقد ذكر ان الحرارة في خط الاستواء هي أقل منها في المناطق المدارية. وبذلك يعد رائداً في هذا المجال. حيث اكد مرة اخرى ان نظرية اليونان عن أنطقة الارض الحرارية لم تكن دقيقة. أما ابن خلدون فقد كتب كثيراً عن تأثير المناخ في عادات الشعوب وتصرفاتهم وبذلك ربط الانسان ببيئته. ويمكن عد معالجات ابن خلدون أسهاماً جيداً في مجال المناخ التطبيقي.

تعمل العرب في معالجتهم للمناخ اسلوبين. الاول هو الاسلوب الوصفي. حيث كانت الظاهرة توصف كما تشاهد. اما الاسلوب الثاني فهو الاسلوب الاستنتاجي الذي كثيراً ما استخدمت فيه المعادلات الرياضية من اجل الوصول الى نتائج دقيقة. فالظواهر التي لا يمكن رؤيتها او ملامستها بل ان نتائجها فقط هي المرئية. كالامطار، والرياح الموسمية. والغلاف الغازي. فقد عولجت بالاسلوب الاستنتاجي وكثيراً ما كانت المعالجات ناجحة.

لقد شهدت بداية النهضة الاوربية ترجمة العديد من الكتب العربية الى اللغات الاوربية المختلفة. وبذلك استفادت اوربا من الافكار المناخية العربية بشكل مباشر. وقد أعقب هذه الفترة بداية التطوير الاوربي للافكار والنظريات المناخية وازافة الجديد اليها. وقد ساعد الاوربيين في هذا المجال :

(١) اختراع عدد من الاجهزة التي تقيس العناصر المناخية. فقد وصف غاليلو الحرار (Thermometer) وبذلك استطاع ساتريو سنطاري سنة ١٦١٢ من صناعة اول محرار معروف. واستطاع تورشيلي ان يصنع البارومتر (Barometer) عام ١٦٤٣.

(٢) اكتشاف عدد من القوانين الطبيعية المتعلقة بالغلاف الغازي . فقد استطاع بويل ان يكتشف العلاقة بين حجم الهواء وضغطه عام ١٦٦١ مما ساعد على استخدامه في دراسة الغلاف الغازي .

ان لهذين العاملين فضلاً عن بداية ظهور محطات الرصد قد ساعدت كثيراً على تطور علم المناخ في مراحلہ الاولى وانتقاله من مجرد المشاهدة الوصفية الى الوصف على اساس الحقائق والارقام . فقد انشئت اول محطة رصد في باريس عام ١٦٦٤ . والتي تحتفظ الان بأطول تسجيل في العالم . ثم اعقبها ظهور محطات في ايطاليا والمانيا وبريطانيا . هذه المعلومات المجمعة من المحطات مكنت ادموند هالي Edmund Halley سنة ١٦٦٨ من ان يصدر خريطته التي وضع عليها الدورة العامة للرياح وركز فيها على الرياح التجارية والموسمية .

وقد تعاقبت بعد ذلك الاكتشافات . حيث اعتمد المقياس الفهرنهايتي عام ١٧١٤ والمئوي عام ١٧٣٦ . وفي عام ١٧٣٥ عدل هادلي Hadly من دورة هالي للرياح العامة وبين تأثير دوران الارض في الدورة العامة للرياح . ثم جاء انشاء محطات الارصاد في الولايات المتحدة الامريكية وتشكيل اول منظومة محطات في المانيا عام ١٧٩٠ واكتشاف مقياس الرطوبة (Hygrometer) عام ١٧٨٣ الذي يعتمد الشعر لقياس الرطوبة الجوية . وظهور مقياس المطر (rain gage) عام ١٧٨٧ ليضيف معلومات واحصاءات جديدة . وهكذا وبختام القرن الثامن عشر كان عدد من المحطات قد وفرت معلومات عن الحرارة والامطار والرطوبة . وبدأ الباحثون يعملون على تلخيص هذه البيانات وذلك باستخراج معدلاتها لتحليل هذه المعلومات والخروج بنتائج تخدم الوصف المناخي . وتم رسم خرائط مناخية في فترات لاحقة . ففي مطلع القرن التاسع عشر بدأت تظهر نتائج هذه الدراسات . فقد ظهر تصنيف لامارك وهوارد (Lamark and Howard) للغيوم . كما ظهرت خريطة هامبولت (Humboldt) التي تعد اول خريطة لخطوط الحرارة المتساوية في العالم . وتم خلال هذا القرن ايضاً تحسين الاجهزة المستخدمة في التسجيل وتم اعتماد مقاييس قياسية وذلك لتوحيد التسجيلات حتى يمكن الاستفادة من المعلومات المتوافرة من المحطات المختلفة . واستطاع العالم الالماني دوف (Dove) عام ١٨٢٧ ان يضع اساس فهم العواصف . ويعد اول من استخدم اصطلاح المناخ الشمولي (Synoptic Climatology) . فقد استخدم مفهوم الكتل الهوائية لتفسير اختلافات المناخ المحلي . كما عمل على حساب الموازنة الاشعاعية لمنطقة صغيرة من سطح الارض . ثم

جاء أسبي Espy ليوضح حركة وتطور العواصف والكتل الهوائية ثم اوجد كوريولس Caspard de Coriolis قوة الانحراف والمسماة باسمه Coriolis Force والتي تعمل على حرف الرياح عن اتجاهاتها نتيجة دوران الارض حول نفسها . وقد ظهرت اول خريطة لتوزيع الامطار في العالم عام ١٨٤٥ من بيرغهاوس Berghous ثم ظهرت خريطة دوف عام ١٨٦٢ والتي مثل فيها المعدل الشهري لدرجات الحرارة في العالم . وظهرت اول خريطة ضغط رسمها رينو Renou عام ١٨٦٢ حيث وضع عليها توزيع الضغط على غرب اوربا .

وقد اشهد نهاية القرن التاسع عشر ظهور كتاب لوصف المناخ على الاسس التقليدية المعروفة في المانيا وشهد اطلاق البالونات حيث استخدمت لاجراء قياسات لطبقات من الغلاف الغازي . ان هذا الاستعراض السريع لتطور علم المناخ يبين انه بنهاية القرن التاسع عشر . كانت كل الامور الاساسية المطبوبة لتطوير هذا العلم قد توافرت . وان توافر كميات كبيرة من المعلومات من المحطات المختلفة سيؤدي لاحقاً الى ادخال علم المناخ مجالات جديدة . وقبل اختتام هذه الفترة لا بد من الاشارة الى ان بؤادر المناخ التطبيقي قد بدأت بالظهور . فقد استطاع الاكسندر فيكوف الروسي بين عامي ١٨٤٢ - ١٩١٦ ان ينجز بحثاً بما يسمى حالياً بالمناخ الزراعي . فقد درس تأثير الحرارة في انتاج بعض المحاصيل الزراعية وتوزيعها وبذلك استطاع ان يحدد مناطق انتاجها المثلى في الاتحاد السوفيتي . وقد اظهرت دراسته ان افضل مناخ لزراعة الشاي في روسيا في جورجيا . اما القطن فان منطقة تركستان هي منطقة انتاجه المفضلة . والقمح في اوكرانيا .

لقد استمر علم المناخ بالتطور في القرن العشرين . فقد شهد هذا العلم خلال هذا القرن قفزات واسعة وذلك بسبب اضافة عوامل اضافية للعوامل التي سبقت الاشارة اليها . فالحربان العالميتان وحاجة الجيوش الى المعلومات المناخية في مجال الطيران خاصة . دفع الحكومات المختلفة الى تشجيع الدراسات المناخية وتوسيعها . وقد جاء تطور لاحق هو اطلاق الاقمار الصناعية وتخصيص عدد منها للدراسات المناخية . ثم استخدام الحاسوب (الكومبيوتر) قد أضافا بعداً جديداً للدراسات المناخية . لذلك يمكن القول ان اكبر الطفرات التي شهدتها تطور هذا العلم قد جاءت في القرن الحالي . ومع ذلك فان هناك العديد من المشاكل التي تتعلق بالمناخ لم نجد لها الحل لحد الان وذلك لان فترة تطور هذا العلم تعد قصيرة نسبياً . وفيما يأتي من صفحات سوف نقصر اهتمامنا على تتبع تطور المناخ التطبيقي .

نشأة المناخ التطبيقي وتطوره

يصعب تحديد تاريخ معين لبداية المناخ التطبيقي فكلما اسلفنا سابقاً فان علم المناخ خلال مسيرة تطوره لم يكن مقسماً على الاقسام المعروفة حالياً . بل كثيراً ماكان يمزج بين المناخ والطقس في السابق وذلك للترابط الكبير بينهما . فقد ظهرت عدة دراسات في القرن التاسع عشر يمكن تصنيفها ضمن المناخ التطبيقي . حيث بدأت الجيوش الغربية تهتم بالمعلومات المناخية من اجل توفير المعلومات عن حاجة جيوشها الى الملابس والغذاء وطبيعة العمليات العسكرية . وقد ظهرت هذه الحاجة عندما خرجت هذه الجيوش لاستعمار مناطق واسعة من العالم . عدا هذا الجانب ، فيمكن عد اول تطور في المناخ التطبيقي جاء في حقل الزراعة او مايسمى حالياً بالمناخ الزراعي *Agroclimatology* . فكما سبقت الاشارة اليه فقد كان الاكسندر فيكوف في روسيا رائداً في هذا المجال . كما ظهرت في الولايات المتحدة الامريكية خلال هذه الفترة عدة دراسات استفادت من توافر المعلومات من محطات الارصاد المختلفة لتبين تأثير عناصر المناخ في الزراعة او التربة . وقد نقلت دائرة الارصاد الجيش الى وزارة الزراعة سنة ١٨٩١ في الولايات المتحدة تعبيراً عن اهمية المناخ بالنسبة الى الانتاج الزراعي . وقد شهدت هذه الفترة ظهور دراسات متميزة عن المناخ الزراعي مثل بحث هيلكارد Hilgard سنة ١٨٩٢ عن علاقة المناخ بالتربة . وبحث وتني Whitney في العام نفسه عن بعض الصفات الطبيعية للتربة وعلاقتها بالرطوبة وتوزيع المحاصيل الزراعية . وظهر بحث لميل Mell عام ١٨٩٣ عن مناخ القطن . أما ايب فقد كتب عام ١٩٠٥ عن العلاقة بين المناخ والمحاصيل الزراعية وكان فوري Forry قد سبقهم حيث كتب عام ١٨٤٢ عن امراض النباتات وتأثير المناخ فيها .

وفي بداية القرن العشرين ، حيث بدأ اختراع الطائرات بالتطور ، فقد اتجه الاهتمام لتوفير المعلومات لهذا الجانب مما اثر كثيراً في تطور المناخ الزراعي بشكل خاص والمناخ التطبيقي بشكل عام . الا ان هذه الفترة لاتخلو من بعض الكتابات في هذا الجانب . فقد ظهر بنك Penck في المانيا الذي قدم فرضيته في عام ١٩١٠ عن تأثير المناخ في اشكال سطح الارض . وقد ذكر بنك ان هناك امكانية تصنيف المناخ في العالم حتى اذا لم تتوافر المعلومات التسجيلية الكاملة لعناصر المناخ وذلك استناداً الى اشكال سطح الارض . وان بنك هو اول من استخدم مصطلح الامطار المؤثرة *Affective Rainfall* التي عرفها بأنها حالة التوازن بين كمية الامطار والمياه الجارية والتبخر . واعاد بنك تأكيد الاكتشاف العربي القديم بأن التبخر يزداد

بارتفاع الحرارة . ولصعوبة قياس التبخر في ذلك الوقت . فان افكار بنك عن التبخر قد اعلنت .

لقد تميز النصف الاول من القرن العشرين بالاهتمام بالدراسات المناخية الاقليمية وتطوير التنبؤ الجوي لما له من اهمية خاصة في زمن الحرب . فقد ظهرت معادلة دي مارتون **De Marton** التي حاول من خلالها تحديد المناطق الجافة . وظهر تصنيف كوبن **Koppen** والذي يعد اول تصنيف مناخي متكامل لمناخ العالم والذي اخذ بنظر الاعتبار الحرارة والامطار معاً . وانه استخدم النبات الطبيعي اساساً في تحديد الحدود المناخية للاقاليم . وظهر تصنيف ثورنثويت **Thornthwaite** يشكله النهائي عام ١٩٤٨ الذي استخدم فيه معادلة رياضية لقياس التبخر والتي استعمل نتائجها في تحديد الاقاليم المناخية . وقد اضيف عدد من التعديلات لاحقاً الى هذين التصنيفين المشهورين . وظهرت تصانيف اخرى في النصف الثاني من القرن العشرين . قسم منها استخدم الكتل الهوائية . مثل تصنيف اولفر **Oliver** للمناخ على اساس الكتل الهوائية السائدة في كل اقليم . ولم يلاق هذا التصنيف الشهرة المطلوبة . والقسم الاخر استخدم شعور الانسان بالراحة اساساً للتصنيف مثل تصنيف تروجو **Terjung** الذي صنف المناخ استناداً الى الحاجة البيولوجية للانسان . وظهرت تصنيفات استخدمت الحاسوب وذلك من اجل المساعدة على استخدام عناصر مناخية كثيرة . وهناك محاولات لاستخدام قوانين الاحصاء لتصنيف المناخ .

اما في مجال الانواء الجوية فقد استطاع التنبؤ الجوي ان يقفز قفزات كبيرة جداً خاصة اثناء الحربين العالميتين الاولى والثانية . فان لتطور الطيران واستخدامه بشكل كيف اثناء الحرب . وتوسع الطيران المدني ساعداً كثيراً على تطور التنبؤ الجوي . وقد جاء تطور الاتصالات السلكية واللاسلكية ليتمكن المحطات المختلفة من ايصال معلوماتها الى مركز التنبؤ خلال فترة قصيرة جداً . وبذلك بدأت تظهر نشرات جوية منتظمة استطاعت ان تحقق نجاحاً جيداً في التنبؤ لفترة ثلاثة ايام . وعندما اضيفت معلومات الاقمار الصناعية وتم استخدام الحاسوب في عملية التنبؤ . أمكن المتنبئ من تطوير فترة تنبؤه الى اسبوع . وهناك الكثير في هذا المجال يحتاج الى التطوير .

ان الاهتمام بالتصانيف والتنبؤ الجوي اثرا بشكل مباشر في تطور المناخ التطبيقي . فقد شهد هذا الفرع اهمالاً خلال النصف الاول من القرن الحالي . ولم تبدأ الحركة التطويرية الكبيرة لهذا النوع من المناخ الا بعد الحرب العالمية

الثانية . فالمناخ التطبيقي في كثير من جوانبه يحتاج الى اهتمام كبير ومعلومات تفصيلية دقيقة . لذلك فان ظهور بعض الدراسات في المناخ التفصيلي **Microclimatology** قد ساعدت كثيراً على عودة الاهتمام بهذا الفرع . فقد شهدت كل من الصين والاتحاد السوفيتي والولايات المتحدة واوروبا الغربية العديد من البحوث في مجال المناخ التفصيلي . وما زالت الجهود مستمرة لتطوير هذا الفرع وتجميع المعلومات الممكنة عنه . وجاءت فترة الحرب لتبين اهمية المناخ التطبيقي في المجال العسكري . فالحاجة الى معلومات مناخية عن العالم . والحاجة الى معلومات مناخية من اجل معرفة نوع التجهيز المطلوب للقطعات ولتحديد طبيعة الفعاليات العسكرية الممكنة في اماكن مختلفة قد بينت بشكل لا يقبل الشك الحاجة الى تطوير هذا الفرع من المناخ . لذلك وعلى سبيل المثال اهتم الجيش الامريكي باقامة مركز للبحوث لتجربة عدد كبير من المعدات والاجهزة في مناخات مختلفة لقياس صلاحيتها للعمل ومعرفة التأثير المباشر للمناخ في استخدامها . واهتم الجيش بتصحيح انواع مختلفة من الازياء العسكرية حتى تتلاءم مع مناخات مختلفة نظرا لما تتمتع به الولايات المتحدة من سعة مساحة وتنوع في المناخ . وقد نتج عن هذه البحوث كتاب اطلس الملابس **Clothing Atlas** وفيه توضيح لنوع الملابس والادوات والحاجات التي يمكن ان يحتاج اليها الانسان عند القيام بعمل ميداني في مناخ معين . وقد شملت هذه التصاميم مناخات العالم المختلفة . كما ساعد على تطور الدراسات في مجال المناخ التطبيقي اختراع الحاسوب الذي مكن العاملين في هذا المجال من التعامل مع كمية هائلة من المعلومات المناخية في فترة قصيرة جدا . فقد ساعدهم على اختصار الزمن في استخدام الطرائق البحثية المختلفة لايجاد العلاقة بين المناخ والمشكلة المراد بحثها . وان تدريب اعداد كبيرة من الناس اثناء فترة الحرب للعمل في الانواء الجوية نتيجة الحاجة اليهم ثم تسريحهم بعد الحرب قد أوجد اعداد متزايدة مدربة تدريباً جيداً في استعمال المعلومات المناخية . ان هذه العوامل جميعاً ساعدت على اعادة النشاط للبحوث والدراسات المتعلقة بالمناخ التطبيقي .

لقد ظهر عدد كبير من البحوث والدراسات بعد الحرب العالمية الثانية في المجالات المختلفة للمناخ التطبيقي الى درجة يصعب حصرها في كتاب واحد وما زالت الجهود مستمرة في هذا المجال في تطوير المجالات المختلفة في هذا الفرع . وكما سبقت الإشارة اليه . فان الدراسات التطبيقية توزعت على المناخ الزراعي **Agroclimatology** الذي له حصة الاسد في الدراسات التطبيقية . والمناخ الصناعي **Industrial Climatology** . والمناخ البيئي **Bioclimatology** الذي يأتي

بعد المناخ الزراعي في عدد البحوث المنجزة . لقد استفاد المناخ التطبيقي كثيراً من تطور علم المناخ العام وتطور جمع المعلومات . واستفاد من تطور العلوم المختلفة . خاصة الزراعة والتربة والجيومورفولوجي . وهندسة البناء وغيرها من العلوم . ونتيجة لذلك فإن التخصصات الدقيقة داخل المناخ التطبيقي بدأت بالظهور في عقد الستينات من هذا القرن . فقد ظهر مختصون في كافة نواحي المناخ التطبيقي وهذا ما سعالجه في البحث الاتي .

المبحث الثاني الاتجاهات الحديثة في دراسة المناخ التطبيقي

اهمية دراسة المناخ

لا بد قبل البدء بتتبع الاتجاهات الحديثة في دراسة المناخ التطبيقي من استعراض سريع لاهمية دراسة المناخ . فالدراسات المناخية أولاً وقبل كل شيء تجيب عن بعض الاسئلة عن العالم الذي نعيش فيه . وهذا بعد ذاته سبب كاف لاستمرار هذا النوع من الدراسات . وان للمناخ تأثير كبير ومباشر في حياتنا اليومية وفي جوانبها المختلفة . فالمناخ واختلافاته له تأثير مباشر في مستقبل المجتمعات التي نعيش فيها . فهو يؤثر في عناصر الحياة الاساسية . وهي الماء والهواء والغذاء والطاقة والمواصلات والصحة . وفي فترة يشهد فيها العالم انفجاراً سكانياً وتقليصاً في الاراضي الصالحة للزراعة . فان التطور الاقتصادي المستقبلي للعالم قد يعتمد على التغيرات التي يمكن ان تحدث في المناخ . كما ان تصرف الانسان ومستلزمات تقدمه قد اوجدت تأثيرات مباشرة في المناخ . ولما كان المناخ لا يعترف بالحدود . فهو عالمي ومشاكله تؤثر بشكل مباشر في كل العالم وخاصة الدول النامية فيه . لذلك فان اي تذبذب في المناخ او تبدل عندما يحدث في مكان ما سيؤثر لاحقاً في المناخ في العالم . وان هذا التبدل يتطلب تغييراً في الانماط والوسائل المتبعة في الانتاج الاقتصادي للمنطقة التي اصابتها التبدل مما يخلق مصاعب اقتصادية قد لا تكون المنطقة قادرة اقتصادياً على تحملها . ولدينا امثلة كثيرة عن ويلات ومصاعب اقتصادية كان المناخ السبب الرئيسي فيها . فمنطقة الساحل الافريقي والجفاف فيه ولفترات متعاقبة يعد مثلاً جيداً على اثر المناخ والحاجة الى تنشيط الدراسات المناخية من اجل فهم اكبر للمناخ . كما يصيب اجزاء من العالم بين فترة واخرى نقص في الانتاج الزراعي نتيجة عدم ملائمة مناخ ذلك الجزء لنوع من الانتاج مما يؤثر بشكل مباشر في اسعار المواد الغذائية ومن ثم في الوضع الاقتصادي لعدد من دول العالم . ان مثل هذه الفترات قد تصبح القاعدة وليس الاستثناء كما يؤكد عدد كبير من علماء المناخ والقائلين اننا مقبلون على عصر غير واضح في التقلبات المناخية لذلك فان فهمنا اكبر لكيفية عمل عناصر المناخ المختلفة وعلاقتها ببعضها يكون ضرورياً من اجل اعادة اللثام عن الغموض الذي يلف بعض الظواهر المناخية والتي يمكن من خلالها تحسين التصرف من اجل الاستعداد لأي تغييرات قد تحدث مستقبلاً في المناخ .

ان تصرفات الانسان نتيجة التقدم الحضاري الذي أصاب مناطق واسعة من العالم قد ادت الى تأثيرات غير معروفة بشكل دقيق في المناخ. فقد أظهرت البحوث المختلفة ان مناخ المدينة الحالي يختلف عن مناخ المناطق المجاورة. كما ان ازدياد ضخ ثاني اوكسيد الكربون الى الهواء بسبب الاستعمال الواسع للوقود وفي الوقت نفسه قطع الاشجار من مساحة واسعة يؤدي الى رفع نسبة ثاني اوكسيد الكربون مما له تأثير مباشر في رفع درجة الحرارة في العالم. ويعد استخدام بعض المستحضرات الكيميائية ووصول الطائرات الى طبقة الاوزون من الاخطار المباشرة التي ادت الى تآكل طبقة الاوزون مما سيكون له التأثير السيء في الحرارة في الارض وذلك لسماحه بمرور نسبة اعلى من الاشعة فوق البنفسجية الى سطح الارض. هذه الامثلة وغيرها الكثير تبين الاهمية القصوى لتنشيط الدراسات المناخية والدعوة الى فهم اكثر للمناخ الذي نعيش فيه ومدى تأثيره وتأثره. ان هذه الامثلة وغيرها قد ادت دوراً كبيراً في التوجهات الحديثة للمناخ التطبيقي. فمحاولة ايجاد الحلول للمشاكل التي بدأت تظهر على المناخ نتيجة التقدم الحضاري. ومحاولة معرفة ماسيكون عليه مستقبل المناخ لما له من تأثير مباشر في حياة الانسان دفعت العديد من الباحثين للعمل من اجل ايجاد الاجابة الملائمة عن هذه الاسئلة.

اتجاهات دراسة المناخ التطبيقي

لقد ظهرت في الآونة الاخيرة اعداد كبيرة من البحوث تعالج مواضيع مختلفة ضمن المناخ التطبيقي. وسنستعرض هنا اتجاهات هذه المواضيع حيث نستطيع من خلالها القاء نظرة شمولية لما تعالجه مواضيع المناخ التطبيقي. فيمكن ان تدرج المواضيع ضمن اربعة محاور رئيسة تغطي معظم ماكتب في موضوع المناخ التطبيقي :

المحور الاول :

ويتضمن البحوث التي عالجت المشاكل التي تواجه المجتمع. ويمكن ان يندرج تحت هذا العنوان :

- ١- البحوث التي عالجت تأثير المناخ في مشكلة التلوث في الهواء وطرائق السيطرة عليها او التخفيف من اثارها. وقد شهد هذا النوع من البحوث ازدهاراً في المناطق الصناعية الرئيسية في العالم لما للتلوث من أثار جانبية كثيرة ادت الى التأثير المباشر في البيئة.

٢- البحوث التي تناولت مشكلة تأثير المناخ في مشاريع الماء ومصادر المياه الصالحة والتي تعد من المشكلات التي تؤثر في عدد كبير من المجمعات السكنية الحديثة .

٣- البحوث التي عالجت مشكلة تأثير المناخ في تصميم المدن ومواقعها . وهي من البحوث المشتركة بين المهندسين المعماريين والمناخيين . وهي محاولة لتجاوز بعض المشكلات التي ظهرت من التصميم العشوائي للمدن من دون الاخذ بنظر الاعتبار اختلاف المناخ بين مدينة واخرى .

٤- تأثير المناخ في خطط استخدامات الارض . التي تعالج بالدرجة الاولى صلاحية الارض من وجهة النظر المناخية لاي نوع من الاستغلال .

٥- تأثير المناخ في مشكلات المرور نتيجة تكدرس الجليد او شدة الامطار او تكرار الضباب . كما ظهرت في هذا المجال بحوث عن اخطار العواصف الشديدة ومدى تكرارها ومناطق تأثيرها . وبذلك يمكن ان يستفيد منها مصمموا الطرق وطرق المرور السريع والجسور .

المحور الثاني :

ويتضمن البحوث التي اتجهت لمعالجة المشاكل التي تواجه الانسان ويندرج تحت هذا العنوان :

١- تأثير المناخ في الوظائف الفسيولوجية للانسان وقد ركزت معظم البحوث على شروط شعور الانسان بالراحة ضمن مناخات مختلفة .

٢- تأثير المناخ في صحة الانسان وعلاقة المناخ بالامراض وانتشارها وخاصة الامراض الوبائية .

٣- التأقلم للمناخ القائم او المناخ المحتمل .

٤- تأثير المناخ في نوع الملابس او متطلبات كل مناخ لنوع معين من الملابس .

٥- تأثير المناخ في اختلاف تصاميم المنازل وصفاتها . مما يؤدي الى اقتراح أنماط معينة بمواصفات لا بد من توافرها حتى يتلاءم تصميم المنزل مع الحاجة العضوية للانسان .

٦- التبريد والتدفئة المطلوبة لكل فصل ضمن مقاييس المناخ السائد وشعور الانسان بالراحة .

٧- تأثير المناخ في ممارسة النشاطات الرياضية المختلفة ومحاولة ايجاد الحلول لبعض العوائق المناخية التي تتعارض مع ممارسة بعض انواع الرياضة .

المحور الثالث :

ويتضمن البحوث التي اتجهت لمعالجة المشاكل التي تواجه النشاطات الصناعية والتجارية . ويندرج تحت هذا العنوان :

- ١- تأثير المناخ في عمل المصنع كتنظيمه بالماء لاجراض التشغيل والسيطرة على التلوث الناتج من عمل المصنع .
- ٢- تأثير المناخ في تصميم البضائع او الانتاج .
- ٣- تأثير المناخ في خطط البيع او التوزيع للانتاج .
- ٤- مدى الحاجة الى التأمين ضد كوارث الطقس .
- ٥- تأثير المناخ في المواصلات في المنطقة وعلى تخزين المواد الاولى او الانتاج .
- ٦- تأثير المناخ في عمل محطات توليد الطاقة .
- ٧- تأثير المناخ في النقل بالطائرات والسفن والقطارات وغيرها .

المحور الرابع :

ويتضمن البحوث التي اتجهت لمعالجة المشاكل التي تواجه الزراعة ويندرج تحت هذا العنوان :

- ١- تأثير المناخ في نوع استغلال الارض وخططها .
- ٢- تأثير المناخ في امراض النباتات وانتشارها وفي الانتاج .
- ٣- احتمالات الانجماد والفترات الخالية من الانجماد .
- ٤- دورة الامطار وتكرارها لتحديد الحاجة الى الري او الماء .
- ٥- تأثير المناخ في نوع النبات المزروع ضمن دورة زراعية معينة .
- ٦- مدى الحاجة الى التأمين على المزروعات ضد كوارث الطقس مثل احتمالات تساقط البرد . الانجماد . وارتفاع الحرارة التي تؤدي الى حرائق الغابات .
- ٧- بحوث عالجت بعض مشاكل التربة وصيد الاسماك وغيرها .

ان عدداً كبيراً من المواضيع السالف ذكرها قد عالجت الموضوع ضمن المعالجة الجغرافية المعروفة بان المناخ والزمان والمكان هي العناصر التي يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار الاول عند معالجة الموضوع . وقد ظهرت بعض المشاكل اثناء التطبيق او قبله لا بد من ان تؤخذ بنظر الاعتبار وان يوجد لها الحل من أجل

استمرار العاملين في حقل المناخ التطبيقي في عملهم . ومن اهم المشاكل هي ان نظام جمع المعلومات المناخية ضمن محطات الارصاد قد لا يتلاءم مع المشكلة التي يحاول المناخية حلها . فالمعروف ان هناك اجهزة ومعدات تستخدم في محطات الرصد . هذه الاجهزة كالمحارر ومقياس المطر وغيرها قد وضعت ضمن مواصفات عالمية معينة لتخدم اغراض المناخ وليس لخدمة الحقول الاخرى . لذلك فكثيراً ما يظهر من تطبيق الاحصاءات المأخوذة من هذه المحطات عدم التطابق مع المشكلة المراد حلها . فاذا ما اردنا على سبيل المثال ان نعرف تأثير الحرارة في النبات ؟ فالاحصاءات المتوافرة لدينا هي لدرجة حرارة الهواء على ارتفاع متر ونصف الى مترين عن سطح الارض . في حين يكون ارتفاع النبات اقل من ذلك بكثير . وقد اثبتت كل التجارب التي اجريت ان درجة الحرارة على ارتفاع عدة سنتيمترات من سطح الارض هي اعلى من درجة الحرارة المسجلة بالمحارر الاعتيادي وعلى ارتفاعه المعروف وذلك لاقترابنا اكثر من مصدر تسخين الهواء . وهكذا نكون قد استعملنا احصاءات لاتعبر عن الواقع الذي يعيش فيه النبات . والامثلة كثيرة في هذا المجال والتي تبين ان ما يأخذ من تسجيلات في محطات الارصاد قد لا يكون كافياً او معبراً عن الحالة التي يحاول الباحث ان يجد لها الحل . هذا الواقع يتطلب ان يكون المناخية مسلحاً بالمعلومات الكافية لكي يتدارك هذا الواقع . فلا بد له من استنباط المعلومات التي قد تكون غير مسجلة من المعلومات المسجلة . كما عليه ان يجد قوانين عامة تتحكم بالظاهرة لتحويل بعض التسجيلات بصورة يمكن استعمالها لخدمة الغرض الذي يعمل من اجله .

ليست كل المشاكل التي عولجت من قبل العاملين في حقل المناخ التطبيقي صادفت مشكلة المعلومات وعدم تطابقها . فهناك مشاكل يمكن حلها باستخدام المعلومات المتوافرة ببسط اشكالها . وهناك مشاكل يتطلب حلها معلومات اضافية يمكن استخراجها من الاحصاءات . وان هناك مشاكل يتطلب حلها جهداً كبيراً ومعلومات غير موجودة فيصبح العمل الميداني ضرورياً . والنقاط الاتية (١) هي أنموذج لمتطلبات بعض المشاكل التي تجابه الباحث في مجال المناخ التطبيقي : -

١ - مشاكل في منطقة محدودة ووقت قصير وتحتاج الى عنصر مناخي واحد : يمكن حل مثل هذا النوع من المشاكل باستخدام المعلومات المتوافرة من محطات

(2) Mather, John. Climatology, Fundamentals and Application.
McGraw Hill Book Company, New York, 1974, P. 15.

الارصاد . فمثلا المعلومات التي تحتاج اليها شركات التأمين عن اوقات ومكان تساقط البرد . الثلج . ارتفاع الحرارة وغيرها . او المعلومات التي تبحث في احتمالات هبوب الرياح المدمرة .

٢- مشاكل في منطقة محدودة ووقت قصير وتحتاج الى عدة عناصر مناخية ، وتشمل مشاكل تصميم الملابس ونوعيتها . تصميم البيوت والمطارات واختيار مواقعها المفضلة . يمكن حل هذا النوع بالمعلومات المتوافرة من ادوائر الارصاد .

٣- مشاكل في منطقة محددة ووقت طويل وتحتاج الى عنصر مناخي واحد ، مثل تصميم نظام تدفئة لازابة الجليد على الطرق المعبدة او تقويم اخطار الانجماد لحماية اشجار الفواكة والنباتات . وتصميم النوافذ من اجل الحماية من الاشعاع الشمسي المباشر .

٤- مشاكل في منطقة محددة ووقت طويل وتحتاج الى عدة عناصر مناخية ، مثل حساب عملية تآكل المواد تحت تأثير عناصر الطقس . وتصميم مشاريع الري . والسيطرة على تلوث الهواء في منطقة محدودة .

٥- مشاكل في منطقة واسعة ووقت قصير وتحتاج الى عنصر مناخي واحد ، مثل تقويم عنصر مناخي لمنطقة واسعة على مستوى محافظة او قطر . ومتطلبات الكهرباء لمنطقة واسعة تحت تأثير حالة طقس معينة مثل ارتفاع الحرارة او غيوم كثيفة او عاصفة شديدة .

٦- مشاكل في منطقة واسعة ووقت قصير وتحتاج الى عدة عناصر مناخية ، مثل تهيئة خارطة توزيع مناخي لمنطقة واسعة . واستخدام طرق المناخ الشمولي وخرائط الطقس لتفسير ظاهرة معينة او الاستفادة منها في علاج مسألة معينة مثل التنبؤ الجوي .

٧- مشاكل في منطقة واسعة ووقت طويل وتحتاج الى عنصر مناخي واحد ، استخراج احتمالات الفيضانات القصوى من احصاءات توزيع الامطار في المنطقة ويبحث إمكانية اخطار الانجماد واثاره التدميرية على منطقة واسعة ذات تضاريس مختلفة .

٨- مشاكل في منطقة واسعة ووقت طويل وتحتاج الى عدة عناصر مناخية ، وهي من اعقد مشاكل المناخ التطبيقي مثل استعمالات الارض الزراعية وعلاقتها بالمناخ . واططار حريق الغابات على منطقة واسعة . واعتماد جدول زمني للطيران يتلاءم تماما مع حالة الطقس . والسيطرة على تلوث الهواء لمدينة او اقليم .

ان الامثلة السابقة تبين تشعب وتعدد المهمات التي يقوم بها الباحثون في مجال المناخ التطبيقي . كما تبين احتياجات هذه المشاكل لنوع المعلومات . ان هذا التعقيد والتشعب قد دفع العديد من الباحثين للاستعانة بكل ما هو متوافر من معلومات في الجانبي المناخي او لدى العلوم الاخرى . ودفعهم ايضاً للاستعانة بأي مجال من مجالات العلوم التي يمكن ان تقدم حلاً جيداً للمشكلة . فالبحوث الحديثة في مجال المناخ التطبيقي أتبعته خطأ جديداً في البحث العلمي تطلب الاستعانة بكل ما متوافر من علوم والآلات . ولكنه لم يخرج عن محاور العمل السابقة التي تم تحديدها . فمزال المناخ التطبيقي موزعاً بين الزراعة والموارد المائية والبناء والصحة وغيرها ولكن بأساليب سنتطرق اليها .

الاتجاهات الحديثة في دراسة المناخ التطبيقي :

ان نجاح عدد من الجغرافيين في مجال المناخ التطبيقي في بحث عدد من المشاكل التي تتعلق بعلاقة الانسان ببيئته شجع عدداً متزايداً من المناخيين على الاستمرار في الطريق نفسه لتوسيع وتعميق الدراسات التطبيقية . وان التقدم الصناعي والتقني اوجد واقعاً بيئياً جديداً فيه الكثير من الاخطار مما دفع عدداً اخر للتوجه نحو ايجاد الحلول للمشاكل التي بدأ الانسان يواجهها او من المحتمل ان يواجهها . يضاف الى ذلك ان الاعداد المتزايدة من السكان بدأت تفرض واقعاً جديداً لا بد من الاهتمام به وخاصة في موضوع توفير الغذاء . لذلك يمكن القول ان المشاكل التي تواجه الجغرافيين في الوقت الحاضر هي مشاكل البيئة والموارد الطبيعية والانفجار السكاني . وقد اكد تقرير صادر من هيئة بحوث البيئة الطبيعية Natural

Environment Research Council عام ١٩٧٦ تشجيع الدراسات والبحوث في مجال المناخ التطبيقي من اجل ايجاد الحلول لبعض مشاكل الزراعة والمياه والطاقة التي هي من اكبر التحديات التي ستواجه الانسان في المستقبل . لذلك شعر الجغرافيون بان الحاجة تتزايد الى بحث الواقع الحالي والمستقبلي للتجمعات البشرية للاستعداد لما يمكن ان يطرأ من مشاكل مستقبلاً . ويمكن ان يتم هذا من خلال الجغرافية التطبيقية والتي يحتل المناخ التطبيقي فيها مجال الصدارة . وهكذا ظهرت اصوات كثيرة بين الجغرافيين تطالب بان تتوسع الممارسات التطبيقية وان تشجع البحوث في مجال الجغرافية التطبيقية بشكل عام والمناخ التطبيقي بشكل خاص وان تفتح الافاق امامها من اجل ان يسهم الجغرافي وبشكل جدي وفاعل في ايجاد الحلول الملائمة للمشاكل التي تواجه الانسان . فالجغرافي بحكم ثقافته هو

أقدر من غيره على تلمس العلاقة بين الإنسان وبيئته وبذلك بدأت تظهر تجمعات داخل المؤتمرات الجغرافية تختص بالجانب التطبيقي من العلم . كما بدأت تظهر المجلات العلمية المتخصصة في مجال الجغرافية التطبيقية . ومنذ بداية الثمانينات أصبح مجال الجغرافية التطبيقية بنداً ثابتاً في مؤتمرات الجمعية الجغرافية الأمريكية وأصبح عدد الممثلين لهذا الاختصاص كبيراً . كما بدأت مجلة الجغرافي المتخصصة **Professional Geographer** والتي تصدرها الجمعية الجغرافية الأمريكية من تخصيص باب ثابت في أعدادها منذ سنة ١٩٨٥ لعرض أعمال وانجازات الجغرافيين في المجال التطبيقي .

إن المشاكل التي يمكن أن تواجه الإنسان في بيئته تتطلب انفتاحاً كاملاً على العلوم الأخرى فالتعاون بين العلوم المختلفة سيؤدي بالتأكيد إلى إيجاد حلول أفضل مما لو انفرد فرع من فروع العلوم في معالجة هذه المشاكل . وذلك لأن المشاكل التي يتعرض إليها الإنسان هي من النوع المزدوج والذي لا يمكن حله بواسطة وجهة نظر واحدة . فمشاكل البيئة تحتاج إلى فهم وإدراك بكل عناصر البيئة الفيزيائية والكيميائية فضلاً عن إدراك جيد للغلاف الغازي وانشطته المختلفة . ولما كانت هذه المشاكل في جزء منها جغرافية . فإن الجغرافي المنفتح على العلوم سيكون مؤهلاً أكثر من غيره على إيجاد الحلول الملائمة لهذه المشاكل . من هنا يستطيع المناخ التطبيقي أن يقدم برنامجاً تدريبياً جيداً لتأهيل عدد كبير من العاملين في هذا الحقل تأهيلاً يساعدهم على حل معظم المشاكل التي تواجه الإنسان في بيئته . إن هذا البرنامج التدريبي لتأهيل طالب المناخ التطبيقي يتطلب :-

- ١- تدريب ومعرفة ببعض القوانين الفيزيائية والكيميائية التي لها علاقة مباشرة بالغلاف الغازي . فكلما كان إدراك القوانين التي تتحكم بالغلاف الغازي وأبعاً كانت المقدرة على فهمه والتعامل معه بشكل أفضل .
- ٢- قابلية إحصائية ورياضية جيدة من أجل امتلاك القدرة على التعامل مع الأرقام والمعلومات الإحصائية بشكل علمي صحيح . فدراسة المناخ تعتمد بشكل رئيسي على الإحصاءات والمعلومات الرقمية التي تجمع في محطات الرصد المختلفة . إن امتلاك قدرة التعامل مع هذه الأرقام وتحويلها واستخراج الأشكال المختلفة منها هو امتلاك لقوة جديدة في التعامل مع المناخ بشكل صحيح . لذلك لاغنى للمناخي من أن يبذل جهداً كبيراً في هذا المجال .

٣ - امتلاك القدرة على التعامل مع المعلومات وجمعها ومن ثم تحويلها لتتلاءم مع متطلبات حل المشكلة التي يروم حلها . فكما اسلفنا فان كثيراً من المشاكل التي يعالجها طلاب المناخ التطبيقي تتطلب معلومات غير مسجلة في محطات الرصد . لذلك فان امتلاك القدرة الاحصائية ستؤهله للقيام بالعمل المطلوب واستنباط المعلومات التي يحتاج اليها مما متوافر لديه من معلومات اما بالتحويل او التحويل او الاشتقاق .

٤ - أمتلاك القدرة على العمل الميداني والمكتبي والتعامل مع الاشكال والخرائط ومع معلومات الاستشعار عن بعد واستخدام الحاسوب والتي تعد من المتطلبات الضرورية جداً لطلاب المناخ التطبيقي . فكل هذه الامور هي عبارة عن اضافات مساعدة تختصر الوقت وتوفر له قاعدة معلومات واسعة من اجل الوصول الى الحل الامثل . فأمتلاك طالب المناخ التطبيقي قدرة التعامل مع هذه الامور جميعا تغنيه عن الاستعانة بالمختصين الذين غالباً لا يمكن ان يقدموا له ما يريد لان تدريبهم وتوجههم يختلف تماماً عن حاجة الجغرافي في هذا المجال .

ان العمل بهذا البرنامج قد بدأ فيه في الفترة الاخيرة في عدد كبير من جامعات امريكا واوروبا الغربية واليابان والاتحاد السوفيتي . فالمراجعة العامة لعدد كبير من البحوث التي ظهرت في هذه البلدان تبين ان التوجه الحالي للمناخ التطبيقي هو باتجاه استخدام مكثف للاحصاء والمعادلات الرياضية التي تم اشتقاقها سابقاً لخدمة الاغراض التطبيقية او التعامل مع الصغ الاحصائية التي يمكن ان تساعد على اعطاء صورة عن العلاقات بين العناصر المختلفة للمناخ والمشكلة التي يحاول الباحث حلها . ويركز عدد من الباحثين في مجال المناخ التطبيقي على الاستمرار في اشتقاق القوانين الرياضية التي لم تشتق بعد والتي يمكن ان تسهل عمل طالب المناخ التطبيقي . وبذلك يمكن التغلب على مشكلة عدم توافر المعلومات الخاصة التي يتطلبها العاملون في هذا المجال . ان ما أعطى قوة كبيرة لهذا الاتجاه هو استخدام الحاسوب وبشكل متزايد والذي ادى الى تسهيل عملية التعامل مع القوانين الرياضية من حيث سعة الاستيعاب والفترة الزمنية القصيرة التي يتطلبها لانجاز العملية الرياضية . كما ان الاستخدام المتزايد للحاسوب دفع عدداً كبيراً من العاملين في مجال الجغرافية الى تطوير برامج جاهزة يمكن من خلالها انجاز اعمال كثيرة خلال فترة زمنية قصيرة جداً . فلا غرابة اذا ما قيل ان الاداة الثانية لطلاب المناخ التطبيقي بعد الاحصاءات هي الحاسوب حيث اصبح مهماً جداً في انجاز البحوث التطبيقية .

وقد ظهر اتجاه جديد آخر بدأ يطغى على الدراسات التطبيقية في المناخ وهو محاولة معرفة تأثير التغير المناخي المحتمل في الموارد المائية والزراعة والبيئة بشكل عام من خلال وضع الهياكل المناخية (الموديلات) التي تمثل توقعات التغير ومن ثم تقاس التأثيرات استنادا الى توقعات التغير. ولعدم استطاعتنا توقع التغير في الوقت الحاضر بشكل دقيق. فان الدراسات في هذا المجال أخذت اتجاهين : الاول يتمثل بافتراض تغير ثابت في عنصر مناخي او مجموعة عناصر مناخية. ثم يقاس تأثير هذا التغير في نشاطات الانسان المختلفة. والثاني هو محاولة بناء هيكل مناخي (موديل) باستخدام المعلومات المتوافرة عن علاقة العناصر المناخية بعضها ببعض. فمثلا اذا افترض ان الحرارة سوف ترتفع بمعدل درجة مئوية واحدة خلال العقد القادم فما هو تأثير هذا الارتفاع في الامطار وتوزيع الضغط وحركة الرياح ... الخ. وبهذه الطريقة يمكن بناء هيكل مناخي متوقع وذلك باستخدام الحاسوب. ويتم التعامل مع أنشطة الانسان وتوقع التغير الذي سيحصل فيها استنادا الى هذا الهيكل. وقد ساعد على تطور هذين الاتجاهين فضلا عن الحاسوب والقوانين الاحصائية المعلومات ذات العلاقة من العلوم الاخرى فضلا عن المعلومات المتوافرة من الاقمار الصناعية. وعلى الرغم من ان هذه المحاولات مازالت حديثة. فأنها قطعت شوطا لا بأس به باتجاه توقع التغير المناخي. بحيث اصبح موضوع التغير المناخي حاليا من الامور المسلم بها. وقد ظهرت مجلات علمية متخصصة تعالج هذا الموضوع واشهرها مجلة التغير المناخي Climatic Change والتي تصدر من نيويورك وامستردام. كما ظهر عدد كبير من الهياكل المناخية التي يمكن تقسيمها الى قسمين : الاول الذي يفترض ارتفاع متوقع في درجة حرارة الارض (وهذا الاتجاه هو الطاعني) . والثاني الذي يفترض انخفاض متوقع في درجة حرارة الارض. وهذا لايعني ان الدراسات التقليدية في المناخ التطبيقي والتي تركز على علاقة المناخ بالزراعة او الموارد المائية او الصحة او التصميم وغيرها قد خفت بل مازالت مستمرة وقوية. لذلك يمكن القول ان قوة المناخ التطبيقي واستمراريته تأتي من خلال تطبيق البرنامج المشار اليه أنفا وبدقة. ويمكن قياس ذلك بالعدد الكبير والجيد من البحوث التي انجزت خلال الفترة الاخيرة.

ان هذه المقدمة المختصرة تؤهلنا للدخول في مناقشة موسعة واستعراض تفصيلي لجوانب المناخ التطبيقي وما توصل اليه العاملون فيه من طرائق بحث وقوانين تسهل على الطالب والباحث انجاز بعض الاعمال او تساعده على ايجاد الحلول لبعض المشاكل التي تواجه الانسان في بيئته. ولا بد من التركيز باستمرار ان الطريق مازال طويلا امام هذا العلم لانجاز رسالته العلمية وذلك لان كثيرا من المشاكل لم تجد الحل الملائم بعد.

الفصل الثاني

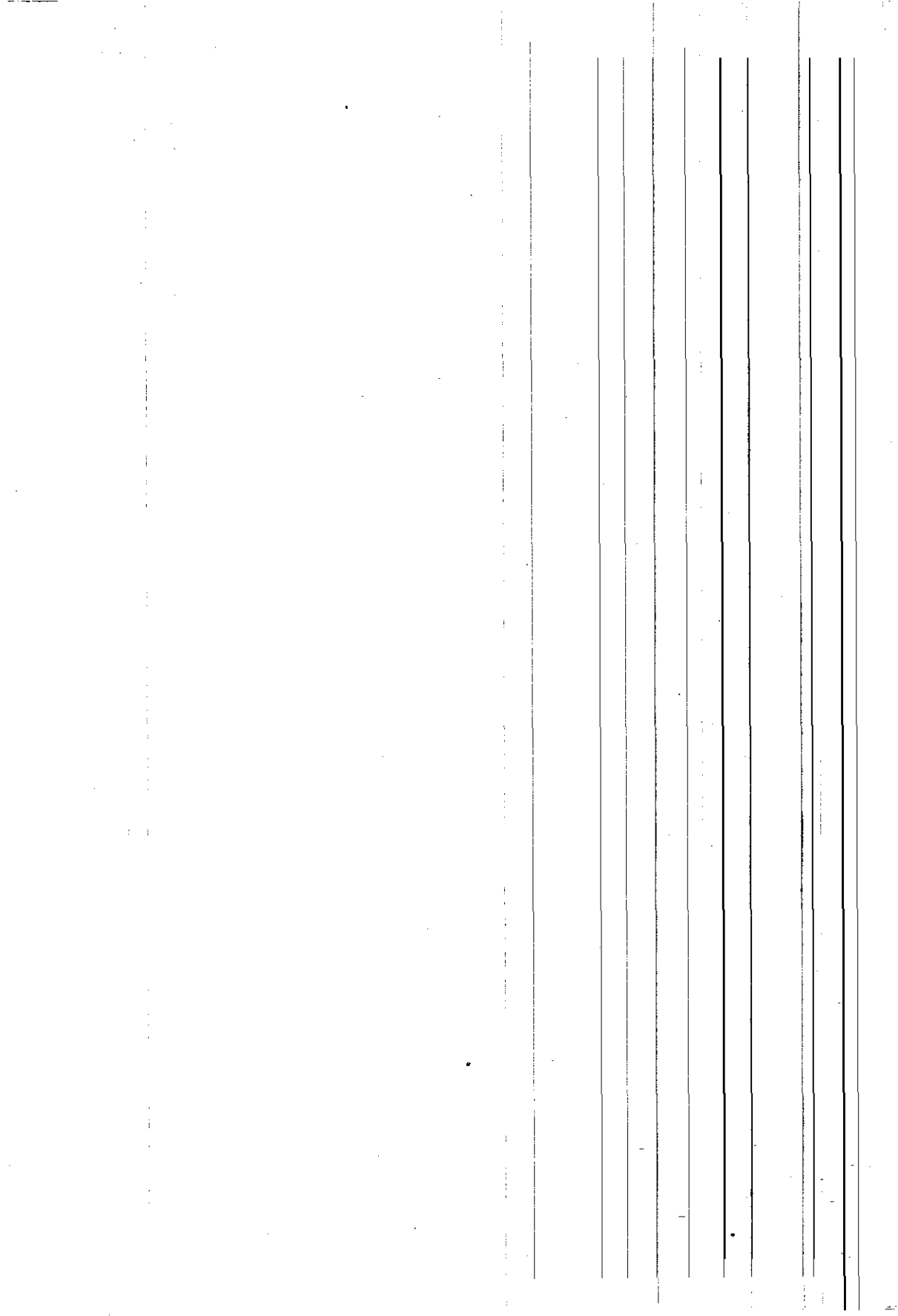


قياس المعلومات المناخية ومعالجتها

المبحث الاول : الاجهزة المستخدمة في الدراسات المناخية التطبيقية
المبحث الثاني : الانتقال من الوسائل المباشرة في القياس الى الوسائل
الاحصائية والرياضية .

المبحث الثالث : قياس وجمع البيانات وتحليلها وتحويلها الى خرائط
مناخية وأشكال بيانية :

- ١ - قياس التبخر / النتح الكامن .
- ٢ - قياس الجفاف .
- ٣ - قياس الاشعاع الشمسي .
- ٤ - الموازنة المائية المناخية .



المبحث الاول : الاجهزة المستخدمة في الدراسات المناخية التطبيقية

لقد اصبح من الضروري جدا لدارسي علم المناخ تعرف الاجهزة المستعملة لقياس عناصر المناخ والتدرب عليها وذلك للاسباب الاتية :

١- التطور الكبير الذي حدث في نوعية أجهزة الرصد الجوي وما ترتب عليه من ضروريات صيانتها اولا . ومعرفة استخدامها ثانيا ، وبخاصة بعد انتشار تلك الاجهزة وامكانية توافرها وتداولها سواء في المختبرات الجامعية . بين ايدي الطلبة . او في المحطات المناخية التي شهدت ايضا زيادة كبيرة في عددها او في دوائر الارصاد الجوي .

٢- ان لكل جهاز مزاياه . محاسنه ومعايبه . لا بد من معرفتها من قبل الدارسين والباحثين لغرض الاستفادة القصوى عند القيام بالدراسات المقارنة والدراسات الكمية التي تتطلب دقة متناهية . ومن الامثلة على ذلك المحرار الزئبقي والبارومتر الزئبقي . فعلى الرغم من بساطة الجهازين وامكانية استخدامهما من قبل الدارسين المبتدئين فأنهما اكثر دقة من الاجهزة الالية مثل الثرموكراف والباروكراف اللذين يعدان اكثر تعقيدا من الجهازين السابقين ولكنهما اقل دقة بسبب القوة المعاكسة التي تنشأ من احتكاك الريشة (او قلم الرسم) على الورقة البيانية الخاصة التي يحتويها كلا الجهازين .

٣ - اختلاف نوعية الاجهزة ووحدة القياس :

ان تعدد الاجهزة واختلاف وحدة القياس المستخدمة لقياس عنصر واحد من عناصر المناخ يدفع الجغرافيين اكثر للتعرف عن كسب على أجهزة القياس وكيفية استخدامها . ومن أمثلة ذلك استخدام جهاز كامبل وستوكس (Campbell - Stokes) لقياس الاشعاع الشمسي في معظم دول العالم باستثناء الولايات المتحدة التي تستخدم جهازا آخر هو جهاز مانك ومارفن (Maring - Marvin) والجهازان يختلفان في عملية توقيت عمل كل منهما . فبينما يبدأ جهاز كامبل - ستوكس في العمل لقياس عدد ساعات سطوع الشمس عندما تصل شدة الاشعاع الى ٠.٣٣ سرعة سم-٢ دقيقة-١ . تجد ان جهاز مارنك- مارفن لا يبدأ بالقياس الا بعد ان تصل شدة الاشعة الى ٠.٣٧ سرعة سم-٢ دقيقة-١ . ومن ثم

فان عدد ساعات سطوع اشعة الشمس سوف يختلف مما يقود الباحث الى تحليل غير دقيق مالم يكن ذا المام بطرائق جمع الاحصاءات التي استقاها من مصادر نظرية او مباشرة من اجهزة القياس . وان من الدول ما يستخدم النظام المئوي للحرارة واطرى النظام الفهرنهايتي . وضمن الدولة الواحدة . قد تستخدم الدوائر خاصة الصناعية منها نظام الحرارة المطلق (او نظام كالفن) كوحدة قياس في عملياتها الاحصائية . ومثلما يقال عن الحرارة يقال عن المطر والتبخر والرياح والضغط الجوي وغيرها من عناصر المناخ الاخرى .

٤ - ان التطور التقني سهل للباحث المناخي ويسر له استخدام بعض الاجهزة اليدوية للقيام بابحاثه الميدانية . فقد يتطلب البحث دراسة ميدانية لمزرعة او مصنع او شارع وسط مدينة لذلك ينبغي للمناخي معرفة استخدام اجهزة الرصد اليدوية لقياس درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح متمثلة بجهازى السكرومتر والانيمومتر اليدويين .

٥ - ان طبيعة الدراسات الجغرافية المناخية تتطلب متابعة الظاهرة المناخية باستمرار لان عناصر المناخ تتصف بتغيرها المستمر الى الحد الذي لا يمكن ان توصف بكونها مطلقة كما في دراسات الجغرافية الزراعية او الصناعية ونحوها . لذلك ففهم التغيرات المناخية للوصول الى تحليل دقيق لها يشد الباحث فيها اكثر الى اجهزة رصدها وتتبعها .

المحطات المناخية»

يقصد بالمحطة المناخية المكان او الحيز الذي توضع فيه اجهزة الرصد الجوي بابعاد هندسية معلومة ووفق اتجاهات جغرافية مناسبة لغرض رصد وتسجيل العناصر المناخية وتسجيلها . ومن الجدير بالملاحظة ان اختيار موضع المحطة وتصميمها يؤثر بدرجة كبيرة في درجة دقة قراءات اجهزة الرصد لان العناصر المناخية تتأثر بدرجة كبيرة بمكونات الموضع وما يحيط به . لذلك ينبغي مراعاة ماياتى عند اختيار موضع المحطة وتصميمها :

» او محطات الارصاد الجوي فلا يوجد فرق الا في التسمية لان الاجهزة المستخدمة وعدد ساعات الرصد وطرائق الاتفاق البيانات تكون واحدة في كلا النوعين لذلك فاستخدام المحطات المناخية جاء ملائما لسياق الموضوع ليس اكثر .

١- ان يكون الموضع سهلياً منبسطاً للمحطات التي تكون على اليابس لان ذلك يسمح لاجهزة الرصد بتسجيل العناصر المناخية دون وجود مؤثر فيها كالوديان والتلال والجبال. لان هذه الاشكال الارضية الثلاثة ونتيجة لاختلاف عامل الارتفاع سوف تؤثر في درجة الحرارة ومن ثم ماينتج عنه من تغيير في الضغط الجوي والرياح والرطوبة ومظاهر التكاثف ونحوها. لذلك فلا يجوز بناء محطة مناخية على السفوح المنحدرة وليس القصد هو تعرضها لعمليات الجرف وانما تعرضها للتيارات الهوائية اليومية الصاعدة والنازلة. واذا ماأريد بناء محطة مناخية على السفوح المنحدرة لغرض التعرف على مقدار ما تعمله هذه السفوح من تغير على العناصر فلا بد ان تكون بياناتها مستقلة لايعتمد عليها في التحليل العام للمناخ وانما بما يجاورها من محطات مناخية.

٢- ان يكون موضع المحطة المناخية مفتوحاً من جميع الاتجاهات بعيداً عن الحواجز العالية كالاشجار والعمارات والبيوت واعمدة الهاتف والكهرباء وكل مايعرقل حركة الرياح ويعمل على تكون الظل باي درجة كانت. واذا ماتطلب الامر ذلك فلا بد لموضع المحطة المناخية ان يبعد بمقدار ضعف ارتفاع الحاجز على الاقل لان ذلك يوفر حماية المحطة من عملية نزول الرياح بعد انكسار خط مسارها لوجود العارض او تغير مسارها وسرعتها كما يحميها من تكون الظل.

٣- ان تكون المحطة في موضع يسهل الاتصالات والنقل وخدمات الماء والكهرباء وما يحتاج اليه مستخدمو المحطة من لوازم أخرى.

٤- من الضروري احاطة المحطة المناخية بسياج مناسب لا يؤثر في الاجهزة فيها بقدر ما يمنع الحيوانات من الوصول الى الاجهزة.

ان الموضع الذي تشغله اجهزة المحطة المناخية من الضروري جداً ان يكون في مواجهة الرياح الدائمة ويوفر استقبلاً مباشراً لأشعة الشمس والمطر وانواع التساقط الاخرى وان تكون ارضيتها بما لا يختلف عن بقية اجزاء الموضع والمكان. دون ذلك لابد من الاشارة اليه عند اعتماد البيانات مهما كان الهدف من استخدام تلك البيانات.

ان تصميم المحطة المناخية سواء كان ما يخص مساحتها او توزيع الاجهزة على ارضيتها تختلف اختلافاً جزئياً بين دول العالم. ففي المملكة المتحدة يأخذ شكل المستطيل بابعاد 10×6 م. وفي الاردن تكون المحطة مربعة الشكل بابعاد 8×8 م.

اما تنظيم الاجهزة وتحديد موقع كل جهاز وارتفاعه فإن الشكل رقم (٢) يعطي صورة واضحة لمحطة مناخية متكاملة . ومنه يمكن تعرف الاجهزة المناخية التي تحتويها المحطة المناخية وهي كما يأتي :

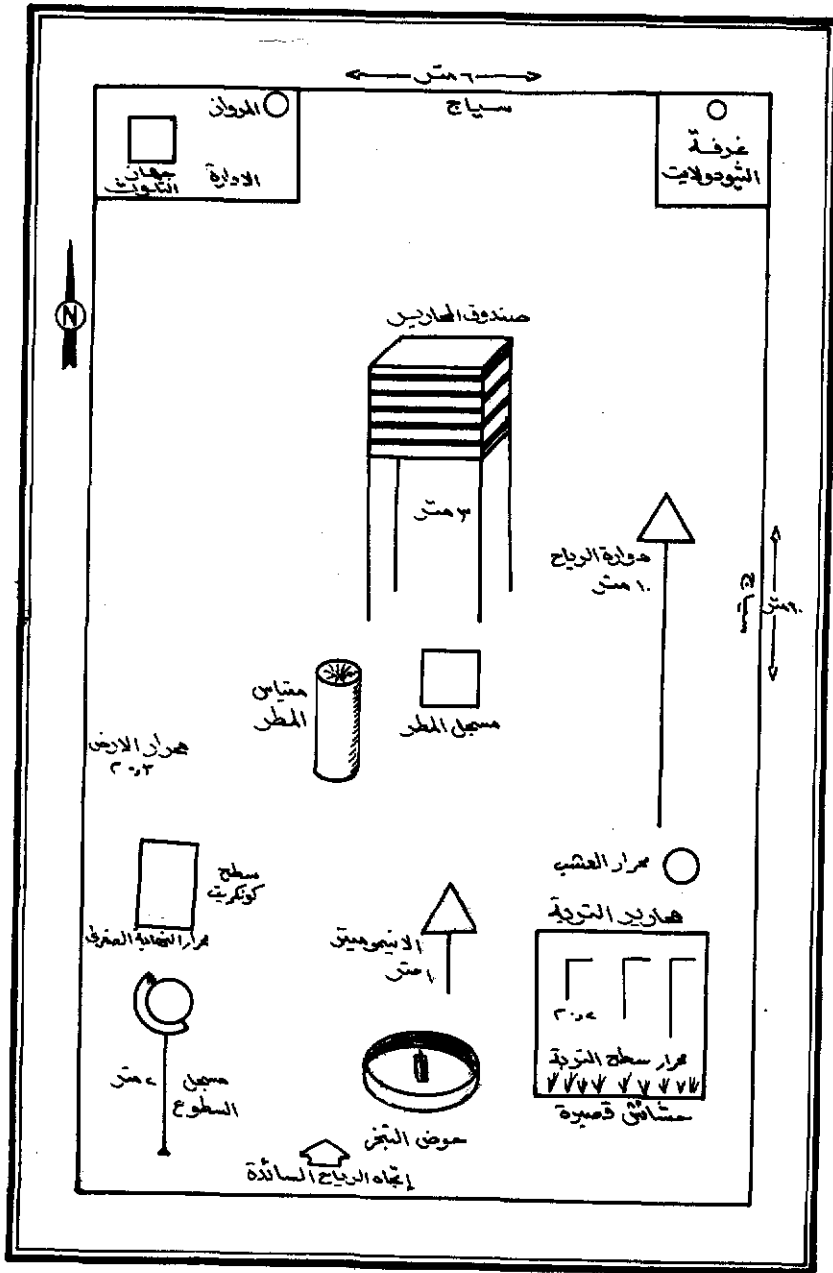
- ١ - صندوق (أو حاجب) ستيفنسن Stevenson's Screen أو صندوق المحارير وتوضع في داخله الاجهزة الآتية :
 - أ - محرار الحرارة العظمى ومحرار الحرارة الصغرى .
 - ب - محرار الحرارة الرطبة ومحرار الحرارة الجافة .
 - ج - مسجل الحرارة « ثرموكراف » .
 - د - جهاز ييشي .
 - هـ - مسجل الضغط الجوي (باروكراف) .
- ٢ - مقياس الاشعاع الشمسي - مسجل السطوع .
- ٣ - دؤارة الرياح Wind Vane
- ٤ - أنيموميتر Anemometer
- ٥ - مقياس المطر
- ٦ - مسجل المطر الآلي
- ٧ - جهاز كامبل وستوكس
- ٨ - حوض التبخر (A)
- ٩ - محارير لقياس درجة حرارة التربة
- ١٠ - محرار لقياس درجة حرارة العشب .

أنواع المحطات المناخية

- تقسم المحطات المناخية بحسب طبيعة موقعها الى ثلاثة انواع . وهي :
- ١ - المحطات المناخية على الاجزاء اليابسة .
 - ٢ - المحطات المناخية العائمة في البحار والمحيطات .
 - ٣ - المحطات المناخية في الغلاف الغازي - منظومة التوابع والاقمار الصناعية

Meteorological Satellites

وتقسم المحطات المناخية بحسب عدد مرات الرصد اليومي الى ثلاث فئات . وهي :



شكل رقم (٢) مخطط لمحطة مناخية متكاملة
المصدر، فياض النجم وحيد مجول، فيزياء الجو والفضاء، بغداد، ١٩٨١، ط ١، ج ١، ص ٣١

- ١ - محطات مناخية مساعدة : وهي من نوع المحطات التي تهدف الى قياس عنصراً واحداً وبخاصة المطر وتقوم برصدته واحدة في اليوم نحو الساعة 09 GMT.
- ٢ - محطات مناخية عادية : وهي تحوي جميع الاجهزة لكنها تقوم برصدتين جويتين يومياً . الاولى في الساعة 09 GMT والثانية في الساعة 15 GMT . وتقوم هذه المحطات برصد درجات الحرارة العظمى والصغرى وكمية المطر والتبخر والاشعاع وغيرها .
- ٣ - محطات الارصاد الجوية : وهي المحطات التي تقوم بشماني رصدات جوية في اليوم . يفصل بين رصدتين اثنتي عشرة ساعة ابتداء من الساعة 24 GMT أي تكون في الساعات الآتية :
GMT 24 . 03 . 06 . 09 . 12 . 15 . 18 . 21
وهذا النوع من المحطات يؤدي جميع الاغراض المذكورة .

وتصنف المحطات المناخية الى آلية ذاتية العمل Automatic Weather Stations تعمل بالطاقة الشمسية او النووية ومثل هذه المحطات هي المحطات العائمة على طوافات في المحيطات او تلك التي توجد في الغلاف الغازي وفي المناطق النائية التي يصعب الوصول اليها . كما في قمم الجبال العالية والمناطق القطبية والمناطق الصحراوية وتزود المعلومات لاسلكياً الى محطات التسليم الرئيسية . وأخرى غير آلية تعمل تحت اشراف المختصين بالانواء الجوية .

وكما سبق ذكره فان من المحطات ما يؤدي غرض التنبؤ الجوي وأخرى للاغراض المناخية فضلاً عن محطات تخصص للاغراض الزراعية Agroclimatological Stations فينصب عملها على قياس درجة حرارة الحشيش او العشب والتربة والتبخر باستخدام اللايزوميتر Lysimeter ومن المحطات ايضاً ما يخصص للاغراض الصحية فتتركز بياناتها بالدرجة الاولى على التلوث . ومنها ايضاً ما يؤدي اغراض البحث العلمي فتتركز بياناتها على كهربائية الجو والمجال المغناطيسي وأبحاث السحب والاوزون والاشعاع ونحوها .

التنبؤ الجوي

هناك اتفاق عالمي على اعتبار توقيت كرينيج Greenwich Mean Time (GMT) أساساً زمنياً للرصد السطحي من خلال محطات الرصد السطحية Surface Synoptic Stations وتنظم عمليات الرصد كل ست ساعات تبدأ من منتصف الليل (كما يأتي :

1800 GMT , 1200 GMT , 0600 GMT , 0000 GMT وكل يوم . وتجمع fed معلومات الرصد من خلال نظام الاتصالات كالراديو ، التلفون ، تلي تيب Teletype وصور النقل السريع photofacsimile ومثل هذا الاتصال السريع لنقل المعلومات ضروري جداً وذلك لما تتصف به العناصر الجوية من تغيرات سريعة زماناً ومكاناً . وقد حددت منظمة الانواء الجوية العالمية World Meteorological Organization ثلاثة مواقع في ملبورن (استراليا) وموسكو (الاتحاد السوفيتي وواشنطن (الولايات المتحدة) مراكز رئيسة للانواء الجوية تكون بمثابة الدليل والمجهز لمعلومات الانواء الجوية الى المراكز المحلية في مختلف دول العالم والتي تستلمها عبر منظومة الاقمار الصناعية (الستلايت) ومن خلال اجهزة الراديو والتلفزيون والصحف تبث كتوقعات او تنبؤات جوية الى المجتمع بصور وخرائط واحصاءات عن الحرارة ، المطر ، الثلج ، العواصف ... الخ .

ولكن مما يؤخذ على هذه التنبؤات هو عدم دقتها Accuracy فكثيراً ما تكون غير كاملة الدقة في بعض من اجزائها ويعود ذلك الى اربع مشاكل اساسية وهي :

- ١ - مشكلة تغطية العالم كله بمحطات الارصاد الجوي ، فالمعروف ان المحطة تقوم بنقل المعلومات عن موضعها وبقدر ما توجد محطات وتنتشر في منطقة ما بقدر ما يمكن التعبير بدقة عن العناصر المناخية فيها .
- ٢ - اختلاف مكونات سطح الارض من يابس وماء وما ينتج عنه من تغيرات سريعة تنعكس على الغلاف الغازي ويصعب مواكبتها عبر العالم كله بنفس اللحظات التي يتم فيها التغير .
- ٣ - طبيعة مكونات الغلاف الغازي التي تمتاز بتغيراتها السريعة .
- ٤ - طبيعة تحليل المعلومات والفترة الزمنية التي تبث الى دول العالم المختلفة من قبل المراكز الرئيسية الثلاثة في العالم . وفي نهاية المبحث سنعطى صورة واضحة عن كيفية تسلم المعلومات المناخية وتحليلها وبثها . وبسبب الاختلاف الزمني والمكاني لدول العالم فان المعلومات التي تسلم من قبل المراكز المحلية للانواء الجوية لاتتواكب مع التغيرات التي تحصل في بقاع العالم وفي الغلاف الغازي ومن ثم ينشأ عنه اختلاف زمني في التنبؤ عن الظواهر الجوية . ومهما كان صغيراً فانه يقلل من دقة احتمالية حدوثها .

ولتقدير دقة التنبؤ Forecast Accuracy يمكن استخدام المعادلة الآتية (١) :

$$\text{Skillscore} = \frac{C - N}{T - N}$$

حيث أن :

C = عدد التنبؤات الجوية الصحيحة .

N = عدد التنبؤات الجوية غير الصحيحة .

T = مجموع التنبؤات الجوية .

وهذه المعادلة تقوم على أساس مقارنة التنبؤات الجوية التي تحققت وعدد التنبؤات التي لم تتحقق أو لم تحدث . فإذا كان ناتج المعادلة موجباً فإن التنبؤات الجوية واقعية وحقيقية أو أنها لم تحدث عن طريق الصدفة Randomly (by chance) أما إذا كانت النتيجة صفراً أو سالباً فإن التنبؤات الجوية تحتوي على احتمالية عالية للخطأ . ولتطبيق هذه المعادلة نورد الجدول (رقم ١) فمن خلال الجدول يمكن أن نحسب عدد التنبؤات الصحيحة كما يأتي :

$$170 + 35 = 205$$

وعليه تكون نسبتها المئوية =

$$\frac{205}{365} \times 100 = 56 \%$$

وهذا يعني أن التنبؤ الجوي لتلك المنطقة خلال سنة مستقبلية يتضمن 56 % من احتمالية الوقوع .

ولمقارنة ذلك مع التنبؤات الجوية الواقعية أو المتحققة فعلاً فيكون كما يأتي :

$$171 = 240 \times \frac{260}{365}$$

دون أن يوجد خطأ .

$$36 = 125 \times \frac{105}{365}$$

(1) Miller and Others. Elements of Meteorology. 4th Ed. Charles E. Merrill pub. Co. Columbus, Ohio 1983, p. 235.

ولما كانت النتيجة

$$0.013 - = \frac{(36 + 171) - (35 + 170)}{(36 + 171) - 365} \therefore$$

 سالبة $\therefore$ التوقع في الجدول
 المذكور لا يكون دقيقاً
 أكثر من الصدفة .

جدول رقم (١)
التنبؤ الجوي لاحتمالية سقوط المطر لمواقع معين ولفترة سنة

التنبؤ	لا يوجد مطر	مطر	المجموع	الفصلي
لا يوجد مطر	170	90	260	-
مطر	70	35	105	-
المجموع	240	125	365	-

Ibid, P. 236

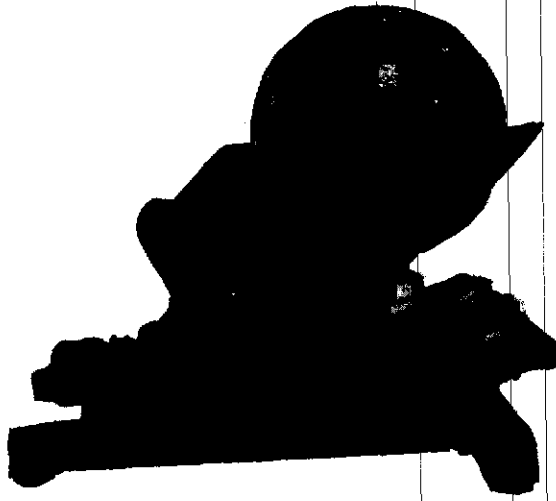
المصدر

١ - أجهزة قياس الاشعاع الشمسي

تصنف اجهزة قياس الاشعاع الى أربعة انواع وهي كما يأتي :

أ - أجهزة قياس سطوع الشمس :

من أشهر هذه الاجهزة جهاز كامبل - ستوكوكس شكل (٣) الذي يتكون من كرة زجاجية متصلة بحامل وقاعدة معدنية مثبت عليها اوراق بيانية خاصة مدرجة بحسب ساعات النهار . ولتعرف عدد ساعات سطوع الشمس يتم حساب مقدار المسافة التي حرق من الورقة البيانية بواسطة الاشعة وهذه المسافة المحروقة تمثل عدد ساعات شروق الشمس .



شكل (٢)

جهاز قياس السطوح الشمسي

المصدر : فياض النجم وحديد مجول ، مصدر سابق ، ص ٦١

ب - جهاز قياس محصلة الأشعاع : Net Radiometers

يتكون مثل هذا النوع من الأجهزة من عنصرين حساسين متشابهين ومن أوجه سود . يوجه أحد العناصر الى السماء ويوجه العنصر الثاني الى الأرض . ونتيجة لذلك سوف يختلف مقدار درجة الحرارة لكل عنصر . وبعد قياس درجات الحرارة للعنصرين تطبق المعادلة الآتية لاستخراج محصلة الأشعاع (٢) .

حيث أن ، $R_n = K (T_u - T_d)$

T_u = درجة حرارة العنصر المتجه وجهه الاسود للسماء .

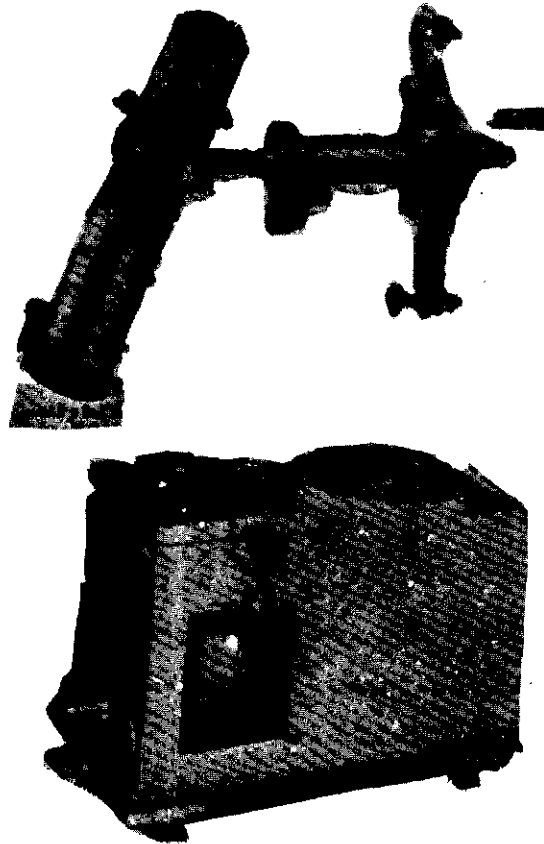
T_d = درجة حرارة العنصر المتجه وجهه الاسود للأرض .

K = قيمة ثابتة تعتمد على حالة الجو وموضع الجهاز وطبيعة حساسية الجهاز نفسه .

(٢) صافي جعفر الصراف ، علم المناخ والبيئة ، مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر ، بغداد ١٩٨٠ ، ص ٦٧ .

ج - أجهزة بايرالاميتير Pyrheliometer

هذا النوع من الاجهزة يستخدم لقياس الطاقة الشمسية المباشرة الواردة عمودياً . ومن أشهر هذه الاجهزة جهاز انكستروم Angstrom الذي يتكون من شريطين من مادة المنغنيز Manganine (المركبة من النحاس والمنغنيز والنيكل) ويوصل احد الشريطين بتيار كهربائي يمدّه بالحرارة بنفس درجة حرارة الشريط الثاني الذي يعرض لاشعة الشمس وبذلك يكون مقدار الطاقة الشمسية مساوياً لكمية الحرارة التي يولدها التيار الكهربائي وتستلم على شكل حرارة في الشريط المذكور . شكل رقم (٤) .

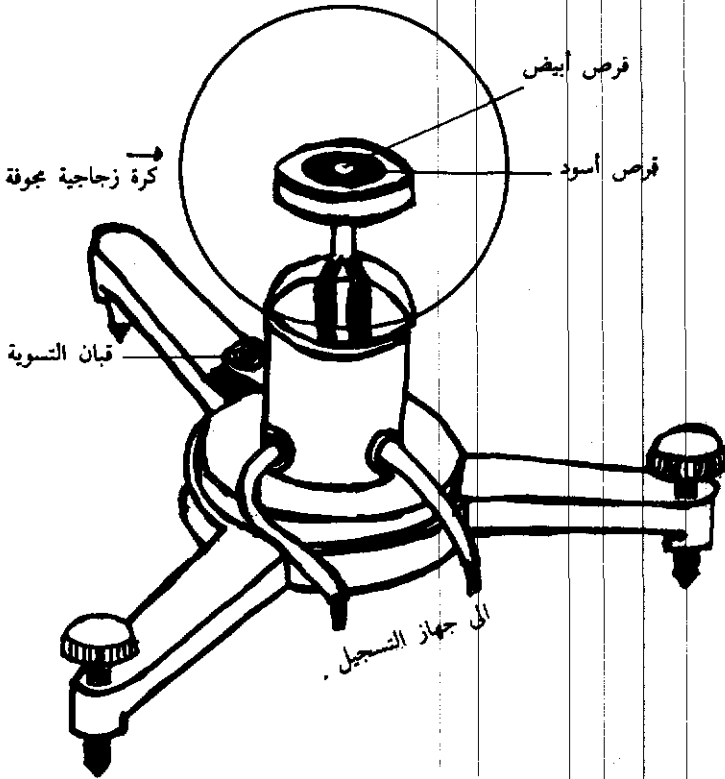


شكل (٤)
جهاز انكستروم

المصدر ، النجم ومجول ، مصدر سابق ، ص ٦٣ .

د - أجهزة البايرانوميتر Pyranometer

وتستخدم هذه الأجهزة لقياس أشعة الشمس المباشرة والمنتشرة او الاشعة القصيرة الكلية (الاشعة الشمسية المباشرة + الاشعة الجوية القصيرة) . وأشهر انواعها جهاز ابلي Epply Pyranometer وهو يتكون من عمود حراري Thermopile يتألف من قطعتين من المعدن الحساس (الفضة) تطلّى الداخلية باللون الاسود والخارجية باللون الابيض وتغطى بغطاء زجاجي كما في الشكل (٥) . وتبعاً لذلك سوف تختلف درجة حرارة كل من القطعتين السوداء والبيضاء . ومقدار الفرق في الحرارة يتخذ اساساً يستند اليه في قياس الاشعة حيث يتحول هذا الفرق في درجة الحرارة الى تيار كهربائي يقيس الاشعة المباشرة والمنتشرة التي يتعرض لها الجهاز .



شكل (٥)

(After Critchfield, 1976)

جهاز ابلي

٢ - اجهزة قياس درجات الحرارة

أ - المحرار الاعتيادي Thermometer

وهو يتكون من انبوب زجاجي مدرج ينتهي بمستودع للزئبق . عند ارتفاع درجة الحرارة يتمدد الزئبق في الانبوب المدرج وعند انخفاضها ينخفض الزئبق وهكذا مع كل تغير حراري* . شكل (٦) .



(هـ) محرار ذو النهاية المغنطى



شكل (٦)

المحرار الاعتيادي ، مغلف وغير مغلف

المصدر ، النجم ومجول ، مصدر سابق ص ٤٠

ب - محرار النهاية الصغرى :

يشبه هذا المحرار المحرار الاعتيادي من حيث الشكل الا ان السائل المستخدم هو الكحول بدلاً من الزئبق . والسبب في ذلك هو ان درجة تجمد الكحول اقل بكثير من درجة تجمد الزئبق . فبينما تبلغ درجة تجمد الكحول - ١١٢ م تكون درجة تجمد الزئبق - ٥٣ م .

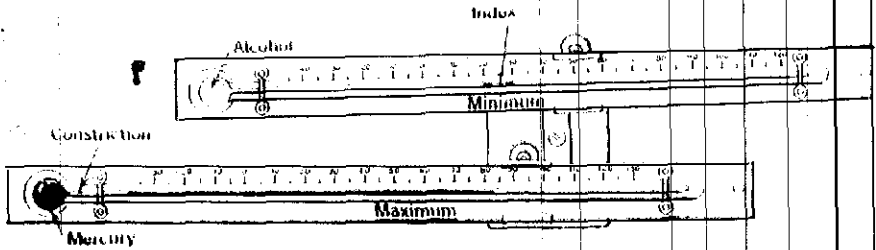
* من الضروري تذكير الطالب انه عند قراءة المحرار ممكن تعرف :
الحرارة للنظامين المثوي (C) والفهرنهايتي (F) باستخدام المعادلتين البسيطتين .

$$C = \frac{5}{9} (F - 32) \quad F = \frac{9}{5} (C) + 32$$

يوجد داخل الانبوب المدرج مؤشر دقيق زجاجي او معدني يمكن للكحول دفعه معها الى أسفل عندما تنخفض درجة الحرارة . اما عندما ترتفع درجة الحرارة فان الكحول يتدفع من الجوانب دون تحريك المؤشر الذي يبقى ثابتاً في مكانه وبذلك يبقى مشيراً الى درجة الحرارة الصغرى . واذا ماأريد ارجاع المؤشر في اليوم التالي او اي يوم فيستخدم المغناطيس او يميل المحرار عمودياً .

ج - محرار النهاية العظمى :

وهو يشابه المحرار الاعتيادي ، ايضاً ، فهو يتكون من انبوب زجاجي مدرج ينتهي بمستودع للزئبق . الا ان الاختلاف الوحيد هو وجود تخصر (او عنق) في بداية مجرى الزئبق من المستودع . واهمية هذا التخصر هو السماح للزئبق بالتمدد عند ارتفاع درجة الحرارة وعرقلة او منع رجوعه عند انخفاضها . وبذلك فان هذا المحرار سوف يقيس اعلى (او اعظم) درجة للحرارة خلال اليوم . ثم يرج المحرار او يستخدم المغناطيس لارجاع الزئبق الى المستودع اذا ماريد ذلك . (شكل ٧ ب) .



شكل رقم (١٧ ب)

أ - محرار النهاية الصغرى .

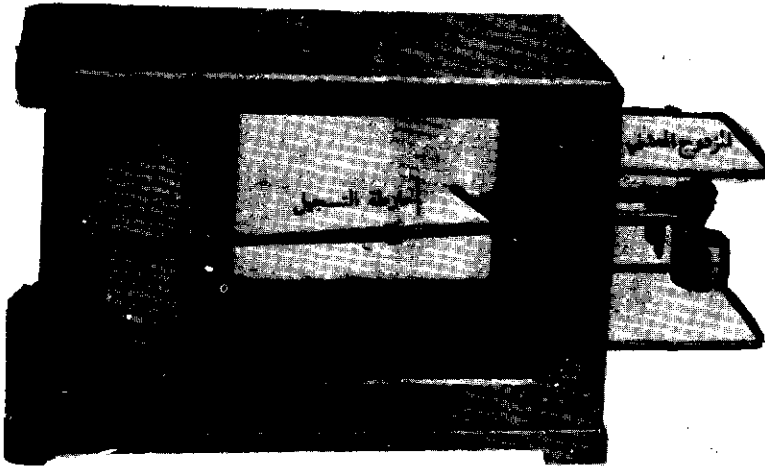
ب - محرار النهاية العظمى .

د - مسجل الحرارة Thermograph

يتكون مسجل الحرارة من جهاز حساس يتألف من قطعتين معدنيتين تختلف في معامل تمددهما للحرارة . تثبت القطعتان من جهة واحدة بينما تترك الجهة الاخرى سائبة . فعند تغير الحرارة تتمدد القطعتان أو تقلص

بحسب درجة الحرارة . تنتقل هذه الحركة بواسطة روافع خاصة الى قلم او مؤشر الذي يرسم حركة التمدد او التقلص على ورقة بيانية خاصة مثبتة على اسطوانة دوارة ، تدور دورة واحدة حول محورها كل اسبوع .

ان اهم ميزة لهذا المحرار عن المحارير السابقة هو انه يسجل تغير الحرارة اليومي الكامل والذي يمكن الرجوع اليه في اي وقت لانه مسجل على ورقة بيانية اما المحارير السابقة فانه تغير درجة الحرارة لا يمكن حصره الا وقت النظر اليه فقط . لكن عيب هذا النوع من المحارير هو كما ذكرنا سابقاً بأنه لا يسجل تغير درجات الحرارة بدقة متناهية نتيجة احتكاك الريشة او القلم بالورقة البيانية مما ينتج عنه نقص في تغير درجات الحرارة يصل الى درجة مئوية واحدة . (شكل ٨) .



شكل (٨)

محرار مسجل ثنائي المعدن Bimetallic thermometer

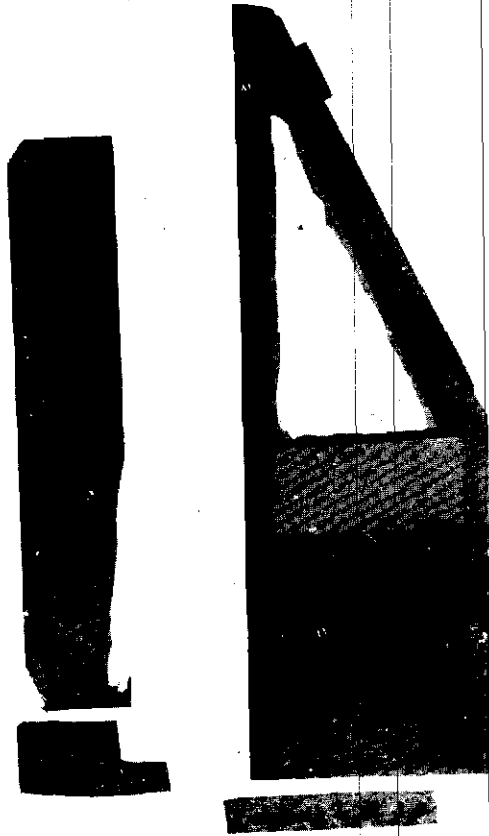
المصدر ، النجم ومجول ، مصدر سابق ، ص ٤٢ .

هـ - محرار التربة :

يشابه محرار قياس درجة حرارة التربة المحارير الاخرى الزئبقية من حيث تكوينه وتصميمه خاصة المحارير التي تقيس درجة الحرارة الى عمق ٢٠ سم . توضع محارير قياس التربة على ستة مستويات من عمق التربة وهي كما اعتمدتها منظمة

الارصاد الجوية العالمية على بعد ١٠ سم ، ٢٠ سم ، ٥٠ سم ، ١٠٠ سم ، ١٥٠ سم و ٢٠٠ سم . وكما يوضح الشكل (٩) ان لمحرار التربة ساقاً طويلة ومثنية بزاوية قائمة تسمح بادخال مستودع الزئبق الى العمق المطلوب ، ويكن الجزء الاكبر من بقية المحرار ظاهراً على سطح الارض .

اما الاعناق البعيدة ، اكثر من ٢٠ سم ، تستخدم لها محارير خاصة ذات سيقان اطول من النوع الاول .



شكل (٩)
محارير التربة

المصدر : النهم وميجول . مصدر سابق . ص ٤٠ .

و - محرار العشب :

وهو محرار كحولي يوضع افقياً ، على حمالتين صغيرتين ، مع سطح الارض وعلى ارتفاع ٥ سم لمقياس درجة حرارة العشب او الحشائش القصيرة والهواء . والهدف الاساس لهذا النوع من موازين الحرارة هو لمثابة احتمالية تكون الصقيع وللاغراض الزراعية الاخرى .

ز - المزدوج الحراري : Thermocouple

وهو من نوع المحارير الكهربائية التي تستخدم لقياس درجات الحرارة بصورة متناهية في الدقة . وتهدف اساساً لقياس درجة حرارة اوراق النبات . ويتكون هذا الجهاز من سلكين معدنيين مختلفين في معامل تمدد الحرارة واي تغير في الحرارة فان السلكين يختلفان في توصيل درجة الحرارة وينتج عن هذا الاختلاف تيار كهربائي يقاس باجهزة خاصة .

٢ - اجهزة قياس الضغط الجوي

أ - البارومتر الزئبقي : Mercury Barometer

يتألف من انبوب زجاجي مدرج طوله ١٠٠ سم ومساحة قاعدته ١ سم^٢ . يكون الانبوب مفتوحاً من طرف واحد ويوضع في حوض فيه زئبق كما في الشكل رقم (١٠)

وعند حدوث أي تغير في الضغط الجوي يرتفع او ينخفض الزئبق في الانبوب بحسب مقدار الضغط او وزن الهواء . مع ملاحظة ان القراءات لاتكون دقيقة في مثل هذا النوع من المقاييس مالم تجر عملية تعديل القراءات بحسب العوامل الاساسية الثلاثة وهي الارتفاع ودرجة الصفر المئوي وخط العرض ٤٥ . وتستخدم معادلتنا لذلك وهي كما يأتي (١) .

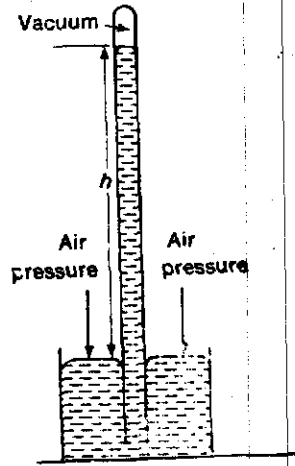
$$g = 98062 (1 - 0.0026 \cos 2\phi) (1 - 2 \times 10^{-7} Z)$$

حيث ان Z = ارتفاع المحطة وتقاس بالامtar .

ϕ = زاوية خط عرض المحطة

g = قيمة التمجيل الارضي

(١) النجم ومجول . مصدر سابق ، ص ٢٤



شكل رقم (١٠) س البارومتر الزئبقي
(After Miller, 1983)

$\cos = \text{ظل تمام الزاوية}$

كما تحسب كثافة الزئبق (ρ) من معرفة درجة الحرارة باستخدام المعادلة الآتية:

$$\rho = 13.595 (1 - 182 \times 10^{-6} t)$$

وتمثل t درجة حرارة الهواء بالمقياس المئوي.

وهناك نوعان من مقاييس الضغط الزئبقية وهما:

١ - بارومتر فورتن Fortin Barometer

ويتكون من حوض من الجلد يملأ بالزئبق متصلاً بانبوب من خلال المؤشر يمكن قراءة ارتفاع الزئبق ويستعان بالحرار للتعرف على درجة حرارة الهواء لاغراض التعديل (الشكل ١١).

٢ - بارومتر كيو Kew Barometer

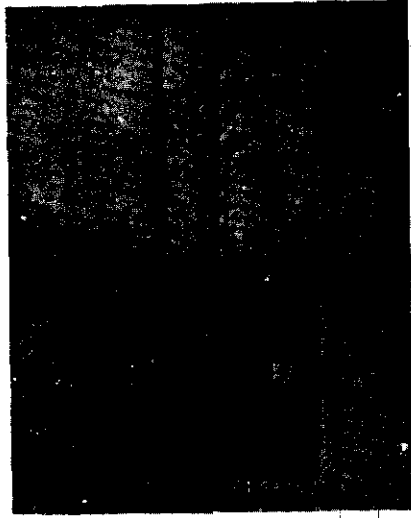
ويتكون أيضاً من حوض مملوء بالزئبق ومحسوب في سعته وعند ارتفاع الزئبق في الأنبوب بسبب انخفاض في كمية الزئبق في الحوض لذلك تدرج الأنبوبة على هذا الأساس وتم القراءة مباشرة (الشكل ١٢).



المصدر . النجم ومجول . مصدر سابق . ص ٣٥ .

شكل رقم (١١)

بارومتر فورتن



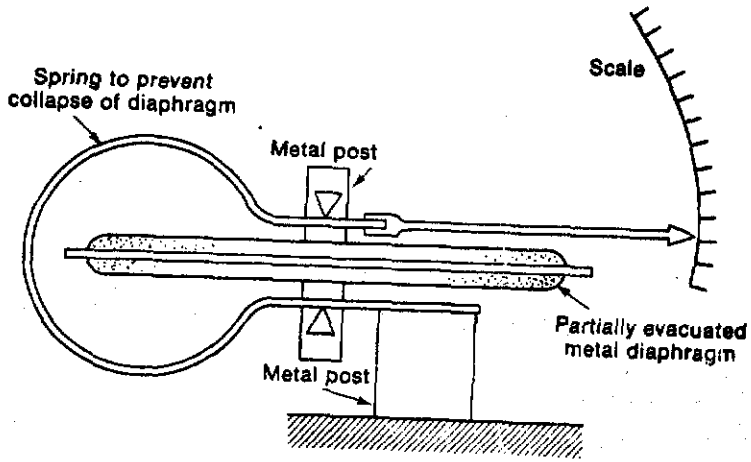
شكل (١٢) بارومتر كير

ب - البارومتر الجاف او المعدني Aneroid Barometer

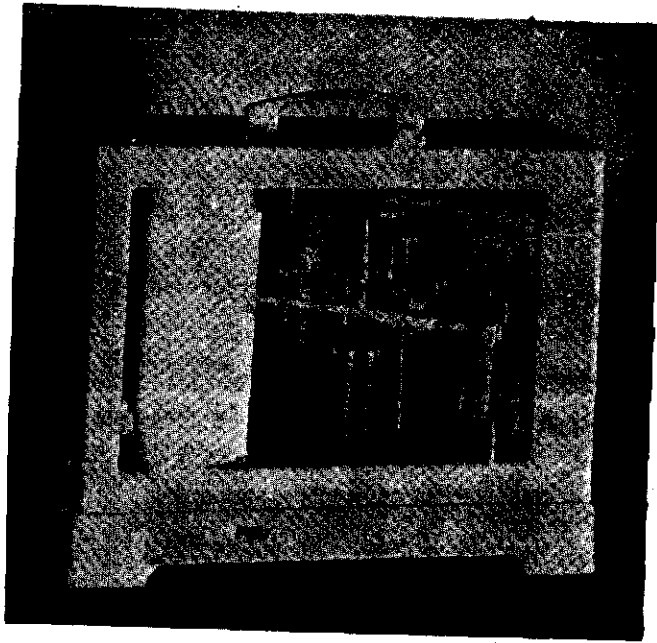
ولا يستخدم في هذا النوع الزئبق بل يتكون من صندوق معدني رقيق الجدران ومفرغ جزئياً من الهواء . لذلك فانها تتقلص او تتمدد مع اي تغير في الضغط الجوي والذي ينقل عبر عتلات متصلة بالجدران وعبر المؤشر يمكن قراءة الضغط الجوي . كما في الشكل رقم (١٣) .

ج - البارومتر المسجل Barograph

وهو مشابه للنوع السابق مع استخدام قلم خاص من الحبر بدل المؤشر الذي يرسم تغيرات الضغط الجوي على ورقة بيانية مثبتة على اسطوانة تدور دورة واحدة حول محورها في اليوم او في الاسبوع . بحسب الحاجة التي تتحكم بها ساعة توقيت لهذا الغرض . ومثل هذا النوع من الاجهزة اكثر شيوعاً في محطات الانواء الجوية والمختبرات العلمية كما في الشكل رقم (١٤) .



شكل رقم (١٣)
 بارومتر أنيرويد المعدني (After Miller, 1983)



شكل رقم (١٤)
 البارومتر المعدني المسجل

ومن أجهزة الانيمومتر ما يحمل باليد لغرض البحث الميداني وعلى الرغم من أن هذا النوع من الأجهزة سهل كثيراً البحوث الميدانية في المناخ التطبيقي فإن الحاجة دائماً تكون إلى تعديل القراءات بحسب الارتفاع عن مستوى سطح الأرض . ويمكن حساب معامل التعديل على ضوء معادلة هيلمان Hiliman Equation والتي هي بالصيغة الآتية (٥) :

$$س (ع) / س (١٠) = ٠.٢٣٣ + ٠.٦٥٦ لو (ع + ٤.٧٥)$$

حيث أن

س (ع) = سرعة الرياح على ارتفاع (ع)

س (١٠) = سرعة الرياح على ارتفاع ١٠ أمتار

ع = ارتفاع الانيمومتر

أما قياس الرياح العليا فتستخدم لقياسها بالون الارصاد pilot Balloon او يستخدم الراديو سوند Radiosonde وتستخدم اجهزة الشيو دولايت لمعرفة ارتفاع هذه الأجهزة وتحديد سرعة الرياح عندها .

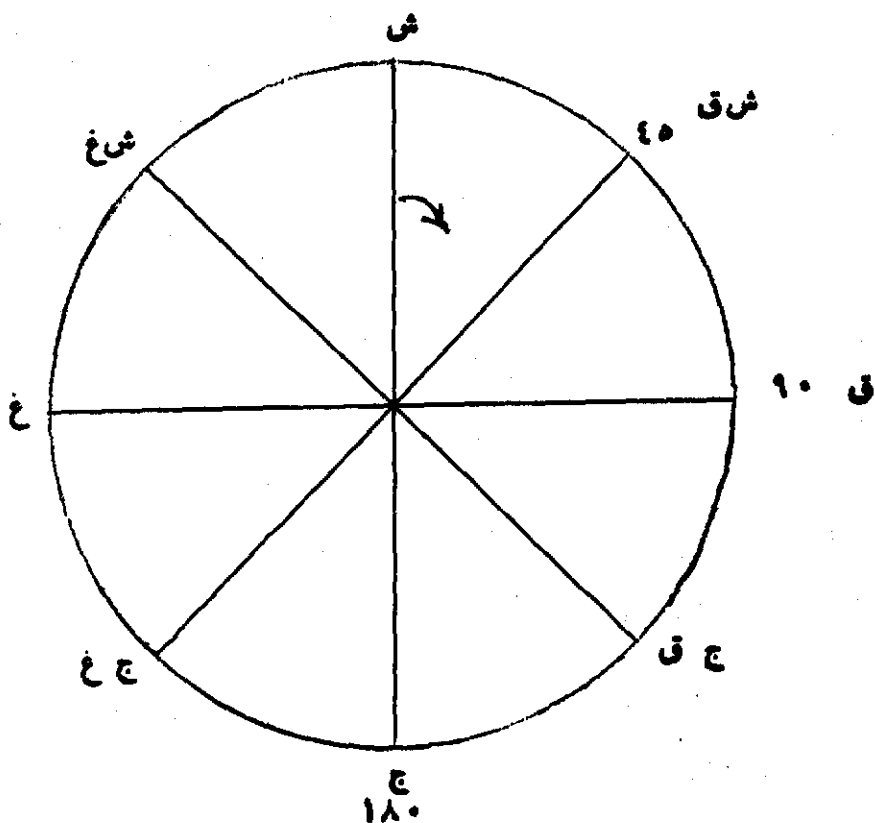
تحديد اتجاه الرياح Wind direction

يقاس اتجاه الريح ابتداء من الشمال الجغرافي . حيث يكون اتجاه الرياح طغراً (أو ٣٦٠) وتقاس الزيادة باتجاه عقرب الساعة . فمثلاً ان اتجاه مقداره ٤٥ يشير الى ان الرياح قادمة من الشمال الشرقي و ٩٠ أن الرياح قادمة من الشرق وهكذا عند تزايد السرعة بتغير الاتجاه كما في المخطط الآتي (شكل ١٧) .

ويستخدم جهاز دارة الرياح Wind Vane لقياس اتجاه الريح ويتكون من سهم معدني خفيف مثبت على عمود يدور بسهولة مع الريح . ويشير برأسه الى الجهة التي تهب منها الرياح . يكون ارتفاع العمود عشرة امتار ومثبت به اربع أذرع تشير الى الجهات الاربع . كما هو موضح في الشكل رقم (١٥) وتغير اتجاه السهم يحول الى اشارة كهربائية تسجل على مقياس كهربائي داخل المحطة لمعطي اتجاه الريح مباشرة .

كما يستخدم كيس الريح Wind Sock لتعيين الاتجاه ويستخدم في المطارات خاصة لتسهيل عملية الهبوط والاقلاع .

(٥) نعمان شعاعه . المناخ العملي . مصدر سابق . ص ٣٠ .



شكل (١٧)
مخطط اتجاه الرياح وقيمتها

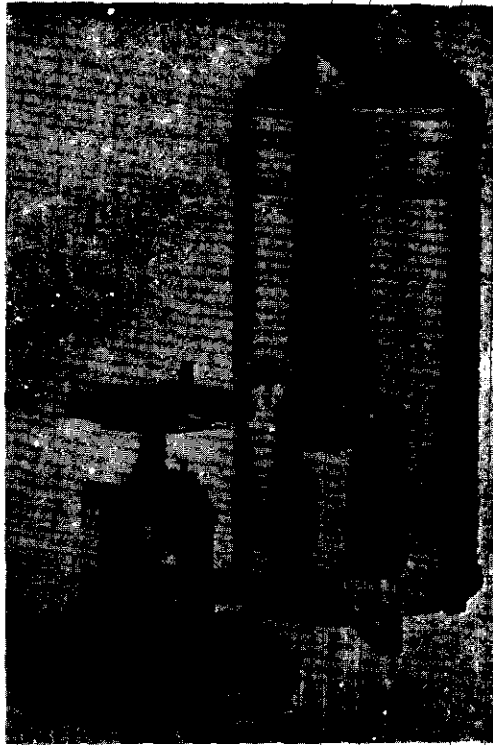
٥ - أجهزة قياس كمية الهطول Precipitation

١ - أجهزة قياس المطر Rain gauge

يتكون من اسطوانة زجاجية توضع داخل وعاء نحاسي ومن قمع قطره يقارب ١٣,٥ سم . يشبث الجهاز داخل اسطوانة زجاجية أخرى قطر فتحتها ١٢,٥ سم وترتفع قدماً عن سطح الأرض والباقي مدفون ومثبت بإحكام في الأرض . يجمع الماء كل (٢٤) ساعة في اسطوانة مدرجة الى ملمترات ملحقة بالجهاز ويمثل هذا الماء كمية الامطار الساقطة بعد اضافة كمية التبخر التي يمكن معرفتها من حوض التبخر الذي يكون في العادة مجاوراً لجهاز المطر .

ولابد من ان نذكر هنا ان دقة حساب كمية المطر تتأثر بطبيعة الارض وسرعة الرياح . فيجب ان تكون الارض مستوية مكسوة بالحشيش القصير لان العوارض تولد دوامات هوائية تدفع القطرات بعيداً عن الجهاز . وان الارض الصلبة تؤدي الى عملية تطاير **Splashing** القطرات بعد هبوطها بالارض وسقوطها في القمع مما يضاعف من الكمية . وكذلك ان الرياح تمنع القطرات من السقوط بالجهاز وتدفعها بعيداً عنه .

ومقاييس المطر كثيرة ومتنوعة وأشهرها مسجل المطر **Recording Raingauge** . ويتكون هذا الجهاز من اسطوانة توجد في داخلها طوافة متصلة بمؤشر يوضع فيه حبر خاص فعند سقوط الامطار ترتفع الطوافة فيرتفع المؤشر الذي يقوم بتسجيل كمية الامطار على ورقة بيانية ملفوفة حول اسطوانة دوارة متصلة بساعة لضبط زمن دوران الاسطوانة . كما في الشكل (١٨) .



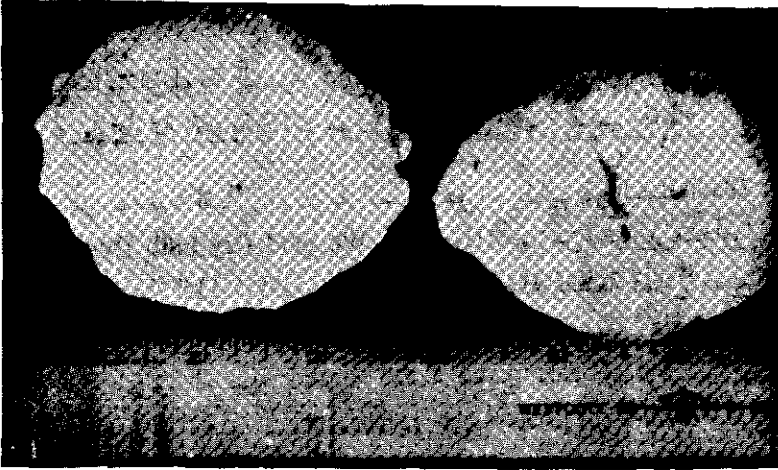
شكل رقم (١٨)

مقياس التساقط الوزني (After Critchfield, 1976)

ب - أجهزة قياس الثلج

لقياس سمك الثلج الساقط تستخدم عصا مدرجة أو مسطرة مدرجة وتغرز في طبقة الثلج في أماكن متعددة وعلى أرضية منبسطة ثم يعدها بحسب معدل القراءات ليمثل السمك المتساقط الشكل رقم (١٩)

اما كثافة الثلج فقد تستخدم أجهزة المطر نفسها بعد ان يذاب الثلج التجمع بالجهاز ويصب في جهاز المطر لمعرفة كثافته .

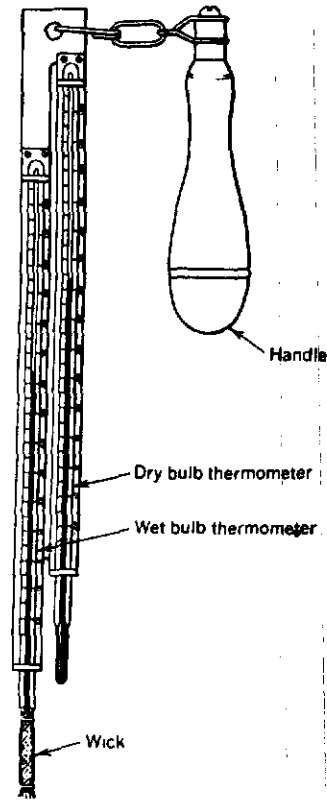


شكل (١٩)

مسطرة الثلج

ويلاحظ حبتين من الحبوب فوقها للقياس (After Miller, 1983)

ومن الملاحظ انه في كلتا الطريقتين لا يتوصل الباحث او الراصد الى قياس دقيق فاستخدام المسطرة المدرجة لقياس سمك الثلج يتأثر اولاً بكثافة الثلج الذي يتغير بحسب درجة الحرارة وبحسب تراكم طبقات الثلج وصلابتها حيث تكون قابلة للانضغاط . وثانياً معايب المعدل الحسابي الذي يتأثر بعدد الغرزات ومناطقها . اما طريقة حساب كثافة الثلج باجهزة المطر نفسها فمن معايبها هو كمية استيعاب القمع اولاً وضعف انضغاطه لصغر مساحته التي تبعد بعضاً من الثلج عنها .

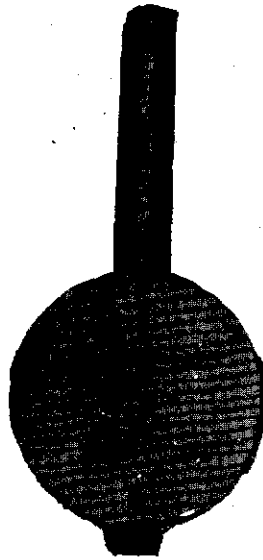


شكل ٢٠
جهاز الميكروميتر (After Critchfield, 1976)



المصدر: النجم ومجول . مصدر سابق . ص ٤٧ .
شكل (٢١)
جهاز أسمان

يوضح مقدار الرطوبة النسبية على مدرج كما في الشكل (٢٢) ويسمى بالمرطاب الشعري .



المصدر السابق ، ص ٤٨
شكل (٢٢)
مقياس الرطوبة الشعري

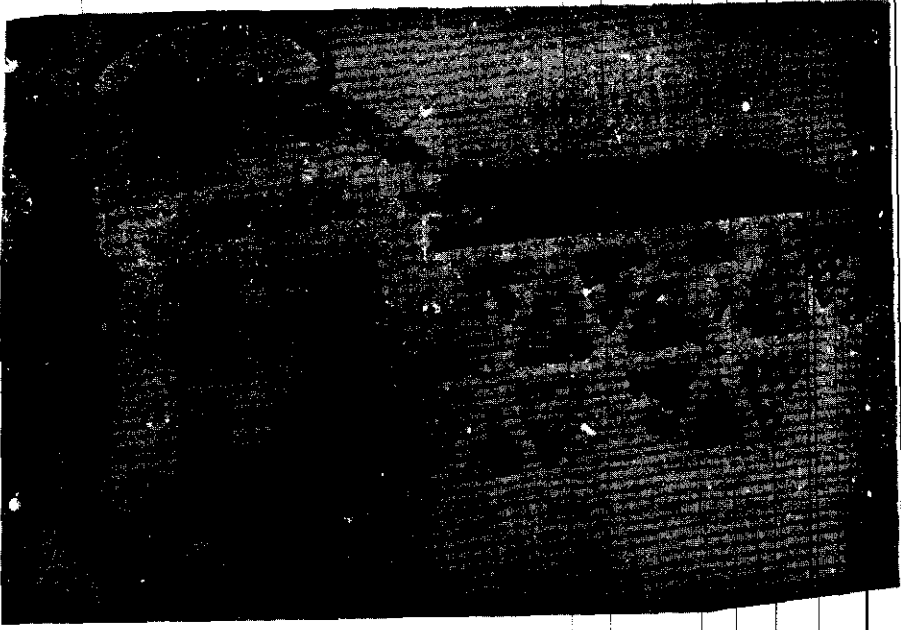
٤ - مسجل الرطوبة Hygrograph

وهو الجهاز الشعري السابق نفسه الا ان الاختلاف يكون في استخدام قلم تسجيل واسطوانة دوارة مثبت حولها اوراق بيانية فيتم تسجيل الرطوبة النسبية بحسب الوقت - اي لساعات اليوم كما في الشكل (٢٣) .

٧ - أجهزة قياس التبخر / النتح

يعد قياس التبخر / النتح من اصعب العناصر المناخية ويعود ذلك الى سببين أساسيين هما :

« انظر العوامل المؤثرة في عملية التبخر / النتح في البحث التالي .



المصدر . المراكب . مصدر سابق . ص ٧٢ .
شكل (٢٣)
مسجل الرطوبة

١ - طبيعة التبخر / النتج الحساسة بدرجة كبيرة الى مجموعة من العوامل كالتغير في سرعة الرياح وفي سرعة بخار الماء ودرجة الحرارة والاشعاع وطبيعة الموضع ونسبة التغميم ودرجة الرطوبة . وهذه العوامل تتغير من موضع لآخر خاصة مايتعلق بسرعة الرياح التي لها دور كبير في حجم التبخر .

٢ - يقع التبخر / النتج على مساحة واسعة جداً من الكرة الارضية فهو يشمل التبخر من المسطحات المائية (المحيطات . البحار . البحيرات والانهار) كما يتم التبخر من اليابسة نفسها وما يعيش عليها من الكائنات الحية . وقياس حجم التبخر من كل هذه المصادر ولو لمنطقة محدودة لا يبدو دقيقاً .

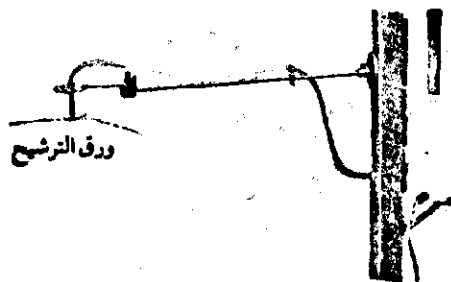
ومع ذلك وجدت اجهزة هدفت الى تقدير حجم التبخر / النتج لما له اهمية في علم الانواء الجوية وعلم المناخ وفي نشاط الانسان فيما يتعلق بالثروة المائية والزراعية والصحة العامة ونحوها . وتقسم الاجهزة الى نوعين . يتخصص النوع

الاول بقياس حجم التبخر من المسطحات المائية والارضية والثاني في قياس حجم التبخر من التربة .

١ - أجهزة قياس حجم التبخر من المسطحات المائية والارضية عدا التربة

١ - جهاز بيشي Piche Evaporimeter

يتكون هذا الجهاز من انبوبة زجاجية مدرجة طولها ٢٢,٥ سم ولايزيد قطره الداخلي على ١١ ملم وتكون مفتوحة من طرف واحد . تملأ الانبوبة بالماء المقطر ثم تثبت ورقة الترشيح على طرفها المفتوح بعدها تقلب وتقاس كمية الماء المتبخر من ورقة الترشيح لمدة من الزمن عن طريق مقدار الماء الذي نقص في الانبوبة نتيجة تسربه وتبخره عبر ورقة الترشيح (الشكل ٢٤) .



الشكل (٢٤)

مقياس بيشي للتبخر

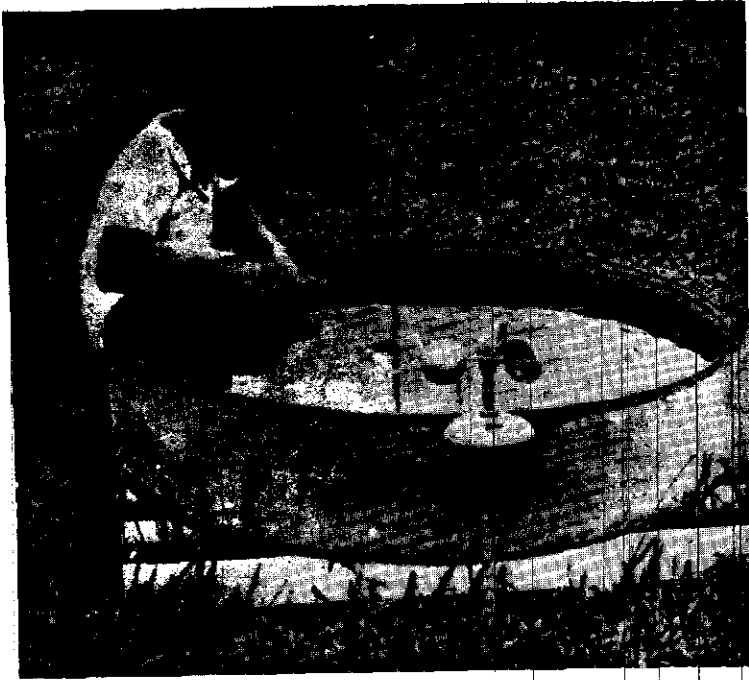
تؤثر في دقة عمل هذا الجهاز عدة عوامل منها سرعة الرياح وتلوث ورقة الترشيح ونوعية التضاريس والتعرض للاشعة لذلك يجب ان يؤخذ بالحساب درجة تماثل وتطابق المواقع عند اجراء الدراسات المقارنة .

٢ - احواض التبخر Water Pans

يعتمد عمل هذه الاجهزة على مبدأ التبخر من سطح مائي مكشوف موضوع في حوض . كما في الشكل (٢٥) تصنع هذه الاحواض من المعدن وتطلى باللون مختلفة . ويوضع في وسطها مقياس التبخر مدرج الى ملم او انج ويشير هذا المقياس الى حجم الماء المفقود عن طريق التبخر ويكون في العادة خلال ٢٤ ساعة .

من انواع هذه الاحواض هو حوض نوع - أ - (Pan - A) الامريكى و GGA السوفيتى .

من العوامل المؤثرة في كمية التبخر في هذه الاحواض هو سعة الحوض ولونه ودرجة تعرضه للاشعاع وتأثره بالرياح لذلك من الضروري الاخذ بنظر الاعتبار كل هذه العوامل في الدراسات المقارنة .

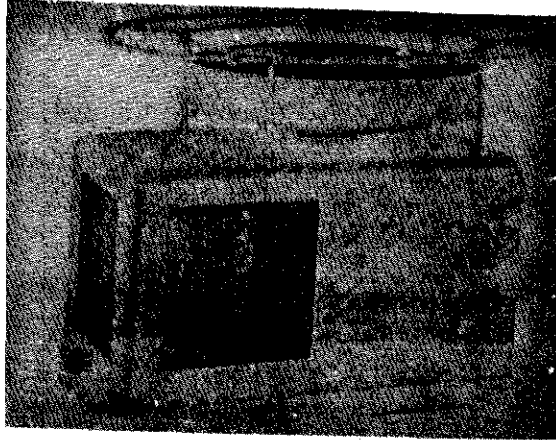


المصدر . النجم وسجول . مصدر سابق . ص ٥٩
شكل (٢٥)
حوض التبخر

٢ - مسجل التبخر : Evaporigraph

وهو لا يختلف من حيث الفكرة عن الاجهزة السابقة حيث يعتمد على تسجيل كمية الماء المفقود عن طريق الاختلاف في الوزن . حيث تملأ كفة الجهاز بالماء وعند

حدوث التبخر يخف الضغط على مؤشر مربوط بواسطة عتلات بكفة الجهاز فيقوم المؤشر برسم ذلك على اسطوانة دوارة مغلقة باوراق بيانية يمكن الرجوع اليها في اي وقت لحساب كمية التبخر (الشكل ٢٦)



المصدر ، المراف ، مصدر سابق . ص ١٥٠ .
شكل رقم (٢٦)
مسجل التبخر

ب - أجهزة قياس التبخر من التربة

يطلق على هذا النوع من الاجهزة باللايزيمتر **Lysimeter** وهي اوعية معدنية تقوم بحساب كمية التبخر / النتح بطريقة تغير وزن التربة التي توضع في وعاء خاص في الجهاز او بطريقة حساب مقدار الفرق بين الماء المضاف الى الجهاز والماء الفائض منه ولكل من الطريقتين جهازها الخاص بها والتي سوف تفصل في ما يأتي . ومع الاختلاف في حساب التبخر / النتح في كلتا الطريقتين فان الاساس الذي استندتا عليه هو واحد . تعبر عنه المعادلة الاتية التي يمكن حساب كل متغير فيها بدقة (٧) :

$$ت = ط - س - ج - د ج$$

حيث ان : ت = كمية التبخر / النتح من التربة والنبات
ط = كمية الماء المضاف الى اللايزيمتر سواء عن طريق مياه الامطار او الري .

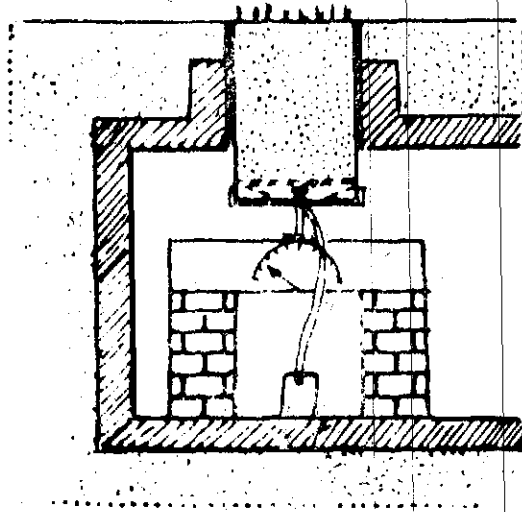
(٧) نعمان شعادة . المناخ العملي . مصدر سابق . ص ٤٨ .

- س = الجريان السطحي للماء على سطح اللايزيمتر .
 ج = كمية الماء التي تتسرب من اسفل الجهاز .
 د ج = الفرق في وزن التربة .

١ - اللايزيمتر الوزني : Weighting Lysimeter;

يوضح الشكل رقم (٢٧) اللايزيمتر الوزني والذي بني على اساس الاختلاف في وزن التربة الموجودة في الجهاز بين فترة واخرى وبحسب المعادلة الآتية (٨)

$$ET = P \pm Ms$$



المصدر ، المصدر نفسه ، ص ١٥٢ .

شكل (٢٧)

اللايزيمتر الوزني

حيث ان : ET = مقدار الاستهلاك المائي للنبات وهو يساوي التبخر / النتج + الماء المستعمل للنبات .

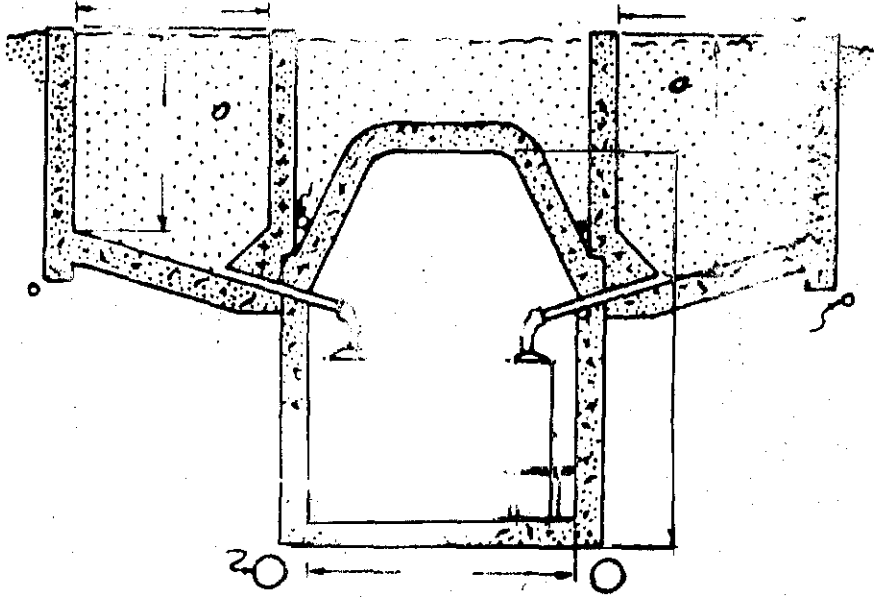
P = كمية الماء المضاف الى الجهاز سواء عن طريق الهطول او عن طريق السقي .

Ms = مقدار التغير في وزن اللايزيمتر .

(٨) صادق الصراف ، مصدر سابق ، ص ١٥٤ .

٢ - الازيميتري ذو الصرف Draing Lysimeter

يوضح الشكل (٢٨) الازيميتري ذو الصرف .



المصدر ، المصدر نفسه ، ص ١٥٤ .

شكل (٢٨)

الازيميتري ذو الصرف

حساب كمية التبخر / النتج عن طريق هذا الجهاز يعتمد على مقدار الفرق بين الماء المضاف الى الجهاز سواء عن طريق الهطول او السقي وبين الماء المصروف من اسفل الجهاز والذي توضحه المعادلة الآتية (٩) .

$$ET = P - U$$

حيث ان : ET = مقدار استهلاك النبات للماء والذي يساوي التبخر + النتج + الماء المستعمل للنبات .

P = مقدار الماء عن طريق الهطول او عن طريق السقي .

U = مقدار الماء الفائض من أسفل الجهاز .

(٩) المصدر نفسه ، ص ١٥٣ .

الشروط التي يجب توافرها في جهاز اللايزيمتر

للحصول على تقديرات دقيقة لكمية التبخر / النتج من التربة عن طريق جهاز اللايزيمتر لابد من توفر الشروط الآتية :

١- السعة : ان اهم الاخطاء الحاصلة نتيجة استخدام جهاز اللايزيمتر في حساب كمية التبخر / النتج من التربة يعود الى ضيق الجهاز الذي يؤثر في تفتت التربة نتيجة تأثير الجوانب لذلك يجب ان تكون مساحة الجهاز واسعة تصل الى ثمانية أمتار مربعة كما في جهاز كوشكوتون Coshcoton الامريكي .

٢- ان يكون عمق الجهاز كافياً لنمو جذور النبات بحرية تامة دون ان تؤثر الجوانب في عملية امتداد الجذور ويفضل الا يقل عمق الجهاز عن ١.٥ م علماً بأن جهاز كوشكوتون يصل الى ٢.٨٤ م .

٣- أن يمثل الجهاز البيئة التي يوضع فيها تمثيلاً كاملاً من حيث :
أ- نوع التربة وصفاتها .

ب- نوع النبات .

٤- تساوي عمليات السقي في الجهاز والمنطقة المجاورة .

٥- الظروف العامة المناخية التي يتطلبها عمل الاجهزة بصورة عامة والتي تتعلق بالارتفاع واتجاه الرياح والتعرض للاشعاع ونحوها .

أجهزة الرصد العلوي

الاجهزة التي سبق ذكرها تركز عملها على سطح الارض لاغراض التنبؤ الجوي والافراض الزراعية بوجه خاص . ومثل هذا العمل لا يكون كاملاً ودقيقاً ما لم يتم تعرف عناصر المناخ وتغيراتها في ارتفاعات عالية وعبر الطبقات الجوية . وقد تزايدت حاجة الانسان لمعرفة هذه العناصر وطبيعة تغيرها وذلك لعدة اسباب هي :

١- ان الغلاف الغازي جزء من الارض التي نعيش عليها فأني تغير فيه لابد وان ينعكس بطريقة او اخرى على سطح الارض ومن ثم على الانسان نفسه .

٢- أهمية الملاحظة الجوية وسلامتها .

٣- أغراض البحث العلمي وتطوره .

٤- تطور استكشافات الفضاء الخارجي ..

لقد مرّ استخدام الوسائل لتعرف عناصر المناخ وتغيراتها في عمليات الرصد العلوي بمراحل من التطور مع تطور قدرات الانسان الصناعية فقد كان الاستخدام الاول عبر الطائرة الورقية **Kite** في منتصف القرن السابع عشر حيث كانت توضع محارير الحرارة والبارومتر والرطاب على متن طائرة من ورق لتقيس درجات الحرارة والضغط الجوي والرطوبة الى ارتفاعات لاتتعدى ثلاثة كيلومترات (١٠). ثم تبع ذلك استخدام البالونات بعد ملئها بالهيليوم او الهايدروجين والذي حلق لأول مرة حاملاً اجهزة للقياس من محارير وبارومترات عام ١٧٨٣ (١١). وكان الحدث الكبير في الوسائل والاجهزة لقياس الحرارة والضغط والرطوبة هو في استخدام الراديو سوند **Radiosond** عام ١٩٣٨ والذي مكن قياس هذه العناصر الى ارتفاعات تصل الى ٣٠ كيلومتراً (١٢). وتبعه بعد ذلك استخدام الرادار **Radar** بعد الحرب الكونية الثانية ثم تلاه استخدام الصواريخ والاقمار الصناعية او التوابع **Satellites** منذ نهاية الخمسينات ولايزال التطور مستمراً في منظومات التوابع واستخدامها للأغراض المناخية التي أخذت تشكل الى جانب الرادار والراديو سوند الاجهزة الرئيسة للنواء الجوية .

يتم الحصول على المعلومات والاحصاءات من هذه الانواع الثلاثة من الاجهزة المتطورة بثلاث طرائق وكما يأتي :

١ - بصريا **Optically**

ويتم ذلك عن طريق الثيدولايت **Thedolite** الذي يستخدمه الراصد الجوي لتحديد الزوايا **angles** سواء للتعرف على الغيوم او لمتابعة اجهزة الرصد وبخاصة جهاز الراديو سوند لتحديد ارتفاعاته ومساراته التي تعد ضرورية لتعديل القراءات ومعرفة مواقعها في الغلاف الغازي كما في الشكل رقم (٢٩) .

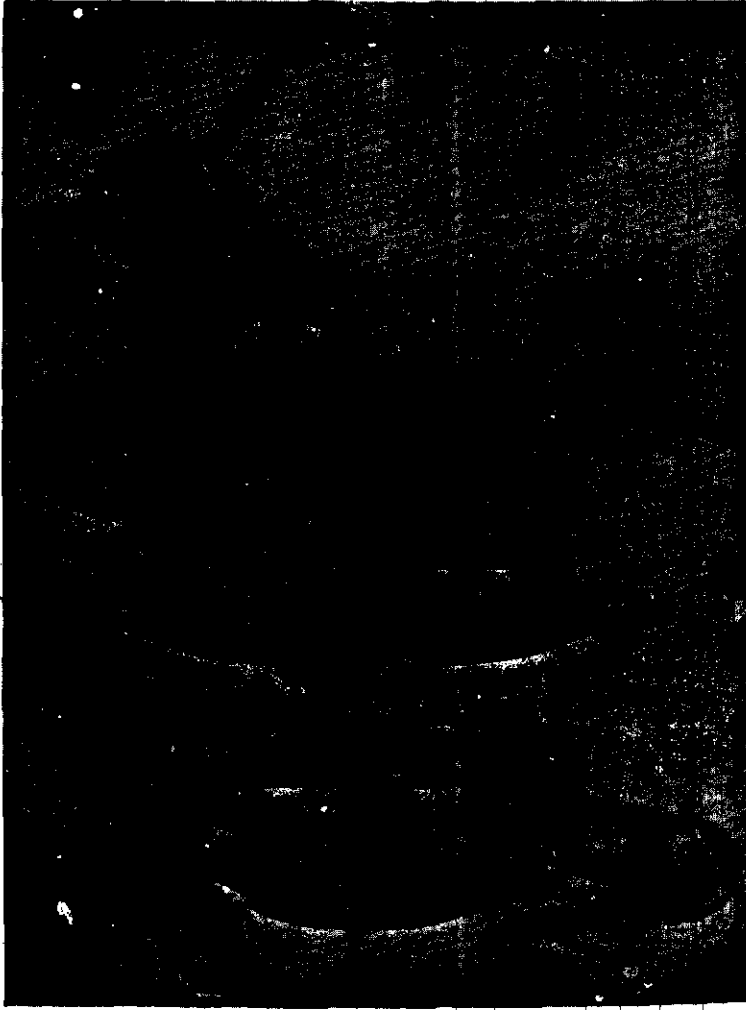
٢ - التحسس بالاجسام العاكسة للامواج الكهرومغناطيسية او عن طريق

انعكاس **Reflection** الموجات الراديوية **Radiowaves** من الاجسام **(targets)** في الغلاف الغازي كالبالونات التي تحمل اجهزة الراديو سوند

(10) Miller and Thompson, OP. Cit, 1983, P. 42

(١١) النجم ومجول . مصدر سابق ، ص ٨٥ .

(12) Miller and Thompson, Op. Cit, P. 42.



شكل (٢٩)
الشيودولايت البصري (After Critchfield, 1976).

والطائرات والغيوم ودخان القذائف والغبار المعدني Metal Chaff وحببات البرد
والثلج والمطر والرياح ونحوها . والجهاز الذي يقوم بهذه المهمة هو الرادار Radar
وعمل الرادار يعتمد على مقدار التقنية الذي صمم من أجلها والخوض في مثل ذلك
نتركه للمتخصصين ولكن لا بد من الإشارة الى ان الرادار يتمكن من كشف الاجسام
كحببات المطر الى قطر اقل من 0.2 ملم . والرادار مصطلح يعبر عن كشاف المدى

Radio detecting and ranging والذي بنى على الحقيقة العلمية بأن كل جسم يعكس reflected ويبعث Scattered الموجات الكهرومغناطيسية وقوة الانعكاس والتبعثر تعتمد على تناسب بين حجم الجسم وطول الموجة . وتظهر على شاشة الرادار صورة ذلك الجسم الذي يتبعه الراصد كما يظهر في الشكل رقم (٣٠)

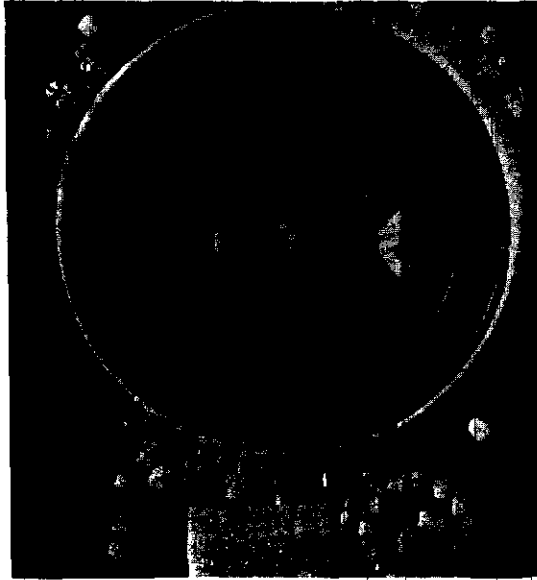


شكل (٣٠) الصورة كما تظهر على الرادار After Critchfield

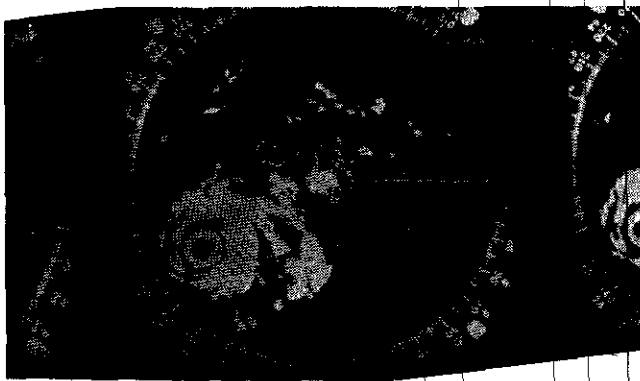
ويكون موقع الجسم المرصود ضمن الدوائر الثلاث للشاشة الرادارية . حيث يشير المركز الى موقع الرادار بينما تشير الدائرة الخارجية الى درجات الاتجاه وتشير الدائرتان الاخيرتان الى المسافات عن موقع الرادار وهي 100 و 50 ميل بحري Nautical mile على التوالي .

وفضلاً عن هذه الاهمية في تحديد موقع الجسم ودرجة اتجاهه فان التطورات الحديثة في بعض اجهزة الرادار خاصة نوع Doppler Radar كما في الشكل (٣١) أ و ب) أعطته القدرة في قياس سرعة Speed الهدف باتجاه موقع الرادار او بالاتجاه

المعاكس . وهذا ممكن من متابعة العواصف الرعدية Thunder Storms وتطورها الى عواصف التورنادو Tomadoes المدمرة حيث يستطيع هذا النوع من الرادارات تحديد مواقع هذه العواصف واتجاهها وسرعتها وحتى تسجيلاً كاملاً للدمار الذي تلحقه .



الشكل (١٣)
رادار دوبلر (After Miller, 1983)



الشكل (١٤)
رادار دوبلر وتظهر عليه صورة الفيوم

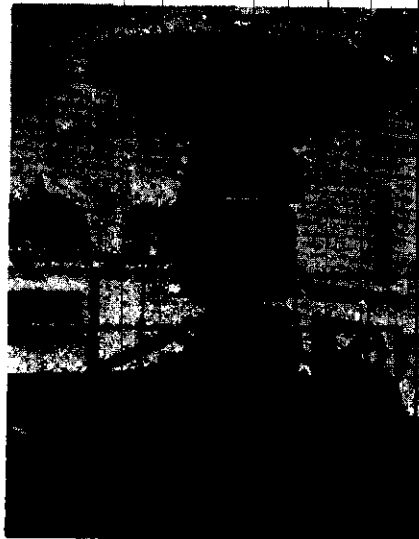
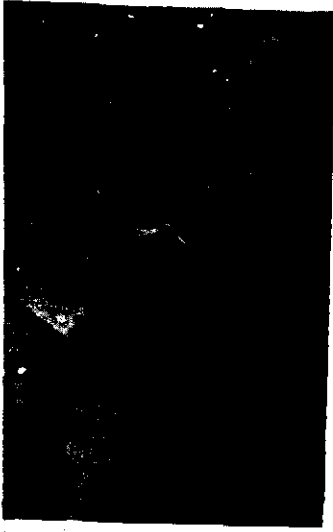
٢ - تسلم البث Tracking

الذي يرسله جهاز الرادايوسوند **Radiosonde** ويتكون هذا الجهاز من صندوق خفيف الوزن يحتوي بداخله على راديو للبث وجهاز تحسس الضغط والحرارة والرطوبة . ويطلق هذا الجهاز بواسطة بالون يملأ بغاز الهيدروجين الذي يمكنه من الارتفاع بين 80.000 و 100.000 قدماً قبل ان ينفجر البالون ويعود الجهاز الى منطقة صعوده بواسطة المظلة (البرشوت) ويوفر هذا الجهاز احصاءات عن الحرارة والضغط والرطوبة التي قد تبث الى المحطة الارضية التي أطلق منها جهاز الرادايوسوند او تسجل الاحصاءات لحين عودة الجهاز مرة اخرى الى الارض . ويمكن متابعة الجهاز عن طريق الرادار لتسجيل سرعة الرياح على ارتفاعات مختلفة التي يوفرها جهاز الرادايوسوند أثناء ارتفاعه وهبوطه .

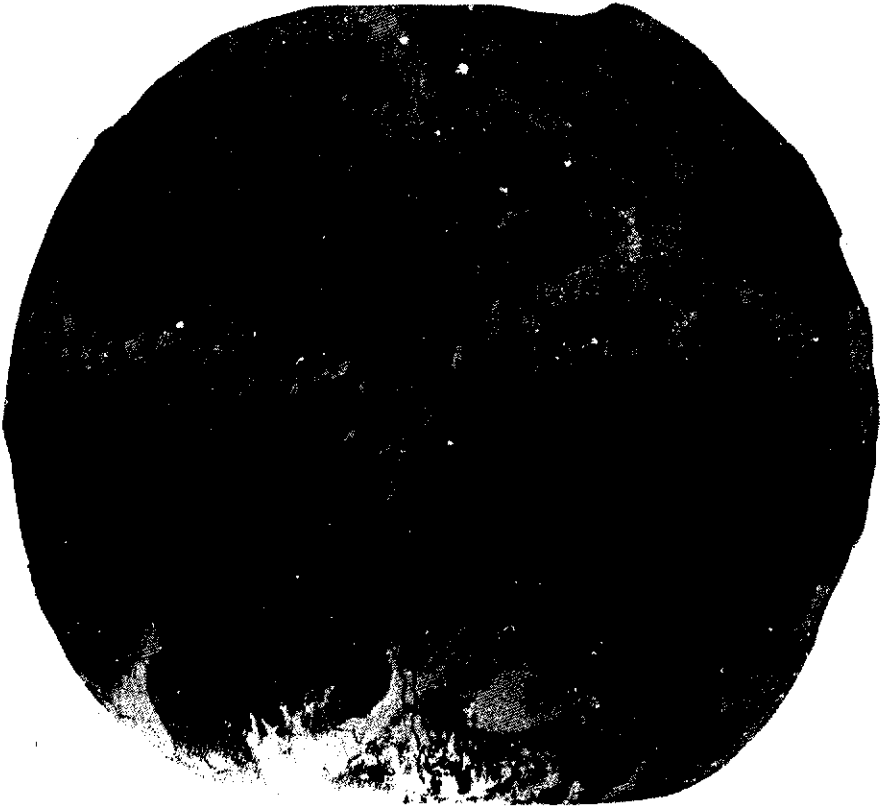
الشكل رقم (٣٢) يوضح صورة لجهاز الرادايوسوند فيما الشكل رقم (٣٢ ج) يوضح الجهاز أثناء تحليله في الجو والشكل رقم (٣٢ د) يوضح محطة أرضية لتسلم البث المرسل عن طريق الرادايوسوند .

ان هذه الطرائق الثلاث يمكن ان تستخدم بصورة منفردة او قد تجتمع في محطة واحدة للأنواء الجوية . او قد يعوض عن عملها جميعاً منظومة الاقمار والتتابع **Satellites** . وكما ذكرنا سابقاً ان اول قمر صناعي اطلق لغرض البحث العلمي المناخي كان عام ١٩٥٧ ومن بعد ذلك شهد العالم الأمريكي والروسي والاوربي والعربي تطوراً كبيراً في مثل هذا النوع من التتابع لدراسة الغلاف الغازي دراسة مناخية مفصلة ودقيقة . ان دخول التتابع لخدمة علم الأنواء الجوية وعلم المناخ لم يقتصر فقط على نوعية المعلومات والاحصاءات لعناصر الجو فقط بل شمل ايضاً شموليتها على وحدة المساحة . او بتعبير أدق توسع مساحة المنطقة المدروسة في الغلاف الغازي بحيث يمكن تسجيل فيض من المعلومات عن قارات اميركا الشمالية والجنوبية وقسم من اوربا في وقت واحد وكما يظهر من الشكل رقم (٣٣) وعلى ارتفاعات تصل الى 22000 ميل . الشكل رقم (٣٤) .

واصبح بالامكان تسلم المعلومات التي تبثها الاقمار والتتابع من قبل المركز الرئيس وتحليلها وبثها الى مراكز الأنواء الجوية الاخرى كما في الشكل رقم (٣٥) وعن طريق اجهزة متطورة كالحاسب الالى (الكومبيوتر) او الفاكسميل . الشكل رقم (٣٦) وتطورت المعلومات والاحصاءات بشكل دقيق بحيث يمكن الراصد او



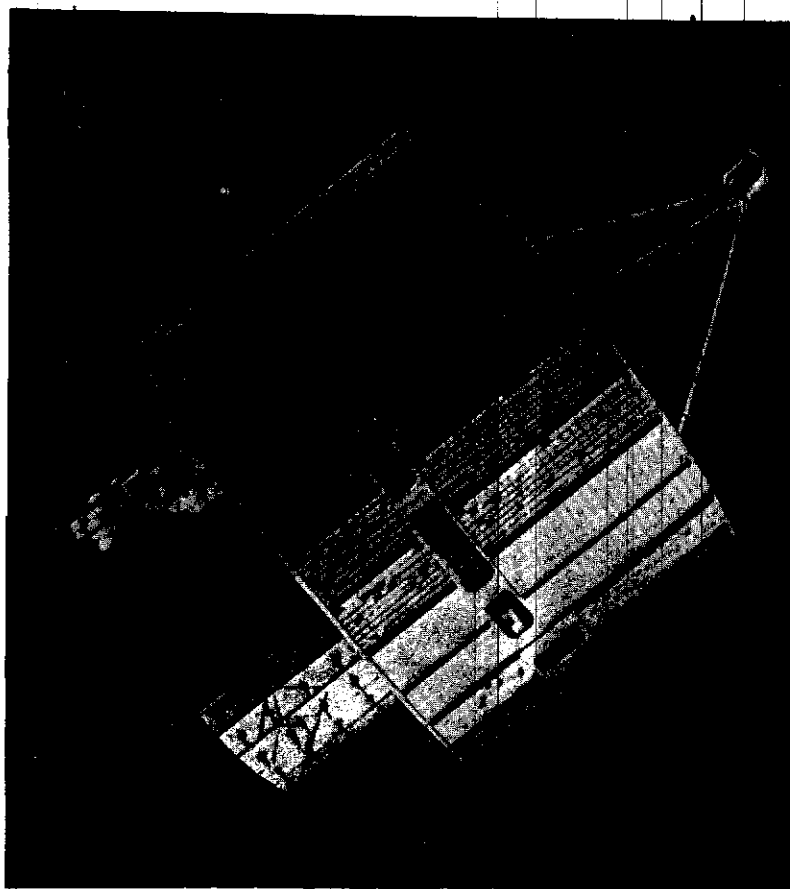
شكل (٣٣)
جهاز الراديو سونار في مراحل مختلفة من أطواره (أ و ب و ج) جهاز استقبال الذبذبات التي يبعثها
الراديو سونار (د) .



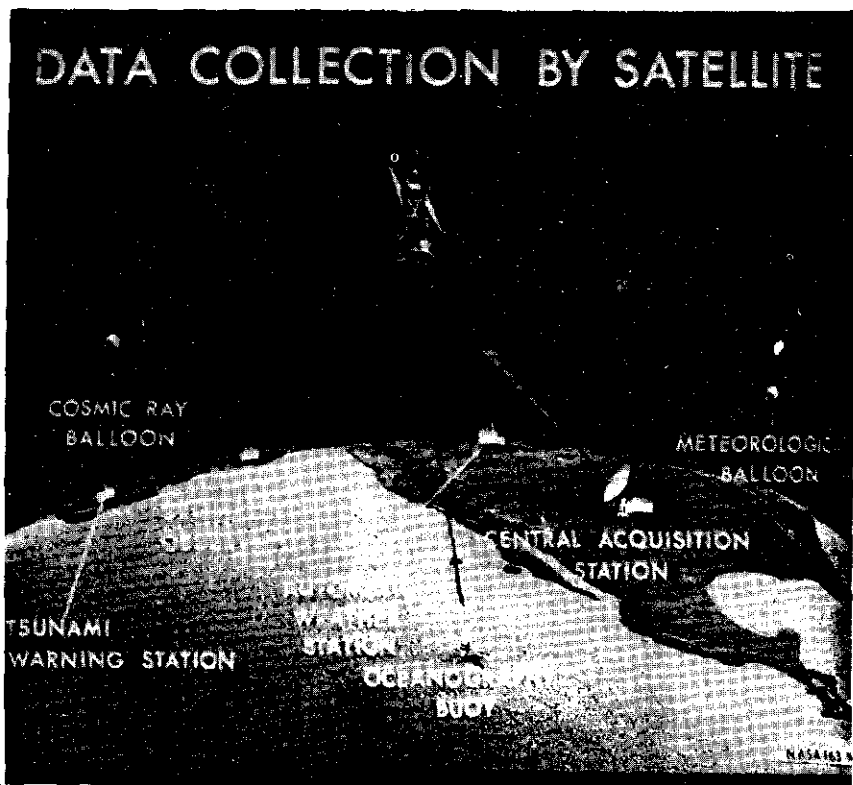
شكل ٢٢

مجموعة لقطات مجمعة مع بعض تظهر صورة قارتي أمريكا الشمالية والجنوبية كما انتظمت بالاقمار الصناعية

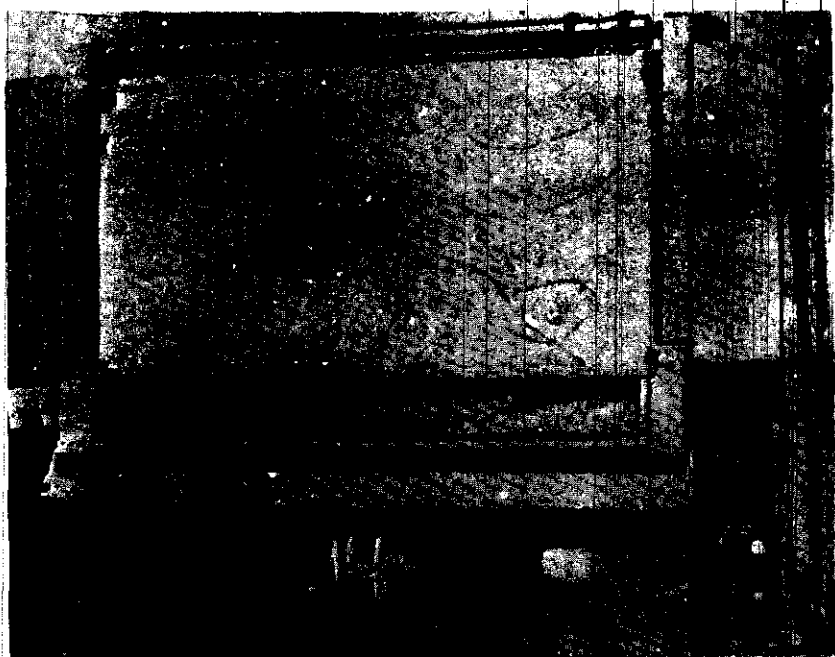
المتنبىء الجوي الحصول على معلومات مفصلة عن الرياح والغيوم والاعاصير والامطار والضغط والرطوبة والتلوث وغيرها وبصورة واضحة المعالم . ومما تجدر الاشارة اليه ان مركز الانواء الجوية في بغداد احد المراكز العالمية الذي يتسلم عبر القمر الصناعي العربي (عربسات) معلومات دقيقة مصورة عن عناصر الجو ذات العلاقة بالمنطقة العربية والعالمية .



شكل رقم ٣٤
صورة تبين أحد الأقمار الصناعية والذي يرتفع ٢٢,٠٠٠ ميل فوق خط الاستواء .



الشكل رقم (٢٥)
رسم تخطيطي يبين مراحل استلام واعادة بث المعلومات المستلمة من الاقمار الصناعية



الشكل رقم (٣٦)
جهاز الفاكس

المبحث الثاني الانتقال من الوسائل المباشرة في القياس الى الوسائل الاحصائية والرياضية

ان الاجهزة المختبرية السابقة الذكر تقوم بتسجيل عناصر الجو المختلفة التي يعتمد عليها التحليل الكمي لبيان تفاعل العناصر فيما بينها لاعطاء صورة واضحة عن التغيرات المناخية لموقع معين ومدى ما يهدف اليه التحليل من استخدامات متعددة لخدمة الانسان. فليبيان قيمة المطر في موقع ما لا بد اولا من سجلات احصائية للمطر ولدراجات الحرارة وللرياح. هذه السجلات تتوافر على انفراد في محطات الارصاد الجوي. يقوم المتخصص في المناخ باستخدام هذه السجلات الاحصائية ومعالجتها احصائيا او رياضيا لبيان قيمة المطر بالعلاقة مع درجات الحرارة والرياح وغيرها من العناصر لاعطاء وصف كمي عن كفاية المطر للزراعة او بيان الجفاف ونحو ذلك.

ومن خلال ماسوف يتضمنه هذا الفصل سوف نتعرف اهمية توافر مثل هذه السجلات لقياس التبخر / النتج والجفاف ونحوها. وكما يأتي :

١ - التبخر / النتج Evapotranspiration

التبخر Evaporation يعني تبخر الماء من سطح الارض ومن المسطحات المائية. والنتج Transpiration يعني تبخر الماء من النبات (والانسان والحيوانات الاخرى) ومجموع التبخر من سطح الارض والمسطحات المائية والنبات يعني التبخر / النتج Evapotranspiration

التبخر / النتج الممكن : Potential Evapotranspiration

هو التبخر الممكن او الاعظم من المسطحات المائية او من التربة المشبعة بالرطوبة ولا تعاني اي نقص من الماء بل وجود مياه كافية للتعويض وهو اعلى تبخر ممكن حدوثه ويتأثر بالعوامل المناخية - الطاقة الشمسية Energy from the sun على وجه الخصوص - لذلك يسمى بالتبخر المناخي .

التبخر / النتج الحقيقي : Actual Evapotranspiration

وهو يعني كمية الماء المتبخرة فعلا من التربة . ويقوم النبات بامتصاص كل الماء الذي يحتاج اليه لذلك ينعدم هذا التبخر في الترب الجافة .

العوامل المؤثرة في عملية التبخر / النتج

تؤثر في عملية التبخر / النتج عوامل متعددة يمكن تصنيفها الى ثلاثة اقسام هي :

- ١ - العوامل المناخية .
 - ٢ - العوامل الارضية .
 - ٣ - العوامل النباتية .
- تشمل العوامل المناخية :
- ١ - الطاقة الشمسية
 - ٢ - الحرارة
 - ٣ - الرطوبة النسبية
 - ٤ - الرياح
- اما العوامل الارضية فهي :
- أ - رطوبة التربة
 - ب - قابلية التوصيل المائي للتربة
 - ج - عمق الماء الارضي
 - د - لون التربة
 - هـ - اتجاه المنحدر
 - و - كثافة التساقط .

وتشمل العوامل النباتية :

- أ - نوع النبات
- ب - كثافة المجموعة الخضرية والجذرية وحجمها .

وانه من الضروري عند الكلام على العوامل المؤثرة في عملية التبخر / النتج الإشارة الى كمية المياه المحتجزة **Interception** . وهي مياه الهطول المحتجزة من

قبل المجموعة الخضرية للنبات والتي تتعرض للتبخر بصورة تدريجية دون وصولها الى سطح الارض .

وتؤثر في الماء المحتجز مجموعة من العوامل تم الاشارة اليها سابقا . مع الاشارة الى ان النبات يؤدي دورا كبيرا في احتجاز هذه المياه لذلك تعتمد كمية المياه المحتجزة على :

١ - كثافة الغطاء النباتي .

٢ - سعة اوراق النبات .

٣ - شدة انحدار الارض .

ويقاس الماء المحتجز باجهزة قياس المطر حيث توزع مجموعة من هذه الاجهزة على الارض العارية والارض المغطاة في النبات وتقاس ايضا كميات المياه التي تسيل على سيقان الاشجار . بعدها تقدر كمية الماء المحتجز عن طريق مجموع الهطول على الارض العارية مطروحا منه كمية الماء الواصل الى ارض الغطاء النباتي كما في المعادلة الاتية (١٣) :

$$I = P - (D + S)$$

حيث ان :

$$I = \text{الماء المحتجز}$$

$$P = \text{الهطول في الارض العارية}$$

$$D + S = \text{الماء الواصل الى ارض النبات .}$$

معادلات قياس كمية التبخر / النتج

لقد استخدمت معادلات عديدة لقياس كمية التبخر / النتج واستندت تلك المعادلات الى عناصر المناخ المختلفة . وسوف نشير اشارة عامة الى بعض منها واشارة مفصلة الى معادلة ثورنتويت باعتبارها اكثر المعادلات دقة في التعبير عن قياس التبخر / النتج ورطوبة التربة . وهذه المعادلات هي :

١ - اكثر المعادلات قدما تعود الى دالتون Dalton عام ١٨٠٢ التي اعتمدت ضغط بخار الماء والرياح كما يلي (١٤)

$$E = C (e_0 - e_a)$$

(١٣) الصراف . المصدر السابق . ص ١٤٥ .

(14) Mather Climatology, Op. Cit, 1974, P. 59.

$$\begin{aligned}
E &= \text{التبخر} \\
C &= \text{مقدار ثابت} - \text{يتضمن سرعة الرياح} \\
e_0 &= \text{ضغط البخار المشبع على السطح} \\
e_a &= \text{ضغط البخار المشبع فوق السطح} - \text{في الهواء}
\end{aligned}$$

وقد لاقى هذه المعادلة صعوبات كثيرة خاصة ما يتعلق بالقياس الدقيق لتدرج ضغط البخار من السطح وإلى ارتفاعات مختلفة غير محدودة ونتيجة لعدم إمكانية قياس ضغط بخار الماء في ارتفاعات مختلفة قياساً دقيقاً حد من استخدام هذه المعادلة.

٢ - معادلة بريسكوت (Prescott-1931) ^(١٥)

واعتمدت معادلتها على مقدار النقص في درجة التشبع بحسب المعادلتين الآتيتين ،
حيث أن

$$EW = 230 Sd$$

$$eW = 21 Sd$$

$$\begin{aligned}
EW &= \text{مجموع التبخر السنوي من المسطحات المائية (انج)} \\
eW &= \text{مجموع التبخر الشهري من المسطحات المائية (انج)} \\
Sd &= \text{المعدل السنوي للنقص في التشبع (انج / زئبق)}
\end{aligned}$$

٣ - معادلة كوتاغن (Coutagne, A. 1942) ^(١٦)

اعتمدت هذه المعادلة على درجة الحرارة والضغط الجوي لحساب كمية التبخر ويعبر عنهما كما يأتي ،

$$V = (210 + 30t) \frac{760}{B}$$

حيث أن

$$V = \text{كمية التبخر}$$

$$t = \text{المعدل السنوي للحرارة (م)}$$

$$B = \text{الضغط الجوي (ملم / زئبق)}$$

(١٥) الصراف . مصدر سابق . ص ١٥١ .

(١٦) المصدر نفسه . ص ١٥٧ .

٤ - معادلة بنمان (Penman, H. 1948) ^(w)

وهي من المعادلات المهمة والشائعة واعتمد على جمع طريقتي التبخر عن طريق استخدام اسلوب توازن الطاقة واسلوب ديناميكية الهواء . وهي تعبر عن قياس التبخر من المسطحات المائية مستندة الى عدة عوامل مناخية كالاشعاع والحرارة والرطوبة والرياح وصيغتها الرياضية كما يأتي :

$$V_0 = \frac{2D(H + V_a)}{2D + I}$$

حيث ان :

V = التبخر / النتج من المسطحات المائية خلال فترة معينة .

D = ميل منحنى ضغط بخار الماء المشبع (ملم زئبق) عند معدل درجة حرارة الهواء (م) في صندوق المحارير للفترة نفسها ويمكن استخراجها من جداول السيكروميتر .

H = كمية الحرارة عند سطح الارض معبرا عنها بكمية الماء الممكن تبخرها في يوم واحد (ملم / يوم) .

V_a = معامل النقل البخاري .

وللحصول على قيم (H) و (V_a) نستخدم المعادلتين الاتيتين :

$$H = \frac{RA}{59} (I - r) \left(0.18 + 0.55 \frac{n}{N} \right) - 8T^4 (0.56 - 0.09 e) \left(0.1 + 0.9 \frac{n}{N} \right)$$

$$V_a = 0.35 (I + 0.15 U_2) (E - e)$$

حيث ان :

r = معامل انعكاس سطح الارض الذي يساوي 0.05 لسطح مائي و 0.25 لسطح مكسو بغطاء نباتي .

RA = مجموع الاشعاع الشمس المتسلم من اعلى الغلاف الجوي مقيسا بالانكلي / يوم ويمكن الحصول عليه من جداول خاصة

(17) Penman, H. L. Natural Evaporation From Open water, Bare Soil and Grass., Proceedings of the Royal Society, Ser.A.193, 1948, PP: 120-145.

$$\begin{aligned}
n &= \text{عدد ساعات سطوع الشمس} \\
N &= \text{عدد ساعات سطوع الشمس نظريا او طول النهار} \\
E &= \text{معدل ضغط بخار الماء المشع (ملم / زئبق) وهو يتعلق بمعدل درجة الحرارة لفترة شهر} \\
e &= \text{معدل ضغط بخار الماء الفعلي (ملم / زئبق) الذي يستخرج من جهاز السيكروميتر} \\
U_2 &= \text{معدل سرعة الرياح على ارتفاع (٢ م) مقاسه (كم / ساعة)} \\
\sigma &= \text{قيمة ثابتة - (ثابت ستيفن - بولتزمان Stefan-Boltzman) وهو = } 5.67 \times 10^{-8} \text{ سعرة / سم}^2 \text{ / دقيقة} \\
T &= \text{معدل درجة مقاسه بالدرجة المطلقة}
\end{aligned}$$

وعند حساب التبخر / النتج من اراضي مكسوة بالغطاء النباتي فيضرب (V_0) بمعامل ثابتة لكل الانواع النباتية ولكنه متغير بحسب الفصول كما في الجدول رقم (٣) .

جدول رقم (٣)
تعديل كمية التبخر بتأثير الغطاء النباتي بحسب الفصول

المعامل	الفترة
0.6	تشرين الثاني - شباط
0.7	مارت / نيسان / ايلول / تشرين الاول
0.8	مايس - آب
0.7	المعدل السنوي

الحقيقة انه على الرغم من اعتماد معادلة بنمان على عناصر مناخية مختلفة مما يعطيها شمولية للعوامل المؤثرة في التبخر الا ان صعوبة القياس لكثير من هذه العناصر وعدم وحدتها القياسية على المستوى العالي يجعل استخدامها صعباً .

٥ - معادلة ايفانوف :

تعتمد معادلة ايفانوف على معدل الحرارة السنوي ومقدار الرطوبة النسبية وهي الصيغة الآتية (٨) :

$$X = 0.0018 (H + 25) (100 - Rn)$$

حيث ان

X = مقدار التبخر (ملم) .

H = معدل الحرارة السنوي مقيساً بالدرجات المئوية

Rn = الرطوبة النسبية .

تطبيق

يشير الجدول رقم (٤) الى عناصر المناخ المستخدمة لتطبيق معادلة ايفانوف .
والجدول رقم (٥) يوضح نتائج تطبيق المعادلة لحساب التبخر لمدينة بغداد .

٦ - معادلة ثورنشويت : Thornthwaite Equ.

تعد معادلة ثورنشويت من اكثر المعادلات دقة في التعبير عن رطوبة التربة واكثرها سهولة في حساب التبخر حيث وضع جدولاً دقيقاً يوضح فيه تفاعل الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في حساب عناصر معادلته وقد سهل بذلك كثيراً في تقسيم مناخ العالم الى اقاليم جغرافية . وعليه فان استخدام معادلة ثورنشويت لا تحتاج الى اكثر من معرفة درجات الحرارة المسجلة في المحطة المناخية لذلك سوف تدرس المعادلة بتفصيل مع تطبيقات عملية عليها . وهي كما يأتي :

حيث ان :

$$E = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a$$

E = كمية التبخر الشهري مقيساً ملم / شهر .

T = معدل درجة حرارة الهواء / م .

I = معامل الحرارة ويتم حسابه كما يأتي :

(٨) حسن سيد احمد ابو المينين ، اصول الجغرافية المناخية ، الدار الجامعية للطباعة والنشر ، بيروت ١٩٨١ ، ص ٣١٨ .

جدول رقم (٤)

المعدل الشهري للحرارة والأمطار والرطوبة النسبية في بغداد

الشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	أب	ايلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	السنة
الحرارة (°م)	9.6	12.3	16.5	22.1	28.2	32.7	34.6	34.1	30.4	24.2	16.3	10.7	22.6
المطر (مم)	29.6	26.7	24.4	25.2	7.9	0.1	0.0	0.0	0.3	3.6	14.7	24.3	156.8
الرطوبة النسبية %	72	62	52	45	32	23	23	25	28	38	61	71	44

* المعدل ، لفترة (٣٠) سنة .
المصدر ، المجموعة الاحصائية السنوية ، ١٩٨٧ .

جدول رقم (٥)
تقدير التبخر لمدينة بغداد بحسب معادلة ايغانوف

الشهر	الحرارة (م)	الرطوبة النسبية %	خ
كانون الثاني	9.6	72	60.3
شباط	12.3	62	95.2
آذار	16.5	52	148.8
نيسان	22.1	45	219.6
مايس	28.2	32	346.4
حزيران	32.7	23	461.4
تموز	34.6	23	492.3
آب	34.1	25	471.5
ايلول	30.4	28	397.7
تشرين الاول	24.2	38	270.1
تشرين الثاني	16.3	61	119.7
كانون الاول	10.7	71	66.5

$$I = \Sigma i$$

$$i = (T/S)^{1.514}$$

a = قيمة ثابتة وتحسب كما يأتي :

$$a = 6.75 \times 10^{-7} I^3 - 7.71 \times 10^{-5} I^2 + 1.792 \times 10^{-2} I + 0.49239$$

ووضع ثورثويت جدولاً مستنداً الى دوائر العرض وذلك لتعديل قيمة التبخر بالنسبة الى كمية الاشعاع الشمسي حيث تضرب قيمة التبخر بنسبة الاشعاع الشمسي لكل شهر .

ولتوضيح ذلك وللاغراض التطبيقية نورد الخطوات الآتية .

اولاً : ايجاد قيمة (i) من الملحق الاحصائي رقم (1) حيث تكون القيمة مساوية لدرجة الحرارة للشهر (م) للمنطقة المطلوبه .

ثانياً : تجمع قيم (i) لاجاد قيمة (I)

ثالثاً : بدلالة (I) تستخرج قيمة (a) من الملحق الاحصائي رقم (٢) .

رابعاً : تطبيق المعادلة لاستخراج قيمة (E)

خامساً : يتم تعديل قيمة (E) السابق بعد استخدام الملحق الاحصائي رقم (٣) وذلك بعد معرفة درجة عرض المكان حيث تضرب قيمة كل شهر بنسبة الاشعاع (N) للحصول على E المعدل .

ولغرض تسهيل ذلك عملياً سوف تقوم بحساب كمية التبخر لمدينة بغداد - مقارنة مع مدينة الزرقاء في الاردن .

خطوات الحل

١ - حصلنا على معدلات الحرارة بالدرجات المئوية لمدينة بغداد ولفترة زمنية تقارب (٣٠) عاماً - من الجدول رقم (٤) .

٢ - نستخدم الملحق الاحصائي رقم (1) للحصول على قيمة (i) لكل شهر فمثلاً كالون الثاني الذي معدل حرارته 12.3 م تكون قيمة (i) هي 2.69 وشباط الذي حرارته 12.3 م تكون فيه (i) 3.91 وهكذا حتى تكتمل قيمة (i) لجميع الشهور .

٣ - تجمع قيم (i) وهنا تساوي :

$$\Sigma i = 125.49$$

- ٤ - وهذه القيمة (125.49) تساوي (I) وبدالاتها نستخدم الملحق الاحصائي رقم (٢) نجد ان مايقابلها هو 2.861 وهي قيمة (a)
٥ - وعليه يكون تطبيق المعادلة كما يأتي :

$$E = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a$$

3, 350

وتطبق المعادلة على كل شهر لنحصل على قيمة (E) لكل شهر وكما يأتي :

$$E = \frac{16 (10 \times 9.6)^{2.861}}{125.49}$$

قيمة لكانون الثاني =

7.4 =

وهكذا لجميع الشهور حتى نحصل على مقدار التبخر السنوي .

- ٦ - تعدل قيمة (E) باستخدام الملحق الاحصائي رقم (٣) ويستخرج قيمة الاشعاع الشمسي لكل شهر بعد معرفة (N) للبصرة والذي هو (30.02) وبعدها نضرب فيه كل شهر مع مايقابلها من قيمة E للشهر نفسه لنحصل على E* المعدله والنهائية كما في الجدول رقم (٦) وبالخطوات أنفسها نستخرج التبخر / النتح لمدينة الزرقاء في الاردن كما هو في الجدول رقم (٧)

3000

10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

31

جدول رقم (١)

حساب مقدار التبخر / النتج الممكن بحسب معادلة ثورنثويت لمدينة بغداد

الشهر	كانون الثاني	كانون الثاني	أذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
الحرارة (°) i	10.7	16.3	24.2	30.4	34.1	34.6	32.7	28.2	22.1	16.5	12.3	9.6
i	3.16	5.98	10.89	15.38	18.30	18.70	17.17	13.72	9.49	6.10	3.91	2.69
E	10.1	33.8	104.7	201.1	279.4	291.3	247.8	162.2	80.8	35.0	15.1	7.4
N	0.86	0.88	0.97	1.03	1.15	1.22	1.20	1.19	1.09	1.03	0.86	0.88
E*	8.68	29.74	101.56	207.13	321.31	355.38	297.36	193.01	88.07	36.05	12.98	6.51

$$\sum E_i = 125.49$$

$$a = 2.861$$

$$N = 30 \quad 02 \quad N$$

جدول رقم (٧)
تقدير كمية التبخر / النتج لمدينة الزرقاء في الاردن

الشهر	1	2	3	4	5
درجة الحرارة (م)	i	E	N	E*	المعدل
كانون ثاني	8.3	2.15	14.8	0.89	13.2
شباط	10.6	3.12	23.5	0.86	20.2
آذار	13.0	4.25	34.7	1.03	35.7
نيسان	17.3	6.55	59.8	1.08	64.6
مايس	21.6	9.17	91.2	1.19	108.5
حزيران	24.2	10.89	113.3	1.19	134.8
تموز	25.6	11.85	126.1	1.21	152.6
آب	25.2	11.57	122.3	1.15	140.6
ايلول	24.0	10.75	111.5	1.03	114.8
تشرين الاول	20.3	8.34	81.1	0.98	79.5
تشرين الثاني	14.7	5.12	43.9	0.88	38.6
كانون الاول	9.8	2.77	20.3	0.87	17.7

المصدر: قسم عبدالمجيد السارائي وعادل حميد الراوي، رطوبة التربة في الاردن - دراسة في المناخ الطبيعي، مجلة الأستاذ الممد الصلحة

تمارين تطبيقية

- ١ - اوجد مقدار التبخر / النتج لاشهر الصيف (حزيران - تموز - آب) للمدن العراقية الآتية :
 - ١ - البصرة (مدينة المدن)
 - ٢ - الديوانية
 - ٣ - الرطبة
 - ٤ - الحياينة
 - ٥ - السماوة
- ب - باستخدام معادلة ايفانوف وثورنثويت .
- ٢ - قارن بين مقدار التبخر / النتج بين المدن العراقية الآتية ثم اذكر اسباب ذلك .
 - ١ - السليمانية
 - ٢ - الموصل
 - ٣ - الحلة
- ٣ - المقارنة بالرسم لتوضح التبخر / النتج الكامن والحقيقي .
- ب - مقدار الاختلاف بين المعادلتين السابقتين .

٤ - قياس الجفاف

الجفاف Drought من المواضيع التي اهتم بدراستها الجغرافيون اهتماما واسعا ومنذ فترة طويلة لكونه يشكل ظاهرة مناخية بيولوجية تتعلق بالانسان وقدراته الاقتصادية . وقد زاد اهتمام الجغرافيون وغيرهم من المتخصصين في الزراعة والري ونحوها في الوقت الحاضر في البحث والتقصي عن الجفاف واسبابه تحت مفهوم التصحر Desertification وذلك لما للظاهرة من مخاطر كبيرة على الانسان وبيئته . ان هذا المبحث ، على اية حال ، سوف يقتصر على الطرائق الرياضية لقياس الجفاف فقط .

لقد حدد ثورنثويت Thorthwaite مفهوم الجفاف بعدم قدرة الرطوبة الجوية او رطوبة التربة على الانبات او حيث تكون الرطوبة الجوية ورطوبة التربة غير

كافية Insufficient للعمليات اللازمة للانبات . وقد بين أربعة انواع من الجفاف وهي كما يأتي :

١ - الجفاف الدائم : Permanent drought

وهو النوع الذي تمثله الصحراء Desert حيث لا يوجد فصل ممطر يساوي كمية الماء اللازمة للانبات . ولا يوجد في مثل هذه المواقع الا الانواع الشديدة التكيف للجفاف ولا تقوم الزراعة الا بعمليات الارواء .

٢ - الجفاف الفصلي : Seasonal drought

ويتميز هذا النوع باقتصار الامطار على فصل وعدمها في فصل آخر وتقوم الزراعة في الفصل المطير كما تقوم في الفصول الاخرى معتمدة على الري .

٣ - الجفاف الطاريء : Contingent drought

وهو ينتج من عدم انتظام Irregular او تقلب Variable الامطار وهذا النوع يقتصر على المناطق الرطبة وشبه الرطبة . فقد تمتد فترة طويلة دون سقوط المطر مما يؤدي الى هلاك المزروعات او هبوط الانتاج الى ادنى حد له . وهو من أخطر انواع الجفاف لانه غير ممكن التنبؤ به Unpredictability وحيث لا يمكن التعويض عن المطر بالارواء .

٤ - الجفاف غير المنظور Invisible drought

وهو نوع من الجفاف تقل فيه الرطوبة (الجوية او رطوبة التربة) عن حاجة النبات . وان انخفاض الرطوبة اليومية او الشهرية عن الحد الذي يحتاج اليه النبات يؤدي الى موت النبات او قلة كثافته او قزميته او قد يؤدي الى نشوب الحرائق ومن ثم تحول الموقع الى نوع من انواع التصحر . وهذا النوع من الجفاف يقتصر على المناطق الرطبة ويكون على شكل موجات غير محددة الزمن او الموقع .

المعادلات الرياضية لقياس الجفاف

لقياس درجة الجفاف وفترته الزمنية اعتمدت مقاييس مختلفة لذلك نتطرق الى اهمها .

١ - معادلة ثورنثويت لحساب الجفاف : وهي بالصيغة الاتية :

$$\sum_{12} 1.65 \left(\frac{r}{t + 12.2} \right)^{10/9}$$

حيث ان :

r = السواقط لمجموع أشهر السنة (ملم) .

t = معدل الحرارة السنوي (م°) .

وفي ضوء هذه المعادلة ميز ثورنثويت خمس مناطق مناخية حسب كفاية المطر وهي كما في الجدول (٨) .

جدول ٨ : المناطق المناخية لثورنثويت حسب كفاية المطر .

وصف المنطقة	كفاية السواقط
الجافة	أقل من ١٦
شبه الجافة	١٦ - ٣١
شبه الرطبة	٣٢ - ٦٣
الرطبة	٦٤ - ١٢٧
الرطبة جدا	١٢٨ فأكثر

٢ - كوبن Koppen :

حدد كوبن الجفاف عندما تكون الامطار ضعف درجة الحرارة اذا كانت الامطار شتوية وبحسب المعادلة الاتية : -

$$M = 2 \times C$$

حيث ان :

M = مجموع الامطار السنوية بالستيمتر .

C = المعدل السنوي لدرجة الحرارة (م°) .

اما اذا كانت الامطار موزعة فتستخدم المعادلة الاتية : -

$$م = ٢ (ح + ٧)$$

وفي حالة الامطار الصيفية تستخدم المعادلة الآتية :-

$$م = ٢ (ح + ١٤)$$

فاذا كان الجانب الايمن من المعادلات اقل من الجانب الايسر فالمحطة جافة والعكس صحيح .
وسوف تطبق هذه المعادلات عند بحث تصنيفات المناخ في الفصل الثالث .

٢ - معامل Penck :

عد الحدود التي يتساوى فيها التساقط مع التبخر / النتج حدودا فاصلة بين الجفاف والرطوبة . فما يزيد على الحد هو فصل رطب او موقع رطب وما يقل عنه يكون جافا .

٤ - معامل Lang

وضع لانج معامل المطر Rain factor الذي عبر عنه بالمعادلة البسيطة الآتية :

$$F = N / T$$

حيث ان :

F = معامل المطر .

N = مجموع التساقط (ملم) سنويا .

T = المعدل السنوي للحرارة (م) .

ووضع صيغة نتائج المعادلة بأربعة اصناف كما يأتي :

من صفر - ١٠	شديد الجفاف
١٠ - ٤٠	جاف
٤٠ - ١٦٠	شبه رطب
١٦٠ فأكثر	رطب

وفي ضوء ذلك قسم العالم الى اربعة اصناف بحسب درجة الجفاف المبينة آنفا .

حيث أن :

$P =$ كمية السواقط السنوية (ملم) .

$T =$ المعدل السنوي لدرجة الحرارة (°م) .

وفي ضوء النتائج وضع الحدود الآتية للجفاف وكما يوضحها الجدول رقم (١٠) .

جدول رقم (١٠)
حدود الجفاف لمورال

كمية السواقط السنوية (ملم)	المعدل السنوي للحرارة (°م)
١٧٥	٥
٢٠٠	١٠
٢٧٥	١٥
٤٠٠	٢٠
٥٧٥	٢٥
٨٠٠	٣٠
١٠٧٥	٣٥
١٣٠٠	٤٠

وفي ضوء ذلك قسم العالم الى ستة أقاليم وكما في الجدول الآتي :

جدول رقم (١١)
الاقاليم المناخية على اساس معامل الجفاف لمورال

وصف الاقليم	معامل الجفاف
صحراء	اقل من ٠,٢٥
شبه صحراء	٠,٢٥ - ٠,٥٠
جاف	٠,٥٠ - ١,٠
شبه رطب	١ - ٢
رطب	٢ - ٣
غزير المطر	٣ فأكثر

حيث ان :

- R = كمية الطاقة التي يتسلمها الجسم في يوم ما .
 R_0 = كمية الطاقة التي يتسلمها الجسم في يوم مشرق Clear day
 C = كمية غطاء الغيم مقيسة بالاعشار in tenth
 K = معامل يختلف باختلاف العروض وكما يأتي :

0.32	على خط عرض صفر
0.29	على خط عرض 20
0.30	على خط عرض 40
0.32	على خط عرض 50
0.39	على خط عرض 60
0.47	على خط عرض 70

ب - معادلة فراتز ومكدونالد Fritz and Mac Doland 1949 وصيغة هذه المعادلة كما يأتي :

$$R = R_0 (0.35 + 0.61 S)$$

حيث ان :

R_0 و R = المفهوم السابق نفسه . مع ملاحظة ان مقدار الخطأ في $= 4 - 5 \%$.
 S = نسبة عدد ساعات سطوع الشمس (الاختلافات الفصلية في سطوع الشمس) .

ج - معادلة سوينبانك Swinbank 1963 وهي كما يأتي (**) :

$$I_0 = e (0.245 - 0.214 \sigma T^4) \quad \text{LY / min}$$

I_0 = الاشعاع طويل الموجة

e = قدرة السطح النسبية على اطلاق الحرارة بالاشعاع

σ = ثابت ستيفن - بولتزمان *

T = الحرارة المطلقة للهواء .

(22) Ibid, P. 30.

* مقدار ثابت = Stefan - Baltzman

$8.132 \times 10^{-11} \text{ LY } K^4 \text{ min}$

وهنا K = الحرارة المطلقة (كالفن) $(^\circ C + 273)$

جدول رقم (١٢)

اختلاف قيم a و b بحسب طبيعة سطح الارض

الباحثون	موقع البحث	طبيعة السطح	a	b	
تيرنر	١٩٦٥	استراليا	حشائش	13	0.65
			اعشاب قصيرة	4	0.56
			الشقوق والكهوف ونحوها	- 16	0.46
ديفز	١٩٦٧	غرب افريقيا مناطق اخرى من العالم	حشائش ورمال	- 28	0.61
			متنوع	- 24	0.56
ديفز وبيتمور	١٩٦٩	انتاريو	محاصيل	- 33	0.56

المصدر : Ibid., P. 31

هذه الاختلافات الواسعة خاصة في قيمة a تجعل تطبيق المعادلة السابقة محدوداً جداً . وفي الحقيقة ان تقدير الاشعاع لانتحكمه معادلة بقدر ما يحكمه طبيعة السطح الذي تسقط عليه الاشعة مع ملاحظة العوامل الاتية :

- ١ - عدم امكانية تغطية سطح الارض باجهزة القياس .
- ٢ - اختلاف في استخدام نوعية الاجهزة وكما اشرنا اليها سابقاً .
- ٣ - الاختلافات الكبيرة في الاحصاء ضمن المسافات القصيرة نتيجة وجود غيوم أو عدمها ضمن هذه المسافات .
- ٤ - اختلاف طبيعة الزجاج واللدائن (البلاستيك) ضمن اجهزة القياس .

ان هذه العوامل تدعو الى التساؤل الاتي اين يكون القياس ؟ ومتى ؟ واي شيء تقيس ؟ هل الاشعاع الكلي او طول الموجات او الحرارة المتولدة او الحرارة المشعة ؟ وفي اي مستوى من سطح الارض ؟ هذا المستوى الذي يصطلح عليه (View factor) للأجهزة . والشكل (٣٧) يوضح كيفية اختلاف هذا العامل مع الاختلاف البسيط في الارتفاع او توجيه عامل النظر . وحيث يظهر من هذا الشكل انه ضمن أقل من (٣) أمتار في المسافة الافقية ممكن وضع زاوية الرؤية - او عامل

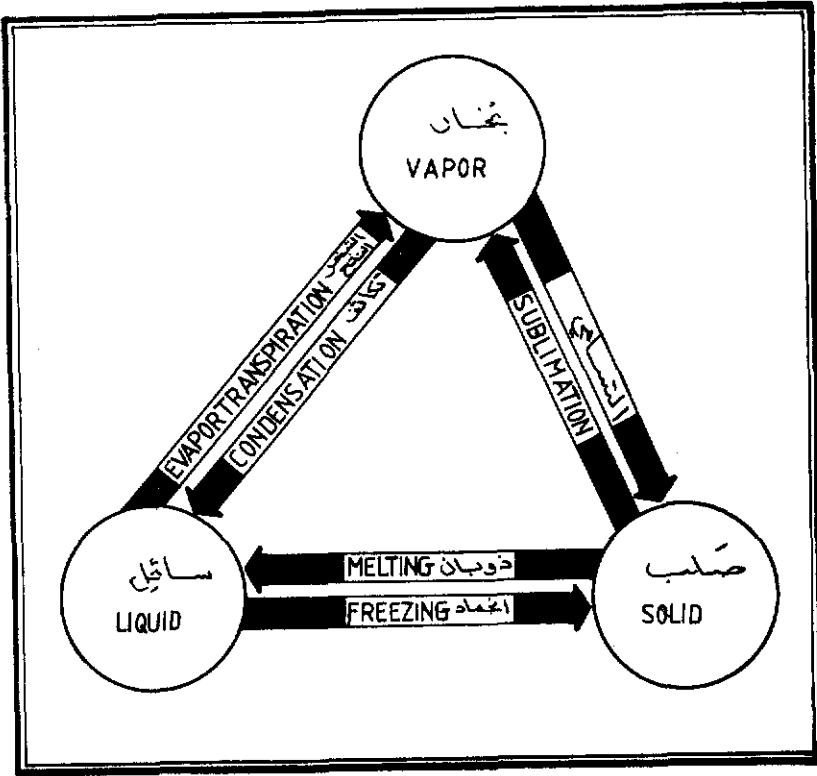
وبالعكس عندما يكون التساقط اقل من التبخر / النتج ينتج عنه عجزاً مائياً (Water deficit) والذي يشير الى مقدار وفترة الحاجة الى مياه الري وبدون توافرها يعني حدوث الجفاف Drought .

الفائض المائي Water Surpluse بعد ان تصل التربة في رطوبتها حد الاشباع يكون الجداول والانهار والبرك والبحيرات والماء الباطني او قد يتبخر مرة اخرى بما تعبر عنه بالضائعات المائية Runoff وبذلك يعود الى حيث تكون . وهكذا تنشأ الدورة المائية في الطبيعة Hydrological cycle والذي يعبر عنها الشكل الاتي (٣٨) فمن ملاحظة الشكل نجد ان عناصر الدورة المائية هي كما يأتي :

- أ - الشمس وهي تعبير عن الطاقة الحرارية التي من خلالها تتم عملية التبخر Evaporation فوق الماء واليابس وعملية النتج Transpiration من النباتات . وكذلك عملية التكاثف سواء كان مطراً او ثلجاً .
- ب - التبخر ، والذي يحدث في البحار واليابس وبما يقابله على النبات في عملية النتج . والأثنين معاً بفعل الطاقة الحرارية يعني تحول الماء الى بخار .
- ج - التساقط : وهو اعادة التبخر / النتج بالعملية السابقة الى مطر او ثلوج عن طريق عملية التكاثف Condensation
- د - بعد ان تتم عملية رطوبة التربة قد يبقى الماء على السطح مكوناً البحيرات او قد يجري ليكون الانهار والماء الباطني ليعود مرة اخرى الى المحيطات . وهكذا .

ان أفضل تعبير عن هذه العلاقة المستديمة والمتكاملة للدورة المائية ما يوضحه المخطط الاتي رقم (٣٩) والذي يشير الى عملية التغير الفيزياوي للماء في اشكاله الثلاثة وهي البخار والسائل والصلب ومن خلال العمليات المناخية الخمس وهي :

- أ - التبخر / النتج
- ب - التكاثف
- ج - التسامي
- د - الذوبان
- هـ - التجمد



شكل (٣٩) مخطط التغير الفيزيائي للماء .

عناصر الموازنة المائية

تؤثر في الموازنة المائية المناخية لأي موقع العناصر الآتية ،

أ - درجة الحرارة ، هي الطاقة المعبرة عن حجم التبخر / النتح وعن التكاثف وصورة .

ب - التبخر / النتح ، Evapotranspiration وهي التعبير الكمي عن الطاقة الحرارية التي حولت التساقط (كله أو جزءاً منه) مرة أخرى إلى بخار .

ج - التساقط ، كمية الماء التي يتسلمها الموقع وهي تعبر عن المدخول المائي

· Water income

٣- ان قارة استراليا سجلت اقل القارات في مقدار الضائعات المائية لان حجم التبخر / النتج يعادل ٧٩,٩ ٪ من حجم التساقط وكذلك الحال بالنسبة الى افريقيا حيث سجل التبخر / النتج مايعادل ٨٢ ٪ من حجم التساقط .

جدول رقم (١٢)
الموازنة المائية للعالم (القيم = ١٠ كم^٢)

القارة	التساقط (P)	التبخر E	الضائعات
افريقيا	2149	1762	378
آسيا	3038	1835	1203
استراليا	354	283	71
أوربا	641	374	267
اميركا الشمالية	1546	944	602
اميركا الجنوبية	2700	1549	1151
القارة القطبية الجنوبية	188	113	75
المجموع	10616	6860	3756

المصدر : Mather, 1974, Op. CIT, P. 94

تطبيق : الموازنة المائية المناخية الشهرية لمدينة بغداد

لاعطاء صورة مبسطة لعمل الموازنة المائية المناخية في بغداد من الضروري ملاحظة الخطوات الاتية :

١- تم حساب التبخر / النتج الممكن اعتماداً على معادلة ثورنثويت السابقة الذكر وهي :

$$E = 16 \frac{(T10)^2}{1}$$

٢- تم حساب التبخر (الكلي) بحسب معادلة ايفانوف السابقة الذكر وهي : خ =
٠,٠٠١٨ (ح + ٢٥)^٢ (١٠٠ - ر ن)

جدول رقم (١٤)

الموازنة المالية المتأخية لمدينة بغداد

الشهر	كانون الثاني	أذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	أب	ايلول	تشرين الاول	تشرين الثاني	كانون الاول	السنة
الحرارة (م)	9.6	16.5	22.1	28.2	32.7	34.6	34.1	30.4	24.2	16.3	10.7	
المطر (مم)	29.6	26.7	24.4	25.2	7.9	0.1	0.0	0.3	3.6	14.7	24.3	156.8
التبخر / التبخر (PE) (م)	6.5	12.9	36.0	88.0	193.0	297.3	355.3	321.3	207.1	101.5	29.7	1657.2
التبخر (م)	60.3	95.2	148.8	219.6	346.4	461.4	492.3	471.5	397.7	270.1	119.7	3149.5
P - PE	23.1	13.8	- 11.6	- 62.8	- 185.1	- 297.2	- 355.3	- 321.3	- 206.8	- 97.9	- 15	1500.4
التبخر الحقيقي AC	6.5	12.9	112.8	131.6	153.4	164.1	137.0	150.2	190.6	168.6	90.0	-
اللائق	23.1	13.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52.6
الميز	0.0	0.0	- 148.8	- 219.6	- 346.4	- 461.4	- 492.3	- 471.5	- 397.7	- 270.1	- 119.7	2927.5



التصانيف المناخية

المبحث الاول : التصانيف الاصولية
المبحث الثاني : التصانيف الحديثة
المبحث الثالث : التصانيف البشرية

CLASSIFICATION OF CLIMATES

التصانيف المناخية

يقصد بالتصانيف المناخية تقسيم سطح الأرض الى اقاليم مناخية . وبمفهوم الاقليم الجغرافي أن يكون من الضروري لكل اقليم من الاقاليم المناخية ما يميزه في صفاته عما يجاوره . لكن نجد ان الصفة المميزة للأقليم لم تطابق المفهوم الفلسفي او النظري للأقليم بحيث جعل من التصنيفات المناخية غير قادرة على تقسيم سطح الأرض الى اقاليم مناخية مطلقة او معبرة عن مفهوم الاقليم الجغرافي . ولهذا تعددت الاسس والقواعد التي اعتمدت في التصنيفات المناخية مما نتج عنه اراء مختلفة ووجهات نظر متعددة ويعود ذلك الى عدة حقائق :

- ١ - صعوبة جمع عناصر المناخ كلها من الاشعاع الشمسي . الحرارة . الضغط ، الرياح والتساقط بمعادلة واحدة على الرغم من أن العلاقة بين هذه العناصر حيوية وميكانيكية . لذلك فاعتماد عنصر مناخي واحد او عنصرين في معادلة واحدة لا يؤدي الى اعطاء المنطقة الصفة الاقليمية وانما يعطيها معنى النطاق او مفهومه Zone او الحزام Belt .
- ٢ - صعوبة رسم خط فاصل Sharp line بين الاقاليم ويعود ذلك الى عاملين اساسيين :
 - أ - ان الانتقال المناخي او التدرج المناخي من منطقة الى اخرى او من مساحة صغيرة من الأرض الى اخرى لا يكون مفاجئاً Sudden change وانما يكون تدريجياً والسبب في ذلك يعود الى مكونات سطح الأرض المختلفة والتي تختلف فيما بينها بالسعة الحرارية ومن ثم ونتيجة لاختلاف حرارتها تختلف جميع العناصر المناخية الاخرى .
 - ب - ونتيجة لذلك فسوف تتداخل الصفات المناخية بين منطقة القلب Core area وما يحيطها Marginal areas .
 - ٣ - الاختلافات المكانية التي تعود الى الارتفاع والانخفاض في مستوى سطح الأرض وفي نسبة ما يشغله اليابس ونسبة ما يشغله الماء وطبيعة الغطاء النباتي وطبيعة ونوعية التربة واختلاف سرعة الرياح . هذه العوامل تعمل باستقلالية في تأثيرها في العناصر المناخية ومن ثم تمنع من وجود صفة مناخية واحدة . فعلى سبيل المثال خط الساحل Shore line تتمثل عليه حرارة تختلف عن جسم الماء

جدول رقم (١٥)
اقاليم المناخ الرئيسة لكوبن

- Af: مناخ الغابات المدارية المطيرة . حار . ممطر طول العام
Am: المناخ المداري الموسمي . حار . غزير وفصلي المطر
Aw: المناخ المداري السفانا . حار . جفاف فصلي (خاصة بالشتاء)
BSh: مناخ السهوب المداري . شبه جاف وحار
BSk: مناخ سهوب العروض الوسطى ، شبه جاف . بارد او بارد جداً
BWh: المناخ المداري الصحراوي ، جاف وحار
BWk: المناخ الصحراوي في العروض الوسطى ، جاف . بارد او بارد جداً
Cfa: المناخ الرطب شبه المداري ، شتاء معتدل وفصول السنة تكون رطبة وصيف حار وطويل
Cfb: مناخ بحري ، شتاء معتدل ، وفصول السنة رطبة وصيف دافئ
Cfc: مناخ بحري ، شتاء معتدل ، وفصول السنة رطبة وصيف قصير وبارد
Csa: مناخ البحر المتوسط داخل القارات ، شتاء معتدل وصيف جاف وحار
Csb: مناخ البحر المتوسط الساحلي ، شتاء معتدل وصيف جاف دافئ وقصير
Cwa: شبه المداري الموسمي ، شتاء معتدل وجاف وصيف حار
Cwb: مناخ المرتفعات المداري ، شتاء معتدل وجاف وصيف دافئ قصير
Dfa: الرطب القاري ، شتاء قارس وفصول رطبة وصيف طويل ودافئ
Dfb: الرطب القاري ، شتاء قارس وفصول رطبة وصيف قصير ودافئ
Dfc: شبه القطبي ، شتاء قارس وفصول رطبة وصيف طويل بارد
Dfd: شبه القطبي ، شتاء شديد البرد (متطرف) والفصول رطبة وصيف قصير
Dwa: القاري الرطب ، شتاء قاس وجاف وصيف طويل دافئ
Dwb: القاري الرطب ، شتاء قاس وجاف وصيف دافئ
Dwc: شبه القطبي ، شتاء قاس وجاف وصيف قصير بارد
Dwd: شبه القطبي ، شتاء شديد البرد (متطرف) وجاف وصيف قصير بارد .
ET: مناخ التندرا ، صيف قصير جداً
EF: مناخ الغطاءات الجليدية
H: مناخ الاراضي المرتفعة

خطوات الحل :

١ - نجد من أي صنف هو المناخ ، أي الحرف الاول الاساسي وعند التدقيق في درجات الحرارة نجد ان ابرد الشهور هو اكبر من 18°م (65) ف .

∴ المحطة من صنف (A)

٢ - نجد الرموز الخاصة بالمطر وهنا A يأخذ f أو m أو w وعند مراجعة معدلات المطر نجد أجف الشهور هو تشرين الثاني بمعدل 3.4 انج وهذا يقع ضمن نوع .f

٣ - لا يأخذ نوع (A) الحرف الثالث الذي يشير الى تفصيلات درجات الحرارة كما في (C) و (D)

ولكن يأخذ الحرف الرابع . وهنا مايتعلق بالجدول الثالث من جداول كوبن . ومن مراجعة هذا الجدول نجد ان المحطة تأخذ صفة (i) أي أن المدى الحراري أقل من (5) °م وفي هذه المحطة تجد ان المدى هو (2.3) .

٤ - تجمع الحروف بحسب تسلسلها

ونوع الحروف (كبيراً أم صغيراً) كما يأتي : وهو من من نوع مناخ الغابات المدارية المطيرة .

I	2	3
A	f	1

مثال : صنف المحطة المناخية الاتية بحسب تصنيفات كوبن ،

اسم المحطة ، سانتا مونيكا

الموقع ، كاليفورنيا

الشمس المناس	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Yr
الحرارة (ف)	53	53	55	58	60	63	66	66	65	62	58	55	59.5
المطر (انج)	5	3	2.9	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	1.4	2.3	14.75

بين 0.248 في بغداد 0.241 في الناصرية وهذا يعني ان كمية الامطار بالنسبة الى درجة الحرارة اقل من الحد الادنى لمتطلبات B . ولما كان معدل حرارة أدفأ الشهور اكبر من 18°م فتأخذ الحرف (h) . وبذلك يكون الوصف الكامل للأقليم BWh .

ب - اقليم احتل منطقة التلال في العراق ويأخذ شكل شريط امتد من خانقين في الجنوب الشرقي الى سنجار في الشمال الغربي . وكانت قيمة (م) أو (r) بين 0.987 في سنجار و 0.679 في خانقين . ولما كانت قيمة (م) أو (r) هي اعلى من الحد الادنى لمتطلبات B فتأخذ صفة (BS) و (h) لان معدل حرارة ادفأ الشهور هو اكبر من (18° م) . وبذلك يكون الوصف الكامل للأقليم : BSh

جدول رقم (١٨)

الاقليم المناخ في العراق بحسب تصنيف كوبن

ت	المحطة	المعدل السنوي للحرارة (م)	المعدل السنوي للأمطار (ملم)	ح = ٢ م أو r = t2	الرمز
١	الموصل	19.0	372.1	0.979	BSh
٢	كركوك	22.0	373.2	0.848	BSh
٣	بغداد	22.6	157.5	0.348	BWh
٤	الربطبة	19.3	114.2	0.296	BWh
٥	الحي	23.7	145.0	0.306	BWh
٦	الديوانية	23.4	122.8	0.262	BWh
٧	الناصرية	24.3	117.4	0.241	BWh
٨	البصرة	24.4	133.1	0.273	BWh
٩	الحبانية	22.6	124.0	0.274	BWh
١٠	عنه	20.5	128.8	0.314	BWh
١١	خانقين	22.4	304.2	0.679	BSh
١٢	السليمانية	17.9	725.5	2.026	Csa
١٣	سنجار	20.0	394.7	0.987	BSh
١٤	مصيف	16.7	710.0	2.1	Csa

صلاح الدين

ج - الاقليم الجبلي والذي يحتل الجزء الشمالي والشمال الشرقي من العراق والذي ظهر بانه فريدا بالمقارنة مع بقية اجزاء العراق ، حيث تراوحت قيمة (م) أو $r = 2.126$ في مصيف صلاح الدين و 2.026 في السليمانية ومثل هذه القيم تجعل المناخ ليس من صفة (B) لذلك فهو من نوع (C) ولما كانت الامطار شتوية لذلك يأخذ صفة (S) . أي صيفه جاف . وأخذ التصنيف نوع (a) للحرارة لان أدفأ الشهور أكبر من (18°) م وبذلك يكون الوصف المناخي الكامل للاقليم هو Csa

(٢)

تصنيف ديمارتون DE MARTONNE

قسم دي مارتون (1925) مناخ العالم الى ستة اقاليم رئيسة معتمداً درجات الحرارة . وكل اقليم من هذه الاقاليم قسم الى انواع ثانوية اخرى على اساس المدى الحراري السنوي ويظهر تصنيفه كما يأتي :

١ - المناخ الحار : لا يقل معدل الحرارة لاي شهر عن 20° م أو (68° ف) ورمز هذا المناخ (A) . وصنف هذا المناخ الى خمسة اصناف ثانوية اخرى هي :

- A1 المدى الحراري السنوي يبلغ 4° ف وامطاره طول العام .
- A2 معتدل جزري - جزر الاقيانوس .
- B1 شبه استوائي من النوع السوداني . مداه الحراري السنوي اكثر من 4° ف وامطاره صيفية .
- B2 شبه الاستوائي المعتدل - من نوع هاواي .
- B3 المداري الذي يزيد مداه الحراري السنوي على 20° ف وامطاره صيفية - نوع السنغال .

٢ - المناخ الموسمي ، وهو الذي تسود فيه الرياح الموسمية ويرمز له B ومن انواعه ،

- A3 موسمي . غزير المطر صيفاً - من نوع كمبوديا .
- B4 مداري رطب . غزير المطر صيفاً - من نوع البنغال .
- B5 موسمي امطاره السنوية تزيد على 80 أنج - من نوع آنام .

(٢) لمزيد من التفصيلات راجع ، حسن سيد احمد ابو العينين ، مصدر سابق ، ص ٤١ - ٤٧

E2 الصحراوي الحار ذو المدى الحراري الكبير ويسوده الضباب
لكونه ساحلياً كما في بيرو .

F1 الصحراوي البارد : من نوع أورال الذي يمتاز بجفاف الشتاء .

F2 الصحراوي البارد : شتاؤه شبه جاف - كما في بتاكونيا .

F3 الصحراوي البارد : شتاؤه معتدل صيفاً - من نوع التبت .

٦ - المناخ البارد : حيث تقل معدلات الحرارة الشهرية عن 50 ف (10 م)
ويشمل المناطق الباردة والجبلية وكما يأتي :

G1 وهو البارد الممطر طول العام - من النوع النرويجي .

G2 وهو البارد القاري شديد البرودة شتاء من النوع السييري .

H1 المناخ القطبي شديد البرد .

H2 وهو النوع الجبلي الذي تتفاوت فيه الحرارة بحسب الارتفاع

من النوع الكولومبي ونوع جبال الالب المعتدل .

تصنيف فلون FLOHN

أطلق فلون عام ١٩٥٠ على تصنيفه للمناخ بمصطلح التصنيفات الديناميكية
Dynamic classification حيث اعتمد التفاعل بين عناصر المناخ المختلفة
من ضغط ورياح وأمطار وحرارة لاعطاء وصف كمي للمناخ مفترضاً ذلك على قارة
نظرية ومقارناً تصنيفه مع تصنيفات كوبن للمناخ . وكما يوضحها الجدول رقم
(١٩) .

(٢) تصنيف ثورنثوايت (Thorntwaite)

اعتمد ثورنثوايت أربعة عوامل أساسية في تصنيفه الإقليمي للمناخ وهي :

(٣) للزيد من المعلومات انظر :

David D. Houghton, Ed. Hand book of Applied Meteorology. John
Wiley and Sons, New York, 1985, PP. 88-94

١ - دليل الرطوبة The Moisture Index

استخدم ثورنثويت المعادلة الاتية لتقسيم المناخ الى تسعة اقاليم للرطوبة . وهذه

المعادلة هي (٤)

$$IM = I_h - I_a$$

$$I_h = 100 (S / PE)$$

$$I_a = 100 (D/PE)$$

حيث ان IM = رطوبة الاقليم .

S = الفائض المائي .

D = العجز المائي .

PE = التبخر / النتح الممكن .

وبالتعويض عن قيمة I_h و I_a نحصل على :

$$Im = 100 [(S - D) / PE]$$

أو

$$Im = 100 [(P - PE) - I]$$

وتتوضح نتيجة استخدام هذه المعادلات في الجدول (٢٠) ، حيث استخدم ثورنثويت خمسة حروف كبيرة لترمز الى تسعة اقاليم مناخية متدرجة الرطوبة الى الصحراوية .

٢ - الاختلاف الفصلي للقيمة الفعلية للرطوبة .

سبق ان ذكرنا ان كوين استخدم الحرف اللاتيني الصغير (s) للدلالة على وجود فصل جاف هو الصيف والحرف (w) للأشارة الى فصل شتاء جاف والحرف (f) للدلالة على عدم وجود فصل جاف وان المطر يتوزع على مدار السنة . وكذلك الحال بالنسبة الى ثورنثويت فقد استخدم الحرف (s) للدلالة على التغير الفصلي للرطوبة مع تأكيد فصل صيف جاف وكذلك بالنسبة الى الحرف (w) للدلالة على الجفاف في فصل الشتاء . كما استخدم الحرف (r) للدلالة على عدم وجود عجز مائي او قلته والحرف (d) للدلالة على عدم وجود فائض مائي في المناخ الجاف .

(4) Mather, OP. Cit. P. 114.

جدول رقم (٢٢)
التوزيع الجغرافي للتركيز الصيفي للحرارة^(١)

الاقليم	التركز الصيفي للحرارة		
	الصف	%	
المتجمدة	E'		
التندرا	D'		d'
		88.0	
	C ₁ '		c ₁ '
الاقاليم الباردة والرطبة		76.3	
	C ₂ '		c ₂ '
		68.0	
	B ₁ '		b ₁ '
		61.6	
الاقاليم المعتدلة الدافئة	B ₂ '		b ₂ '
		56.3	
	B ₃ '		b ₃ '
		51.9	
	B ₄ '		b ₄ '
		48.0	
المدارية المطيرة	A'		a'

Mather, OP, CIT., P. 119

المصدر

والخطوة الثالثة قسم هولدرج المعادلة السابقة على معدل التساقط السنوي للحصول على معامل الرطوبة . كما في المعادلة الآتية :

$$\text{معامل الرطوبة} = \frac{\text{القيمة الفعلية للتبخير} / \text{الناتج}}{\text{معدل التساقط السنوي}}$$

وبعد ان حصل على العناصر الثلاثة ثبتت القيم بهيأة مثلث يمثل كل عنصر ضلعاً من أضلاعه وتبدأ القيم تنازلياً من الاسفل الى الاعلى في سبيل تعرف ماصطلاح عليه هولدرج (بمناطق الرطوبة Humidity Provinces) والتي من خلال العلاقات المتبادلة بين العناصر الثلاثة توصل الى استخراج مالماسم بالنظم البيئية من الدرجة الاولى (First order ecosystems). احد المآخذ الرئيسية على هذا التصنيف هو عدم اخذه بالاختلافات المكانية الفصلية لحرارة الهواء Air temperature التي لها اهميتها عند الحكم على المناطق التي تتشابه او تتساوى فيها درجات الحرارة والرطوبة .

٢ - تصنيف بديكو (Budyko 1956)

اعتمد تصنيف بديكو على دليل الرطوبة Moisture Index والذي أسماه معامل الاشعاع والجفاف Radiation Index and dryness والذي بني على نسبة صافي الاشعاع الى كمية الطاقة اللازمة لتبخير التساقط المتوافر . وعلى افتراض ان قيمة صافي الاشعاع مساوية للتبخير / الناتج الممكن تكون صيغة معادلة بديكو هي :

$\frac{PE}{P}$ ولما كان ذلك غير جائز فان معادلة بديكو هي مقلوب دليل الرطوبة المعياري .

واستخدام بديكو معادلته وهي :

$$K = \frac{R}{Lr}$$

حيث ان :

K = معامل الجفاف

$L = 600$ = سرعة حرارية

r = التساقط (ملم)

R = صافي الاشعاع والذي يمكن حسابه من المعادلة الآتية ،

$$R = QN (I - A) - E$$

جدول رقم (٢٤)
اقاليم البحر المتوسط بحسب تصنيف كوسن

نوع الغطاء النباتي الطبيعي	عدد الايام الجافة
البلوط الفليني	40 - 100
الصنوبر الحلبي	100 - 150
البوادي الرطبة	150 - 200
البوادي	200 - 300
الصحراء	اكثر من 300

(7.2) °م وهي درجة حرارة الهواء الرطب (TW). وعليه يكون تطبيق المعادلة كما يأتي :

$$\begin{aligned} \text{THI} &= 0.4 (T+TW) + 4.8 \\ &= 0.4 (9.6 + 7.2) + 4.8 \\ &= 0.4 (16.8) + 4.8 \\ &= 6.72 + 4.8 \\ &= 11.5 \end{aligned}$$

وهي قيمة الراحة ، أو THI كانون الثاني لمدينة بغداد .
ب - عند استخدام الدرجات الفهرنهايتية والرطوبة النسبية كما في مدينة سنجار (الجدول ٣٧) فيكون كما يأتي :

$$\text{THI} = T_d - (0.55 - 0.55R. H.) T_d - 58)$$

وبالتعويض عن قيمة T_d وهي حرارة الهواء الجاف . ولتأخذ كانون الثاني ايضاً مثلاً لذلك وعن قيمة RH وهي الرطوبة النسبية* فيكون كما يأتي :

$$\begin{aligned} \text{THI} &= 43.2 - (0.55 - 0.55 \times 0.69) (43.2 - 58) \\ \text{THI} &= 43.2 - (0.55 - 0.3795) (-14.8) \\ &= 43.2 - (0.1705) (-14.8) \\ &= 43.2 - (-2.5234) \\ &= 43.2 + 2.5234 \\ &= 45.7 \end{aligned}$$

حوالي

وهي قيمة الراحة لشهر كانون الثاني لمدينة سنجار باستخدام الرطوبة النسبية والدرجات الفهرنهايتية .

ج - لاستخراج قيمة (K) تحتاج الى حرارة الهواء بالدرجات المئوية وسرعة الرياح مقاسه متر/ثانية ولتأخذ بغداد مثلاً على ذلك ولشهر كانون الثاني ايضاً ، فيكون العمل كما يأتي :

$$K = \sqrt{100V} + 10.45 - V (33 - t_a)$$

* الرطوبة النسبية معناه ان المقدار مقسوم على ١٠٠ ولذلك سوف يسبق كل قيمة للرطوبة النسبة عند التطبيق فارزة .

٢ - القيم غير المريحة الحارة ، والتي تعمل فيها الرياح على رفع الحرارة والرطوبة معاً وتدرجت كما يأتي ،

(أ) قيم K^+ الدافئة بين (50) و (99) من نوع H

هـ (ب) القيم الحارة بين (49) و (صفر) من نوع H^*

(ج) السموم أو الأكثر حرأً والتي تكون فيها قيم (K) سالبة وهو نوع H^- وفي ضوء الخطوة الثانية تم تلخيص قيم (K) للمحطات المناخية في الجدول رقم (٢٦) .

ثالثاً ، لقد سبق القول انه لايجوز وصف الاقليم في صفات (THI) بمعزل عن قدرات الرياح ، وهذه الحقيقة التي وجهت نقداً الى استخدام (THI) لتصنيف اي موقع للراحة المناخية . وعليه لابد من جمع قيم (THI) مع (K) . والخطوة الاولى والثانية سهلت كثيراً الوصول الى هذه الخطوة في عملية تصنيف مناخ العراق الى اقاليم للراحة . وفي ضوء ذلك سوف تجمع كل محطة في كل شهر من اشهر السنة الرمزين الاساسيين وتفاصيلهما . كما في الجدول رقم (٢٧) .

رابعاً ، للوصول الى الصيغة النهائية للتقييم تضمنت هذه الخطوة ناحيتين وهما ،

أ - قسمت السنة الى اربعة فصول ، لكل فصل ثلاثة اشهر وذلك لضرورة التخلص من التداخل في قيم (THI) و (K) الشهرية .

ب - دمجت قيم (THI) و (K) لتعطي صفة مناخية واحدة وكما يأتي وبحسب الفصول ،

فصل الربيع ، وقسمت اقاليم الراحة فيه الى أربع درجات تسلسلت كما يأتي ،

(١) A وهو الاقليم ذو الراحة المثالية حيث يحتل (P) اذا

نضمت أشهر الربيع الثلاثة اي صنف منه $(P^+ \cdot P^* \cdot P^-)$

(٢) B وهو الاقليم ذو المرتبة الثانية الذي تضمن شهرين فقط من صنف (P) واي نوع منه .

(٣) C وهو اقليم الراحة من الدرجة الثالثة اذا احتل (P) او اي صنف منه شهراً واحداً فقط .

(٤) D وهو الاقليم غير المريح الذي لا يحوي اي شهر على صنف (P) او اجزائه .

جدول رقم (٢٨)
الاصناف الرئيسية لأقاليم الراحة في العراق بحسب الفصول

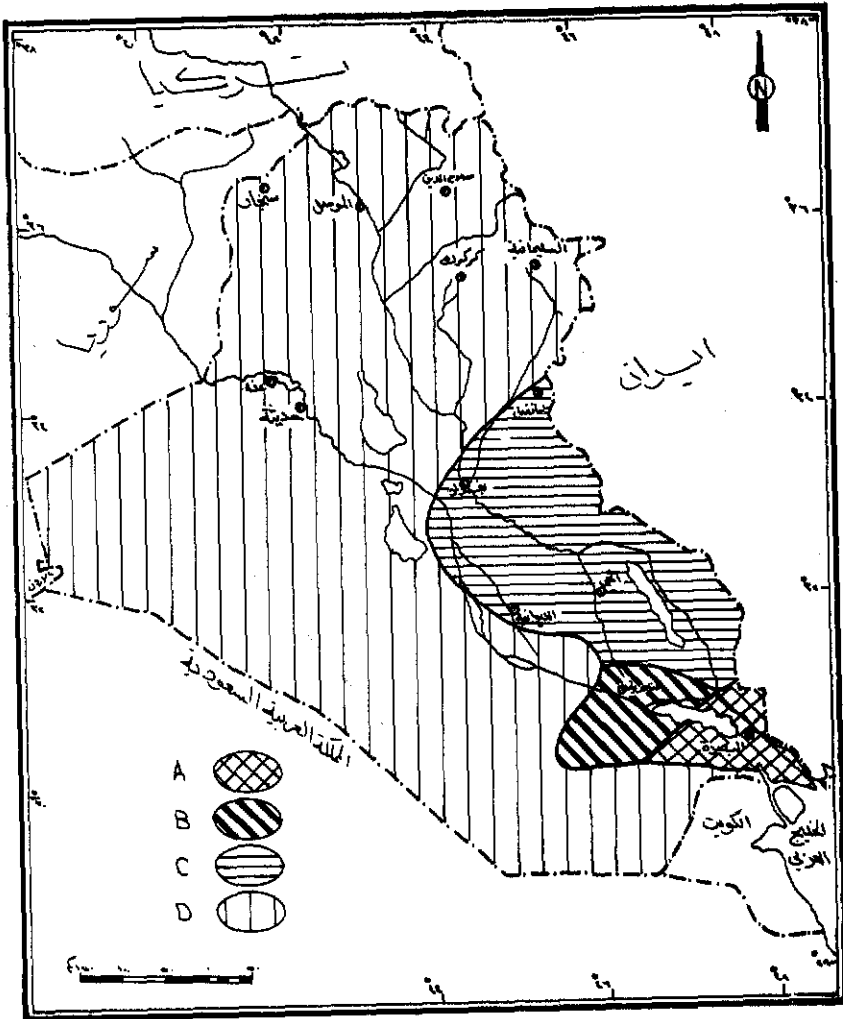
المحطة	الربيع	الصيف	الخريف	الشتاء
بغداد	A	D	B	C
الموصل	B	D	B	D
كركوك	B	D	B	D
الربطبة	B	A	B	D
العمي	A	D	B	C
الناصرية	B	D	B	B
البصرة	B	D	B	A
الديوانية	B	D	B	C
سنجار	B	B	B	D
صلاح الدين	C	A	B	D
السليمانية	C	A	B	D
خانقين	B	D	B	C
عنه	B	B	B	D
حديثة	B	D	B	D

بينما احتل المدينة الثانية كل من الموصل وكركوك والربطبة وسنجار وخانقين وعنه وحديثة والبصرة .

ووقعت كل من صلاح الدين والسليمانية في المدينة الثالثة مشيرة في ذلك الى استمرار برودة الجو وقوة الرياح على تبريد الموقع .

٢ - ان اقاليم الراحة المناخية لفصل الصيف التي وضحتها الخارطة رقم (٤٢) فيبدو منها ان فصل الصيف معظمه من نوع (D) غير المريح او الطارد تفرض على الانسان وسيلة ما من وسائل التبريد عدا الربطبة وصلاح الدين والسليمانية فقد ظهرت كل منها بنوع (A) المثالي ويفسر ذلك ارتفاع السطح . تلتها كل من عنه وسنجار بنوع (B) وهو يعود ايضاً الى ارتفاع السطح وانفتاح الموقعين امام الهضبة الغربية .

٣ - ظهرت اقاليم الراحة المناخية لفصل الخريف وجميع المحطات نفس النوع وهو من صنف (B) كما في الخارطة رقم (٤٣) . وهذا يفسر ان الانتقال من فصل



خارطة رقم (٤٤) اقاليم الراحة لفصل الشتاء في العراق .

جدول رقم (٢٢)

معدلات حرارة الهواء الجاف والرطب وسرعة الرياح وقيم (THI) و (K) لمحطة ،
الرطوبة .
الفترة الزمنية : 1980 ~ 1951

الشهر	درجة حرارة الهواء (م)	درجة المحرار الرطب Tw م °	سرعة الرياح m/s	(K)	(THI)
كانون الثاني	7.4	4.9	3.2	644	9.7
شباط	9.3	5.9	3.7	616	10.9
آذار	13.3	8.2	4.4	532	13.4
نيسان	18.5	11.3	4.3	390	16.7
مايس	24.4	14.3	3.8	225	20.3
حزيران	28.6	16.1	3.9	116	22.7
تموز	30.6	16.6	4.3	65	24.7
آب	30.6	17.4	3.7	62	24
أيلول	27	15.7	2.8	146	21.9
تشرين الاول	21.5	12.9	2.7	278	18.6
تشرين الثاني	13.6	9.1	2.6	465	13.9
كانون الاول	8.7	5.8	3.1	606	10.6
المعدل السنوي	19.3	11.5	3.5		

المصدر ، المصدر نفسه .

جدول رقم (٢٤)

معدلات حرارة الهواء الجاف والرطب وسرعة الرياح وقيم (THI) و (K) لمحطة الناصرية
الفترة الزمنية 1951 - 1980

الشهر	درجة حرارة الهواء (م)	درجة الحرارة الرطب Tw	سرعة الرياح m/s	(K) (THI)
كانون الثاني	11.6	8.6	3.2	538 12.9
شباط	14.2	10	3.5	482 14.5
آذار	18.5	12.6	4	384 17.2
نيسان	24.1	16.1	3.9	234 20.9
مايس	30	19.1	4	79 24.4
حزيران	33.4	20.6	4.9	- 11 26.4
تموز	34.9	21.2	4.8	- 52 27.2
آب	35.0	20.9	4.4	- 54 27.2
أيلول	32.2	19.1	3.6	21 25.3
تشرين الاول	26.2	16.5	3.1	170 21.9
تشرين الثاني	18.5	12.9	3.1	362 18.6
كانون الاول	12.6	9.6	2.9	501 13.7
المعدل السنوي	24.3	15.6	3.8	

المصدر ، المصدر نفسه .

جدول رقم (٣٦)

معدلات حرارة الهواء الجاف والرطب وسرعة الرياح وقيم (THI) و (K) لمحطة ،
الديوانية
الفترة الزمنية 1951 - 1980

الشهر	درجة حرارة الهواء (م)	درجة الحرارة الرطب Tw	سرعة الرياح m/s	(K) (THI)
كانون الثاني	10.6	8.1	3.2	563 12.3
شباط	13.2	9.2	3.6	511 13.8
آذار	17.5	12.0	3.8	405 16.6
نيسان	23.0	16.8	3.8	261 20.7
مايس	29.2	18.0	3.6	98 23.7
حزيران	32.8	19.6	4.5	5 25.8
تموز	34.4	20.9	4.6	- 38 26.9
آب	34.1	20.7	4.1	- 29 26.7
أيلول	30.9	19.1	3.4	54 24.8
تشرين الاول	25.5	16.8	2.9	184 21.7
تشرين الثاني	17.5	12.3	3.0	384 16.7
كانون الاول	11.8	8.9	3.1	529 13.1
المعدل السنوي	23.4	15.2	3.6	

المصدر ، المصدر نفسه .

جدول رقم (٢٨)
معدلات حرارة الهواء الجاف والرطوبة النسبية
وسرعة الرياح وقيم (THI) و (K) لمحطة ،
صلاح الدين ، الفترة الزمنية 1967 - 1977 .

الشهر	درجة حرارة الهواء الجاف Td	الرطوبة النسبية R.H	سرعة الرياح m/s	(K)	(THI)
	°م			°ف*	
كانون الثاني	3.1	74	2.4	37.6	40.1
شباط	4.9	73	2.9	40.8	43.4
آذار	9.1	63	3.2	48.4	50.4
نيسان	14.1	60	3.0	57.4	57.5
مايس	20.0	48	2.3	68.4	65.4
حزيران	26.2	30	2.1	79.2	71.0
تموز	30.0	28	2.1	86.0	74.9
آب	30.2	25	1.9	86.4	74.7
أيلول	26.1	29	1.7	79.0	70.8
تشرين الاول	19.4	40	2.0	66.9	64.0
تشرين الثاني	11.5	61	2.0	52.7	53.8
كانون الاول	5.5	74	2.5	41.9	44.2
المعدل السوي	16.7	50	2.3	62.1	

المصدر ، المصدر نفسه .

جدول رقم (٤٠)
معدلات حرارة الهواء الجاف والرطوبة النسبية
وسرعة الرياح وقيم (THI) و (K) لمحطة ،
خانقين ، الفترة الزمنية 1961 - 1977

الشهر	درجة حرارة الهواء Td الجاف	الرطوبة النسبية R.H	سرعة الرياح m/s	(K)	(THI)	
م	ف*					
كانون الثاني	9.9	70	2.3	51.2	539	
شباط	11.5	66	2.4	53.7	506	
آذار	15.5	57	2.9	59.5	430	
نيسان	20.5	50	2.7	65.9	302	
مايس	27.5	34	2.7	73	133	
حزيران	32.4	22	2.7	76.4	15	
تموز	35	21	2.4	78.9	- 47	
آب	34.8	21	1.9	78.7	-40	
أيلول	30.4	24	2.0	74.7	59	
تشرين الاول	24.2	33	2.0	69.1	199	
تشرين الثاني	16.3	53	1.9	60.4	373	
كانون الاول	10.8	67	2.1	52.6	507	
المعدل السوي	22.4	43	2.3			

المصدر ، المصدر نفسه .

جدول رقم (٤٢)
معدلات حرارة الهواء الجاف والرطوبة النسبية
وسرعة الرياح وقيم (THI) و (K) لمعدة :
حديثة : الفترة الزمنية 1971 - 1977

الشهر	درجة حرارة الهواء الجاف Td	الرطوبة النسبية R.H	سرعة الرياح m/s	(K)	(THI)
	°م	°ف			
كانون الثاني	6.2	43.2	80	2.6	44.8 643
شباط	9.7	49.5	70	2.7	50.9 563
آذار	14.2	57.6	60	2.9	57.7 642
نيسان	20.1	68.2	52	3.0	65.5 320
مايس	26.8	80.2	34	3.2	72.1 156
حزيران	31.3	88.3	23	3.8	75.5 44
تموز	33.4	92.1	23	5.1	77.7 -11
آب	32.7	90.9	23	3.9	77.0 8
أيلول	29.3	84.7	26	2.8	73.8 99
تشرين الاول	23.0	73.4	30	2.4	67.5 235
تشرين الثاني	14.0	57.2	50	2.0	57.4 429
كانون الاول	8.1	46.6	75	2.3	48.2 581
المعدل السنوي	20.7	69.3	46	3.1	

المصدر : المصدر نفسه .

الفصل الرابع



العلاقة بين المناخ والنشاطات البشرية العلاقة بين المناخ وكل من :

- ١- الزراعة والرعي .
- ٢ - النقل الجوي والبحري والمائي .
- ٣ - الصناعة .
- ٤ - السياحة والترفيه .
- ٥ - العمليات العسكرية .

$$GDD_i = (T_i - T_m) \text{ for } \bar{T}_i > T_m$$

$$GDD_i = 0 \text{ for } \bar{T} \leq T_m$$

ان الحرارة المجمعة Degree-days لمحصول معين تعرف على ان المعدل اليومي للحرارة وهو درجة واحدة فوق الصفر الحراري للنبات والذي هو الحد الادنى للنمو Growth . ودرجة الصفر الحراري للنبات تختلف باختلاف فصائل النبات ومنها مايتى . بالدرجات المئوية :

الحبوب الربيمة	Spring wheat	°4 - °0 حسب نوعيتها .
الشوفان	Oats	°6
حقول الذرة	Fieldcorn	°12 - °14
الذرة الحلوة	Sweet Corn	°10
البطاطا	Potatoes	°7
البزاليا	Peas	°4
القطن	Cotton	°17 - °18

وعليه فان فصل النمو المثالي هو الذي يوفر الطاقة الحرارية او وحدات الحرارة التي يحتاج اليها النبات في مراحل نموه من بذرة الى الحصاد او جني الثمار . وما يزيد على ذلك يجب ان يتخلص منه النبات عن طريق التبخر / النتح والا قد يقل الانتاج او يصبح النبات قزماً او يصفر لونه او قد يجف Dry-up ويهلك تماماً اذا وصلت درجات الحرارة في اي موقع بين °60c - °50 وهو الحد الاعلى الممكن لعيش النبات . وكذلك الحال اذا ماهبطت الوحدات الحرارية دون الصفر فقد تؤدي الى تجمد عصارة الاوراق والسيقان او تجمدها في الجذور .

وفصل النمو المثالي لايتحدد بتوافر الطاقة الحرارية فقط بل ايضاً بالدور الايجابي للرياح وهو الذي يتحدد بالسرعة التي تسمح بالتبادل الحراري بين النبات والهواء . وحمل بخار الماء بالقدر الذي يسمح بتنفس النبات واذا ما زادت سرعة الرياح على ذلك فيكون دورها سلبياً في تكسر النبات وتمزق اوراقه او في انخفاض درجة حرارته او زيادة عملية التبخر / النتح . ودور الرياح الايجابي والسلبى لايتحدد بالسرعة فقط بل بنوعية الرياح الجافة او الرطبة والباردة والمتربة ونحوها . وان الدور السلبى للرياح يظهر في نقلها للأمراض التي تصيب النبات وما تنقله من غازات وابخرة ملوثة نتيجة مرورها فوق المناطق الصناعية .

ومن العوامل الاساسية للانتاج الزراعي في علاقته مع المناخ هو توافر كمية الماء اللازمة للنمو. وتختلف النباتات في حاجتها الى الماء بالقدر الكافي للنمو - Water use Efficiency . ويوضح الجدول رقم (٤٣) مقادير الماء الكافية لنمو بعض المزروعات علماً بان هذه المقادير تتفاوت من منطقة الى أخرى باختلاف طبيعة النبات ودرجات الحرارة وفترة الاشعاع الشمسي وطبيعة التساقط خلال فصل النمو .

جدول رقم (٤٣)
كمية الماء اللازمة لنمو المحاصيل المختلفة

المحصول	كمية الماء ، كالون / ايكرو
الحبوب	543 Wheat
الفستق	937 Peanuts
الفاصوليا (الجافة)	559 Dry beans
البطاطا	434 Potatoes
الطماطا	516 Tomatoes
البرتقال	1442 Oranges
القطن	937 Cotton

A. Millers & Others, OP. cit., P. 290

المصدر

ويمكن تقدير الحاجة الى كمية الماء اللازمة لنمو النبات باستخدام المعادلة الآتية (٢) :

$$W = K (P_1T_1 + P_2T_2 + P_3T_3 + ... + P_nT_n) - R$$

حيث ان ،

W = كمية الماء اللازمة للري مقدرة بالانجات التي يتطلبها النبات في فصل النمو (عدد الاشهر) .

K = المعامل Coefficient والذي يعتمد على نوع المحصول .

Ibid., P. 297

المبحث الثاني

العلاقة بين المناخ والنقل الجوي والبري والمائي

علاقة المناخ بالنقل قديمة ووثيقة منذ بدأت عملية التبادل التجاري على نطاقها الواسع بين المجتمعات البشرية . فقد كان المناخ عاملاً مساعداً لهذا التبادل التجاري خاصة في الفترة التي استخدم بها الانسان السفن الشراعية في عمليات تنقله وتجارته . وفي الوقت الحاضر وعلى الرغم من التقدم العلمي الواسع فما زال المناخ يؤدي دوراً أساسياً في عمليات تنقل الانسان وتجارته والتي تتركز في ناحيتين تبدو الاولى منها في استغلال العناصر المناخية لتسهيل عملية النقل والثانية في الحد من العوارض المناخية التي تعيق او قد تعطل النقل جزيئاً او كلياً .

ان اكثر انواع النقل حساسية وتأثراً هو النقل الجوي والذي يمكن تفصيل جوانب ذلك التأثير فيما يأتي :

أ - اختيار موضع المطار (عسكرياً ام مدنياً) : ان موضع المطار المثالي يتصف بثلاثة عوامل هي :

- ١ - مستوى الارض .
- ٢ - عدم وجود عوارض محيطية .
- ٣ - سهولة الوصول .

هذه الصفات الثلاث مع عناصر المناخ المؤثرة في عملية الاقلاع والهبوط تحدد عملية اختيار موضع المطار . ان العناصر المناخية المباشرة في عملية الاقلاع والهبوط هي :

- | | |
|------------|-------------------------|
| Local wind | ١ - الرياح السائدة |
| Visibility | ٢ - مدى الرؤية : |
| Fog | ٣ - الضباب : |
| Turbulence | ٤ - الاضطرابات الجوية : |

٧ - ان تأثير الرياح السائدة هو الذي يحدد اتجاه مدرج الطائرات حتى يمكن الاستفادة من قوة الرياح في عمليات الاقلاع والهبوط ، تلك العمليتان - الاقلاع والهبوط - اللتان تشكلان بداية أمن الملاحة الجوية ونهايتها .

يمطل هذا النوع من النقل في الدائرتين القطبيتين لمعظم ايام السنة وانتشار الضباب
يمطل الملاحة في سواحل البحيرات الكبرى الامريكية عدة أيام خلال فصل الشتاء
كما يشكل خطورة عالية للملاحة في المضائق والممرات المائية العالمية .

اما النقل البري (بالسيارات والسكك) فهو ايضاً يتأثر بالعوارض المناخية
وبدرجات أقل . فالعواصف قد تقتلع السكك الحديد وكذلك تفعل الامطار
الغزيرة . وتتعطل حركة المرور والاشارات الضوئية نتيجة الضباب او نتيجة التجمد
مما له تأثير كبير في سلامة المرور وفي عنصر الزمن الذي من اجله توصل الانسان
الى استخدام السيارات ونحوها . وتؤثر العوارض المناخية ايضاً في عنصر الاستمتاع
بالرحلات والسفرات البرية التي تحجب المناظر الطبيعية Landscape وتقلل من
اهمية Site seeing الذي هو احد الاهداف الرئيسة في السياحة .

اما درجة الحرارة وعلاقتها بالنقل البري فيعبر عنها رياضياً^(٢) تحت مفهوم
الحرارة المتجمعة للتجمد Freezing Degree-Days (FDD) وكما يأتي
حيث ان

$$FDD = \Sigma (T_i - A)$$

T_i = المعدل اليومي لدرجة الحرارة المجمعة في يوم
 A = درجة الصفر الحراري وتساوي صفر م° او (32)° ف والتي تؤدي الى تجمد
الطرق السريعة وتحدد قابلية الاشارة الضوئية .

- د - القدرة الانتاجية للعامل : تعتمد القدرة الانتاجية للعامل على عوامل عدة منها درجة راحة العامل في المعمل واثناء العمل . وهذا يعتمد على مقدار التبادل الحراري داخل المعمل وجسم الانسان ومن ثم يؤثر في قدرته الفيزيولوجية والعقلية فتعبط قدرة العامل الانتاجية مع ارتفاع الحرارة داخل المعمل أو انخفاضها عن مستوى نشاط العامل . وقد ثبت بالتجربة ان قدرة العامل الانتاجية تنعدم اذا انخفضت حرارة المعمل عن - 20 م وتنخفض قدرته الانتاجية بمقدار % 75 اذا ارتفعت درجة الحرارة عن 30 م .
- هـ - في المواقع التي تنخفض فيها درجات الحرارة دون التجمد والتي تعطل حركة النقل سوف تؤثر في استمرارية العمل وفي زيادة كلفة الانتاج .
- و - المواقع التي ترتفع فيها درجات الحرارة تتطلب زيادة في الصرف على عمليات التبريد في المخازن .

الرطوبة الجوية :

ارتفاع الرطوبة الجوية يعمل على توطن الصناعات التي تتطلب موادها الخام ان تكون رطبة كما في الصناعات القطنية أو قد تعمل هذه الصناعة على زيادة استخدام الماء وزيادة في كلفة الانتاج اذا ماقيست في المواقع الجافة .

٤ - الرياح :

ان الاستخدام الحديث للرياح هو بتحويلها الى مصدر للطاقة وعلى الرغم من ان هذا الاستخدام مازال محدود فان المستقبل سوف يفتح ان المواقع المفتوحة والتي تشتد فيها الرياح سوف تكون عاملاً من عوامل التوطن الصناعي . كما يظهر تأثير الرياح في الصناعة في دورها في التلوث الجوي لذلك فان اتجاه الرياح يؤثر بدرجة كبيرة في موقع الصناعة .

اما الدور غير المباشر للمناخ في اختيار موقع الصناعة وفي عمليات النقل (سواء نقل البضائع أو المواد الخام أو رحلة العمل) وفي التلوث الجوي خاصة الصناعات التي ينتج عنها نفايات وفضلات كبيرة . والدور غير المباشر يظهر ايضاً في التأثير في رحلة العمل خاصة اذا ما سكن العمال بعيداً عن المواقع الصناعية في الضواحي أو الاطراف حيث يجذب العمال بفعل المناخ الى السكن في الضواحي

المبحث الرابع العلاقة بين المناخ والسياحة والترفيه

تعني السياحة عملية سفر أو انتقال الانسان من منطقة سكناه الى المناطق الاخرى ، سواء كانت داخل وطنه أو بين الدول . والنوع الاول يصطلح عليه بالسياحة الداخلية Domestic Tourism والثاني العالمية International Tourisom والسائح Tourist كل شخص يسافر من منطقة سكناه التي اعتاد العيش فيها ، الى أي منطقة اخرى لغرض سياحي أو أكثر من الاغراض السياحية ولفترة لا تقل عن ٢٤ ساعة* .

الاجراض السياحية Tourist purposes كثيرة ومتعددة - وبقدر ما يخص هذا المبحث - يمكن تقسيمها الى نوعين :

- أ - الاجراض السياحية المعتمدة مباشرة على المناخ .
- ب - الاجراض السياحية التي ليس للمناخ علاقة مباشرة فيها .
يشمل النوع الاول الاجراض الآتية :
- اولا . سياحة الشواطئ Sandy beaches والتي تعتمد في قيامها ونشاطها على خمسة عناصر اساسية وهي :

- ١ - الاشعة الشمسية .
- ٢ - درجة حرارة الهواء والماء .
- ٣ - نقاوة الماء .
- ٤ - الشاطيء الرملي Sandy beaches
- ٥ - امكانية وصول الانسان وتسهيلات الاقامة .

ثانياً : السياحة القائمة على الفعاليات المائية Water-beased activities

- ويشترط في قيامها ونشاطها :
- ١ - مساحات مائية واسعة وعميقة .
 - ٢ - تجهيزات استخدام القوارب الشراعية والزوارق الاخرى والصيد .

* هذا التحديد الزمني معتمد من منظمة السياحة العالمية World Tourism Organization والفرض من هذا التحديد هو فرض بقاء السائح في منطقة زيارته مدة ليلة واحدة على الاقل للمبيت في الفنادق أو المنشآت السياحية الاخرى .

لقد ارتبط بالسياحة مفهوم الترفيه Recreation هذا المفهوم الذي يعني اعادة الخلق والبناء والتجديد للانسان بمفهوم راحته النفسية والعقلية والجسدية . يتطلب الانسان هذه الراحة سواء بعد قضاؤه فترة من عمله السنوي في المعامل والمصانع والجامعات ونحوها او بعد تعوده على بيئته المحلية التي يسكن فيها فبعد العناء والتعب او بعد الرقابة والملل يحتاج الانسان الى عملية التغيير والراحة في عملية سفره سواء داخل بلده او بين بلدان العالم .

عناصر المناخ السياحية

١ - الاشعاع الشمسي :

يؤثر الاشعاع الشمسي . بغض النظر عن الحرارة . في جملة من التأثيرات في الانسان وهي :

أ - ان الاشعة تحت الحمراء Infra-red rays يمتصها جسم الانسان مباشرة او من خلال ملابسه وبذلك ترفع من حرارته الداخلية فيقصد الانسان بذلك اما مناطق الظل حيث الغابات والاشجار او حيث الاشعة في المناخ البارد . كما ان تركز هذه الاشعة قد تصيب الانسان بالعمى Blindness او الصداغ Headaches ونحوها مما يقلل من راحة الانسان .

ب - الاشعة فوق البنفسجية Ultraviolet rays يتطلبها جسم الانسان في صناعة فيتامين (D) الذي هو اساس رئيس في بناء العظام وقوتها . كما ان هذه الاشعة لها دورها في اصابة جلد الانسان بالتقرح والسرطان اذا ماوصلت بصورة حرة الى الجسم ولم يعرقل وصولها غاز الاوزون O₃ الذي يمتص الجزء الاكبر منها . وان هذه الاشعة تصيب العين بامراض مختلفة .

ج - درجة الحرارة : ان التطرف في درجة الحرارة في حديه الأدنى والاعلى يدفع جسم الانسان بصورة غير ارادية الى اعادة التوازن الحراري للجسم والذي يعتمد مباشرة على مقدار مايمتصه او يفقد في العلاقة مع درجة حرارة الهواء . اعادة التوازن الحراري تتطلب جهوداً كيميائية وفيزيائية يقوم بها جسم الانسان واذا مااستمرت يكون ذلك على حساب صحة الانسان وطاقة جسمه ويعرضه في الاخير الى عدد كبير من الامراض كالتحول والتهاب العين واصفرار الوجه ووهن الجسم وقزميته . لذلك فالدرجة الحرارية المثالية للهواء هي تلك الدرجة التي تقترب كثيراً من حرارة الانسان الداخلية Core temperature والتي

٤ - الثلج : Snow

ان نشوء مراكز الرياضة الشتوية يعتمد بالدرجة الاولى على تساقط الثلوج وتجمعها لتسهيل انواعاً مختلفة من الرياضة الشتوية واهمها التزلج على الجليد Skiing وعلى الرغم من ان متطلبات نشوء مواقع الرياضة الشتوية التي اصبحت من اهم المواقع للجذب السياحي متعددة الا انها بمجموعها طبيعية أو بيئية تتعلق بالمنحدر وطبيعته وسهولة الوصول اليه . ومهما كان توافر العوامل البيئية لقيام مركز للرياضة لابد ان يمتاز ذلك الموقع بدفء مناخه واعتدال سرعة الرياح فيه وهذان العاملان اساسيان في الرياضة الشتوية والسياحة الشتوية .

ان التحليل العام لحركة السياحة العالمية نجد ان مصدرها من الدول الباردة والرطبة كما في دول غرب ووسط وشمال اوربا نحو المواقع التي تمتاز باعتدال مناخها يمتاز بدفئه واشراق شمسها كما في دول اوربا الجنوبية المطلة على البحر المتوسط . ان المناخ المعتدل المشمس في هذه المواقع هو الذي خلق من الريفيرا الايطالية والفرنسية اعظم مواقع الجذب السياحي في العالم .

المناخ السياحي :

لحساب وتقدير قيمة المناخ السياحي او قدرة المناخ على الجذب السياحي اهتم الباحثون بتقويم ثلاثة عناصر مناخية اساسية وهي :

- ١ - درجة الحرارة .
- ٢ - الاشعاع الشمسي .
- ٣ - المطر .

هذه العناصر الثلاثة اتخذها الباحثون في الحساب لتفسير المنطوق العلمي لوصف المناخ السياحي بأنه المناخ المعتدل الذي يوفر شتاءً دافئاً رطباً مشمساً وصيفاً بارداً مشمساً ومثل هذا الوصف يبدو انه يتطلب موقعاً فريداً Uniqu . وقد قام باهم المحاولات لحساب مثل هذا الموقع كل من بولتر Poulter وفيركسون Fergusson وراكلف Rackliff وهكز Hughes في معادلاتهم ادناه . وعلى التوالي (١) .

ان استخدام هذه المعادلات لتقويم المناخ السياحي يبدو انه جاء مطابقاً لبيئة طبيعية اوروبية قد لاتعرف الجفاف الا غير المنظور منه . ويسودها المناخ البارد المطر معظم ايام السنة لذلك فإن اعطاء وزناً متكافئاً للأشعة والحرارة مسحوباً (مطروحاً) منه قيمة المطر يبدو واقعياً . ولكن بيئة طبيعية كالعراق والوطن العربي ومعظم مناطق العالم الجافة وشبه الجافة ترفض هذا المنطق لسبب بسيط جداً وهو أن أشعة الشمس تصبح عاملاً معوقاً لنشاط الانسان خارج بيته **Outdoors activities** نتيجة للحرارة والجفاف وفي مثل هذه المجتمعات - الجافة وشبه الجافة - يميل الانسان الى البقاء في منزله اولا يعرض جسمه لأشعة الشمس معظم ساعات النهار خاصة بين الساعة الحادية عشرة صباحاً وحتى غروب الشمس . وعليه لايمكن جمع الشمس مع الحرارة لاعطاء قيمة معينة بل العكس تماماً أي حيث الموقع الذي تنخفض فيه درجة حرارة الهواء الى اقصى حد ممكن كما في المرتفعات وتحت الظلال . وهذا يعني تعديل معادلة ديفز بالصيغة الاتية (١٦)

$$I_0 = 20S - 7Rh + T$$

وقد طبقت هذه المعادلة للمقارنة بين اهمية المناخ السياحية بين مدن العراق الثلاث وهي الموصل وبغداد والبصرة . وكما يوضح ذلك الجدول رقم (٤٤) والذي يظهر تفوق الموصل على بغداد والبصرة في قيمة المناخ السياحي في فصل الصيف أو تدرج القيمة السياحية الصيفية بارتفاع الدليل من الجنوب باتجاه الشمال وهذا مايفسره الواقع الطبيعي في العراق .

جدول رقم (٤٤)

دليل المناخ السياحي الصيفي I_0 في العراق

المدينة / الشهر	حزيران	تموز	آب
الموصل	213	212	205
بغداد	195	188	192
البصرة	186	171	175

A.S. AL rawi, OP. Cit., P.205

المصدر .

المبحث الخامس المناخ والعمليات العسكرية

هناك شواهد تاريخية عديدة تفسر استخدام عناصر المناخ لكسب معركة ماسواء عن طريق الهجوم أو الدفاع . ومن هذه الشواهد ما يرجع الى عهد الرسول العربي (ص) في معركة بدر وسيطرة الرسول (ص) على آبار الماء ليترك جيش قريش يعاني من الجفاف . منها ما يعود الى تراجع نابليون بونابرت عام ١٨١٢ عن اجتياح الاتحاد السوفيتي بسبب موجات البرد والثلوج . ومنها ما يعود ايضاً الى نزول الحلفاء في نورماندى في يوم عاصف هائج لمباغطة الالمان الذين كانوا يحتلون فرنسا . هذه الشواهد تدلل ان المناخ يوفر عنصر المباغطة

للمهاجم والذي قد يحسم معركة كاملة . لذلك عند امتحان العلاقة بين العناصر المناخية والعمليات العسكرية لابد من النظر في الامور الاتية :

- ١ - هل المناخ عاملاً في خلق المواقع الاستراتيجية .
- ٢ - هل للمناخ علاقة في عمليات السوق العسكري .
- ٣ - دور المناخ في التجهيزات والنقل

ان الموقع الاستراتيجي هو الموقع الذي يوفر قدره للهجوم والدفاع بنفس الدرجة . وعليه تعد البيئات المناخية المتطرفة الثلاث وهي المتجمدة والاستوائية والصحراوية اكثر البيئات في القيمة الاستراتيجية . لان هذه المناخات الثلاث يصعب اقتحامها بسهولة وتمنع عنصر المباغطة أو المفاجأة فيها . لان النوع الاول وهو المتجمدة تمنع النقل السريع والبيئة الثانية الاستوائية بسبب غاباتها وادغالها لاتسمح بالانتشار والتنقل السريع ايضاً والصحراوية مكشوفة ومتغيرة المعالم لاتسمح بالغزو السريع .

هذا المنطق قد يصح من وجهة نظر هجوم صنف المشاة والدروع ولا يصح مع صنف القوة الجوية . لان الموقع ذو المناخ المتجمد يمنع المشاة والدروع من التقدم ولكنه لايعيق المظليين ولا حتى هبوط الطائرات (واستخدام الجليد كمدراج للهبوط) كما ان تفجير القنابل فيه قد يؤدي الى انهيار واسع في الموقع الثلجي . وكذلك بالنسبة الى البيئة الاستوائية فهي صعبة الاقتحام البري ولكن سهولة الضرب بالطيران لقابليتها على الاشتعال وانتشار المواد الكيميائية . والبيئة الصحراوية سهلة

عاصف وهذه الحقيقة استخدمها سلاح الغواصات والبوارج الالمانية في هجومهم على مضيق دوفر في يوم عاصف هائج الموج ففاجأوا فيه قوة الحلفاء .

وتؤثر الحرارة ايضاً في فاعلية قتال الجندي في انخفاضها وارتفاعها فانخفاض الحرارة دون الصفر لفترة طويلة تؤدي الى اصابة القدم بالتجمد التي كثيراً ما يتعرض لها العسكريون في المناطق الثلجية .

وكذلك تؤثر الامطار في العمليات العسكرية خاصة سلاح الدروع وبالطبع يتوقف ذلك ايضاً على نوعية التربة . واكثر انواع التربة تأثراً هي الترب التي ترتفع فيها نسبة الاملاح . ان هذه الحقيقة كانت احد العوامل المهمة التي دفعت القيادة في العراق الى تحديد شهر نيسان / ١٩٨٨ لتحرير مدينة الفاو - مدينة الفداء وبوابة النصر العظيم - . وذلك لأن مجموع المطر الساقط في نيسان لا يتجاوز اكثر من (٩) ملم سنوياً في معدله مقارنة مع ٢١.٤ ملم لشهر آذار و ٣٤.٢ ملم لكانون الثاني . فضلاً عن ان هذا الشهر يمثل اعتدالاً حرارياً بمعدل ٢٥ م مقارنة مع ١٩ م لشهر آذار و ١٢ م لشهر كانون الثاني و ٣٠.٩ م لشهر مايس .

المناخ والمجتمع

المقدمة :

ان محاولات الانسان لمعرفة تأثير عناصر المناخ المختلفة فيه بشكل مباشر قديمة قدم الانسان نفسه . وقد ظهرت عدة محاولات في الماضي تحاول ان تفسر هذا التأثير . ولكنها كانت محدودة لمحدودية المعلومات المتوافرة عن عناصر المناخ . ولكن الانسان نفسه ومن خلال تجاربه استطاع ان يلاحظ هذا التأثير بشكله البسيط . فلجؤ الانسان الى الكهوف لاتقاء حر الشمس المباشر او البرودة في الشتاء والحرارة في الصيف هي عبارة عن التعبير عن ادراكه لتأثير عناصر المناخ عليه . كما ان توجه الانسان باتجاه وضع الجلود على جسمه العاري ومن ثم اختلاف نوعية ملابسه باختلاف مناخ المناطق التي انتقل اليها هي تعبير بالاتجاه نفسه .

ولما كان للمناخ تأثير مباشر في جوانب عديدة من حياة المجتمع . فقد اهتمت الدراسات الحديثة بهذا الجانب بعد ان توافرت المعلومات المناخية وتقدمت العلوم الاخرى مثل الطب والطب الرياضي والهندسة . ويعتبر هذا النوع من الدراسات من اقرب الدراسات الى حياة الانسان المباشرة ولكنها كذلك من أعقد واصعب الدراسات خاصة في مجال التطبيق . ويعود السبب في تعقيدها وصعوبتها الى طبيعة الموضوع الذي تتعامل معه هذه الدراسات . فالانسان وهو الجانب المهم في المعادلة يؤثر فيه عوامل عديدة منها المناخ . ولمعرفة تأثير المناخ من ضمن العوامل الاخرى المؤثرة ينبغي معرفة تأثير هذه العوامل بشكل وثيق وعندها ماتبقى من تأثير سوف يعزى الى المناخ . ولما كانت المعرفة لم تتوصل بعد الى هذه المرحلة . لذلك يصعب تماماً معرفة تأثير المناخ الدقيقة على بعض جوانب حياة الانسان . فالامراض التي تصيب الانسان مثلاً هي عبارة عن وجود الفايروس او الاصابة فضلاً عن قابلية الجسم على المقاومة والمناخ الملائم . اما شعور الانسان بالراحة فهي فضلاً عن العوامل الطبيعية (حرارة-رطوبة-اشعاع-رياح) فهناك العوامل النفسية التي تؤدي دوراً كبيراً وهناك التأقلم الذي يحصل عليه الانسان بتعاقب الاجيال في منطقة معينة . واذا ما أخذنا تأثير الجانب الطبيعي في الراحة فقط فلا يتم التوصل الى التعامل مع جميع العوامل المؤثرة في راحة الانسان من اجل وضع حد واضح لشعور الانسان بالراحة . ان هذه الامثلة وغيرها الكثير تبين مدى الصعوبة التي يواجهها الباحث في تحديد تأثير المناخ في الانسان . ففي حالات عديدة يشعر الانسان بأهمية عناصر المناخ على جانب معين من حياته . ولكنه لا يستطيع الكشف

المبحث الاول

Human Comfort الراحة الفسيولوجية للانسان

مفهوم الراحة الفسيولوجية :

الانسان يتأثر بشكل مباشر بعناصر الطقس اليومي . فالاشعاع الشمسي المباشر يؤثر في الانسان . فالتعرض الى الاشعة فوق البنفسجية Ultraviolet والتي طولها الموجي أقل من ٠,٣ ميكرون يسبب أحمرار في الجلد . والتعرض الطويل لهذه الاشعة يؤدي الى سرطان الجلد . كما ان الاشعة الشمسية بين ٠,٣٢ - ٠,٦٥ ميكرون تؤدي الى ضربة الشمس او حروق الشمس . اما الحرارة فان الانسان يتأثر بها ضمن مدى واسع . أما اذا اخذ تأثير الحرارة مع الرطوبة او الحرارة مع الرياح فان تأثيرها يكون بالغاً . فارتفاع الحرارة مع ارتفاع الرطوبة يؤدي الى تقليل طاقة الانسان في العمل . كما ان الرياح مع انخفاض درجات الحرارة تجعل الجسم البشري يشعر بأن درجة الحرارة اقل بكثير من درجة الحرارة المسجلة . وحتى انخفاض الضغط يؤثر في الانسان وذلك من خلال قلة الاوكسجين . فالمعروف ان الانسان لا يستطيع ان يعيش بشكل دائم على ارتفاع اكثر من ٥٢٤٠ متراً وذلك بسبب قلة الاوكسجين . فالمدينة التي تقع على اعلى ارتفاع في العالم هي وين جون في الصين وتقع على ارتفاع ٥١٥٠ متراً وهناك مرصد في بوليفيا يقع على ارتفاع ٥٤٠٠ متر . كما اكتشفت آثار استيطان بشري على ارتفاع ٦٤٠٠ متر في جبال الانديز . والاحتمال هنا ان الانسان على هذه الارتفاعات استطاع التكيف عبر اجيال ضد قلة الاوكسجين . كما ان الانسان يتأثر بشكل مباشر بالتلوث الذي يحمله الهواء خاصة في المناطق الصناعية . واكبر حادث في هذا المجال هو ارتفاع نسبة التلوث في سماء لندن في كانون الاول من عام ١٩٥٢ مما ادى الى مقتل ٤٠٠٠ شخص معظمهم من الاطفال وكبار السن .

من هذا الاستعراض الموجز يمكن تعريف الراحة بانها قيام الجسم البشري بتأدية فعالياته الطبيعية في جو يتلاءم مع هذه الفعاليات ومن دون اي تأثير ضار فيه . واكثر الناس يتأثرون بالحرارة ارتفاعاً او انخفاضاً وبالرطوبة والاشعاع الشمسي والرياح . ومفهوم الراحة يختلف بين انسان وآخر وبين مجموعة بشرية واخرى . ولما كانت هناك علاقة بين هذه العناصر . فان أي عنصر لوحده لا يمكن ان يكون مؤشراً كافياً للشعور بالراحة ومن هنا جاء تعقيد اكتشاف قانون يحكم شعور الانسان بالراحة .

الجسم يؤدي الى رفع درجة حرارة الجسم درجة مئوية واحدة في الساعة اذا لم تتبدد الطاقة خارج الجسم لأي سبب كان . والغذاء هو المسؤول الاساس عن توليد هذه الطاقة والتي يستعمل منها ٨٠٪ لبناء الجسم و ٢٠٪ للنشاط اليومي . ولما كانت الطاقة الايضية المولدة تختلف باختلاف وضع الجسم ، فان القيام بأي نشاط سوف يرفع من توليد الطاقة . والجدول (٤٥) يبين كمية الطاقة الايضية Metabolic المولدة في الجسم في اوضاع مختلفة .

جدول رقم (٤٥)
الطاقة المولدة في الجسم وما يعادلها بالكيلوسعرة لنشاطات مختلفة (٢)

وضع الجسم	الطاقة المولدة MET	ما يعادلها بالكيلوسعرة م / م / ساعة
النوم	٠,٨	٤٠
مستيقظ ولكن بدون عمل	١	٥٠
في حالة الطباخة	١,٣	٦٥
في حالة السياقة او العمل المكتبي	١,٦	٨٠
واقف يعمل عمل خفيف او يسير بمعدل ٣,٢٠٠ متر في الساعة .	٢	١٠٠
يسير بمعدل ٤ كم / ساعة	٣	١٥٠
ينزل السلم	٣,٨	١٩٠
يسير بمعدل ٦,٤٠٠ م / ساعة	٤	٢٠٠
يسير بمعدل ٦,٤٠٠ متر بالساعة عكس هبوب الرياح التي سرعتها ٣٢ كم / ساعة .	٦	٣٠٠
يمدو بسرعة قصوى لمسافة قصيرة .	١٠	٥٠٠
يصعد السلم	١١	٥٥٠
يمدو بسرعة قصوى وبسرعة ٣٥ كم / ساعة ولمسافة طويلة	٤٠	٢٠٠٠

(٢) الجدول مأخوذ من Oliver مصدر سابق ص ١٨٨ و Griffiths مصدر سابق ص ١٩ .

فهناك مجموعة معادلات تعبر عن هذه الحالة . قسم منها استخدم تسجيلات المحرار الجاف والمحرار الرطب (١٠) : Dry bulb & wet bulb thermometers وهي

$$THI = 0.4 (Tw + Td) + 4.8$$

حيث ان :

THI = دليل الحرارة / الرطوبة (شعور الانسان بالراحة)

Tw = درجة الحرارة على المحرار الرطب

Td = درجة الحرارة على المحرار الجاف

والقسم الاخر استخدم حرارة المحرار الجاف مع درجة حرارة نقطة الندى (١١)

Dry bulb and dew point temperature وهي

$$THI = 0.55Td + 0.2Tdp + 5.3$$

حيث ان : دليل الحرارة / الرطوبة (دليل شعور الانسان بالراحة) * THI

Td = درجة حرارة المحرار الجاف

Tdp = درجة حرارة نقطة الندى

كما ان معادلة اخرى استخدمت درجة الحرارة مع الرطوبة النسبية (١٢)

Dry bulb and Relative humidity وهي :

$$THI = T - 0.55 (1 - RH) (T - 14)$$

حيث ان :

THI = دليل الحرارة / الرطوبة (دليل شعور الانسان بالراحة)

T = درجة الحرارة على المحرار الجاف

RH = الرطوبة النسبية

وجميع هذه المعادلات تفسر على اساس ان الناتج هو الدليل . فاذا كان الناتج اكثر من (٢٥) فان معظم الناس في هذه الظروف يشعرون بعدم الراحة . اما اذا كانت النتيجة بين (١٥ - ٢٠) فان معظم الناس يشعرون بالراحة . وفي دراسة اجريت على مجموعة من الناس من اعمار مختلفة فقد وجد بتطبيق نتائج هذه المعادلات ان معظم الناس يشعرون بالراحة عندما تكون النتائج بين ١٥ - ٢٠ وان

(5) Critchfield. General Climatology. Prentice Hall 1974. P. 350.

(6) Gates. Man and his Environment: Climate. Harper and Row, 1972. P. 95.

* وقد عدلت النتيجة في المعادلة / لتلائم مع درجة الحرارة المؤمية (من المؤلف)

(7) Lutgens & Tarbuck. The Atmosphere. Prentice Hall 1979 P. 41

ان المعادلات السابقة تعالج ارتفاع الحرارة واثره بالدرجة الاولى ، لذلك ركزت على رطوبة الهواء لانها كثر أهمية من بقية العوامل . اما في المناطق الباردة ، فان الهواء هو الذي يؤدي دوراً كبيراً في شعور الانسان بانخفاض درجة الحرارة . لذلك فان الدليل الذي يعالج شعور الانسان بالراحة في المناطق الباردة سوف يركز على استخدام الرياح مع درجة حرارة الهواء . لقد قام سيل Siple وبازل Passel عام ١٩٤٥ بتحديد اثر الرياح في الشعور بأنخفاض الحرارة . وقد اقاموا تجاربهم في القطاع الامريكى من القارة القطبية الجنوبية وجاءوا بدليل تبريد الهواء . ويمكن تعريف هذا الدليل على انه قياس لكمية الحرارة التي يمكن للغلاف الغازي امتصاصها خلال ساعة من سطح مكشوف ومساحته متر مربع واحد . وللوصول الى الدليل لابد من استخدام معادلة رياضية تحسب قوة التبريد في الغلاف الغازي وفي الظل ومن دون ان يأخذ بنظر الاعتبار التبخر الحاصل من الجسم وعلى سطح مكشوف . والمعادلة الاتية (١) والتي تكون نتائجها بالكيلو سرعة / م / ساعة تعطي هذا التعبير .

$$K = (\sqrt{100V} + 10.45 - V) (33 - t_a)$$

حيث ان :

$$\begin{aligned} K &= \text{قوة تبريد الهواء بالكيلو سرعة / م / ساعة} \\ V &= \text{سرعة الرياح بالمتر / الثانية} \\ t_a &= \text{درجة الحرارة بالمقياس المؤي} \end{aligned}$$

ان هذه المعادلة التي لاتستند الا الى تجارب اقيمت في منطقة معينة لاتلائم مع كل المناطق وكل الاشخاص ، ولكنها تعطي تصوراً جيداً عن قوة تبريد الرياح . والمعادلة تفترض ان درجة حرارة الجلد هي ٣٣°م . لذلك فإن النتائج يمكن ان تفسر على ان ٥٠ - ٢٠٠ كيلو سرعة / م / ساعة على انها حارة واكثر من ١٢٠٠ كيلو سرعة / م / ساعة على انها قارصة البرودة (الجدول ٤٦) .

ان الانتقاد الذي يوجه لهذه المعادلة هو ان الجسم البشري دائماً يكون مغطى بالملابس عندما تنخفض الحرارة الى هذا الحد بينما تفترض المعادلة ان تكون الاجسام مكشوفة . لذلك لايمكن ان تعبر نتائج هذه المعادلة عن الواقع . وقد قام

حرارتهم 30°م ويعمل بشكل خفيف كأن يسير بسرعة ١,٣ متر / ثانية . ان هذه الاقتراضات قد ادخلت تعديلاً جوهرياً على المعادلة الاصلية . لذلك فان ستيدمان وجد ان تأثير تبريد الرياح هو اقل مما اوجده سبل وبازل . والشكل (٤٥) يبين المقارنة بين نتائج سبل وستيدمان . فمثلاً اذا كانت الحرارة صفراً مئوياً وسرعة الرياح ٢٦ كلم / ساعة . فان درجة الحرارة التي يشعر بها الانسان بحسب معادلة ستيدمان هي ($- 5^{\circ}\text{م}$) بينما بحسب معادلة سبل وبازل تكون ($- 10^{\circ}\text{م}$) . أي ان نتائج سبل وبازل دائماً اخفض من نتائج ستيدمان وذلك لان تأثير الملابس في معادلة ستيدمان ستحسن كثيراً من شعور الانسان بالحرارة .

ان الاستخدام الشائع لنتائج هذه المعادلة هو بتحويل نتائجها الى مايعادلها من درجة حرارة . والجدول (٤٧) يبين درجات الحرارة التي يشعر بها الانسان في درجة حرارة هواء وسرعة رياح مختلفة .

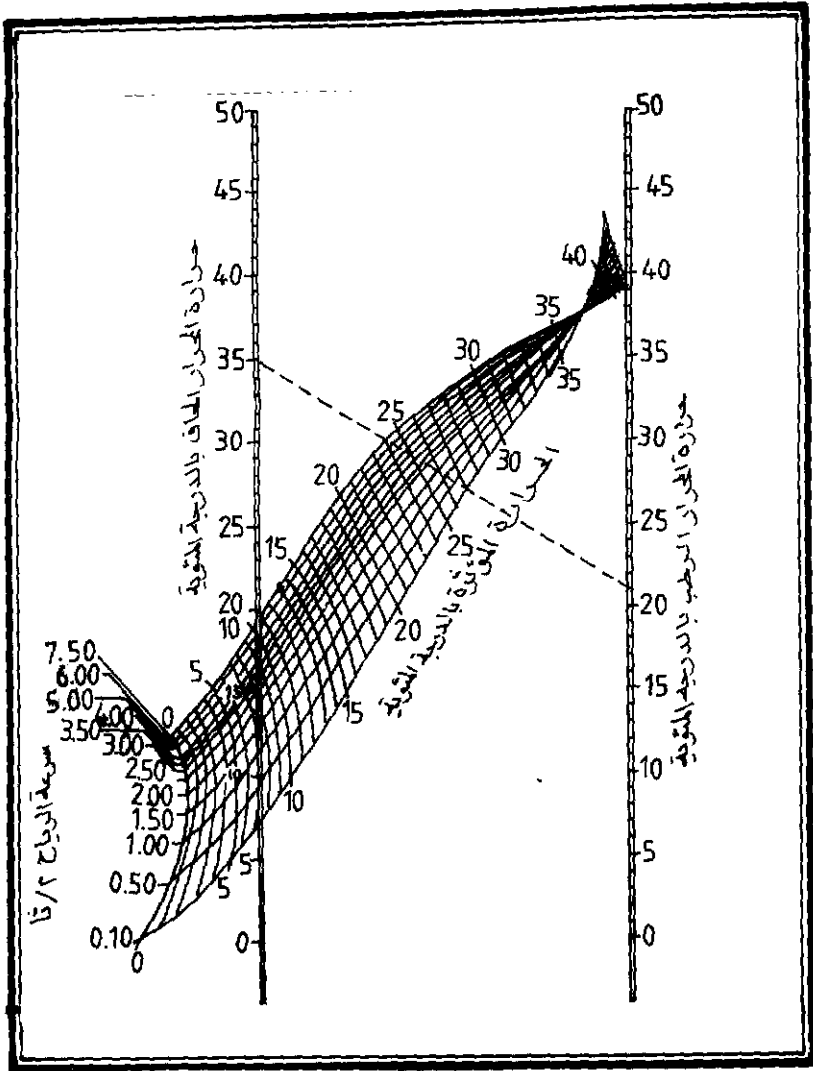
ان هذا الدليل يستعمل حالياً مع نشرة الانواء الجوية للولايات الامريكية الباردة وذلك من اجل توجيه الانسان الى ثقل الملابس التي يجب ان يستعملها قبل خروجه للعمل . أي ان هذه المعلومات يمكن استخدامها في تقدير سمك الملابس التي يجب على الانسان ارتداؤها لتقليل خطر انخفاض درجات الحرارة . والشكل (٤٥) يمثل تقدير ستيدمان لسمك الملابس التي يتوجب ارتداؤها استناداً الى دليل تبريد الرياح . ومن الشكل يتضح ان ارتفاع سرعة الرياح مع انخفاض الحرارة (حالة الانجماد على الدليل) لاينفع معها الملابس مهما كان سمكها أو فيها مواد عازلة . الشيء الوحيد الممكن استعماله هو القيام بنشاط بدني أو استعمال مصدر تسخين خارجي من اجل حماية نفسه من الموت انجماداً .

لابد من الاشارة هنا الى حقيقة مهمة جداً وهي ان اختلاف التحسس بالحرارة والبرودة بين شخص واخر يدفعان الباحثين الى الحذر من تعميم نتائج الدراسات التي تستخدم مثل هذه المعادلات . وان تأقلم الاشخاص للبيئة التي يعيشون فيها يجعل من الصعب تعميم نتائج المعادلات عن شعور الانسان بالراحة على كل العالم . لذلك ينبغي ان تجري دراسات تطبيقية على مناطق مختلفة من اجل قياس صلاحية هذه المعادلات لتلك المناطق . فالنتائج ستكون بالتأكيد مختلفة بين منطقة واخرى . لذلك ندعو الباحثين المهتمين في هذا المجال ان يكونوا حذرين في استخدام هذه المعادلات وتفسير نتائجها . واذا ماوجدت الدراسات التطبيقية لمناطق مختلفة . فان ذلك سوف يتطلب تعديلاً معيناً على هذه المعادلات لتصبح ملائمة

دليل تبيينه الرابع^(١)

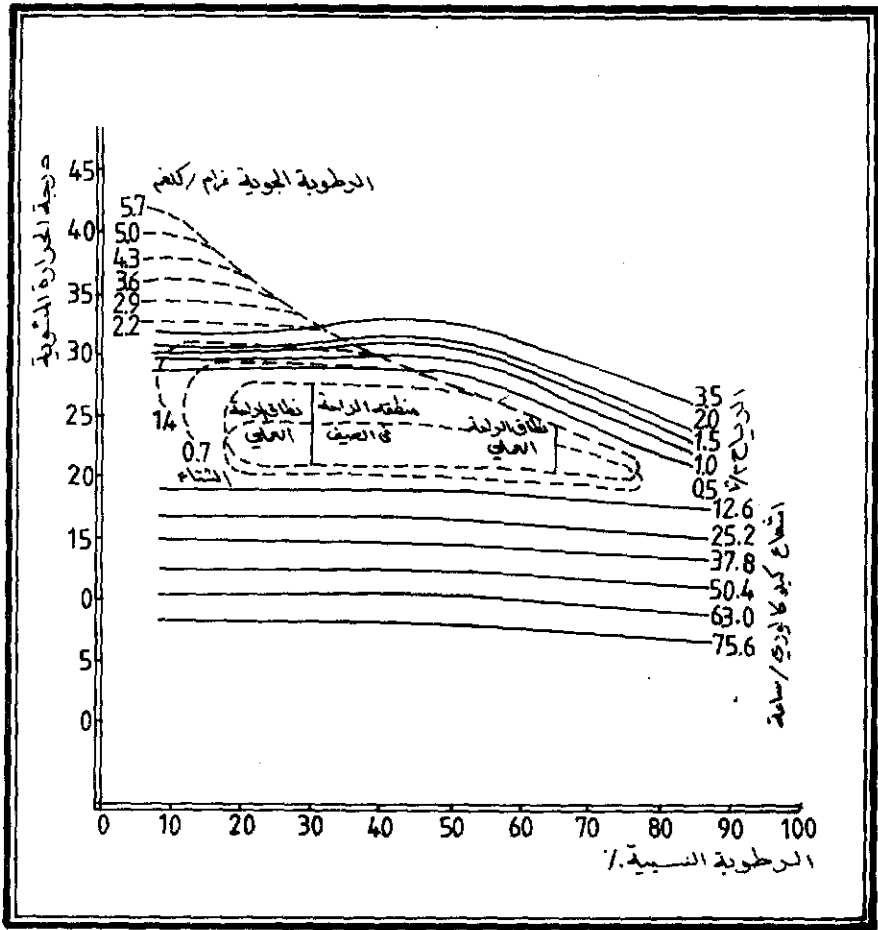
[illegible]

ملاحظة : سرعة الرياح اكثر من ١٤ كلم / ساعة لاخفيف الا قليلا لذلك اتمت .

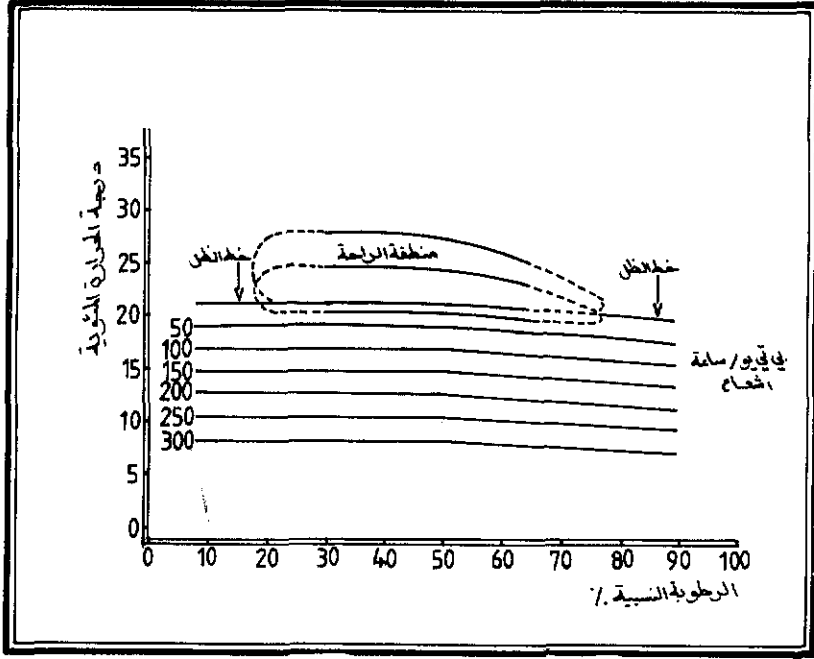


شكل (١٦) رسم بياني يبين العلاقة بين حرارة المحرار الجاف والرطب لتحديد الحرارة المؤثرة

المصدر، After Griffiths, 1982.

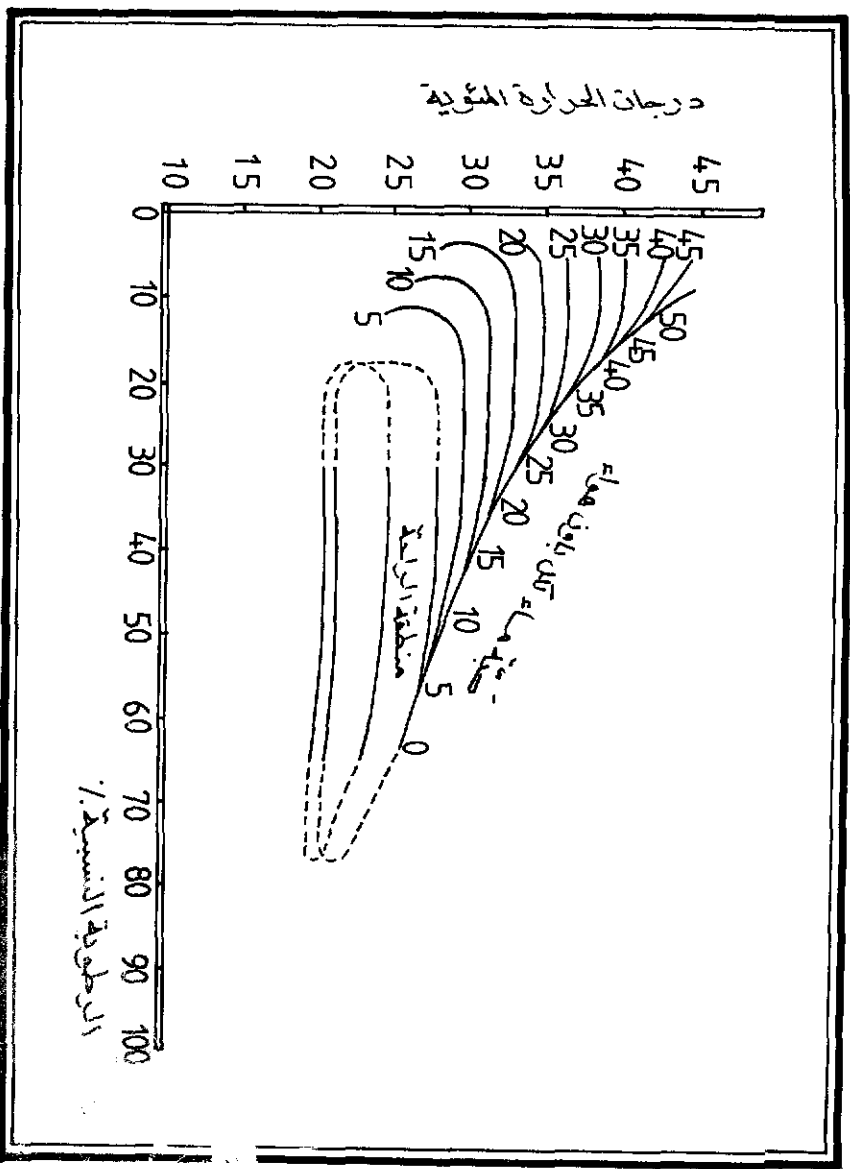


شكل (٤٨) رسم بياني للمناخ الحيوي لسكان المناطق المعتدلة في الولايات المتحدة الأمريكية وبين منطقة الراحة ومتطلبات الوصول الى الشعور بالراحة .
المصدر : After Olgyay, 1973.



شكل (١٨) العلاقة بين درجة الحرارة والرطوبة النسبية لتحديد كمية الطاقة اللازمة للوصول الى منطقة الراحة
المصدر - After Olgyay, 1973.

- ج - في درجة حرارة 10°C ورطوبة نسبية ٥٦٪ نحتاج الى التصحيح وذلك بزيادة كمية الطاقة المستلمة بما يعادل ٦٥ كيلو سرعة / ساعة تقريباً . ويكون مصدر الطاقة اما من الشمس او من أي مصدر حراري آخر .
- د - في درجة حرارة 30.5°C ورطوبة نسبية ٣٠٪ نحتاج الى التصحيح وذلك اما بزيادة سرعة الرياح الى ١,٥ متر / ثانية أو باضافة ٣,٦ غرامات من بخار الماء الى الهواء .
- هـ - بدرجة حرارة 35°C ورطوبة نسبية ٢٠٪ يكون التصحيح باستخدام طاقة الهواء التبريدية ورفع بخار الماء في الهواء . فاذا مارفعت سرعة الهواء الى ٣,٥ متر / ثانية فالهواء بحاجة الى ٤ غرامات من بخار الماء لكل كيلو من الهواء



شكل (٥٥) تأثير كمية الرطوبة المتساوية للهواء على ارتفاع درجة الحرارة للوصول الى الشعور بالراحة .
المصدر : - After Olgay, 1973 .

من اجل خفض الحرارة الى منطقة الشعور بالراحة . أما اذا استخدم بخار الماء لوحده ، فان ١٠ غرامات لكل كيلو غرام من الهواء يحتاج اليه الهواء لخفض درجة حرارته الى منطقة الشعور بالراحة .

ان استخدامات هذا الشكل كثيرة ومتعددة . فقد صمم اساساً للاستخدام من قبل المهندسين والمعماريين حيث يساعدون عند وضع التصميم على اختيار الاتجاه المناسب وزيادة أو تقليص أي عنصر مناخي غير مرغوب فيه من خلال التصميم . ويمكن ان يستعمل ايضا في حساب وحدات التبريد او التدفئة المطلوبة . ويمكن ان يستعمل في قياس جهد العمل وكذلك التأثير في صحة الانسان الاشكال (٥٢ و ٥٣) . واستخدام هذا الشكل سهل جداً . فكل ما يحتاج اليه هو درجة الحرارة والرطوبة النسبية حيث يمكن وضعها على شكل لتحديد موقعها . فإذا كانت ضمن منطقة الراحة فلا حاجة الى التصحيح . اما اذا كانت خارج هذه الحدود فالشكل يدلنا على التصحيح المطلوب كما في الامثلة السابقة . وهنا لابد من التذكير بان الشكل مصمم للاستعمال في دائرة عرض ٤٠° وأي محاولة لاستعماله خارج هذا النطاق يجب ان ترافقها عملية تحويل بسيطة والا فإن النتائج ستكون غير صحيحة . وإن نتائج هذا الشكل لا يمكن تطبيقها بالضرورة على كل الاشخاص .

بعد هذا الاستعراض الموجز للجهد المبذول في مجال تحديد مفهوم الراحة عند الانسان . فان نتائج بعض هذه الاعمال قد استعملت للبحث عن مناطق الراحة التي تتلاءم ظروفها المناخية مع المحددات السابقة ومحاولة توزيعها جغرافياً . وستعرض فيما يأتي الى هذا الجهد .

تصنيف مناخ العالم استناداً الى مفهوم الراحة :

معظم التصنيفات المناخية المعروفة في العالم ربطت المناخ بالنبات الطبيعي او بنمو النبات . اما تروجو Terjung فقد حاول ان يقسم المناخ استناداً الى مفهوم شعور الانسان بالراحة (١٢) . وقد استخدم في ذلك مفهوم الحرارة المؤثرة Effective Temperature والذي سبقت الاشارة اليه . فقد استخدم الشكل

(12) Terjung Warner. Annual Physioclimatic Stresses & Regimes in the United States. In climate in Review, Edited by McBoyle, Houghton Mifflin Co. 1973 pp. 119-128

جدول رقم (٤٨)
الارقام التي استخدمها تروجوي لتصنيفه المناخى ومدلولاتها

رمز النطاق	الحد الاعلى له حسب مقياس الحرارة المؤثرة	صفاته
٦ -	٤٠ - م	متجمد دائماً
٥ -	٢٠ - م	شديد البرودة
٤ -	١٠ - م	بارد جداً
٣ -	١٨ م	بارد
٢ -	١٥,٥ م	اقل برودة
	(او ١٣ م عندما تكون الرطوبة النسبية اكثر من ٧٠ ٪)	
١ -	١٧,٨ م	معتدل البرودة
	(او ١٥,٥ م عندما تكون الرطوبة النسبية اكثر من ٧٠ ٪)	
صفر	٢٢ م	مريح
	(او ٢٠ م عندما تكون الرطوبة النسبية اكثر من ٧٠ ٪)	
١	٢٥,٦ م	دافئ
	(او ٢٣ م عندما تكون الرطوبة النسبية اكثر من ٧٠ ٪)	
٢	٢٣ م	حار
	على المحرار الرطب والرطوبة النسبية الى حد ٧٠ ٪)	
٣	٣٠ م	حرارة عالية
٤	اكثر من ٣٠ م	شديد الحرارة

المعدل اليومي للحرارة المعدل اليومي للرطوبة المعدل الساعي النسبة المئوية النسبية

العظمى الصغرى اوطأ أعلى لسرعة الرياح لساعات الشروق

٤٢° م ٢٧,٥° م ٢٢٪ ٤٩٪ ١٥,٨ كم / ساعة ٩١٪

دليل الراحة :

نهاراً : ٤٢° م و ٢٢٪ رطوبة نسبية النتيجة : ٤ (انظر جدول ٤٨)

ليلاً : ٢٧,٥° م و ٤٩٪ رطوبة نسبية النتيجة : ١

إذا جمعت رموز الليل والنهار ٤ و ١ يكون الرمز الملائم EH_3

دليل تأثير الرياح :

نهاراً : (١) بتطبيق ٤٢° م حرارة وسرعة رياح ١٥,٨ كلم / ساعة . النتيجة :

خارج المخطط البياني الذي يستخدم لاستخراج الحرارة المؤثرة .

(٢) معدل شروق الشمس الفعلي ٩١٪ ولفترة ١٤ ساعة محتملة يومياً

النتيجة : ١٢,٦ ساعة لشروق الشمس الفعلي .

(٣) يضرب $12,6 \times 200$ كيلوسعة / م / ساعة . النتيجة : ٢,٥٢٠

كيلوسعة / م / نهاراً .

(٤) يقسم ٢,٥٢٠ - ١٤ ساعة . النتيجة : ١٨٠ أو الرمز C ليلاً : ٢٧,٥° م و

١٥,٨ كلم / ساعة . النتيجة - ١٠٠ أو ٢ وباستعمال الطريقة السابقة

نفسها لحساب تبريد الهواء نصل الى الرمز C_1 الرمز المناخي

للمنطقة هو : EH_3C_1

الصفات : نهار شديد الحرارة مع اضافات حرارية غير مريحة على درجة حرارة

الجلد . وليل دافئ مع تأثير للرياح يؤدي الى رفع درجة الحرارة وليس

خفضها .

المثالان السابقان يوضحان أن ترجو استخدام دليلين للتعبير عن تصنيفه

المناخي . الاول هو دليل الحرارة والثاني هو دليل تبريد الرياح . كما انه قسم

اليوم الى نهار وليل وذلك لاختلاف الحرارة والرطوبة بينهما . ثم عبر عن كل اقليم

مناخي برموز لها معانيها للتعبير عن مدى ملائمة المناخ لشعور الانسان . وعند

توزيع هذه المعلومات على منطقة مثل الولايات المتحدة . فان الاقاليم التي ستظهر

تعبير عن مدى شعور الانسان .

بالنسبة الى ماوندر وتصنيفه . فبعد استخدام المعادلة فإنها تفسر ، اذا كانت قيمة $x = 30$ فهو أفضل انواع المناخ . واذا كانت ١٥٠ فأنها احدى انواع المناخ بالنسبة الى شعور الانسان . وقد وجد ماوندر ان نيوزيلندا يتراوح مناخها بين ٦٠ - ١٠١ وهذا يعني انه لا توجد منطقة ضمن المناخ الافضل حسبما حدده .

ان هذه المحاولات تبين الصعوبة الكبيرة التي يواجهها الباحث في موضوع تحديد مفهوم الراحة وايجاد قانون لهذا المفهوم . وكما هو واضح من الاستعراض السابق للموضوع . فان مفهوم الراحة يختلف بين شخص واخر وبين منطقة واخرى .

المناخ وفسيولوجية الجسم (١٦)

جسم الانسان يستطيع ان يتحمل اختلافاً بسيطاً في درجة حرارته عن الطبيعي . فلو ارتفعت او انخفضت درجة حرارة الجسم عن الحالة الطبيعية (٣٧ م) فان هذا سيعرضه الى ضغط لا يستطيع الجسم احتماله لفترة طويلة . وبالمقابل فان الجسم يستطيع ان يحافظ على درجة الحرارة الطبيعية من خلال الطاقة المولدة في الجسم اذا كانت حرارة الهواء اقل من حرارة الجسم او من خلال فقدان الطاقة بالتعرق اذا كانت حرارة الهواء اكثر من حرارة الجسم . ان هذه العمليات ستنتظر اليها باختصار لفهم كيفية تصرف الجسم مع الحرارة والتي يمكن ايجازها بما يأتي :

١ - في حالة انخفاض درجة الحرارة . فسوف يحصل تغيير في حركة الدم من الداخل الى الجلد . حيث تنقل الاوعية الدموية لتقلل وصول الدم الى خلايا الجلد حتى لا يتم فقدان كبير للطاقة عن طريق الجلد . وفي حالة ارتفاع الحرارة . فان الاوعية الدموية سوف تتسع لتسمح لدم اكثر بالمرور والوصول الى خلايا الجلد حتى يمكن عن طريقه تبديد الحرارة الزائدة .

٢ - تغيير كمية الماء في الدم : ان تعرض الجسم الى الحرارة المفاجئة او البرودة المفاجئة سيؤدي الى اضافة او سحب كمية من المياه الموجودة في الدم حتى يتلاءم الجسم مع محيطه . وقد يضاف الى الدم او يفقد الدم من ٥ الى ٧ ٪ من الماء خلال اول ٣٠ دقيقة لتعرضه للحرارة او البرودة .

٣ - الارتعاش والتعرق : ان عملية الارتعاش تؤدي الى تسريع انتاج الطاقة في الجسم البشري من خلال حركة العضلات السريع والمفاجيء حتى يستطيع الجسم ان يعوض عن فقدان الحرارة نتيجة انخفاض درجة حرارة الهواء . اما التعرق فهو عملية افراز الماء من الدم عبر المسامات المنتشرة على الجلد وذلك لتقليل ضغط الحرارة على الجسم . ويستطيع الجسم البشري ان يفرز لتراً واحداً من الماء في الساعة ولفترة طويلة اذا كان الجسم يحتوي على كمية كبيرة من الماء او تم تعويض النقص الحاصل بالماء بتناول السوائل باستمرار .

٤ - تغيير في التنفس : وذلك لان التنفس يؤدي الى تبخير كمية من الماء من الجسم . وقد لوحظ ان لهذه العملية تأثير قليل جداً في الجسم البشري . لان كمية المياه المتبخرة قليلة جداً .

(16)Mather, John. Climatology Op, cit PP. 264-274.

٥ - تغيير في الوضع والتصرف ، فازدياد نشاط الانسان اثناء انخفاض الحرارة يؤدي الى توليد اكبر للطاقة في جسمه . وتقلبه اثناء النوم في الليالي الحارة يسبب انخفاضاً في تقليل حرارة الجسم عن طريق فقدان . كما ان اختيار الانسان لنوع الملابس والمسكن والطعام بين الفترات الحارة والباردة هي عبارة عن تغيير في التكيف ليتلاءم مع المناخ .

ان اي تأثير في هذه العمليات الطبيعية للجسم سوف يؤدي الى اعاقة العمليات الطبيعية للجسم او ابطائها مما يؤدي الى ظهور اعراض المرض الذي قد يكون هو المسبب لهذا التأثير . كما ان بعض هذه الامراض وكما ذكرنا سابقاً تنشط في اوقات معينة عندما تكون الظروف المناخية ملائمة تماماً لنشاطها . وان هذه العمليات تختلف باختلاف العمر والوضع الغذائي للانسان ودرجة فقدان الماء من الجسم وطبيعة العمل الذي يؤديه الانسان وطول فترة النوم والحالة الذهنية (النفسية) والصحة العامة للجسم والتأقلم . ان هذا الاختلاف يؤدي الى اختلاف في درجة تغير ارتفاع الحرارة او انخفاضها بين شخص وآخر وكذلك بين منطقة واخرى .

تأثير ارتفاع الحرارة في العمليات الفسيولوجية :

ان ارتفاع درجة الحرارة نتيجة عدم استطاعة الجسم تبديد الفائض من الحرارة يؤدي الى ظهور امراض شائعة مثل :

١ - التشنجات الحرارية heat cramps وهي تشنجات تصيب العضلات نتيجة النقص في كلوريدات الصوديوم في الدم . وينقص تركيز كلوريدات الصوديوم اذا تعرض الجسم للتعرق المستمر من دون تعويض مناسب لكمية الاملاح المفقودة من التعرق .

٢ - نقص الماء dehydration وينتج من نقص كمية الدم مما لايساعد على تبديد الفائض من الحرارة في الجسم . وينتج عنه اذا استمر تلف تدريجي للخلايا . تهيج مفرط للاعصاب وهبوط في الضغط وفقدان فعالية العضلات وتكدس المواد الحامضية في الخلايا وقد يؤدي الى الموت .

٣ - استنزاف الحرارة heat exhaustion وهي حالة خطيرة تنتج من نقص وحبس الدم الى المحيط الخارجي للمخ بسبب عدم استطاعة القلب ضخ الدم الكافي وتظهر على المريض آثار الاعياء والصداع والغثيان والاعياء وحرارة دون ٤٠ درجة مئوية الطبيعية في الجسم . وهو من امراض المناطق الحارة الشائعة .

الدم الواصلة الى الخلايا وتأثير حركة الهواء فيها تختلف باختلاف موقعها من الجسم . لذلك فان اكثر الخلايا تعرضاً للانجماد هي خلايا الاطراف . يؤدي الانجماد الى تصلب هذه الخلايا وتلونها والى ظهور انتفاخ فيها مما يؤدي الى الام في بعض هذه المناطق .

٣- تحفر القدم Trench foot وينتج من استمرار رطوبة القدم او تعرضها للبرد لفترة من الزمن وان لم تصل الى درجة الانجماد . واعراضها مشابهة للحالة السابقة حيث يؤدي الى موت الخلايا وتلونها وظهور الالام فيها .

لابد من الاشارة الى صفة مهمة في الانسان تجعل ظهور هذه الامراض ليست عامة . فالتأقلم Acclimatization هو من صفات الانسان للتلاؤم مع البيئة التي يعيش فيها . فعندما تتغير البيئة المحيطة بجسم الانسان . فان هذا الجسم بشكل سريع أو بطيء وبحسب الحالة يعمل على تحويل بعض فعالياته الفسيولوجية لتتلاءم مع الواقع الجديد . فمثلا لوحظ ان سعة الرئة وقابليتها عند سكان المناطق المرتفعة هي اكبر من سعة الرئة وقابليتها عند سكان المناطق السهلية . فالمعروف انه كلما زاد الارتفاع نقصت كمية الاوكسجين التي هي ضرورية للحياة . ولما كان الاوكسجين لا يخزن في الجسم بل لابد من اخذه من الهواء بشكل فوري ومستمر . فان السكان الجدد في المناطق المرتفعة التي يقل فيها ضغط الاوكسجين يعانون من صعوبات تبدأ بالتلاشي بمرور الزمن . فالتأقلم لقلة الاوكسجين عملية بطيئة وقد تظهر التحويرات في الرئة في الاجيال اللاحقة مما يساعد على التأقلم في المنطقة بشكل افضل من اسلافهم . ولوحظ ان التأقلم على انخفاض الحرارة قليل جداً بل يعتقد بعض الباحثين انه معدوم . لذلك يتحايّل الانسان على انخفاض الحرارة بدلاً من ان يتأقلم معها وذلك بنوع المسكن والملبس والطعام . اما ارتفاع الحرارة فان الانسان سريع التأقلم معها . فالقادمون الجدد الى المناطق الحارة يعانون في الفترة الاولى فقط (الاسابيع الاولى) من قلة التعرق مما يجعل شعورهم بالحرارة اكثر من سكان المنطقة الاصليين . ثم لا يلبثون بعد مرور عدة اسابيع على التأقلم وذلك بان ترتفع نسبة التعرق عندهم . ويعاني القادمون الجدد الى المناطق الحارة من ارتفاع فقدان الاملاح وخمول عام سرعان ما يتغلبون عليه . ان صفة التأقلم مع اختلاف قابلية الاشخاص الفردية على المقاومة عقدت الدرس كثيراً . فكما سبقت الاشارة اليه في موضوع شعور الانسان بالراحة . فان اياً من هذه القوانين يحكم هذا الشعور يعد من الامور المستحيلة التي لم تحل لحد الان . كذلك لا يمكن اعطاء

وفي مجموعة اخرى من الدراسات والتي استخدمت الطريقة الاحصائية في ايجاد العلاقة بين بعض الامراض ونسبة التلوث . فقد قام لاف وسيسكن Lave and Seskin بدراسة تأثير التلوث في امراض التهاب الشعب الرئوية وسرطان الرئة وانواع اخرى من السرطان . وقد استخلصوا النتائج الاتية :

١- ان الوفيات بالتهاب الشعب الرئوية يمكن ان تنخفض بنسبة ٢٥ - ٥٠ % لو خفضت نسبة التلوث في الهواء الى النسبة الاعتيادية .

٢- الموت بسرطان الرئة يمكن له ان ينخفض بنسبة ١١ - ٤٤ % بالطريقة السابقة نفسها . وقد عزز هاجستروم Hagstrom هذه النتيجة عندما توصل الى نتيجة مفادها ان نسبة الموت بالسرطان هي اعلى بنسبة ٢٥ % في المناطق التي تحتوي على التلوث من المناطق القليلة التلوث . وهي نسبة تتلاءم مع ماتوصل اليه لاف وسيسكن .

٣- ان خفض نسبة التلوث بالهواء تؤدي الى تخفيض نسبة الوفيات وانتشار الامراض المعدية بنسبة ١٠ - ١٥ % .

٤- ان النتائج المستخلصة في ١ و ٢ و ٣ سابقاً تبين ان تخفيض نسبة التلوث بنسبة ١٠ % سوف تخفض نسبة الوفيات بمعدل ٠.٥ % بينما تخفيض نسبة السلفات لوحدة في الهواء بمعدل ١٠ % سوف يخفض معدل الوفيات بمعدل ٠.٤ %

وهناك محاولات اخرى ركزت على الجانب الاقتصادي من العملية . فبعد التثبت من العلاقة بين تلوث الهواء ونسبة الوفيات او انتشار الامراض . فان النتائج تحول الى مبالغ مصروفة على العلاج او التغيب عن العمل (جدول ٤٩) فقد وجد ان ٢٠ - ٣٥ % من التغيب عن العمل تعزى الى ارتفاع التلوث في الهواء والامراض الناتجة عنه . لذلك فان المبالغ المصروفة على العلاج نتيجة التلوث العالي تعطي مؤشراً عن التأثير الاقتصادي السيء للتلوث مما يعني ان التلوث في الهواء يجب ان يعالج وبسرعة من اجل توفير صحة افضل للإنسان ومن اجل تقليص النفقات الهائلة على العلاج .

وفي مجال ارتفاع الحرارة وخاصة التي تعاني منها مراكز المدن والتي يوجد فيها ما يسمى الجزيرة الحرارية Heat Island . فان الدراسات قد اوجدت ان معدل الوفيات عند ارتفاع درجة الحرارة يزيد ١٠ أضعاف المعدل العام للوفيات . وفي دراسة اكثر تفصيلاً فان بوجلي Buechley وجد عام ١٩٧٢ ان درجة الحرارة العظمى اذا ارتفعت الى ٣٥°م فان معدل الوفيات سوف يرتفع بنسبة ٢٧ % عن المعدل العام . اما

كما يجدر الانتباه الى مسألة اخرى عند تحليل النتائج الاحصائية . فالعلاقات الاحصائية تفترض ان تكون الاسباب الاخرى المؤدية الى الوفاة ثابتة في حين ان هذه الاسباب ليست ثابتة وبذلك فان هناك نسبة في الخطأ في النتائج لا بد من الانتباه اليها . ففي دراسة لكلارك عام ١٩٧٢ اشار فيها الى ان ارتفاع البناءات في مراكز المدن لا تسمح بالتبريد السريع اثناء الليل مقارنة بالضواحي مما يؤثر في سكان المدن الكبيرة عند ارتفاع درجة الحرارة . وان هناك ظروفاً اخرى ينبغي ان تؤخذ بنظر الاعتبار عند التحليل مثل نوعية المساكن والظروف الصحية وتوفير العلاج واختلاف طبيعة العمل وغيرها . وينبغي ايضاً الانتباه الى ان التكيف يضعف التأقلم . فالانسان الذي اعتاد تكيف بيته ودائرته هو أقل تأقلاً من الانسان الذي يعيش بدون تكيف . فعندما ينقطع التيار الكهربائي او تتعطل اجهزة التكيف ، فان الانسان الذي اعتاد العيش في هذه الأجواء سيجد صعوبة كبيرة عندما ترتفع درجة الحرارة . الشيء الثابت في هذا المجال هو أن للحرارة المرتفعة والتلوث تأثير سيء على صحة الانسان . وكما اسلفنا ماهي درجة هذا التأثير من بين عوامل كثيرة اخرى تؤدي الى الوفاة او انشاء الامراض ؟ فان الاجابة عن هذا السؤال يتطلب ايجاد طرائق بحثية اكثر دقة من الطريقة الاحصائية . كما تتطلب الاجابة عن السؤال ان تختص بمنطقة معينة ونتائجها تقتصر على تلك المنطقة وذلك لاختلاف تكيف الانسان بين منطقة واخرى . وتتطلب الاجابة عن السؤال كذلك معلومات تفصيلية عن حالات الوفاة واسبابها لتوفر المعلومات المطلوبة للباحث لايجاد نتائج اكثر دقة .

تأثير الطقس اليومي في معدل الوفيات وانتشار الامراض (١٩)

ان الدراسات التي تمت الاشارة اليها سابقاً قد تمت في المختبر او حاولت تقصي تأثير عنصر مناخي في معدل الوفيات او انتشار الامراض باستخدام الطريقة الاحصائية . ففي المختبر يلاحظ مثلاً تأثير ارتفاع الحرارة او انخفاضها في شعور الانسان بالراحة بمعزل عن تأثير العناصر المناخية الاخرى . وان العلاقات الاحصائية تفترض ثبوت بقية العناصر وتحاول الاستدلال على تأثير العنصر المناخي تحت الدراسة على معدل الوفيات او انتشار الامراض . اما الواقع فانه يختلف عن المختبر او الطريقة الاحصائية في ان الانسان يتعرض الى مجموعة عناصر الطقس في آن واحد .

(19) Ibid., pp. 282 - 290.

المنظومة التي مرت عليها . فتكون السماء صافية مع حركة هواء خفيف في مركز الضغط العالي ويمكن ان تسمى حالة الطقس

عندما يتحرك الضغط العالي إلى الشرق أي ان المنطقة لا تكون تحت تأثير مركز الضغط العالي ، فان الحالة الجوية سوف تختلف فتصبح الرياح أنشط وقد تظهر بعض السحب في السماء وهي الحالة الطقسية (٢) .

وعندما يقترب مركز الضغط الخفيف ، فان الجبهة الدافئة ستمر على المنطقة وبذلك يتغير الطقس تغيراً كبيراً فيصبح رطباً مرتفع الحرارة . وعندما يمر الضغط الخفيف فوق المنطقة فان السماء تكون ملبدة بالغيوم . وهكذا تتوالى الحالات الطقسية المختلفة الى ان يعود مركز الضغط العالي مرة أخرى . لذلك قسم عدد من الباحثين حالات الطقس الى (٦) أقسام مختلفة تصاحب المنظومة الضغطية الواحدة . ولكل حالة طقس صفاتها التي تختلف عن الحالة الأخرى . وحتى يقوم الباحث بدراسة تأثير الطقس لابد له من ايجاد العلاقة بين معدل الوفيات أو انتشار الامراض من جهة وبين كل حالة طقس على أفراد من جهة ثانية .

ففي دراسة اجريت على رد الفعل للانسان في حالات الطقس المختلفة ، وجد ان استجابة الانسان الذهنية سريعة في حالات الطقس الاولى والثانية . بينما اصبحت ابطأ في حالة الطقس الثالثة واكثر بطئاً على الاطلاق في حالة الطقس الرابعة (وهي الحالة التي يكون فيها مركز الضغط الخفيف فوق المنطقة) .
اما في حالة الطقس الخامسة فالاستجابة بطيئة وتصبح اسرع قليلاً في حالة الطقس السادسة . ان حالة الطقس الرابعة تعد أسوء حالات الطقس لذلك تكون الاستجابة فيها هي الاضعف على الاطلاق . فالطقس في حالته الرابعة يتصف بأنه ساخناً شديد الرطوبة والمنطقة تقع تحت تأثير الكتلة الهوائية الدافئة الرطبة . والضغط يكون منخفضاً والغيوم في السماء . لهذا يعتقد الباحث ان هناك ضغطاً نفسياً وجسمانياً يتكون مع هذا النوع من الطقس مما يؤثر في استجابة الانسان الذهنية .

اما في مجال الحوادث الصناعية . فقد وجد انه في حالة الطقس الثالثة والخامسة ترتفع الحوادث عن المعدل . بينما في حالات الطقس الاولى والثانية والسادسة تكون حوادث العمل اقل من المعدل . ويعزى السبب عادة الى قدرة الانسان على التركيز واختلافها بين حالة طقس واخرى . كما يعزى الى قلة الاستجابة او شدتها والشعور

تأثير المناخ في انتشار الامراض ومعدل الوفيات

ان الاختلاف في الظروف المناخية في فصول السنة المختلفة له تأثير في نسبة انتشار الامراض ومن ثم في معدل الوفيات . فقد أظهرت دراسات عدة ان نسبة الوفيات في الشتاء هي اكثر من الصيف وذلك لان امراض الجهاز التنفسي والقلب تتأثر بانخفاض الحرارة اكثر من تأثرها بارتفاع الحرارة . فأمراض مثل ذات الرئة Pneumonia والانفلونزا Influenza هي المسبب الاساس لارتفاع نسبة الوفيات شتاء . وان مريض القلب عندما تنخفض الحرارة يشعر باجهاد اكبر من خلال ارتفاع ضغط الدم الذي يحاول الوصول الى الاطراف الباردة لتزويدها بالطاقة اللازمة . وفي دراسة اجريت على منطقة شيكاغو للأعوام ١٨٦٧ و ١٩٠٠ و ١٩٢٥ . ظهر ان هناك تحولاً في نسبة الوفيات بسبب الامراض المعدية والطفيلية من نسبة عالية جداً في صيف عام ١٨٦٧ الى نسبة عالية في شتاء عام ١٩٢٥ . وقد يعود السبب في ذلك الى تحسن الوضع العلاجي لبعض الامراض . فمثلاً ان القضاء على شلل الاطفال او تقليصه الى ادنى حد . وهو من امراض الصيف جعل هذا التغيير يصبح واضحاً . كما ان تحسن الوضع المعاشي والتكييف لبعض مناطق العالم قد يكون هو السبب في انخفاض نسبة الوفيات بامراض الصيف . فقد اظهرت دراسة اجريت على أطفال الولايات المتحدة واليابان ان نسبة الوفيات بين اطفال الولايات المتحدة ليس فيها تذبذب فصلي بينما ترتفع نسبة الوفيات بين اطفال اليابان شتاء وتنخفض صيفاً . ففي الولايات المتحدة تكون نسبة تكييف المنازل عالية جداً صيفاً وشتاء لذلك ينعدم التذبذب الموسمي بينما مازالت مناطق واسعة من اليابان تخضع للظروف المناخية المباشرة .

هناك نوع آخر من الامراض يعتمد على الوسط الناقل للمرض . فأمراض مثل الملاريا والحمى الصفراء تعتمد على توافر الظروف المناخية الملائمة لانتشار البعوض الحامل للمرض . فاذا ارتفعت درجة الحرارة والرطوبة ووجد الماء الراكد . فان البعوض الحامل للامراض سيجد البيئة الملائمة تماماً لتكاثره وانتشاره . واذا ماتكاثر وانتشر . فان هذا سيساعد على انتشار امراض الملاريا والحمى الصفراء وقد عانت مجتمعات كثيرة من هذه الامراض الى ان تم القضاء على الوسط الناقل لها وبذلك تم السيطرة على المرض .

اما بالنسبة الى الوضع النفسي للانسان . فان هناك كتابات قديمة تؤمن بحتمية المناخ . وعلى الرغم من ان هذه الكتابات ليس لها اساس علمي . الا ان المشاهدة

المبحث الثالث

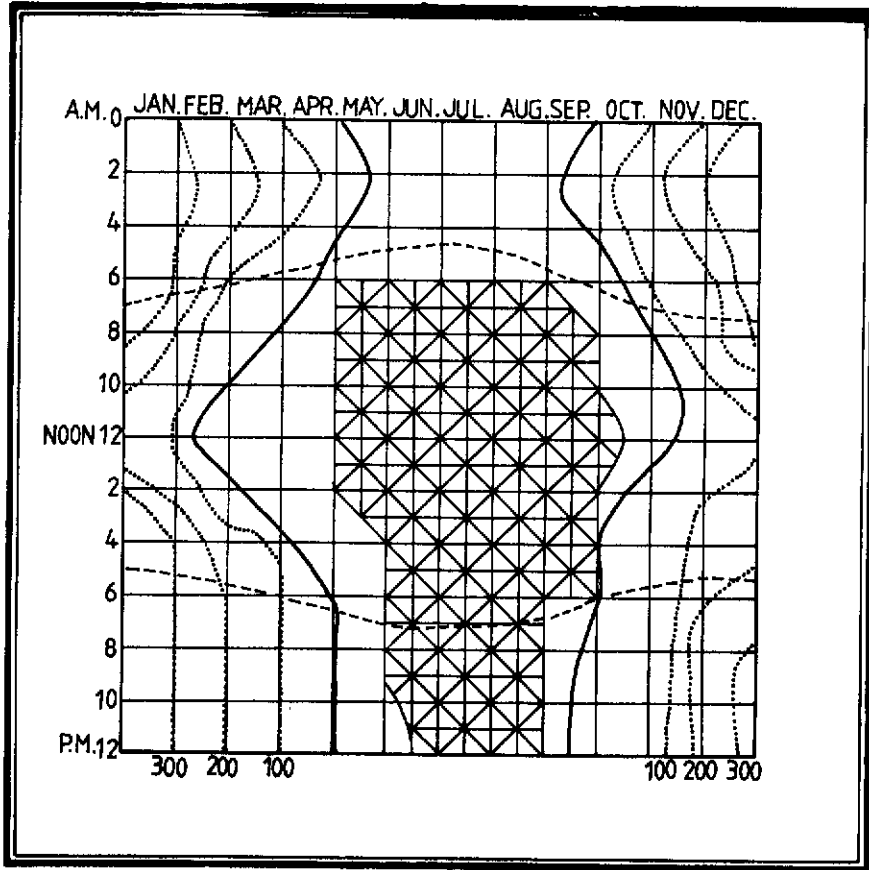
ال عمران وتصميم الابنية والمناخ

Climate & Architecture

المقدمة :

ان انتقال الانسان من مناطق تتميز بمناخها الملائم للعيش الى مناطق اخرى اقل ملائمة دفعته للاستعانة بالملابس وتصميم البناء بما يلائم المناخ الجديد للحصول على اكبر قدر ممكن من الراحة . ولم يجد الانسان في الماضي صعوبة كبيرة ليصمم مسكنه بالصورة التي تستجيب لحاجة المناخ . ففي المناطق المنخفضة الحرارة يحتاج الانسان الى التدفئة . لذلك فان تصميم المسكن يجب ان يراعي فيه الحصول على اكبر قدر ممكن من الاشعاع الشمسي . وان تكون فتحات التهوية في المسكن صغيرة وقليلة حتى يضمن الحفاظ على اكبر قدر ممكن من حرارة المنزل الداخلية . اما في المناطق الحارة فان الانسان بحاجة الى التبريد . فالتصميم في هذه الحالة يجب ان يراعي فيه تقليل الاشعاع الشمسي المباشر واستخدام طاقة الهواء التبريدية باقصى ما يمكن . ومن خلال التجربة استطاع الانسان القديم وخلال فترة قصيرة من ايجاد التصميم الملائم لمناخ المنطقة التي يسكنها . كما استطاع ان يحدد نوع المواد التي يجب استخدامها في البناء لخدمة اغراضه في زيادة الحرارة او خفضها داخل المنزل . وفي العصر الحالي . عصر العلم والتقدم وحيث ان اجهزة التدفئة والتبريد بدأت تؤدي دوراً كبيراً في ايجاد المناخ الداخلي للمنزل والملائم لراحة الانسان . فقد أهملت مسألة التصميم الملائم لمناخ المنطقة . فالحاجة مازالت ماسة لاختد المناخ بنظر الاعتبار عند التصميم . فالاجهزة الحديثة هي اجهزة تستخدم الطاقة الكهربائية او اشكال اخرى من الطاقة لتعمل . وتكاليف هذه الطاقة ليست قليلة . بل هي في ارتفاع مستمر . كما ان الانسان سيواجه في المستقبل القريب نفاذ عدد من مصادر الطاقة . هذا فضلاً عن انه حتي في ظل توفر الطاقة واستخدامها فأن التقليل من هذا الاستخدام للتوفير او تقليل التلوث الناتج من استخدامها يعد من الامور المهمة جداً . لهذه الاسباب ولاسباب عديدة اخرى تتعلق بشعور الانسان بالراحة . يصبح موضوع المناخ والتصميم من الامور التي استحوذت على اهتمامات العاملين في التصميم من المهندسين . والعاملين في مجال المناخ . حيث توصل العاملون في هذا المجال الى قناعة مفادها ان الانسان يجب ان يعود ليراعي ظروف المناخ عند اعداده التصاميم لمسكنه او مكان عمله . فالمناخ بعناصره المختلفة له تأثير مباشر في اختيار المواد التي تستعمل في البناء ومن ثم في

فقط (. فالجزء المظلل في الشكل يشير الى هذه الحاجة . بينما لا يحتاج الانسان الى التدفئة والتبريد من شروق الشمس الى غروبها في شهري نيسان وايلول . بينما هو بحاجة الى تدفئة بسيطة ليلاً لشهري اذار ونيسان وفي تشرين الاول والثاني . اما بقية اشهر الشتاء من كانون الاول الى شباط . فان الانسان في بغداد يحتاج الى التدفئة نهاراً وليلاً ولكن النهار يحتاج الى اقل تدفئة من الليل .

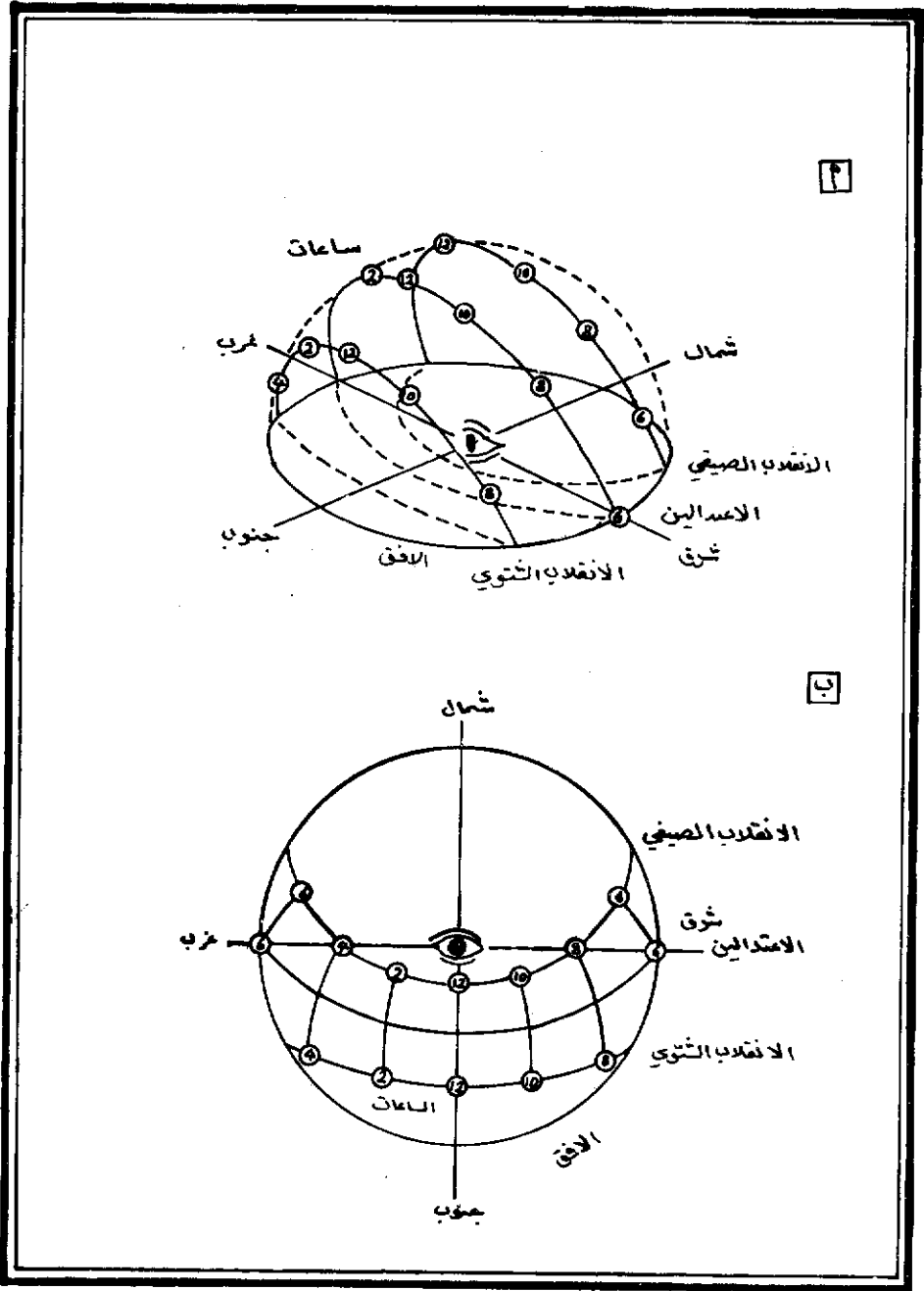


الشكل (**) فترات ارتفاع وانخفاض الحرارة عن شعور الانسان بالراحة في مدينة بغداد .

المواجهة للشرق الاشعة الشمسية من الشروق حتى الظهرية او الجدران المواجهة للغرب تتسلم الاشعة الشمسية من الظهرية حتى الغروب . لذلك اذا كانت درجة حرارة الهواء ٢٨ م° (٣٠) فان الجدران المواجهة للشرق تصل حرارتها الى ٦١ م° الساعة التاسعة صباحاً والجدران المواجهة للغرب تصل حرارتها الى ٦٣ م° الساعة الرابعة عصرأ . في حين تصل حرارة الجدران المواجهة للجنوب الى ٤٨ م° ظهراً والجدران المواجهة للشمال تصل حرارتها الى ٣٧ م° بين الساعة العاشرة صباحاً الى الرابعة بعد الظهر . وبعد غياب الشمس ، فان جميع الجدران تنخفض حرارتها الى ٢٦ م° الساعة السادسة مساء و ٢٤ م° الساعة الثامنة مساء . ويبقى الفرق طوال الليل بين درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة الجدران حوالي ٢ م° . حيث تكون الجدران اقل من درجة حرارة الهواء . فضلاً عن ذلك ، فان لسقف المنزل اهمية تفوق اهمية الجدران نفسها . فأن كمية كبيرة من درجة حرارة المنزل تأتي عن طريق السقف . وقد بينت الدراسات ان لون السقف له اهمية كبيرة . فان درجة الحرارة تحت السقف الابيض هي اقل ب ٦ م° عن الحرارة تحت السقف الرمادي . كما ان لأرتفاع السقف اهمية كبيرة فكلما زاد الارتفاع انخفضت حرارة داخل المنزل .

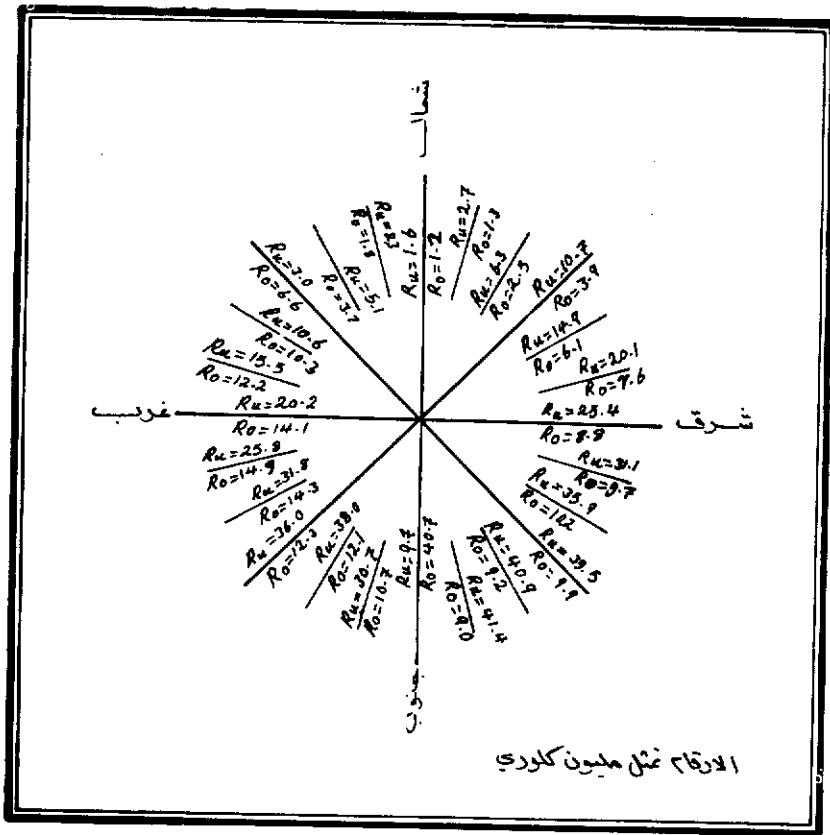
لتقليل تأثير الحرارة والاشعاع الشمسي في المنزل ، لابد للمصمم من ان يأخذ خط العرض بنظر الاعتبار الاول . فحركة الشمس ضمن خط عرض معين معروفة وتختلف بين الشتاء والصيف . كما يجب ان يتم اختيار الاتجاه الذي يواجهه المنزل بشكل صحيح . حيث ان المنازل في العروض الوسطي بحاجة الى اكبر كمية من الاشعاع الشمسي اثناء الشتاء والى اقل كمية اثناء الصيف ، والاتجاه الصحيح يساعد على الحصول على مايريد المصمم . كما عليه ان يراعي سمك الجدران . فالجدران السمكية تقلل من ايصال الحرارة الى الداخل . والجدول (٥٠) يبين هذه الحقيقة .

اما بالنسبة الى فتحات المنزل فانها تؤدي دوراً كذلك في رفع او خفض درجة الحرارة داخل المنزل . فالنوافذ يمكنها ان تمرر ١٠٠ % من الاشعاع الشمسي الساقط . كما ان الزجاج له تأثير معروف . حيث انه يسمح للاشعة الشمسية القصيرة الموجة بالنفاذ من خلاله ولكنه لايسمح للاشعة الارضية الطويلة الموجة بالمرور . وهذا ما يطلق عليه عادة تأثير البيوت الزجاجية **Green house effects** وبالمقابل فان الزجاج جيد التوصيل وبذلك فانه ينقل درجة حرارة الهواء المجاور



شكل (٥٦) حركة الشمس في الفصول الثلاثة على نصف دائرة (أ) وحركة الشمس في الفصول الثلاثة على دائرة كاملة ينظر إليها من الوسط (ب)

After Olgyay, 1973



شكل (٥٧) المعدل السنوي للاشعاع الشمسي ويمثل اقل تسخين (R_u) واعلى تسخين (R_o) وحسب الاتجاهات

(After Mather, 1974.)

٥ - نطاق الصحاري شبه المدارية : حيث ان البدو الرحل في هذه المناطق يستخدمون بيوت الشعر المصنوعة محلياً والتي يمكن ان ترفع من الاسفل للسماح للهواء بالمرور لتبريد اسفل الخيمة ويمكن اسدالها اذا ماهبت عاصفة رملية (شكل ٥٨ هـ) .

٦ - النطاق المعتدل : المشكلة هنا ليست في ارتفاع الحرارة وانما في انخفاضها لذلك يعمل السكان المحليون على الاحتفاظ باكبر كمية ممكنة من التسخين داخل المنزل خاصة في الشتاء . لذلك يكون البيت صغيراً وتستهمل في بنائه المواد ذات

العزل الحراري العالي او النوافذ والابواب متوسطة الفتحات ويكون في السقف منحدر ليمنع تراكم الجليد .

٧ - النطاق البارد : يستعمل الخشب في البناء مع فتحات صغيرة وابواب صغيرة وسقوف شديدة الانحدار وذلك لمنع تراكم الجليد (شكل ٥٨ و) .

ويستعمل الهنود الحمر الخيم او خيمتين معاً لاتقاء البرد . ويستخدم الاسكيمو قطع الثلج المبطن من الداخل بجلود الحيوانات في البناء ويكون البيت واطناً وصغيراً ويمكن له ان يدفأ باستخدام مصباح زيتي واستخدام الحرارة المنبعثة من الاجسام ويمكن ان ترفع درجة حرارة المنزل عند الاسكيمو الى ٣٦°م فوق حرارة الخارج .

بعد هذا الاستعراض المختصر . لابد من الاشارة الى ان البحوث الحديثة استطاعت ان تحدد الاتجاه ونوع المواد المستعملة في البناء والاحتياجات الاخرى لكل نوع من انواع المناخ .

مستلزمات تصميم البناء بحسب انواع المناخ :

لوضع التصميم الملائم لمنزل او حي سكني بحسب معطيات المناخ المحلية . لابد اولاً من اجراء الحسابات التي سبقت الاشارة اليها . وبعد هذا التحديد يتم وضع التصميم تبعاً للحاجة . وسوف نتطرق هنا الى ايراد امثلة عن اربعة اقسام من المناخ . ويمكن ان تكون هناك اختلافات ضمن كل اقليم مناخي ولكنها ليست اساسية . ويمكن اجمال الملاحظات الاتية عن كل اقليم :

١ - الاقاليم المناخية الباردة : (١٣) لما كانت الحاجة فيها الى التدفئة اكثر من التبريد . بل نادراً ما تحتاج الى التبريد . فان التصميم سوف يعتمد على هذه الحقيقة . لذلك فان افضل اتجاه للمنزل هو باتجاه جنوب الجنوب الشرقي وبالتحديد ١٣° الى الشرق من الجنوب . والحي السكني يصمم للتقليل من حركة الرياح كما يراعى ايجاد فتحات بين البيوت لايصال الاشعاع الشمسي الى الجدران . ويفضل في هذا الاقليم زراعة الاشجار الدائمة الخضرة في الشمال الشرقي الى الجنوب الغربي من الحي او المدينة . بينما تفضل الاشجار النفضية قرب البيوت لتسمح بمرور الاشعة الشمسية شتاء وتقليل آثارها صيفاً . ويفضل

المباشرة ، والاكثر تفضيلاً هو ه الى الشرق من الجنوب . وتفضل ان تكون البيوت متفرقة غير متلاصقة وذلك للسماح للرياح بأن تؤدي دوراً في التبريد . ويشترط الظل الدائم ، ولان نسيم الهواء مطلوب فتفضل الاشجار العالية ذات الاغصان الكبيرة وذلك للاستفادة من ظلها كما يمكن لها ان لاتصبح عائقاً كبيراً لحركة الرياح . وتفضل الفناءات المزروعة لتقليل تأثير الاشعاع الشمسي المباشر . وتفضل الالوان الفاتحة او الالبيض بالذات وذلك من اجل عكس اكبر كمية ممكنة من الاشعاع الشمسي الواصل الى الجدران . ولما كانت التهوية مطلوبة معظم ايام السنة . فان النوافذ الكبيرة المفتوحة مطلوبة ويفضل ان تكون محمية من الامطار والاشعة الشمسية المباشرة . وان المادة المستعملة في بناء الجدران ليست باهمية السقوف . لذلك يفضل السقف المزدوج . حيث يستعمل السقف الاول للحماية من الشمس والثاني لتقليل وصول الحرارة من السقف الى داخل المنزل . ان الظل هنا مطلوب . لذلك فان اية وسيلة توفر الظل ولا تمنع حركة الهواء يكون مرغوب فيها في هذا الاقليم .

٤ - الاقليم المناخية الحارة (٢١) ، فضلاً عن متطلبات هذا الاقليم ، فاننا ستقوم باعطاء مثال تفصيلي عن هذا الاقليم . والمثال عن مدينة فينكس في ولاية اريزونا الامريكية .

الحرارة : اعلى درجة مسجلة هي (٤٧,٨ م) واطفض حرارة هي (٨,٩ م) لارتفاع الحرارة اكثر من ٤١ م الا لفترة قصيرة (٨٨ ساعة من السنة) او بنسبة ١ % من السنة . لانتخفاض درجة الحرارة اقل من الصفر المئوي الا لفترة قصيرة ١ % من السنة . يصل المدى الحراري اليومي الى حوالي ٧ م . وتقسم درجات الحرارة بحسب الساعات كما في الجدول (٥٢) .

ويمكن استخدام هذه المعلومات مع رسم شكل بياني يوضح نسبة راحة الانسان وحاجته للاشعاع الشمسي : معدل الاشعاع الذي يولد تسخين في حيزان يصل بين ٢١٠٠ الى ٢٨٠٠ Btu / قدم مربع / يوم) واعلى معدل خلال ساعة يصل الى ٣٥٠ (Btu / قدم مربع / يوم) . اقل كمية تصل في كانون الثاني بين ٥١١ - ١٣٠٠ (Btu / قدم مربع / يوم) . وتشرق الشمس خلال ٨٤ % من ساعات الشروق المحتملة . نسبة الشروق في حيزان تصل الى ٩٣ % بينما النسبة في كانون الثاني تصل الى ٧٥ % لذلك يمكن القول ان التصرف السليم يتطلب الاستفادة من الاشعة

ان المواصفات التفصيلية للمناخ اعلاه تبين ان المنطقة بحاجة الى تقليل اثر الحرارة وكذلك

تقليل اثر الاشعاع الشمسي . فالمنطقة حارة جداً . وبذلك فان التصميم للسكن او مكان العمل يجب ان يراعي هذه الحقيقة . فالمنزل يفضل ان يكون اتجاهه جنوبي شرقي الى جنوبي وبالذات ٢٥° الى الشرق من الجنوب . ويمكن القول ان كل الاتجاهات من الجنوب الى حد ٣٥° الى الشرق من الجنوب تكون جيدة . اما اذا كان البناء على مرتفع او قرب الماء فانه يفضل اكثر وذلك للحصول على طاقة تبريدية اضافية . ان تقارب البيوت من بعضها مفضل بسبب الظل الذي يكونه البيت بالنسبة الى البيت المجاور مما يقلل من تأثير الاشعة الشمسية الساقطة على الجدران . ويكون التشجير ضرورياً وذلك من اجل تقليل الاشعة المنعكسة وكذلك لتوفير جو رطب يرفع من رطوبة الهواء . اما الالوان فتفضل الفاتحة من اجل رفع نسبة الانعكاس الى الفضاء من الاشعة الشمسية الساقطة . ويفضل اللون الابيض لان نسبة الانعكاس فيه عالية جداً . وتفضل النوافذ الصغيرة والفتحات الصغيرة لتقليل نسبة الاشعة الشمسية الداخلة الى داخل المنزل . كما يفضل ان يكون هناك ظل على الشبايبك لمنع الاشعة المباشرة . كما تفضل الشبايبك المرتفعة قليلاً لمنع الاشعاع الارضي من التأثير في داخل المنزل . وتفضل اتجاهات الشبايبك ان تكون باتجاه الجنوب او الشمال وبدرجة اقل الى الشرق . لايفضل اطلاقاً الاتجاه الغربي اما الجدران فالخارجية منها تفضل ان تكون ذات عزل حراري جيد وسميكة لتأخير وصول تأثيرات الخارج الى داخل المنزل لاكثر من ٦ ساعات . ويفضل السقف ان يكون مستوى لاستعماله ليلاً . كما يفضل ان تستعمل في بناء المواد العازلة وان يكون سميكاً ليؤخر وصول التأثيرات الخارجية الحرارية الى الداخل . كما يفضل ان يكون لون السقف من الخارج فاتحاً او ابيض ليعكس اكبر كمية ممكنة من الاشعاع الشمس . ويمكن ان يعالج بالرش بالماء يومياً من اجل خفض حرارته .

ان معالجة الاقاليم المناخية الاربعة هو مثال فقط عن متطلبات الاقاليم المناخية المختلفة . ويمكن ان يدخل ضمن هذه الصورة امور تكميلية كثيرة وبذلك يمكن تصميم منزل يستفاد فيه من المعطيات المناخية المحلية وذلك لتقليل مصاريف استخدام اجهزة التدفئة او التبريد داخل المنازل . كما يجب الاشارة الى ان التصميم في مثل هذه الحالات غير صحيح في كل الاحوال . فلكي يتم الوصول الى افضل تصميم ملائم لمناخ المنطقة ينبغي القيام أولاً بدراسة تفصيلية عن مناخ المنطقة كما تم في المثال عن مدينة فينكس الأمريكية . وبعد القيام بتحليل الارقام ، فانه يمكن عندها وضع التصميم والمواصفات الملائمة .



المناخ ومصادر الطاقة البديلة

المبحث الاول : مصادر الطاقة البديلة وعلاقتها بالمناخ

- ١ - الاشعاع الشمسي
- ٢ - طاقة الرياح
- ٣ - طاقة المد والجزر
- ٤ - طاقة البرق

المبحث الثاني : الاستهلاك اليومي والسنوي للطاقة

المناخ ومصادر الطاقة البديلة

أستخدم الانسان مصادر الطاقة المتنوعة عبر حياته الطويلة على سطح الارض والمتمثلة في الخشب والفحم والبخار والنفط والغاز والكهرباء . وكان الاستخدام يتدرج من كونه بسيطاً لغرض التدفئة واعداد الطعام الى عمليات النقل والتجارة والصناعة في قمة مراحل تطورها . وكان الاستخدام لهذه المصادر شائعاً شمل الانسان على سطح الارض كما شمل جوانب حياته الاخرى في النقل والتجارة والزراعة والصناعة . الى جانب هذه المصادر استخدم الانسان مصادر اخرى للطاقة لكن بمجالات اضيق من السابق تلك الطاقة المتمثلة بالطاقة النووية التي لايزال استخدامها مقصوراً على المجتمعات المتطورة صناعياً وفي مجالات محددة كالجانب العسكري المجال الطبي .

لم يكن استخدام هذه المصادر متزامناً بل خضع لسلسلة زمنية من التطور حتى بدا ان تطلق على كل زمن صفة طاقته كأن تقول عصر الفحم وعصر البخار والنفط وهكذا . وكان لهذا التطور نتائج حيث كثف الانسان من استخدامه لمصدر الطاقة الى درجة المنفعة الحدية من استخدام المصدر . وعليه عندما يشهد هذا القرن تركيزاً على استخدام النفط بدرجات كبيرة جداً في جميع نواحي الحياة اذن فلا بد ان يتعرض هذا المصدر المحرك للحياة في هذا العصر الى النفاذ . ولذلك لابد للإنسان من البحث عن المصادر البديلة التي تعوضه أولاً عن النفط وتكفل له الاستمرار بمستوى حضاري مساو او اعلى مما هو متعارف عليه اليوم .

حيث ان :

CDD = فهي درجات التبريد . ومنها ما يعود الى التصميم الهندسي المعماري ونحو ذلك . وعندما يشيع استخدام الكهرباء من الشمس سوف يحدث ذلك تطوراً في اهمية المواقع الجافة وشبه الجافة في العالم وخاصة الوطن العربي لما يمتاز به من فترة طويلة من السنة تمتع باشعاع شمسي كاف لتوليد الطاقة الكهربائية خاصة في فصل الصيف . حيث ان هذا الفصل يوفر قدراً اكبر من اشعة الشمس ويتطلب قدراً اكبر من الطاقة الكهربائية لاغراض التبريد لان في فصل الشتاء حيث تهبط درجات الحرارة يمكن التعويض عنها بمصادر للطاقة الاخرى الى جانب الطاقة الكهربائية . فمثلاً في فصل الشتاء قد يشعل الانسان حطباً للتدفئة او فحمأ او نفطاً او غازأ . ولكن في الصيف لاتستخدم غير الكهرباء لتشغيل مكيف الهواء او المبردة او المروحة .

وقد دلت التجارب الحديثة في اقطار الوطن العربي على نجاح عملية توليد الطاقة الكهربائية من الاشعة الشمسية كما يجري الان تطوير مشاريع الطاقة الكهربائية من الشمس في تونس وليبيا والعراق وغيرها .

وفي العراق - بدأ الاهتمام باستغلال اشعة الشمس كمصدر للطاقة الكهربائية يتزايد منذ عام ١٩٨٠ حيث تم تأسيس مركز بحوث الطاقة الشمسية . ومنذ ذلك الوقت وحتى الان بلغ مجموع مشاريع التكييف الشمسي المنفذة في القطر والمعدة للتنفيذ ستة مشاريع هي :

- أ - البيت الشمسي العراقي .
- ب - بناية مركز البحوث الشمسية .
- ج - أبي نؤاس .
- د - مشروع الحضانة الشمسية لمجلس البحث العلمي .
- هـ - مشروع دور الاستراحة .
- و - مشروع البناء الجاهز (الدور المصنعة) .

امكانية العراق من اشعة الشمس

تشير الخرائط رقم (٦١) و (٦٢) الى توزيع الاشعاع الشمسي في العراق وبحسب اقاليمه المناخية الثلاثة : الشمالية والوسطى والجنوبية . فالخارطة رقم (٦١) توضح المعدل اليومي للاشعاع العمودي المباشر في العراق حيث يتضح ان المنطقة الشمالية

لقد ظهرت اتجاهات حديثة في مطلع هذا القرن تهدف الى تطوير استخدام الرياح مصدراً للطاقة الحركية وتوليد الطاقة الكهربائية . واسباب هذه عديدة منها ما يعود الى زيادة التلوث البيئي من جراء استخدام مصادر الطاقة كالفحم والنفط ومشتقاته ونحوها ومنها ما هو اقتصادي يتعلق بعدم توافر مصادر الطاقة المختلفة بقدر ما تتوفر فيه الرياح ومنها ما يعود الى اهتمام الانسان بما يتوافر له محلياً من مصادر الطاقة . فهولندا التي لا يتوافر فيها الفحم أو النفط أو الغاز وبحكم موقعها المفتوح امام البحر وطبيعة سطحها المنبسطة جعل الاهتمام بالرياح بدرجة اكبر من الاهتمام بها في اقاليم اخرى من العالم ولا يتوافر فيها من مصادر الطاقة ما يعوض عن استخدام الرياح ولذلك ارتبط تطور طواحين الهواء بهولندا أكثر من أي دولة في العالم .

العوامل المؤثرة في استخدام الرياح مصدراً للطاقة

يتوقف استخدام الرياح مصدراً للطاقة الحركية على عاملين اساسيين وهما :

١ - سرعة الرياح Wind speed

سرعة الرياح المطلوبة للاستخدام مصدراً للطاقة الحركية تقع بين ٨ - ٦٠ ميلاً في الساعة او ما يعادل بين ٣.٦ - ٢٧ متراً في الثانية . وهذه السرعة ليست مثالية وانما يتطلبها نوع معين من انواع الطواحين الهوائية . فلكل نوع من انواع طواحين الهواء قدرة استيعابية من سرع الرياح فاذا مازاد على ذلك او قل وجب وقف عمل الطاحونة والا اصبحت كلياً أو جزئياً باضرار .

ان ايسر تركيب للطاحونة الهوائية . كما يظهرها المخطط الاتي . رقم (٦٣) يتكون من الاذرع يتناسب طولها مع سرعة الرياح وقوة المولدات الكهربائية في الطاحونة . تستند هذه الاذرع الى برج بارتفاع معين قد يزيد على ٨٠ قدماً . وترتبط هذه الاذرع بمولدات كهربائية تقوم بتوليد الطاقة اعتماداً على حركة الاذرع .

ب - اتجاه الرياح Wind Direction

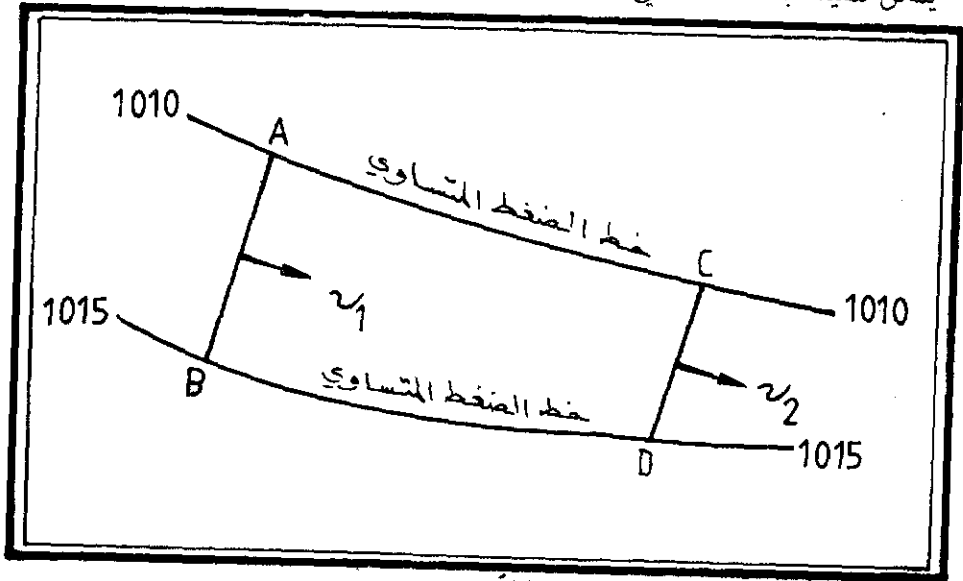
يعد اتجاه الرياح عاملاً محدداً لموضع طاحونة الهواء واتجاهها . فالموقع الذي تغير فيه الرياح اتجاهها بشدة لا يصلح لبناء طواحين الهواء بقدر الموقع الذي تثبت فيه نسبة هبوب الرياح . ونسبة اتجاه الهبوب يمكن تعيينها بحسب المعادلة الآتية :

$$\text{نسبة الاتجاه} = \frac{\text{عدد ساعات الرياح في اتجاه معين}}{100 \times \text{الزمن}}$$

فعلى سبيل المثال إذا كان عدد ساعات هبوب الرياح الغربية في موقع س = ٦٠٠٠ ساعة سنوياً فإن النسبة المئوية لهذه الرياح ستكون :

$$\% 69.4 = \frac{100 \times 6000}{12 \times 30 \times 24}$$

ان عاملتي السرعة والاتجاه تؤثر فيهما عوامل مناخية وعوامل أرضية العوامل المناخية تشمل أشعة الشمس وتغير درجات الحرارة التي تؤثر في انظمة الضغط الجوي . هذه الانظمة تحدد منحدر الضغط Pressure Gradient الذي يحدد سرعة الرياح واتجاهها وهو في الحقيقة يشكل نفق الرياح Wind Channel والذي يمكن تمثيله بالمخطط الآتي :



مخطط رقم (٦٤)
نفق الرياح

أي ان جريان الرياح في 5 م / ثا سوف يولد قوة تعادل حوالي 81 واط على كل متر مربع واحد .

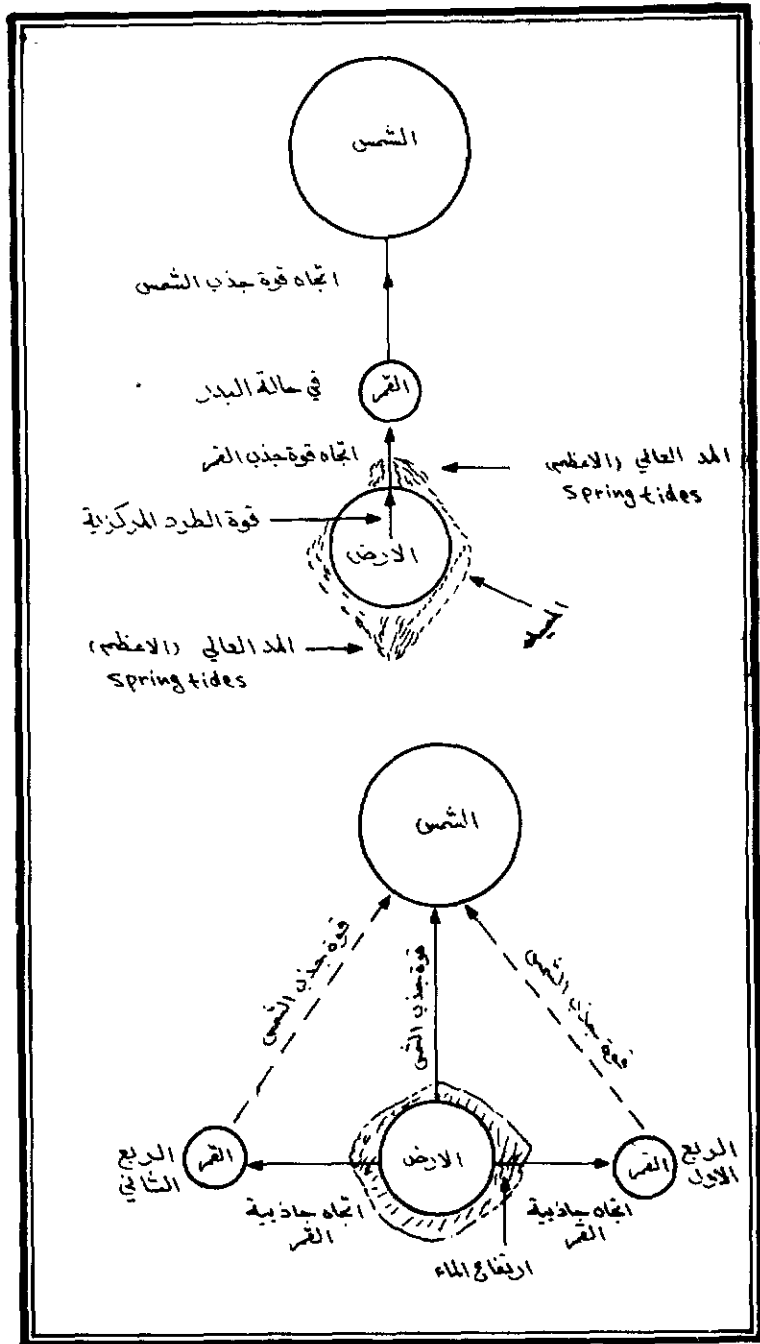
لقد سبقنا الإشارة الى ان التجارب على استخدام الرياح كطاقة حركية وفي توليد الكهرباء نجحت في بعض دول العالم كما في هولندا والولايات المتحدة والمانيا الغربية والاتحاد السوفيتي . وفي الوطن العربي تتوفر الامكانيات لاستخدام الرياح مصدراً للطاقة . ويشير الجدول رقم (٥٣) الاتي الى ان العراق يأتي في طليعة اقطار الوطن العربي في هذه الامكانية حيث بلغ معدل سرعة الرياح السنوية فيه ٤,١ م / ثا وهو يفوق الحد الادنى لمتطلبات تشغيل الطاحونة الهوائية المتعارف عليها .

جدول - ٥٣ -

سرعة الرياح في بعض اقطار الوطن العربي

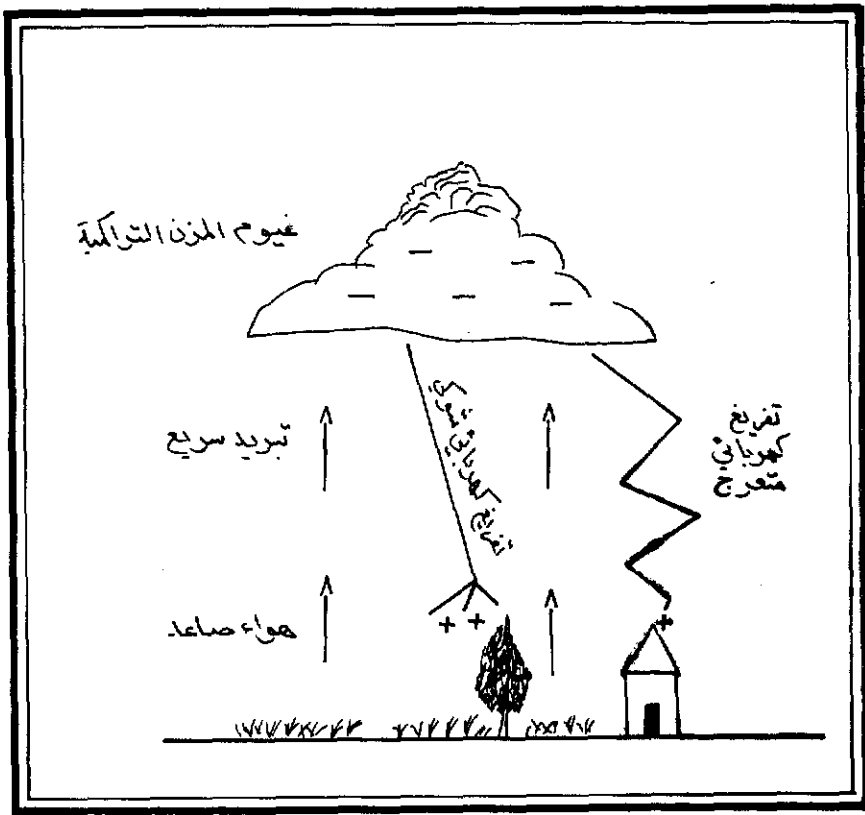
القطر	ادنى سرعة	أعلى سرعة	
	م / ثا	ميل / ساعة	م / ثا
العراق	٤,١	٩,٢	٤,١
الجزائر	١,٤	٣,٢	٤,٦
مصر	٢,٤	٥,٤	٥,٠
ليبيا	٢,٧	٦,١	٦,٣
السودان	١,٥	٣,٤	٤,٤
تونس	٢,٦	٥,٩	٥,٩
السعودية	١,٧	٣,٨	٥,٦

المصدر ، سعود يوسف العياش ، تكنولوجيا الطاقة البديلة ، الكويت ١٩٨١ .



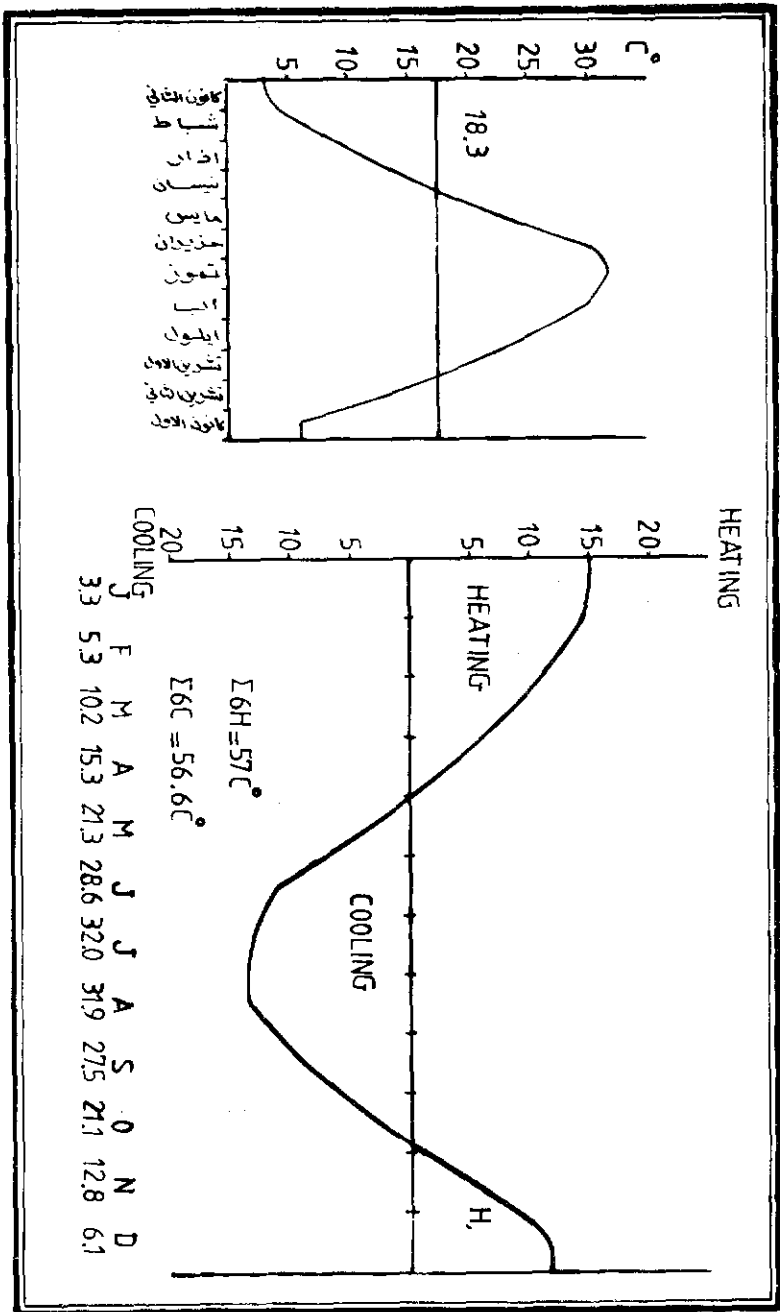
شكل (٦٥) علاقة دوران القمر بظاهرة المد والجزر

الاصطدام بالمرتفعات) تتم عملية التبريد فإذا صادف ان كانت عملية تصعيد الهواء سريعة وعملية تبريده سريعة ايضا فيتم تكون السحب المزنية الركامية . هذا النوع من السحب له قابلية على شحن طبقات الهواء العليا بالشحنات السالبة نتيجة انقسام قطرات المطر وتجمد قسماً منها على شكل الحالب Hail . ولما كان الهواء الصاعد يحمل شحنة موجبة لذلك فان الجو سوف يحتوي على شحنتين : السالبة بفعل غيوم المزن الركامية والموجبة بفعل التيار الهوائي الصاعد مما يسهل عملية التفريغ الكهربائي كما يوضحها المخطط الآتي (الشكل ٦٦) .

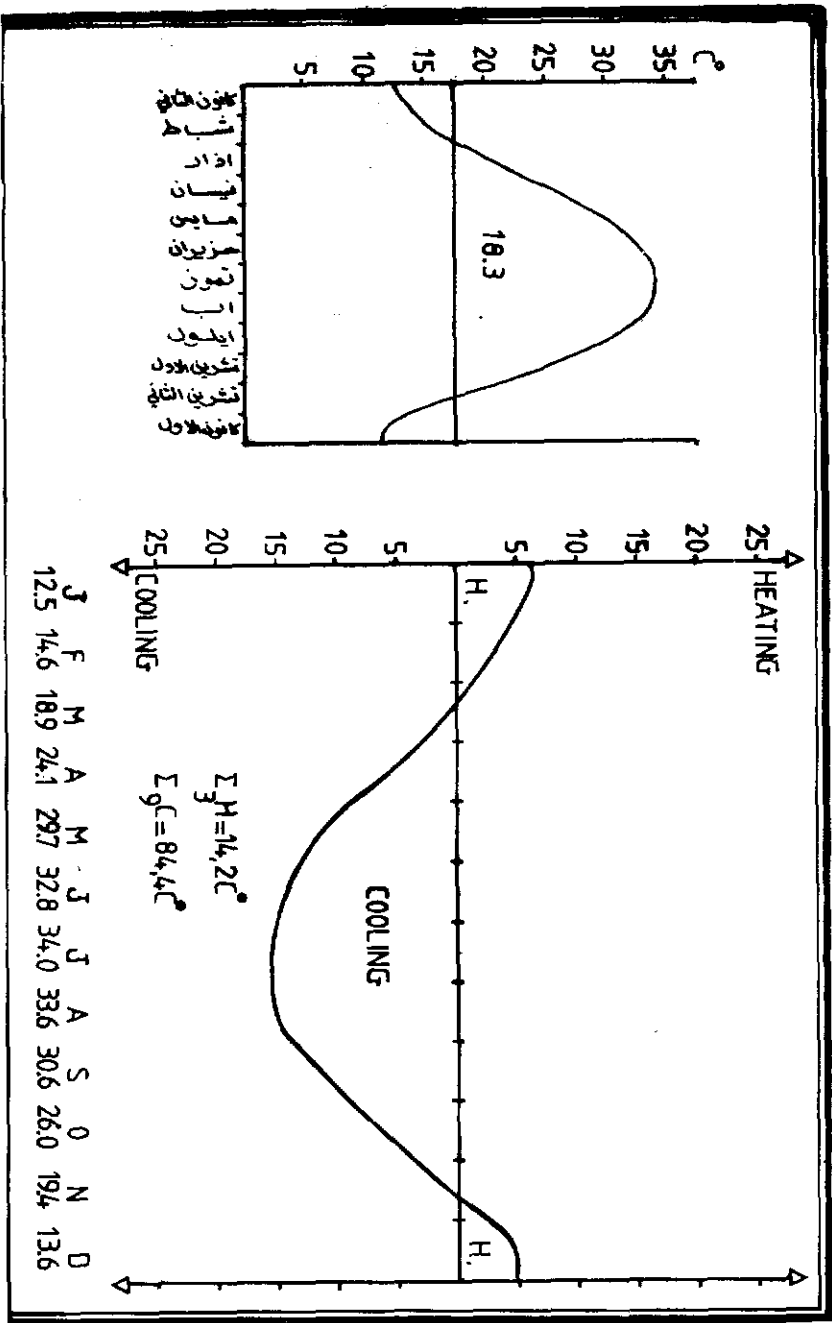


الشكل (٦٦) مخطط غيمة البرق والرعد والتفريغ الكهربائي .

والذي يوضح بان عملية التفريغ الكهربائي قد تحدث بين اعلى الغيمة واسفلها او بين الغيمة وبين الاجزاء المرتفعة من سطح الارض . ويتخذ التفريغ الهوائي



شكل (١٧) فترات التجميد والتبريد لمدينة حماة.



شكل (١٩) فترات التذبذب والتبريد لمدية الحرارة.

أما نصيب الفرد الواحد من استهلاك الكهرباء فقد ارتفع من 632 كيلوواط/عام 1982 إلى 1196 كيلوواط / ساعة عام 1986 أو بمعدل زيادة مقدارها % 89 وبمعدل زيادة سنوية مقدارها % 22 (جدول ٥٤) .

جدول (٥٤)
تطور استهلاك الطاقة الكهربائية (كيلوواط / ساعة)

السنة	الاستهلاك عدد السكان مليون	نصيب الفرد من الاستهلاك
1982	8921	14110
1983	11743	14586
1984	16191	15077
1985	18190	15585
1986	19270	16110

المصدر : المجموعة الإحصائية السنوية . ١٩٨٩ .

الفصل السابع



التنبؤ بالطقس والمناخ والسيطرة عليهما

- المبحث الاول : تطور التنبؤ بالطقس وطرائقه
- المبحث الثاني : التنبؤ بالمناخ والتبدل المناخي
- المبحث الثالث : اهمية التنبؤ بالطقس والمناخ والسيطرة عليهما

التنبوء بالطقس والمناخ والسيطرة عليهما

المقدمة :

لاشك في ان الانسان بحاجة الى التنبوء بالطقس القادم . وذلك لعلاقته بنشاطه اليومي . وقد ازدادت هذه الحاجة في الوقت الحاضر لاعتماد عدد كبير من فعاليات الانسان اليومية على حالة الطقس . فالنشاط التجاري وقطاع النقل منه بالذات يعتمد اعتماداً كبيراً على حالة الطقس . فالنقل بالبواخر والطائرات يعتمد اعتماداً كلياً على حالة الطقس . بل انه لايمكن القيام بطيران امين وسليم مالم يكن الطيار على دراية تامة بحالة الطقس على طول الطريق الذي يسلكه . وان تكون لديه معلومات عن توقعات التغير التي يمكن ان تحدث في الطقس . لذلك لاغربة ان نجد ان تطور التنبوء بالطقس يرتبط ارتباطاً وثيقاً بتاريخ تطور الطيران . فضلاً عن الخدمات التي يقدمها الطقس للطيران فان الطيران قد فتح افاقاً واسعة امام علم الطقس . فقد امكن سبر أغوار طبقات الجو المختلفة ودراستها ونقل معلومات عنها أفادت كثيراً في تطور التنبوء بالطقس .

ان ازدياد عدد السكان قد زاد الحاجة او الطلب على المواد الغذائية . وهذا بدوره يدفع الى قيام انتاج زراعي متطور . ولما كانت الزراعة في كل فعاليتها ومراحلها تعتمد اعتماداً كبيراً على حالة الطقس . فان التنبوء بالطقس للأغراض الزراعية اذا ماتم فانه سيقدم خدمة كبيرة جداً للعاملين في القطاع الزراعي . حيث ان التنبوء بالطقس يمكن ان يقلل الخسائر الكبيرة التي يتعرض لها الفلاح نتيجة الجفاف او غزارة الامطار الفجائية او العواصف وغيرها من ظواهر الجو التي تؤثر في نمو او انتاج النبات بشكل مباشر . لاشك في ان تطوير اسلوب التنبوء الجوي باتجاه تقديم الخدمة من خلال النشرة الجوية لاكبر قدر ممكن من المستفيدين . سيكون له أثر ايجابي في تطور قطاعات اقتصادية مختلفة .

ان شعور الانسان بالراحة او تحديد نوع الملابس والسكن وغيرها من المتطلبات تعتمد على حالة الطقس والمناخ . وقد تعرضنا الى هذا الموضوع بالتفصيل في الفصول السابقة . ونشير هنا الى اهمية اعطاء تنبوء صحيح ودقيق حتى يستطيع الانسان ان يتخذ الاستعدادات اللازمة لمباشرة يوم عمل اعتيادي . كما ان

المبحث الاول تطور التنبؤ بالطقس وطرائقه

إذا عرف الطقس بأنه حالة الجو لفترة قصيرة من الزمن من خلال تكرار حالات جوية معينة في منطقة جغرافية محددة او فوق منطقة واسعة جداً . فان الطقس هنا تكون دراسته جزءاً من دراسة الغلاف الغازي ومعرفة صفاته الفيزيائية تعد اساساً لهذه الدراسة . اما اذا اتبعنا التعريف الشائع والذي هو ان الطقس يعبر عن حالة معينة في الغلاف الغازي تؤثر في نشاطات الانسان على سطح الارض . ففي هذه الحالة لابد من ادخال موج البحر والفيضانات ضمن مفهوم الطقس (١) . وبذلك تكون دراسته جغرافية . والتعريف الاخير هو الذي سنعتمد عليه هنا في معالجتنا للتنبؤ بالطقس . فالتنبؤ الجوي هو محاولة معرفة حالة الجو (الطقس) خلال الساعات او الايام القليلة القادمة اعتماداً على الحالة الحاضرة والماضية للجو . لذلك فالتنبؤ الدقيق بالطقس يتطلب معرفة دقيقة بالقوانين الفيزيائية التي تتحكم بالغلاف الغازي . كما يتطلب استعمال الاجهزة والآلات التي تساعد في قياس الظواهر الجوية . كما ان تتبع هذه الارقام الى فترة ماضية يتطلب استعمال اجهزة تساعد في سرعة الوصول اليها مما يسهل عملية التنبؤ . فالحاسوب واجهزة رسم الخرائط والصورة الفضائية كلها تعد مكملات لعملية التنبؤ الجوي .

لقد كان لتطور اجهزة الاتصالات اثر كبير في نشوء التنبؤ الجوي . فعند استعمال اجهزة الارسال اللاسلكية اصبح بالامكان تجميع الارقام عن حالة الجو من محطات الارصاد الارضية المتباعدة في مركز واحد حتى يتم تنظيم خارطة تفصيلية *Synoptic chart* للمنطقة التي يراد عمل نشرة جوية لها . وخرائط السنوبتك تعني الخريطة التفصيلية اللحظية لحالة الجو الحالية . ازداد الاهتمام بالتنبؤ الجوي بعد عام ١٩٣٩ حيث بدأ استعمال الطيران زداد كثافة وخاصة في الحرب العالمية الثانية . كما ان هذه الفترة شهدت ظهور جهاز جديد يساعد على سبر اغوار طبقات الهواء المختلفة وهو جهاز الراديو سوند *Radiosonde* . والذي يرسل معلومات الى الارض لاسلكياً عن حالة الغلاف الغازي . وقد استخدمت البالونات الخفيفة لارسال هذه الاجهزة الى طبقات الهواء . كما استعملت المناطيد او الصواريخ لارسال اجهزة

(1) Parker Sybil P. Ed. Mc Graw Hill Encyclopedia of Ocean & Atmospheric Sciences . McGraw - Hill pub. Comp. New York., 1980 P. 530.

Numerical weather prediction للتنبؤ بحالة الطقس . وقد رافق هذه العملية استعمال الطرائق الاحصائية المتطورة لتحسين التنبؤ **statistical** . واخيراً فان هناك محاولات جادة للتنبؤ بحالة الطقس ولفترة طويلة من الزمن **long - range forecasting** وستتطرق الى هذه الطرائق بايجاز لتعرف على متطلبات كل طريقة وما أضافته الى تطور التنبؤ الجوي .

١ - التنبؤ باستخدام خرائط الطقس التفصيلية

Synoptic weather Forecasting

وهي الطريقة التي تعتمد على تحليل المعلومات المثبتة على خارطة الطقس اليومية . ولعمل خارطة طقس يومية . فان هناك معلومات محددة تجمع في كل محطة . شكل (٧٠) يبين انموذجاً للمعلومات التي تسجل على الخارطة لكل محطة من محطات الرصد الارضي . وهذا النموذج المتفق عليه عالمياً يكون ثابتاً على جميع الخرائط حتى تسهل قراءته . وعادة مايكون هناك دليل لكل رمز من الرموز المستخدمة في هذا الشكل للتعبير عن حالة معينة من حالات عناصر الطقس المختلفة . ان المعلومات المجمعة في المحطة ترسل برقياً وضمن جفرة متفق عليها عالمياً الى مركز تجميع في كل بلد . وكل بلد من البلدان يرسل معلوماته المجمعة الى أحد ثلاثة مراكز تجميع عالمية الاولى في موسكو والثانية في واشنطن والثالثة في ملبورن استراليا . حيث تقوم هذه المراكز بتدوين المعلومات الواردة اليها في خرائط تفصيلية ثم تعيد بثها الى المراكز الاقليمية المرتبطة بها فبعد تثبيت المعلومات على الخارطة لكل المحطات في المنطقة يتم رسم خطوط الضغط المتساوي .

ان الغاية من رسم خطوط الضغط المتساوي هو لتحديد مراكز الضغط المختلفة في المنطقة . ومن خلال تحديد مراكز الضغط المنخفض يتم رسم الجبهة الهوائية **front** المصاحبة لمركز الضغط الخفيف او يتم تحديد موقع الجبهات التي لا ترتبط بمركز الضغط الخفيف . ان هذه الطريقة تحدد انواع الكتل الهوائية المسيطرة على الاقليم واعطاء صورة عن امكانية تحرك كتل اخرى . ان هناك خريطة واحدة ترسم بهذه الطريقة كل ٣ ساعات . وتغطي الخريطة الواحدة مساحة كبيرة جداً قد تصل الى ١٦٠٠٠ كم . وكل خارطة من هذه الخرائط تعد صورة مجسمة لحالة الجو في المنطقة . اما اذا اضيفت لها صورة الاقمار الصناعية لتلك الفترة فانها ستساعد التنبؤ الجوي كثيراً على تحسين التنبؤ للفترة القادمة (شكل ٧١) . ان هذا الشكل يبين صورة



شكل ٧١

صورة بالاقمار الصناعية لمنطقة الساحل الافريقي وتظهر فيها الغيوم التي تغطي المنطقة

مأخوذة بالاقمار الصناعية تستعمل لتحديد مناطق الغيوم وامكن تحريكها . وبعد اكتشاف الامواج الطويلة والقصيرة في طبقات الجو العليا upper air waves . فقد اصبحت تستعمل بشكل منتظم خرائط تمثل الضغط والحرارة والرياح في طبقات الجو العليا upper air charts شكل (٧٢) . ولاعطاء صورة عن هذه الطريقة . فلا بد من ان نذكر انها تتطلب وقتاً طويلاً لانجازها على الرغم من استخدام الحاسوب في المساعدة على جمع المعلومات . فعمل نشرة جوية لمدة ١٤ ساعة قادمة مثلاً . فان المعلومات المطلوبة كبيرة وقد تشمل ثلث الكرة الأرضية . ولعمل نشرة جوية لمدة ٤ أيام قادمة . فان المعلومات المطلوبة يجب ان تجمع عن الأرض ككل . فاذا علمنا ان هناك ٧٠٠٠ محطة موزعة على الأرض تجمع منها المعلومات كما هناك ١٠٠٠ محطة تسجل عناصر الطقس في طبقات الجو الى حد طبقة الستراتوسفير .

أ - الاقمار الثابتة Geostationary

وارتفاعها ٣٥.٩٠٠ كم عن سطح الارض وسرعتها سرعة الارض . لذلك تبقى ثابتة فوق نقطة معينة . وهي تغطي منطقة واسعة من الكرة الارضية . هذا النوع من الاقمار يرسل صورة عن المنطقة التي يغطيها كل ٣٠ دقيقة . وهناك مجموعة اقمار من هذا النوع مسؤولة عن تغطية الارض تغطية كاملة . فالقمر الاوربي وموقعه فوق خط طول صفر . والقمر السوفيتي وموقعه فوق خط طول ٧٠ شرقاً . وقمران امريكيان الاول فوق خط طول ٧٥ غرباً والثاني فوق خط طول ١٣٥ غرباً . والياباني فوق خط طول ١٤٠ شرقاً . وهذه الاقمار تغطي المنطقة الواقعة بين دائرتي عرض ٤٠ شمالاً وجنوباً . لذلك فان نوع اخر من الاقمار يجب ان يوجه للتغطية الشاملة للارض .

ب - الاقمار الدوارة حول القطب Polar orbiting

وارتفاعها ٨٥٠ كم لذلك فان صورها اكثر وضوحاً ولكنها تفتقد الى التسلسل . حيث انها تغطي نفس النقطة كل ١٢ ساعة . ويدور حول القطبين مركبتان الاولى NOAA الامريكية والثانية meteor الروسية .

ان المعلومات المجمعة من محطات الرصد الارضي وطبقات الجو وصور الاقمار الصناعية ترسل من مراكز التجميع الرئيسية الى المراكز الثانوية . فاذا كان المركز الثانوي لديه حاسوب فسوف يستعمله لاصدار النشرة الجوية . واذا لم يتوافر لديه الحاسوب فان الانسان يقوم بالجهد الاكبر . فالاشكال والخرائط تحلل على اساس ان لكل جبهة هوائية حالة طقس مصاحبة لها . فاذا ماتم تحديد نوع الجبهة الهوائية بشكل دقيق . فان التنبؤ يستطيع اعطاء صورة جيدة عن حالة الجو القادمة حيث تحتفظ معظم دوائر الانواء بتسجيلات عن حالات الطقس التي تصاحب الجبهات الهوائية . ومن خبرة وممارسة الشخص العامل في مجال التنبؤ ومن معرفة سرعة حركة مراكز الضغط ومراكز المرتفع Ridges والمنخفض Trough في خارطة الطبقات العليا وحركتهما كل هذه المعطيات سوف تسهم في اعطاء صورة عن حالة الطقس القادمة .

ان هذه الطريقة كما هو واضح تعتمد المعلومات التفصيلية لمنطقة واسعة وتحويلها الى خرائط . كما تعتمد على خبرة العاملين في مجال التنبؤ لمعرفة نوعية الطقس المصاحب لكل جبهة هوائية . ولما كان المنخفض الجوي cyclone سريع

لقد كان حلم المتروولوجيين منذ فترة طويلة الوصول الى قانون رياضي يحكم الحركة في الغلاف الغازي . وبعد التوصل اليه في القرن الماضي لم يستطع احد استعماله لانه يحتاج الى ملايين الارقام وعدد كبير من الطرائق الرياضية لحله . لذلك لم يكن ممكناً استخدام هذه المعادلة الا بعد تطور الحاسوب الذي وفر وقتاً في اعطاء نتائج باستخدام هذه المعادلات الرياضية . ولحل هذه المعادلة فان طريقة المراحل المنتظمة تستخدم كما هو موضح في الشكل (٧٣) فاذا بدأنا باتجاه وسرعة تم رصدها لحركة الهواء . فان استخدام المعادلة السابقة سوف يعطينا اتجاه وسرعة الحركة في المستقبل . اذا افترضنا ان تأثير هذه القوى في ذرة الهواء سوف لا يتغير خلال الزمن القادم . ففي الشكل يظهر المستقيم (V_1) هو اتجاه الرصدة . وبعد تطبيق المعادلة فان (A_1) ستكون نسبة التغير الحاصلة على الهواء بتأثير القوى المختلفة . وبذلك يكون اتجاه وسرعة الرياح حسب (V_2 (Prog في الشكل . وفي المرحلة الثانية نبدأ بحساب الحركة على اساس الاتجاه الجديد فيكون المستقيم (V_2) . ونسبة التغير بتطبيق المعادلة يكون (A_2) . لذلك فان الاتجاه الجديد للمرحلة الثانية يكون (V_3 (Prog وبأستخدام هذه الطريقة اكثر من مرة يمكن حساب حركة وسرعة واتجاه الرياح على منطقة صغيرة او واسعة . وهذا يتطلب كما اسلفنا حساب حركة بلايين الذرات في الغلاف الغازي مرة واحدة . ولما كان ذلك غير ممكن . لذلك فان المنطقة الواسعة تقسم الارض الى مربعات كل مربع مساحته ١٥٠ كم^٢ . كما يقسم طبقات الجو الى ١٥ جزءاً من سطح الارض الى طبقة الستراتوسفير . وتحسب الحركة من مربع الى آخر . اما الوقت المحسوب للحركة فهو كل عشر دقائق . لذلك فان منطقة على مستوى مساحة الولايات المتحدة تحتاج الى اكثر من نصف بليون عملية رياضية من اجل الوصول الى حل استنتاج حركة الرياح لل ٢٤ ساعة القادمة . وبذلك لم يكن بالامكان استخدام هذه الطريقة بدون الاستعانة بالحاسوب . فمثلاً الحاسوب المستعمل في بريطانيا يقوم بتحليل الارقام المطلوبة للجزر البريطانية مرتين في اليوم . الأول الساعة ١٢ ظهراً بتوقيت كرينتش . والثانية الساعة الواحدة صباحاً بتوقيت كرينتش . وبذلك تصدر نشرتان يومياً للتوقع لحالة الطقس للسته ايام القادمة . النشرة الاولى الساعة ٤.٥ ظهراً والثانية الساعة ٤.٥ صباحاً بتوقيت كرينتش . ويمكن استخدام برامج نوعية لاعطاء نشرات عن مناطق صغيرة المساحة ولفترة قصيرة تصل بين يوم و ٣٦ ساعة القادمة .

هناك جهود تبذل لتبديل الحاسوب بحجمه الحالي بحاسوب اكبر بثمانى مرات . ويأمل القائمون بذلك بتصغير حجم المربعات المقسم اليها العالم الى ٩٠ كم^٢ لكل مربع بدلاً من ١٥٠ كم^٢ ، والى زيادة تقسيم الطبقات العليا للهواء الى ١٩ قسماً بدلاً من ١٥ المستعمل حالياً . وهذا يعطى فرصة لتتبع بعض الظواهر الطبقيّة الاصغر حجماً والتنبؤ بها . وهناك شك في ان تقوم هذه الطريقة بتحسين طريقة التنبؤ الجوي .

ان طريقة التنبؤ باستخدام المعادلات تجابه عدداً من المشاكل عند التطبيق . فاذا علمنا بأن دقة التنبؤ بهذه الطريقة يعتمد على توافر الشروط الثلاثة الآتية :

- أ - فهم جيد لقوانين حركة الغلاف الغازي .
- ب - القابلية على قياس الحالة الفورية للغلاف الغازي .
- ج - الوصول الى حل المعادلات الرياضية بدقة .

ان أي تقصير في أي من هذه الامور الثلاثة يؤدي الى ظهور الخطأ في التنبؤ الجوي . فضلاً عن الحجم الهائل من الارقام التي يتم التعامل معها ، فان عدم التوزيع الخيد والكافي لمحطات الرصد الارضية ، ولطبقات الجو تجعل القابلية على قياس الحالة الفورية للغلاف الغازي غير متوافرة بالتفاصيل وبالدرجة المطلوبة . لذلك فان كل المعلومات المسجلة في محطات الرصد المختلفة لاتعبر بشكل دقيق عن الحركة في الغلاف الغازي . فاذا علمنا ان المنطقة التي تبعد حوالي ١٦٠٠ كيلومتر عن منطقة اخرى قد تحمل معها بذور طقس الغد ، فان تغطية هذه المنطقة بمحطات الرصد تصبح ضرورية اذا ما اردنا ان نتنبأ بالطقس بشكل جيد . لذلك فان عدم ادخال هذا العامل سيؤدي الى زيادة الخطأ في التنبؤ مع مرور الوقت . كما ان قياس تأثير الجاذبية والضغط يجب ان يكون بدقة اكثر مما يقاس في الوقت الحاضر . وذلك لان هناك فرقاً بين مجموع تأثير العوامل وتأثير العوامل كل على حدة . وهذا الفرق يكبر مع مرور الوقت مما يؤدي الى تزايد الاخطاء في النتائج . كما ان الاخطاء الفنية في تقدير قوة الاحتكاك في المناطق المختلفة مع سوء تقدير مصادر الحرارة والبرودة للهواء تؤدي الى أخطاء اخرى . لذلك يبدو اننا مازلنا بعيدين عن الفهم الجيد لقوانين حركة الغلاف الغازي . كما اننا مازلنا لانستطيع قياس الحالة الفورية للغلاف الغازي بالتفاصيل المطلوبة . لذلك دائماً تظهر بعض الاخطاء في نتائج هذه الطريقة .

- أ - تحسين نوعية الاحصاءات للحصول على نشرة جوية اكثر دقة .
 ب - تحسين طريقة التنبؤ نفسها عن طريق اكتشاف طرائق أخرى .
 ج - تطوير طرائق جديدة للوصول الى نشرة جوية تخدم مستعملين اكثر للنشرة الجوية .

ان الطريقتين السالف ذكرهما تحاولان ان تعالجا حالة الغلاف الغازي القادمة لفترة قصيرة من الزمن . في حين ان هناك نشاطات تحتاج الى التنبؤ لفترة اطول . ومن الاستعراض السابق يتضح لنا انه كلما طالّت فترة التنبؤ كانت نسبة الخطأ عالية . لذلك فان التنبؤ الطويل الامد سيركز على الامور المهمة والاساسية ويترك التفاصيل الدقيقة حتى يتجنب اكبر نسبة ممكنة من الخطأ . ان التنبؤ الطويل الامد اخذ يشير اهتمام الباحثين في الاونة الاخيرة .

٣ - التنبؤ الطويل الامد للطقس Extended & longrange weather forecasts

- ان التنبؤ الطويل الامد يمكن تقسيمه الى قسمين :
 أ - التنبؤ لاسبوع او تمديد فترة التنبؤ القصيرة Extended forecasts
 ب - التنبؤ لشهر أو فصل قادم Long - Range forecasts

ويجب ان نضع في اذهاننا ان هذا النوع من التنبؤ يفتقر الى الكثير من التفاصيل الدقيقة التي يهتم بها التنبؤ القصير الامد .

أ - التنبؤ لمدة اسبوع Extended forecats

ويستخدم هذا النوع من التنبؤ احدى الطرائق الاتية أو كلها : الطريقة الحركية dynamic methods ، أو الطريقة الاحصائية statistical methods ، أو الطريقة التفصيلية التي تستخدم خرائط الطقس synoptic techniques . فالطريقة الحركية تستخدم مامتوافر من معلومات فيزياوية عن ظواهر الطقس ويتم توظيفها للتنبؤ بحالة الطقس القادمة لاسبوع أو أكثر . والطريقة الاحصائية تعتمد المعادلات الاحصائية المستنتجة كبديل عن القوانين الفيزيائية . وبذلك فانها تستخدم الاحتمالية في حدوث اية ظاهرة طقسية . أما الطريقة التفصيلية فانها تستخدم مجموعة خرائط للطقس ولأيام عدة ويقوم متخصص في مجال التنبؤ بتفسير هذه الخرائط ليخرج منها بتعميم عن حالة الجو القادمة لفترة اسبوع قادم .

في هذه الطريقة يكون الاعتماد على الاحصاء اكثر من الاعتماد على القوانين الفيزيائية التي تتحكم بحركة الغلاف الغازي . وذلك لان هذه القوانين لم تتطور بعد لتشمل حركة الغلاف الغازي لفترة طويلة . وعلى الرغم من ان هذه الطريقة لا تستبعد استخدام القوانين الفيزيائية الا انها لا تعتمد عليها كثيراً . ففي هذه الطريقة يستخرج معدل جديد لحركة الامواج الطويلة . وفي هذه المرة معدل ٣٠ يوماً أو حركة هذه الامواج خلال فصل كامل . ومن خلال معرفة موقع وحجم هذه الامواج وتوقع الحركة البطيئة التي يمكن ان تحدث نوع من التغيير في مواقع هذه الامواج خلال الفترة القادمة . يمكن التنبؤ بالحرارة والامطار للفترة القادمة . ودائماً تستخدم القوانين الاحصائية للدلالة على هذا التنبؤ . فمثلاً بعد اكمال رسم الامواج الطويلة من معدلاتها الشهرية تستخدم القوانين الاحصائية لتشير الى ان الحرارة أعلى أو أقل من معدلاتها هذا الشهر . أو أن الامطار ستكون أكثر أو أقل من معدلاتها . وهنا فقط يمكن اضافة : هل ان الامطار ستكون على شكل ثلج أو مطر وهل ان المنطقة ستكون جافة أو رطبة للفترة القادمة .

وهناك طريقة اخرى أقل تكلفة وتحتاج الى وقت أقصر من الطريقة السابقة . وتتلخص هذه الطريقة في استخدام الاحتمالية الاحصائية في تكرار حالات طقس معينة سبق وان سادت المنطقة . وهذه الطريقة تفتش في حالات الطقس المسجلة سابقاً للوصول الى ايجاد حالة تماثل الحالة الحالية في التشابه بين مايجري على سطح الارض والحالة في طبقات الجو العليا . فاذا ماوجدت هذه الحالة ، فان القانون الاحصائي يستخدم لاكتشاف احتمال تكرارها مرة اخرى . أي أن هذه الطريقة تنطلق من مقولة مفادها ان حالات الطقس الماضية قد تتكرر اذا ماسادت نفس الظروف السابقة من جديد . ومن مساويء هذه الطريقة ان حالات الطقس المسجلة قليلة جداً وذلك لان عملية التنبؤ الجوي ذات عمر قصير . فللوصول الى الحالة نفسها فاننا بحاجة الى تسجيلات لفترات طويلة حتى يمكن اكتشاف امكانية تكرارها مرة اخرى . اما بالنسبة الى التنبؤ بحالة الطقس لفصل قادم . فان الطريقة الاحصائية هي الطريقة الوحيدة الصالحة لهذا الغرض . وتستخدم بنفس طريقة استخدامها للتنبؤ لشهر قادم . والنقص نفسه ينطبق عليها حيث لاتتوافر تسجيلات طويلة للطقس الماضي يمكن الاعتماد عليها للتنبؤ لفصل قادم بشكل جيد .

المبحث الثاني التنبؤ بالمناخ والتبديل المناخي

إذا كانت عناصر الطقس تختلف بين ساعة وأخرى وبين يوم وآخر . وبين شهر وآخر . فإن هذه العناصر عندما يأخذ معدلها العام لتمثل حالة المناخ ستظهر تذبذباً أقل . أما إذا أخذت المعدلات السنوية مثلاً لدرجات الحرارة فإنها ستبين تذبذباً بين سنة وأخرى . وكان الاعتقاد السائد أن هذا التذبذب طبيعي وإذا ما أخذت معدلات ٢٠ الى ٣٥ سنة فإن هذا التذبذب سوف يزول . لذلك يطلق على هذا المعدل الطويل اسم الثابت المناخي . ولكن الدراسات والبحوث الأخيرة بدأت تشير إلى أن المناخ ليس ثابتاً بل متغيراً . فليس هناك تذبذب بين سنة وأخرى وبين فترة مناخية وأخرى فقط بل هناك تبدل قد يكون طويل الأمد . أن هذا التبدل يطلق عليه climatic change . أن ما أثار الانتباه إلى هذه الحقيقة هو تكرار بعض الحالات الشاذة في مناخ العصر الحالي . فالجفاف الذي أصاب وسط الغرب الأمريكي في الثلاثينات أو الجفاف الذي أثر في منطقة الساحل الأفريقي في نهاية الستينات وبداية السبعينات كانت محفزاً لهذا النوع من الدراسات . ثم جاء عام ١٩٧٢ ليشهد مجموعة ظواهر منها الجفاف الذي أصاب الاتحاد السوفيتي وأثر في إنتاج القمح فيها . والجفاف الذي أصاب منطقة الساحل الأفريقي وأدى إلى كوارث بشرية . وتأخر الأمطار الموسمية في جنوب شرق آسيا الذي أثر في الإنتاج الزراعي فيها . وأخيراً إصابة موسم صيد الأسماك في بيرو إصابات كبيرة حيث أن هذا الموسم يعتمد على حركة التيارات البحرية . أن هذه الظواهر دفعت الباحثين لتتبع السبب الحقيقي وراء هذه الظواهر . وكانت الحقيقة التي لم ينتبه لها الباحثون سابقاً وهي أن المناخ متغير وليس ثابتاً .

أن التغير المناخي شأنه شأن التذبذب الحاصل في الطقس له تأثير مباشر في جوانب الحياة المختلفة . فالمناخ هو الذي يحدد أنواع المحاصيل الزراعية التي يمكن زراعتها في منطقة ما . وهو الذي يحدد نوع الملابس وتصميم المساكن . كما يحدد كمية الطاقة المستهلكة وإمكانيات السياحة وجوانب أخرى مختلفة . لذلك فدراسة هذا الموضوع بدأت تستأثر اهتمام الباحثين في مجال المناخ التطبيقي . وللوصول إلى التنبؤ المناخي لا بد من معرفة الأسباب الكامنة وراء هذا التبدل . وهذا ما سنحاول القاء الضوء عليه من خلال هذا المبحث .

منذ ثلاثين سنة مضت، ظهرت نظرية جيولوجية تسمى حركة الصفائح plate tectonic هذه النظرية مفادها أن القشرة الأرضية تطفو فوق سطح شبه سائل. وعليه فإن الصفائح التي تكون القارات والمحيطات تتحرك نسبة الى بعضها فتغير مواقعها. وهذه الصفائح تكون سطح القارات وقيعان المحيطات عدا المحيط الهادي. ان هذه النظرية قد قدمت تفسيراً للعاملين في مجال المناخ من خلال اعطاء تفسير لاختلاف المناخ على منطقة واحدة بين فترة واخرى. ان وجود آثار عصور جليدية قدر عمرها بـ ٢٣٠ مليون سنة مضت في مواقع مدارية حالياً في استراليا وافريقيا وامريكا الجنوبية كانت لغزاً يتحدى المناخيين. فهل من المعقول ان يكون الزحف الجليدي قد وصل الى هذه المناطق ذات الموقع المداري حالياً. باستخدام هذه النظرية اصبح بالامكان تفسير هذه الظاهرة. فقد تبين ان هذه الاجزاء كانت تكون قارة واحدة في الماضي. موقع هذه القارة في العروض العليا الجنوبية. وبسبب حركة الصفائح، فإن هذه القارة تكسرت وابتعدت اجزاؤها الى اتجاهات مختلفة. ان وجود هذه الاجزاء التي تعرضت الى الزحف الجليدي في مواقعها الحالية هو بسبب هذه الحركة. فعندما كانت في مواقعها القديمة. كانت مغطاة بالجليد بحكم موقعها في العروض العليا الجنوبية (شكل ٧٤). يتضح من الشكل (٧٤) ان الاجزاء ذات اللون الفاتح هي الاجزاء التي تعرضت للزحف الجليدي في مواقع مدارية حالياً.

ان هذه النظرية قد اعطت تفسيراً لمناطق اخرى تعرضت للتبدل المناخي. حيث ان تبدل مواقع هذه المناطق نتيجة حركة الصفائح قد ادى الى تبدل مناخها. كما ان تكسر القارات القديمة قد غير من التيارات البحرية ومواقعها. وان ظهور التضاريس بسبب حركة الصفائح اثر في الدورة العامة للرياح مما ادى الى تغيير مناخات هذه المناطق. ولما كانت زحزحة القارات بطيئة جداً، فإن التغيير المناخي الذي تحدثه يكون تدريجياً وغير مفاجيء. وان تقدير الحركة بعدة سنتمترات سنوياً يؤدي الى ان يكون التغيير بسبب تغيير القارات لموقعها يحتاج الى وقت طويل يقدر بملايين السنين. لذلك فإن هذه النظرية تساعد على اعطاء تفسير للتغيير المناخي الذي يحدث بملايين السنين. اما التبدل الذي يحدث بعشرات او مئات او آلاف السنين فإنه يحتاج الى تفسير آخر.

تعتمد هذه النظرية على ان الثورات البركانية الكبيرة قد تؤدي الى اِصْصال كمية كبيرة من الغبار البركاني والدخان المصاحب للانفجارات البركانية الى طبقة الستراتوسفير . ولما كانت هذه الطبقة خالية من بخار الماء (أي فوق مستوى اكثر الغيوم ارتفاعاً) وفيها حركة سريعة للرياح . فان الغبار البركاني والدخان سوف ينتشران ليغلفا الكرة الارضية بعد فترة قصيرة . ولصغر حجم الذرات وعدم وجود امطار في هذه الطبقة . فانها ستبقى معلقة لعدد من السنين في هذه المنطقة . الناتج هو ان هذه الذرات ستحجب جزءاً من الاشعاع الشمسي وتمنعه من الوصول الى الارض عن طريق امتصاصه . وهذا بدوره سيؤدي الى خفض درجة الحرارة . وقد يؤدي الى عصر جليدي اذا كان النشاط البركاني كبيراً جداً . لذلك فان الشيء المنطقي استناداً الى هذه النظرية ان يتوافق انخفاض درجة الحرارة مع ازدياد النشاط البركاني . ان ترتفع درجة الحرارة في فترات قلة النشاط البركاني . ان انخفاض النشاط البركاني بين سنة ١٩١٥ و ١٩٦٣ قد اعطى دعماً لهذه النظرية حيث توافق معها ارتفاع ملحوظ في معدل درجة حرارة الارض . ولكن انخفاض درجة حرارة الارض خلال عقد الاربعينات لا يمكن تفسيره بهذه النظرية . حيث ان الانخفاض قد سبق استعادة البراكين نشاطها بحوالي ٢٣ سنة .

ان الانفجارات البركانية وازدياد عددها عادة تعد احد الاسباب المهمة للعصور الجليدية . ولكن بعض البحوث تشكك بهذه العلاقة . فقد بين آرثر هولمز عام ١٩٥٦ انه لا توجد علاقة احصائية بين فترات النشاط البركاني الكبيرة وبين حدوث العصور الجليدية . في حين بينت بحوث اخرى ان هناك علاقة . ففي دراسة اعتمدت على تحليل عينات اخذت من قاع المحيط تبين ان هناك نشاطات بركانية كبيرة خلال المليون سنة الماضية قياساً لفترة ١٨ مليون سنة ماضية . وفي دراسة احصائية لايجاد العلاقة بين فترات النشاط البركاني والعصور الجليدية في آخر مليون سنة وجد ان هناك علاقة احصائية جيدة بين العصور الجليدية التي اكتسحت الارض وبين ازدياد فترات النشاط البركاني . ولما كانت العصور الجليدية تتخللها فترات دفيئة . فان كشف العلاقة الكاملة يتطلب تفاصيل دقيقة للنشاط البركاني غير متوافرة حالياً . لذلك فان هذه النظرية مازالت تتعرض الى نقد او قبول من عدد من الباحثين في هذا المجال . ان الشيء . بت ان للنشاط البركاني تأثير مباشر في كمية الاشعاع الشمسي ومن ثم في درجة الحرارة . لكن الى

بينما الحضيض (في ٣ كانون الثاني من كل عام) هو عندما تكون الشمس في اقرب نقطة عن الارض . وهذا يتوافق مع الصيف الجنوبي . فالارض في الاوج تكون على بعد ١٥٤ مليون كيلومتر عن الشمس بينما في الحضيض تكون على بعد ١٥٠ مليون كيلومتر عن الشمس . ان هذا الاختلاف في الوقت الحاضر ليس له تأثير في المناخ وذلك لان نسبة اختلاف الاشعة الواصلة الى الارض في فترة الحضيض تكون بمقدار ٦ ٪ اكثر من الاشعاع الشمسي الواصل الى الارض في فترة الاوج . ولكن عندما تقترب الارض من الشكل البيضوي في دورتها حول الشمس ، فإن نسبة الاختلاف في الاشعة الواصلة الى الارض بين الاوج والحضيض تقدر بين ٢٠ الى ٣٠ ٪ . وهذا بالتأكيد سيكون له تأثير كبير في مناخ الكرة الارضية . في حين عندما يكون المدار دائرياً فلا وجود للاختلاف في كمية الاشعة الواصلة الى الارض في كل الفصول

اما بالنسبة الى ميلان محور الارض . فان تأثيره في المناخ يتحدد من خلال ان ميلان المحور هو المسؤول عن اختلاف الفصول على سطح الارض . ولما كان المحور يميل بزاوية تتراوح بين ٢٢.١ الى ٢٤.٤ درجة كل ٤١.٠٠٠ سنة . فان الميلان اقليل للمحور يعني اختلاف قليل للحرارة بين الفصول . بينما الميلان الكبير للمحور يعني اختلاف كبير للحرارة بين الفصول . ان بعض الباحثين يعتقد ان وصول المحور الى ميلان مقداره ٢٢.١ سيؤدي الى ارتفاع درجة حرارة الشتاء عن معدلها الحالي مما يؤدي الى زيادة بخار الماء في الهواء وبذلك فان كميات الثلج سوف تزداد تساقطاً على المناطق القطبية . ولما كان هذا يعني انخفاض في درجة حرارة الصيف عن معدلها الحالي . فان ذلك سيقلل من نسبة ذوبان الثلوج مما يعني تبدل مناخي باتجاه عصر جليدي .

اما بالنسبة الى تذبذب اتجاه المحور . فان له تأثير كبير ومباشر في المناخ من خلال ان اوقات الفصول سوف تختلف او تنعكس . أي ان اشهر الصيف الحالي ستكون شتاء بينما اشهر الشتاء الحالي ستكون صيفاً . وهذا يعني ان الصيف الذي يأتي مع الاوج حالياً وبأشعاع شمس اقل من فترة الحضيض ، فانه سيتوافق مع كون الارض في الحضيض اي بزيادة كمية الاشعاع الشمسي . مما يعني صيفاً اكثر حرارة من الوقت الحاضر . والعكس صحيح . فان الشتاء الذي يتوافق الان مع الحضيض اي بزيادة في كمية الاشعاع الشمسي الواصل الى الارض . فان الشتاء اذا توافقت مع الاوج فان كمية الاشعاع الشمسي ستكون اقل وبذلك يكون الشتاء ابرد مما هو عليه الان . أي ان الفروق بين الفصول سيكون اكبر مما هو عليه الان .

الشمسية والتي ترفع الغازات الملتهبة على شكل لسان من اللهب بعيداً عن سطح الشمس مما يؤدي الى ظهورها على شكل بقع سود على سطح الشمس . وهذا يعني ان كمية الاشعاع ستزداد بازدياد كمية البقع على الشمس . والعكس صحيح . ان هذه النظرية هي من اقدم النظريات وتكون العلاقة بينها وبين درجة الحرارة من السهولة . فالمفترض ان ترتفع درجة حرارة الارض مع زيادة عدد البقع . وتنخفض درجة حرارة الارض مع قلة عدد البقع على الشمس . كما ان هذه النظرية قد استخدمت لما يسمى بالدورة المناخية . المشكلة مع هذه النظرية ان كمية الاشعاع الواصل الى اعلى الغلاف الغازي لم يشهد تغييراً كبيراً . بل قبل استعمال المركبات الفضائية . كانت المعلومات تشير الى عدم وجود تغيير اطلاقاً في كمية الاشعاع الشمسي الواصل الى اعلى الغلاف الغازي . لذلك يطلق على كمية الاشعة الواصل الى اعلى الغلاف الغازي اسم الثابت الشمس Solar Constant .

في دراسة ظهرت في السبعينات لفلكيين تبين ان الفترة الواقعة بين ١٦٤٥ - ١٧١٥ تميزت باختفاء البقع الشمسية . وفي دراسة ثانية جرت محاولة لربط هذا الاختفاء للبقع بالمناخ الذي ساد اوربا في تلك الفترة . وباستعمال نسبة تكرار الوهج القطبي او نسبة كاربون ١٤ في حلقات الاشجار كمعبر عن فترات قلة او زيادة النشاط الشمسي مع فترات انخفاض وارتفاع درجة الحرارة . كانت النتيجة ان هناك توافقاً جيداً مع دورة الشمس . فقد مرت فترة على اوربا من نهاية القرن السابع عشر الى بداية القرن الثامن عشر سميت بالعصر الجليدي الصغير Little Ice Age . شهدت هذه الفترة انخفاض في درجة الحرارة يتطابق تماماً مع فترة اختفاء البقع الشمسية . وقد خلصت الدراسة الى ان التغيير في النشاط الشمسي مسؤول عن التغيير المناخي والذي قد يستمر بين ٥٠ سنة الى مئات السنين . ولكن السؤال الذي مازال مطروحاً هو كيف نوفق بين دورة ١١ سنة والتغيير المناخي ؟ حيث ان الدراسة السابقة لم تربط بين الدورة الشمسية والتغيير المناخي . وفي محاولات عديدة بعضها صادف النجاح وبعضها الاخر فشل في ايجاد هذه العلاقة . فان الباحثين مازالوا يبحثون عن طريق لربط الدورة الشمسية بالتغيير المناخي . وفي محاولة من مجلس البحث العلمي الامريكي في هذا المجال . ركز المجلس على اهمية تغيير طريقة البحث من استخدام الاحصاء (لان نسبة التغيير في الاشعاع قليلة فلا يظهر تأثيرها في العلاقات الاحصائية) الى البحث عن السبب او الاسباب الفيزيائية الذي يمكن ان يحدثها تغيير بسيط في كمية الاشعاع الواصل الى سطح الارض على المناخ . ان

معينة. وهذا ما يطلق عليه باسم « تأثير البيوت الزجاجية Green house effects ». فثاني اوكسيد الكربون يعمل عمل الزجاج في نوافذ الغرف. حيث يسمح الزجاج للاشعة الشمسية بالمرور من خلال الزجاج الى داخل الغرفة ويمنع الاشعاع الارضي من الخروج الى خارج الغرفة. فيساعد على رفع درجة حرارتها. وهذا يعني ان ازدياد نسبة ثاني اوكسيد الكربون في الهواء ستساعد على رفع درجة حرارة الهواء من خلال ان كميات اكبر من الاشعاع الارضي سيتم امتصاصها من هذا الغاز.

ان النشاط البشري بعد الثورة الصناعية الاولى قد اعتمد بالدرجة الاولى على حرق الوقود لتوليد الطاقة (فحم، غاز، نفط). ان كل حرق لهذه المواد سيحرر نسبة من ثاني اوكسيد الكربون التي كانت مخزونة حيث تضاف الى الهواء. صحيح ان ارتفاع نسبة ثاني اوكسيد الكربون قد تنشط عملية التمثيل الضوئي للنبات فتستهلك نسبة منه لتخزن من جديد في النباتات. كما ان البحار والمحيطات سوف تخزن جزءاً اخر. الا ان الدراسات بينت ان نسبة ٥٠ ٪ من هذا الغاز المولد عن طريق حرق الوقود يبقى في الغلاف الغازي. وبذلك قدرت النسبة التي اضيفت للغلاف الغازي بين سنتي ١٨٦٠ و ١٩٧٠ بـ ١٠ ٪ من نسبة الغاز في الهواء. وبذلك ارتفعت الكمية من ٢٨٥ جزء بالمليون الى ٣٣٠ جزء بالمليون. والتوقعات تشير الى انه بحلول عام ٢٠٠٠ سوف ترتفع الكمية الى ما يقارب ٤٠٠ جزء بالمليون وبحلول عام ٢٠٤٠ سوف تتضاعف كمية ثاني اوكسيد الكربون^(٣). ان سبب هذا الارتفاع يعود الى تزامن قطع ملايين الهكتارات من الغابات خلال الفترة الماضية، وما زالت العملية مستمرة بقطع الآف الهكتارات سنوياً. اي ان نسبة ما يتم اضافته الى الغلاف الغازي من ثاني اوكسيد الكربون سوف يستهلك منه القليل، وذلك لتقلص الغطاء النباتي. هذا فضلاً عن ان كمية الوقود المستعمل في زيادة مستمرة سنوياً.

ما هو مستقبل مناخ الارض في ضوء هذا التغيير المتوقع في نسبة ثاني اوكسيد الكربون؟ الحواب عن هذا السؤال فيه الكثير من الغموض لان العلاقة الكاملة بين عناصر المناخ غير واضحة تماماً. وهنا يطرح تساؤلاً مهماً لعدد من الباحثين يعد من أشد الانتقادات التي وجهت الى هذه النظرية. اذا كان لثاني اوكسيد الكربون هذا

(3) Lutgens, Frederick K. & Tarbuk, Edward J. The Atmosphere, An Introduction to Meteorology. Prentice - Hall Inc., Englewood cliffs, New Jersey, 1979 PP. 304.

وجدير بالذكر ان هذه النظرية لاتعطي تفسيراً واضحاً لاسباب تغيير المناخ في الماضي . كما انها لاتساعد على التنبؤ بالمناخ المستقبلي الطويل الامد . فان هذه النظرية ترى انه بمجرد ايجاد حل لتقليل نسبة ثاني اوكسيد الكربون في الجو ، فان تأثيرها سوف يختفي .

٢ - نظرية الغبار الذي يسببه الانسان Man-generated Dust

الاسم الشائع حالياً هو التلوث Pollution . ان هذا الغبار او التلوث يأتي من بقايا حرق النباتات على شكل دخان ، او الاعمال الهندسية المدنية في بناء المدن ، او من خلال حرق الوقود في المصانع والسيارات وما ينتج عنه من مواد صلبة عالقة يستطيع الهواء حملها الى ارتفاعات مختلفة . يتلخص تأثير هذه المواد في حجب كمية من الاشعاع الشمسي ومنعها من الوصول الى سطح الارض مما قد يؤدي الى خفض ملحوظ لدرجات الحرارة . ان هذه النظرية لم تصادف النجاح الكبير الذي صادفته نظرية غاز ثاني اوكسيد الكربون . وهناك خلاف في الرأي بين الباحثين حول تأثير هذه المواد في المناخ . فالمعروف ان هذه المواد لاتبقى عالقة في الجو لفترة طويلة كما هو الحال مع الغبار الركامي . وذلك لان هذه المواد تبقى ضمن طبقة التروبوسفير والتي سرعان ماتغسل بالامطار . لذلك فان تأثيرها قليل يتحدد بعمرها . وهذا يعني ان تأثيرها في تذبذب الطقس واختلافه اكبر بكثير من تأثيرها في المناخ .

يعتقد عدد من الباحثين ان تأثير التلوث يأتي من خلال الحجب النسبي للاشعة الشمسية مما يؤدي الى خفض درجة الحرارة . في حين يعتقد باحثون اخرون ان تأثيرها هو في رفع درجة الحرارة وذلك من خلال ان الغبار يؤدي الى منع الاشعاع الارضي من الهروب من الغلاف الغازي . مما يعزز عمل المواد الممتصة للاشعة الحرارية والتي يطلق عليها اصطلاحاً تأثير البيوت الزجاجية Green house effects . لذلك تبقى المسألة العميقة هي في ان العلاقة بين العناصر المناخية المختلفة يجب ان تفهم بشكل اكبر من اجل الوصول الى التنبؤ بالمناخ المستقبلي ومعرفة اي النظريات السابقة اكثر تأثيراً من غيرها .

ان الثابت حالياً ان الاسباب الطبيعية للتغيير المناخي هي التي تعمل على اعطاء تفسير للتغيير المناخي للفترات الطويلة . بينما الاسباب البشرية تأثيرها قصير الامد . والسؤال الذي لم يجد جواباً شافياً لحد الان هو هل ان التصرف الذي

الى تقرير درجات الحرارة ومن ثم نوع المناخ السائد في المنطقة . لذلك فان الدقة في المعلومات تكون غير كبيرة .

ان جميع الطرائق السابقة تؤدي الى معرفة الحرارة او الحرارة والامطار . وعلى الباحث ان يتعرف ظروف المناخ الاخرى من هذين العنصرين . ولكن ان عدم الاستيعاب الكامل للعلاقات بين العناصر المناخية يؤدي الى اختلاف كبير في الرأي حول طبيعة مناخ حقبة معينة . مما يؤدي الى تأخير العمل كثيراً بالتنبؤ المناخي . فكما اشرنا سابقاً فان هناك تأثيرات متبادلة للعناصر المناخية من التعقيد بحيث لم يدرك الباحثون كل ابعادها . واكثر هذه العلاقات في عدم وضوحها تتمثل في حالتين : التغذية الاسترجاعية السلبية **Negative Feedback** التي تتمثل في ان يكون تأثير الظاهرة سلبياً بسبب تأثير عنصر مناخي في عنصر مناخي آخر مما يقلل من فعاليته . فمثلاً ان ارتفاع درجة الحرارة قد يؤدي الى زيادة كمية بخار الماء في الهواء مما يؤدي الى زيادة نسبة الغيوم في السماء ، وهذا بدوره يعمل على حجب كمية اكبر من الاشعاع الشمسي من الوصول الى الارض مما يؤثر في ارتفاع درجة الحرارة فيعمل على خفضها . ان التأثير السلبى للغيوم في الاشعاع الشمسي قلل من ارتفاع درجة الحرارة وبذلك ألغى العامل الذي ساعد على ارتفاع الحرارة . والحالة الثانية هي التغذية الاسترجاعية الايجابية **positive feed back** . حيث تعمل هذه الظاهرة على تعميق السبب الذي يؤدي الى تغيير في عنصر مناخي . اي يضاف عامل آخر للعامل الاول يساعد على تنشيط خفض او رفع قيمة العنصر المناخي . فمثلاً ان انخفاض درجة الحرارة سيؤدي الى زيادة تراكم الثلوج في المناطق القطبية وشبه القطبية . حيث ان عدم ارتفاع درجة حرارة الصيف سيؤدي الى عدم ذوبان الثلوج في عروض كانت الثلوج فيها تذوب صيفاً . هذه الحالة ستؤدي الى توسيع رقعة المساحة المغطاة بالثلوج . وحيث ان الثلج عاكس جيد للاشعاع الشمسي ، فان نسبة اكبر من الاشعاع الشمسي ستعرض الى الانعكاس مرة اخرى الى الفضاء مما يساعد على تقليل كميات الاشعاع الشمسي الممتص من الارض مما يساعد على خفض اكثر لدرجات الحرارة . ان المثاليين ليسا حالة ثابتة ومستقرة وذلك لان بروز اية ظاهرة سيؤدي حتماً الى التأثير في عناصر اخرى . فمثلاً ان رفع كمية بخار الماء في المثال الاول سيؤدي الى زيادة نسبة الغيوم الذي عد تغذية استرجاعية سلبية . هذه الحالة نفسها قد تؤدي الى تغذية استرجاعية موجبة من خلال ارتفاع كمية بخار الماء ستؤدي الى حجز كميات اكبر من الاشعاع الارض ومنعه من الهروب الى الفضاء مما قد يعني ارتفاع في درجة الحرارة . وفي المثال الثاني ، فان

لذلك يمكن القول بهذا الصدد انه لا يمكن حالياً ايجاد نموذج رياضي متكامل يعبر عن حالة الغلاف الغازي . الا اذا ازدادت معلوماتنا عن هذا الغلاف واكتشفت بعض الاسرار التي لم تكتشف بعد . هذه الحقيقة لم تثن الباحثين عن المحاولة . ولهذا ظهرت محاولات عديدة للتنبوء بالمناخ المستقبلي صادف قسم منها بعض النجاح . وللتثبت من صحة هذه التنبؤات بشكل كامل فلا بد من الانتظار لعشرات بل احياناً لمئات السنين للتثبت من صحة هذه التنبؤات . وفي هذا الصدد يمكن تقسيم الطرائق التي استعملت للتنبوء بحالة المناخ الى قسمين :

١ - الطريقة الاحصائية :

وتتمثل في محاولة معرفة اتجاهات بعض عناصر المناخ وبالذات درجات الحرارة في الماضي . وهل ان هذا الاتجاه فيه نوع من الانتظام . وعلى اساس هذا الانتظام يتم توقع الاتجاه المستقبلي لدرجة الحرارة . ان هذه الطريقة بقدر ما هي سهلة فاننا يجب ان نتعامل معها بحذر شديد . لان رسم الاتجاهات خاصة على المدى القصير قد تكون خادعة ومن ثم فان النتائج التي ستظهر منها ستكون خاطئة . فمثلاً يصعب ايجاد انتظام دقيق في تصرف العناصر المناخية . وقد لاحظنا انه حتى نظرية البقع الشمسية لم تستطع ان تتوصل الى قرار نهائي بصدد تأثيرها المباشر في الحرارة . لذلك فاذا اخذنا اتجاه الحرارة في السبعينات مثلاً سيبين ان الاتجاه هو في ارتفاع درجة الحرارة . بينما لو بدأنا بالحرارة من الأربعينات . فان الاتجاه سيكون نحو انخفاض درجة الحرارة . ان هذا الاتجاه يتطلب استخدام معلومات مناخية طويلة نسبياً أو هي ليست متوافرة بشكل دقيق . فالمعلومات المناخية المسجلة لدينا يعود تاريخها الى ٣٠٠ سنة مضت . قبل هذا التاريخ كل المعلومات كما اشرنا سابقاً تجمع من عينات قيعان البحيرات والمستنقعات أو من حلقات الأشجار أو المناطق القطبية أو من الحوادث التاريخية الشهيرة المسجلة كحوادث الفيضانات ومواسم الحصاد أو من المصادر الجيولوجية . وكل هذه المصادر تعطي تقديرات فيها نسبة من الخطأ . لذلك فان الاتجاهات المناخية في الماضي غير كاملة ودقيقة .

٢ - الطريقة الرياضية :

وتتمثل في محاولة بناء نموذج رياضي يستعمل الحاسوب من اجل توقع التغير الحاصل في المناخ . ويعتمد هذا الاتجاه على افتراض حصول تغيير في احدى عناصر

للعمل في هذا الميدان حتى يستطيع ان يستخدم النتائج المستخرجة من النماذج الكبيرة لتطبيقها على منطقة الدراسة .

وهناك محاولات للتنبؤ بحالة المناخ لفترة اقصر . فالتنبؤ للفصل القادم أو للعام القادم اصبح عملية مستمرة في بعض دول العالم مثل اوربا والولايات المتحدة وتصدر بشكل منتظم من دوائر الانواء الجوية . ان هذا النوع من التنبؤ يستخدم الاحصاء مع المعادلات الرياضية . وقد بدأ الباحثون باستخدام دليل جديد لهذا النوع من التنبؤ يتمثل في مراقبة ظاهرة النينو EL Neno أو الفتى اللاعب . وهذه الظاهرة تتمثل في تقليص تأثير تيار هامبولت البارد الذي يوتر في سواحل غرب امريكا الجنوبية ومنعه من الوصول الى قرب خط الاستواء . وهذا يؤدي الى زيادة الامطار على هذه السواحل وقتلها بالمقابل على سواحل استراليا الشرقية . وهذا يعنى تغييرا في الدورة العامة للرياح . ان حدوث هذه الظاهرة بشكل منتظم (كل اربعة اعوام) دفع الباحثين الى التنبؤ باتجاهات عديدة فسي المناخ . وهذه الاتجاهات توضع على شكل افتراضات فمثلاً اذا كان اتجاه المناخ باتجاه ارتفاع الحرارة وانخفاض كمية الامطار فما هو تأثيره في الزراعة (لمحاصيل معينة) او السياحة . أو أي مرفق اخر . ان هذه الطريقة لاتتنبأ بالمناخ بقدر ماتحاول ان تعطي النتائج المحتملة لهذا التغيير المناخي على الجوانب المختلفة للنشاط البشري .

قبل اختتام هذا المبحث لابد من القول ان جهود الباحثين مستمرة في تطوير جوانب التنبؤ المناخي . وان خير معين لهم ان العلوم الاخرى في تطور مستمر . وقد يضيف التطور في العلوم ذات العلاقة اضافات جديدة تفتح آفاقاً جديدة في فهم اكبر للغلاف الغازي او للعلاقات بين عناصر المناخ المختلفة . ان الانظار تتجه الان الى المعلومات التي تجمعها المركبات الفضائية عن الغلاف الغازي التي من الممكن ان تقدم معلومات جديدة لم تكن معروفة من قبل .

الحرارة ، ومدى الرؤية لخط سير الرحلة الجوية يكون من احد المتطلبات الاساسية لطيران هادئ ومريح واكثر اماناً والتي لايمكن للطيران القيام بدونها . وكثيراً ما ألغيت رحلات جوية في اللحظات الاخيرة بسبب سوء الاحوال الجوية (عواصف ترابية او رياح شديدة او انعدام مدى الرؤية ، او عواصف ثلجية) مما يكلف شركات الطيران مبالغ هائلة . كما اضطرت رحلات كثيرة لتغيير مطارات الهبوط بسبب سوء الاحوال الجوية . كما ان عدداً كبيراً من كوارث الطيران كانت بسبب عدم توقع ظواهر معينة في الطقس قبل وقوعها . لذلك وكما اشرنا سابقاً ، يعد تطور التنبؤ الجوي الى حد ما مرتبطاً بتطور الطيران وتوسعه . وقد اصبح التنبؤ بالطقس لعدة ايام او اكثر من اسبوع ضرورة ملحة وذلك بسبب رحلات الفضاء .

وفي المجال العسكري ، فالتنبؤ بالطقس يعد ضرورة ملحة وذلك لتأثيره المباشر في سير عدد كبير من العمليات العسكرية سواءاً منها البرية او البحرية او الجوية . بل ان برامج التدريب للجيش تخضع لطبيعة مناخ المنطقة . ومن ثم فان التحركات التفصيلية تحتاج الى تفاصيل دقيقة لحالة الطقس ، فالجو الممطر في مناطق تربتها طينية يعيق حركة المدرعات . وان سرعة الرياح واتجاهاتها تؤثر كثيراً في سلاحي المدفعية والصواريخ . هذا فضلاً عن حاجة سلاح الطيران والبحرية الى النشرة الجوية الكاملة كحاجة الطيران المدني والنقل البحري الى هذه النشرة .

اما التنبؤ الطويل الامد والتنبؤ المناخي فانه يقلل كثيراً من خسائر القطاع الزراعي والصناعي اذا كان التنبؤ دقيقاً . فمتطلبات الزراعة من المياه والحماية من انخفاض درجة الحرارة يمكن توفيرها اذا عرف الفلاح بها قبل وقت كافٍ . كما ان انتاج عدد من السلع الصناعية ونوعيتها يرتبط بمعرفة حالة المناخ القادمة . فضلاً عن ان استهلاك الوقود وكم انتاجه يعتمدان على درجة حرارة الهواء . وقد تطرقنا في اكثر من فصل في هذا الكتاب الى اهمية التنبؤ بالمناخ والطقس .

محاولات السيطرة على المناخ والطقس

Climate & weather modification

يمكن التعبير عن اهمية التنبؤ بالمناخ والطقس من خلال المحاولات التي تبذل للسيطرة على بعض الظواهر الطقسية او المناخية ذات التأثير سيء في النشاط البشري . وقد حاول الانسان منذ القدم وما زال يحاول تجنب الاضرار الناتجة عن

٢- في المجال الزراعي : تراوح عمل الانسان في هذا المجال من استخدام الري لتعويض النقص في كمية الامطار الساقطة الى التغطية الكاملة لمزروعاته ليسيطر تماماً على عناصر المناخ التي تحتاج اليها النبتة للنمو. ويمكن ملاحظة الطرائق الآتية :

أ - الري : أستخدم الانسان الري قبل ٥٠٠٠ سنة . وقد ظهرت أولى استخدامات الري في حضارة وادي الرافدين ووادي النيل . الري هو توفير المياه للنبات ويخفض من درجة حرارة التربة . ويوفر جواً أقل حرارة من جو المنطقة غير المروية . فقد وجد ان الري يخفض من درجة الحرارة بنسبة ١ - ٢ م° . وانه يرفع من كمية بخار الماء في الهواء فيؤدي الى كسر حدة ارتفاع الحرارة في الصيف .

ب - مصدات الرياح : وهي عبارة عن اشجار او شجيرات تستخدم لغرض تخفيف تأثير الرياح الشديدة . كما انها تؤدي الى تقليل التبخر . ان مصدات الرياح تعمل على رفع درجة الحرارة في الصيف بمقدار ٣ م° . وتؤدي الى خفض التبخر بمعدل ٢٠ - ٢٥ % . كما انها تؤدي الى زيادة الانتاج بمقدار ١٠ - ٣٥ % قياساً بالانتاج في مزارع ليست محمية . كما ان المصدات تزيد من تكدس الثلج في المناطق الباردة مما يسهم في رفع رطوبة التربة بعد ذوبانه .

ج - تغطية أرض الحقل ببقايا النباتات : حيث ان ترك التبن او بقايا النبات الجاف على ارض الحقل سيمنع وصول الحرارة العالية الى التربة . حيث يعمل التبن او بقايا النباتات كمادة عازلة وبذلك يساعد على احتفاظ التربة برطوبتها .

د - تغطية النباتات بالنایلون او أقامة البيوت الزجاجية : وتعد من احدث الطرائق المستخدمة التي بدأت تنتشر بشكل واسع . وبهذه الطريقة يستطيع المزارع ان يسيطر سيطرة تامة على كل عناصر المناخ داخل البيوت الزجاجية وهذه الطريقة مكنته من انتاج محاصيل زراعية في غير مواسمها المعتادة مما ادى الى تغطية كلفة الانتاج العالية حيث يمكن بيع هذه المنتجات بأسعار عالية . ان الجو المغلق يساعد على رفع درجة الحرارة من خلال استخدام الاشعة الشمسية . كما يمكنه من الاحتفاظ بالرطوبة في الهواء ويقلل من التبخر مما يؤدي الى خفض استهلاك الماء من قبل النبات . كما ان هذه التغطية تحمي النباتات من الرياح الشديدة ومن كل المظاهر الجوية القاسية الاخرى .

السيطرة على الطقس أو تعديل الطقس هي محاولة الانسان تغيير طبيعة الظاهرة الطقسية بجعلها اقل خطراً أو الغاء تكونها . وهناك طريقتان تستعملان في هذا المجال . الطريقة الاولى وتستعمل مع الظواهر التي لم يتمكن الانسان من معرفة اسرارها بعد ، ولذلك فهو غير قادر على عمل شيء تجاهها . وفي هذه الحالة يحاول التنبؤ بحدوثها قبل وقت كاف من اجل اعطاء تحذير للسكان لتقليل الخسائر الناتجة عنها . وهذا ماتعرضنا له في موضوع التنبؤ الجوي . والطريقة الثانية تتلخص في استخدام الانسان للمعلومات المتوافرة عن الظاهرة لايجاد طريقة يمنع حدوثها أو يقلل من اخطارها بعمل ملائم . وعادة ماتستخدم معلومات شروط التكون للظاهرة لايجاد مجال معاكس لذلك . وهذا ماسنحاول التركيز عليه .

لقد استطاع عدد من الباحثين ان يحقق بعض النجاح في تقليل اخطار بعض الظواهر الطقسية الطارة أو ان يستزيد من الحصول على كميات اكبر من بعض الظواهر النافعة . لذلك فان اكثر التجارب التي اجريت في هذا المجال تركزت حول الامطار والضباب والعواصف الرعدية والعواصف المدارية والبرد . ولم يستطع الانسان لحد الان عمل شيء للعواصف الصغيرة الدوارة المسماة تورنيديو Tornado . وستعرض فيما يلي للأسس العلمية وطرائق عمليات السيطرة على مظاهر الطقس القاسي .

١ - الاستمطار

Cloudseeding or rainmaking

تعتمد الفكرة اساساً على حقيقة علمية هي ان بخار الماء يمكنه ان يتحمل انخفاض شديد في درجة الحرارة فيصل الى (- ٤٠ °) من غير ان يتجمد أو يتكاثف . والاجزاء المتجمدة منه فقط هي الاجزاء التي لامست اجسام صلبة (نويات) . لذلك فان انعدام التكاثف في بعض الغيوم يعود أصلاً الى قلة عدد نويات التكاثف مما يمنع أو يؤخر عملية التكاثف . فكانت الفكرة انه يمكن استمطار هذه الغيوم عن طريق اضافة نويات تكاثف صناعية الى هذا النوع من الغيوم . فاستعملت مواد مثل يوديد الفضة أو أكسيد الكاربون الصلب أو قطع الثلج المبروش . وهذه المواد تستعمل عندما تكون درجة حرارة الغيوم دون الصفر المئوي بكثير . وقد لاقى التجارب في هذا النوع من الغيوم نجاحاً كبير . فعند رش يوديد

فالطائرة التي تلقي بالنويات تكاليفها عالية ، والصواريخ اذا استخدمت فانها غير دقيقة وفيها اخطار . أما اذا استخدم قاذف ارضي للمواد فان امكانية وصول النويات الى اسفل الغيمة يكون مشكوكاً فيه خاصة اذا كانت هناك رياح في المنطقة . وان هناك عدداً من الحالات السلبية التي رافقت عملية الزرع منها ان هناك مشكلة قانونية نشأت عن استعمال هذه الطريقة . فالمناطق المجاورة لمناطق زرع الغيوم بدأت تشكو أو هكذا يخیل لها من قلة بخار الماء في الهواء وهذا يعنى قلة سقوط الامطار . وان الامطار ارتفعت كمياتها في اسفل مجرى الرياح العامة وإلى مسافة ٤٥٠ كيلومتراً من المناطق التي تمت فيها عمليات الاستمطار . ثم ماهي الكمية الاضافية من الامطار التي تضيفها هذه العملية الى الامطار السنوية . ربما لا تتجاوز ١٥ ٪ وفي بعض المناطق قد تصل الى ٤٠ ٪ . ان هذه الطريقة مازالت في بداياتها وتحتاج الى دراسة اكثر وإلى اجراء تجارب مختلفة لفهم كامل لكل الامور التي تتعلق بها . ومازالت البحوث مستمرة في هذا المضمار .

Fog and Cloud dispersal

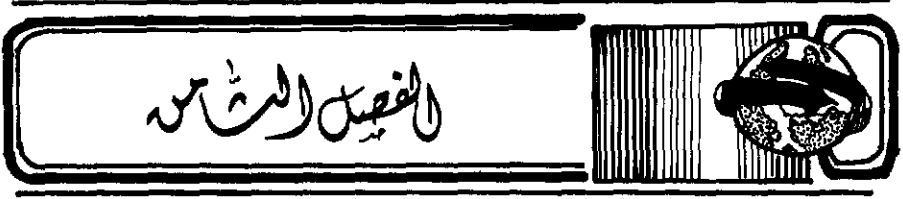
٢ - تبديد الغيوم والضباب

ان الضباب هو قطرات ماء صغيرة الحجم يستطيع الهواء حملها . تتكاثف عندما تنخفض درجة حرارة الهواء . لذلك فهناك طريقتان للتخلص من الضباب . الطريقة الاولى تستعمل مع الضباب البارد ، والذي يتكون فوق المسطحات الثلجية تستعمل فرنسا سائل البروبان propane في ترسيب الضباب . اما الاتحاد السوفيتي والولايات المتحدة فانها يستعملون اما الثلج المبروش أو يوديد الفضة أو يوديد الرصاص . وهذه الطريقة في ترسيب الضباب هي افضل الطرائق الممكنة مع الضباب البارد . الطريقة الثانية تستعمل مع الضباب الدافئ وهي تتراوح بين التفتيت والترسيب . وقد لوحظ ان التفتيت مع الضباب الدافئ هو افضل من الترسيب . ففي التفتيت يستعمل الهواء الدافئ والذي يضخ بكميات كبيرة من مولد خاص هائل . يقوم الهواء الدافئ برفع درجة حرارة الهواء مما يؤدي الى رفع قابليته على حمل بخار الماء وبذلك تتحول قطرات الضباب الى ذرات بخار ماء من جديد . كما يمكن استخدام الطائرات الهليكوبتر وذلك بمزج الهواء الدافئ الجاف بالهواء البارد الرطب مما يساعد على امتصاص ذرات بخار الماء في الهواء الجاف ويتبدد الضباب . وهذه الطريقة فعالة في حالة كون الضباب من النوع الاشعاعي . وهناك طرائق لترسيب الضباب لكنها أقل فعالية من الطريقة السابقة . فيمكن ترسيب

ان هذا النوع من المشاريع التي تهدف الى منع حدوث الظاهرة أو التقليل من اضرارها تجابه عدة عقبات اهمها ، التكاليف الاقتصادية العالية لتنفيذها ، لذلك تحجم عدد من المؤسسات والدول عن تجربتها . وان النتائج البسيطة التي يتم الحصول عليها في بداية التجارب قد لاتشجع هذه الجهات على الاستمرار في المشروع الى نهايته . وحيث ان عدداً كبيراً من الظواهر المناخية والطقسية غير مدركة بشكل كامل ، فان عدداً من المشاريع في هذا المجال لم تصادف النجاح المطلوب . ولا بد ان نذكر في هذا المجال ان النظام الحالي المستعمل في جمع المعلومات عن الغلاف الغازي غير فعال في اعطاء المعلومات الكاملة عن ظواهر جوية كثيرة . لذلك يلجأ العاملون في هذا المجال الى استخدام طرائق مبتكرة لتنفيذ مشاريعهم مثل الرادار أو الصور المأخوذة بالاقمار الصناعية او اقامة محطات رصد مؤقتة توفر معلومات خاصة لمشاريعهم .

لقد شهد عقدا الستينات والسبعينات رواج الافكار حول السيطرة على الظواهر الطقسية القاسية . لذلك شهدت هذه الحقبة التجارب والمشاريع التي تعمل للوصول الى هذا الهدف . أي ان عمر هذه المشاريع لايزيد على عشرات السنين ، وبذلك نقول ان الطريق امامها مازال طويلاً . فللوصول الى هدف نهائي في مثل هذه المشاريع لا بد اولاً من كشف الاسرار التي تحيط بعدد من الظواهر الطقسية والتي لم تكتشف بعد . ان فهم الظاهرة ومسبباتها تعد الخطوة الاولى التي لا بد منها لمعالجة الظاهرة . ولما كانت بعض الظواهر غير مكتشفة بشكل كامل ، لذلك يبقى امام العاملين في هذا المجال وامام المختصين في علم المناخ عملاً اولياً لا بد من انجازه وهو محاولة كشف اسرار هذه الظواهر .

ان النشاط البشري الاعتيادي يؤدي عملاً كبيراً في تغيير المناخ السائد على سطح الارض حالياً باتجاه لأحد يستطيع الى حد الان ان يتوقع نتائجه . فالتلوث الصلب والغازي الذي يقذف الى الغلاف الغازي سيكون له تأثير في المناخ والطقس في المستقبل القريب . كما ان بناء المدن والازدحام السكاني الكبير فيها مع وجود عدد كبير من العربات والمعامل في هذه المدن الكبيرة وحولها قد اوجد مناخاً خاصاً بهذه المدن . وهذا ماسنحاول ان نعطي عنه توضيحاً في الفصل القادم .



مناخ المدينة انموذجاً للتغيير المناخي المحلي

- المبحث الاول : العوامل المساعدة على تكوين مناخ المدينة
- المبحث الثاني : الصفات الاساسية لمناخ المدينة
- المبحث الثالث : مقارنة عامة بين مناخ المدينة ومناخ الريف المجاور

مناخ المدينة انموذجاً للتغيير المناخي المحلي

المقدمة :

المدينة مجموعة كبيرة من البنايات وبأحجام وأشكال مختلفة ، وعدد كبير من الناس يستخدمون الوقود في التبريد والتسخين والنقل ، وطرقها معبدة بالاسفلت . هذه المواصفات غيرت من شكل الارض ، كما انها غيرت من مكونات الهواء فوق المدينة . وكانت النتيجة ايجاد مناخ خاص بالمدينة . ففي المدينة تكون البنايات عائقاً بوجه الرياح ، كما انها تضخم الحرارة من خلال قابليتها العالية على خزن الحرارة . وتمتص الطرق نتيجة لونها الغامق اكثر مما تعكس من الاشعة الشمسية ، وتبقى جافة لان قابليتها على امتصاص الماء معدومة . كل هذا يؤدي الى رفع درجة حرارتها مما يؤدي الى انبعاث اشعاع أرضي عال يرفع من درجة حرارة الهواء الموجود فوقها . وهواء المدينة تزداد فيه الغازات التي لها القابلية على امتصاص الاشعاع الارضي ، كما فيها ملوثات صلبة تساعد على تكاثف عالي لبخار الماء الموجود في الهواء . لذلك فان انشاء المدن أدى الى تغيير في نوع المناخ المحلي السائد مما جعل مناخ المدينة يختلف بنسب مختلفة عن مناخ المناطق المجاورة (الريف) . فجميع العناصر تأثرت اما بشكل ايجابي او سلبي نتيجة هذا التغيير الحاصل في شكل الارض . وعلى الرغم من ان هذا الاختلاف يختلف بين مدينة واخرى بسبب اختلاف احجام المدن وموقعها الفلكي ، فان جميع المدن تتميز بميزات تجعل التأثيرات في مناخها تأثيراً متشابه وان اختلفت درجته . وعلى الرغم من ان البحوث كلها تركزت على دراسة مناخ المدن في المناطق المعتدلة والعروض العليا . فاننا لانتحتاج الى عناء كبير للربط بين مناخ هذه المدن والمدن ذات الموقع المداري .

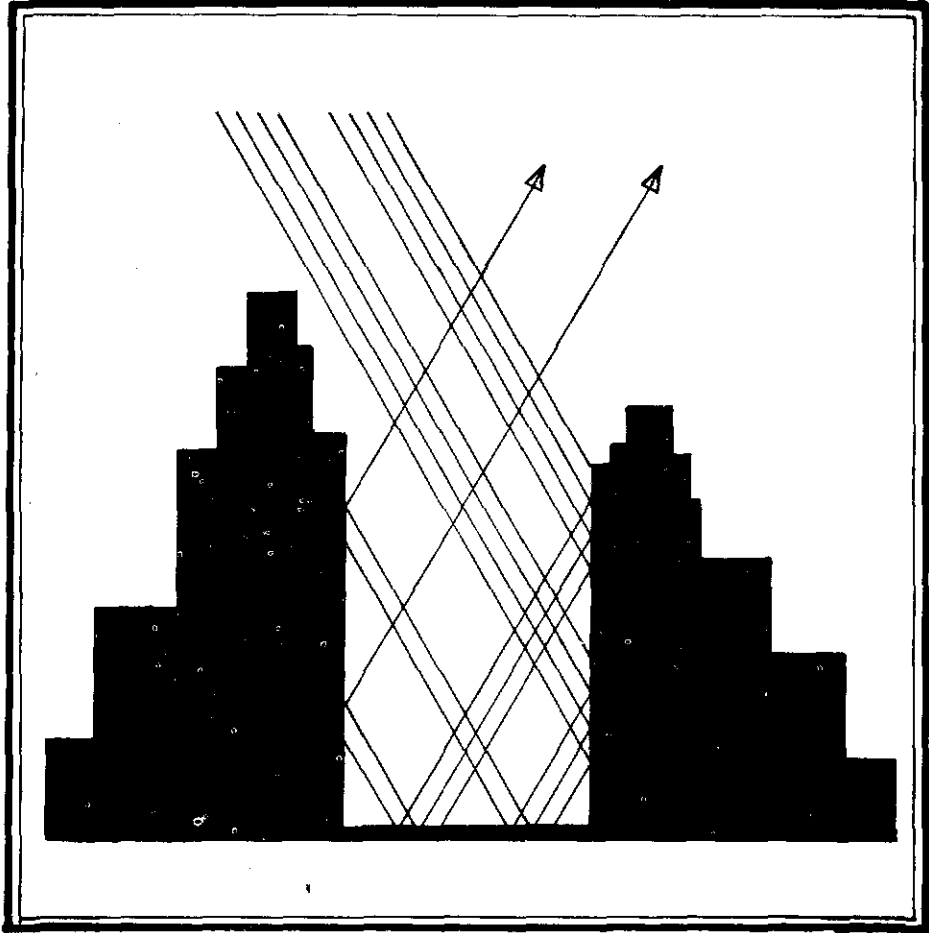
لقد انتبه الباحثون منذ فترة طويلة تعود الى نهايات القرن التاسع عشر الى حقيقة اختلاف مناخ المدينة عن مناخ المناطق المجاورة . لذلك ظهر عدد كبير جداً من البحوث حاول اولاً تحديد نقاط الاختلاف بين مناخ المدينة ومناخ الريف المجاور ثم تطور الى تحديد الاسباب التي ادت الى هذا الاختلاف . واخيراً للمحاولات تبذل في الوقت الحاضر للتوصل الى حلول عملية للتخلص من الاثار السيئة للمدينة على المناخ . ان اكثر ما يشغل العاملين في هذا المجال في الوقت الحاضر هو تحديد

المبحث الاول العوامل المساعدة على تكون مناخ المدينة

مناخ المدينة يختلف عن مناخ أطراف المدينة ويختلف عن مناخ الريف المجاور. ولا بد من الانتباه مقدماً الى حقيقة ان الحديث عن مناخ المدينة واختلافه يعني اختلاف هذا المناخ عن المناطق المجاورة له. أي ان المقارنة تتم بين منطقتين متجاورتين في اقليم مناخي واحد. وليس بين مدينتين تقعان في اقليمين مناخيين مختلفين. فالاختلاف بين الاقاليم المناخية حقيقة معروفة ولها عواملها. أما موضوعنا فانه ينصب على منطقة معينة اختلف مناخها المحلي بسبب اختلاف شكل الارض واستخداماتها. ففي منطقة تخضع لنفس الظروف المناخية العامة. وفي اقليم مناخي واحد. تختلف في تفاصيل المناخ (المناخ المحلي) بين المدينة والريف المجاور لها لجملة من العوامل اهمها :

١ - اختلاف المواد المستعملة في البناء بين الريف والمدينة :

فالمدينة تتكون بناياتها من الطابوق والاسمنت والحجر. وشوارعها مرصوفة بالاسفلت. في حين تكون ابنية الريف أقل استخداماً لهذه المواد او انها مبنية من الطين بشكل كامل والاراضي المغطاة بالاسفلت قليلة ان وجدت. فالمواد المستعملة في بناء المدينة لها قابلية على ايصال الحرارة بدرجة اعلى من قابلية المواد المستعملة في البناء في الريف. فمواد المدينة لها ثلاثة اضعاف قابلية التربة على ايصال الحرارة. أي ان ثلث الكمية المطلوبة لتسخين التربة درجة مئوية واحدة كافية لتسخين مواد البناء في المدينة درجة مئوية واحدة. كما ان الارض المزروعة تسخن بدرجة اقل من الارض المرصوفة بالاسفلت. فقد وجد في كولومبيا ميرلند ان حرارة الارض المزروعة 31°م في حين كانت الحرارة على الاسفلت في المنطقة نفسها 44°م . كما ان هناك اختلافاً بين درجة حرارة التربة على عمق عدد من السنتيمترات عن درجة حرارة الجدران في الابنية على العمق نفسه. فعلى عمق أربعة الى خمسة سنتيمترات تكون الجدران اكثر حرارة من التربة. وهذا يعني ان انبعاث الحرارة من هذه المواد يكون اكبر من انبعاثها من سطح التربة. وهذا يعني ان مواد البناء لها قابلية على استيعاب كمية اكبر من الطاقة مما تستوعبه التربة. من سدا الاختلاف سيظهر اثره ليلاً في مناخ المدينة. ففي حين يمكن ان تنخفض درجة حرارة المناطق



شكل (٧٥) تأثيرات المدينة المباشرة على تضخيم كمية الاشعاع الشمسي الواصل الى الارض . فالاشعاع الشمسي المباشر زائداً الاشعاع المنعكس من الجدران يؤدي في النهاية الى رفع درجة حرارة المدينة .

After Lowry, 1967.

جو المدينة بنسبة ١٠ - ١٥ ٪ من الطاقة الشمسية الواصلة الى المدينة . ونسبة ٣٣ ٪ من الاشعاع الشمسي في المدن الاوربية . (١١) ان هذه الكمية من الطاقة مع العوامل الاخرى يمكن ان ترفع درجة الحرارة حوالي ١ - ٣ م للحرارة العظمى اليومية عن حرارة الريف المجاور وبين ١ - ٩ م للصغرى اليومية عن حرارة الريف المجاور . شكل (٧٧) يبين صورة لسيارة مأخوذة بالاشعة تحت الحمراء حتى تبين الاجزاء الساخنة . فاللون الفاتح يشير الى ارتفاع درجة الحرارة واللون المعتم او الداكن يشير الى مناطق حرارتها اقل . يلاحظ من الشكل ان مقدمة السيارة (منطقة الماكنة) اكثر حرارة من الاجزاء الاخرى . كما ان اسفل السيارة يكون فيه العادم الذي ينفث بقايا الطاقة المحررة ويظهر ابيض مشيراً الى الارتفاع الشديد في حرارته وبالمقارنة يظهر الاسفلت اسفل السيارة بلون فاتح مشيراً الى ارتفاع درجة حرارة الشارع والذي له قابلية نتيجة لونه على امتصاص كمية كبيرة من الطاقة الشمسية .

٤ - طريقة تصريف مياه الامطار في المدينة :

المدينة فيها مجار سطحية للامطار مصممة لتصريف هذه المياه بشكل سريع . ولان ابنية وطرق المدينة من مواد غير قابلة للامتصاص . فان كل الامطار الساقطة على المدينة سوف تتصرف بسرعة الى المجاري من خلال المزاريب والطرق المعبدة . اما اذا تساقطت الثلوج بدلاً من الامطار . فان اخطارها على الطريق تدفع بلديات المدينة الى تنظيم حملة لتنظيف الطرق من الثلوج وبذلك تزداد كميات كبيرة منها وتنقل الى مناطق اخرى . بينما كل انواع التساقط تستفيد منها تربة الريف بامتصاصها . هذه العملية تجعل المياه متوافرة في التربة للتبخر . اي ان جزءاً من الطاقة الواصلة الى ارض الريف سوف تستهلك في التبخر . حيث ان تبخير غرام واحد من الماء يتطلب استهلاك ٥٨٠ سعرة حرارية . وغرام واحد من الثلج يحتاج ٦٦٠ سعرة حرارية . وبذلك فان كل الطاقة الواصلة الى ارض المدينة سوف تستخدم للتسخين لجفاف السطح . في حين ان جزءاً كبيراً من الطاقة الواصلة الى الريف سوف تبعد عن طريق التبخر ولايستخدم الا جزء منها في التسخين . وبذلك تختل الموازنة الحرارية في المدينة لمصلحة رفع حرارتها .

(1) Parker, Sybil P. (Editor). Mc Graw - Hill Encyclopedia Of Ocean & Atmospheric Sciences. Mc Graw - Hill Inc., New York, 1980, P. 83.

٥ - نسبة التلوث في هواء المدينة اعلى بكثير من هواء الريف :

ان نسبة التلوث في هواء المدينة هو اعلى بكثير من هواء الريف . فالمعامل والسيارات تؤدي الى تحميل هواء المدينة بمواد ملوثة صلبة وسائلة وغازية . وان نسبة ٨٠ ٪ من المواد الملوثة الصلبة صغيرة الحجم الى حد انها تستطيع ان تبقى معلقة في هواء المدينة اذا كان الهواء ساكناً ، ولا تتسرب على الارض الا عند سقوط الامطار . ان هذه المواد الصلبة تؤدي من ناحية الى تقليل الاشعاع الشمسي الواصل الى ارض المدينة ولكنها في الوقت نفسه تعمل على تقليل الاشعاع الارضي الهارب الى الفضاء من ارض المدينة . كما انها تعمل على زيادة الغيوم لان المواد الملوثة ستكون نويات يتكاثف حولها بخار الماء مما يؤدي الى خفض نسبة الاشعة الواصلة الى ارض المدينة . كما ان نسبة عالية من المواد السائلة تتكون من بخار الماء والذي له قابلية على امتصاص الاشعاع الارضي الطويل الموجه ، وبذلك يساعد على تقليل نسبة الاشعاع الارضي المتسرب الى الفضاء من ارض المدينة . ولما كانت عملية احتراق الوقود دائماً تحرر نسبة عالية من غاز ثاني اوكسيد الكربون واول اوكسيد الكربون ، فان ارتفاع نسبة هذا الغاز في الهواء يؤدي الى ارتفاع درجة الحرارة من خلال قابليته على امتصاص الاشعاع الارضي باطوال موجية معينة حيث انه مع بخار الماء يعمل عمل البيوت الزجاجية في رفع درجة الحرارة حول النبتة . ان عملية تقليل تسرب الاشعة الارضية سيوازن بل احياناً يتغلب على حجب جزء من الاشعة الشمسية الواصلة الى ارض المدينة . لذلك تكون النتيجة ارتفاع درجة حرارة المدينة عن المناطق المجاورة . كما ان هناك بعض الغازات الخطرة في جو المدينة تساعد على ظهور ظاهرة الامطار الحامضية Acid rain مثل غاز ثاني اوكسيد الكبريت . فهذا الغاز وبظروف جوية معينة يمكن ان يذوب بقطرات المطر مكوناً الامطار الحامضية . النتيجة هي ان هذه الملوثات لها تأثير مباشر في رفع درجة حرارة المدينة ، هذا فضلاً عن تأثيرها السيء في صحة الانسان .

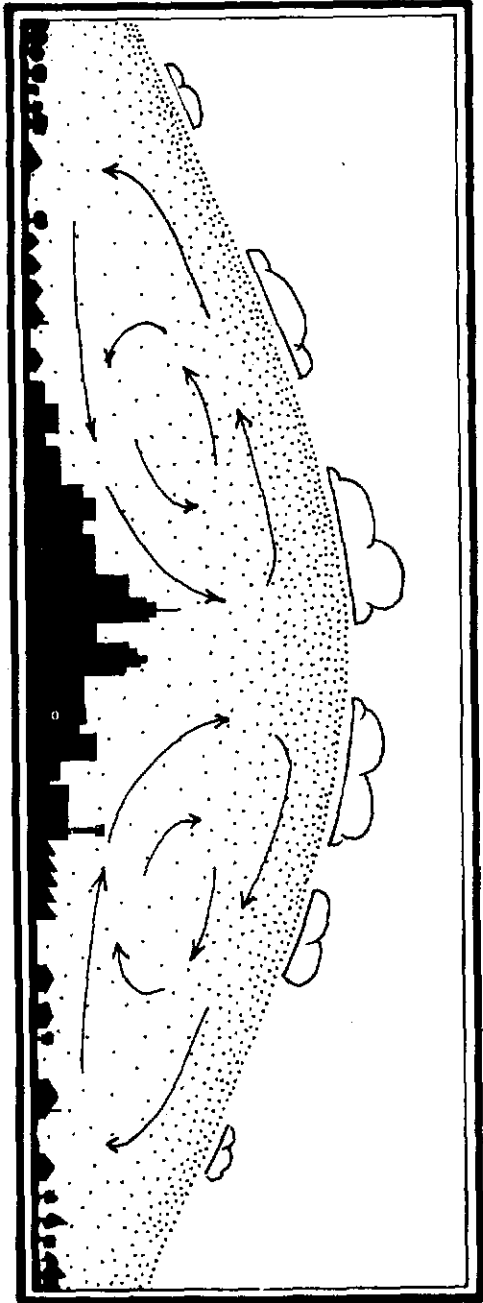
ان هذه العوامل جميعاً عملت على اعطاء صفات خاصة لمناخ المدينة جعلته يختلف عن مناخ الريف المجاور . فمناخ المدينة بشكل عام يتميز بارتفاع درجة حرارته عن الضواحي والضواحي اكثر حرارة من الريف المجاور . وعندما تتأثر درجة الحرارة فان ذلك سوف يؤثر في بقية عناصر المناخ بشكل او بآخر . فامطار المدينة وضبابها اكثر تكراراً وكمية من الريف المجاور . كما ان الرياح اقل سرعة فوق المدينة من المناطق المجاورة اما الاشعاع الشمسي فانه اقل في جو المدينة من المناطق المجاورة .

كمية كبيرة من الوقود مستعملة في عدد اليوم. اليوم هو في فصل الصيف والسماء صافية والرياح خفيفة الحركة.

عند شروق الشمس تستشع بنايات المدينة كمية من الأشعة اكبر من امتصاص ارض الريف وذلك لانها تتقاطع مع الأشعة الشمسية لذلك فان كمية الطاقة المكتسبة في المدينة تبدأ بالارتفاع كلما ارتفعت الشمس في السماء. ويتركز هذا الارتفاع في وسط المدينة حيث ازدحام الابنية. ولما كان الهواء هنا اسخن من الهواء في المناطق المجاورة، فانه سيبدأ بالارتفاع في حركة تصاعدية. ان الهواء المتصاعد لا بد من ان يحل محله هواء اخر. لذلك سيبدأ نسيم خفيف بالتحرك من المناطق المجاورة مواز لسطح الارض متجه الى داخل المدينة. وهذا ما يطلق عليه نسيم الريف. ان نسيم الريف يسخن عند وصوله مركز المدينة ويبدأ بالتصاعد. المناطق التي تحرك منها هذا النسيم يتكون فوقها تيار هوائي هابط ليعوض خروج النسيم السطحي منها ويكون مصدر التيار الهابط الهواء المتصاعد فوق المدينة والذي تعرض الى التبريد نتيجة الارتفاع. وبذلك تتكون دورة لنسيم المدينة. الريف. ان نسيم الريف والمدينة يختفي ظهراً بسبب ان اختلاف التسخين بين مركز المدينة والريف المجاور تحف كثيراً او تختفي. يعود هذا النسيم ليشند عتراً لان اختلاف التسخين يعود ليصبح كبيراً في هذا الوقت.

في المساء تكون الاجزاء الاكثر اشعاعاً في المدينة هي سطوح الابنية والشوارع. فاذا كانت سطوح الابنية متقاربة الارتفاع. فان طبقة من الهواء البارد سوف تتشكل تدريجياً قرب السطوح. هذه الطبقة الباردة تكونت بسبب ملامسة الهواء للسطوح التي فقدت حرارتها بسرعة. وبذلك يبدأ انقلاب حراري *Temperature Inversion* يتشكل في جو المدينة. والانقلاب الحراري هو عندما تكون طبقة من الهواء الدافئ فوق طبقة الهواء البارد القريبة من السطح. ان طبقة الهواء البارد ستمنع الهواء الدافئ المحصور في الشوارع بين البنايات من الارتفاع الى الاعلى. وباستمرار انخفاض درجة حرارة الهواء بالاشعاع. فان هواء المدينة بين الابنية يبقى ادفاً من الهواء قرب السطوح والذي يقع فوقه هواء ادفاً. وبذلك تفقد المدينة حرارتها بشكل تدريجي وليس سريعاً.

في يوم السبت صباحاً سيعود النشاط الى المدينة من جديد. فالمعامل والسيارات والشاحنات تضيف الى الجو طاقة محررة ودخان وغازات اخرى. فالطاقة المحررة المضافة الى هواء المدينة مع التلوث المضاف الى الهواء سيكونان عاملين مؤثرين في



شكل (٧٨) خيمة الغبار فوق بعض المدن والناجحة من التسخين الشديد ووجود الغلافات في جو المدينة
 وتكون تسمى الريف جرباً من هذه الخيمة .
 After Lowry, 1967

المبحث الثاني الصفات الاساسية لمناخ المدينة

ان العوامل التي سبق استعراضها ستعمل مع العوامل المؤثرة في المناخ بشكل عام لتعطي المدينة مناخها المميز . ولا بد من التأكيد هنا ان العوامل المؤثرة في مناخ المدينة لاتعمل بشكل منفصل عن العوامل المؤثرة في مناخ الاقليم . وللتعرف على الصفات الاساسية لمناخ المدينة فلا بد من مناقشة العناصر المناخية في المدينة كل على حدة وذلك لتتبع التغيير الحاصل فيها . وسنلاحظ ان للعوامل التي سبق شرحها تأثير مباشر في تغيير كل عنصر من العناصر المناخية .

الاشعاع الشمسي Radiation

ان احتواء جو المدينة على نسبة عالية من العوالق الصلبة هو المسؤول الاساس عن تقليص كمية الاشعاع الشمسي الواصل الى المدينة . وحيث ان علاقة الاشعاع الشمسي بالمواد الصلبة العالقة في الهواء يعتمد على زاوية سقوط الاشعة الشمسية . فان الاختلاف يكون كبيراً في المدن التي تقع في العروض العليا وكذلك في فصل الشتاء لمعظم المدن حيث تسقط الاشعة الشمسية بزاوية . ففي دراسة عن مدينة روتردام . هولندا يبين دي بور De Boar . ان مركز المدينة يتسلم كمعدل سنوي من ٣ - ٦ ٪ اشعة شمسية اقل من الضواحي وبين ١٣ - ١٧ ٪ اشعة شمسية اقل من الريف المجاور (شكل ٨٠) . وفي مدن ترتفع في هوائها نسبة الدخان في بريطانيا يبين جاندلر Chand ler ان هذه المدن تتسلم كمعدل شتوي (من تشرين الاول الى آذار) حوالي ٢٥ الى ٥٥ ٪ اشعاعاً شمسياً اقل من الريف المجاور لها . ونتيجة تركيز المواد العالقة في جو لندن قبل تطبيق قانون التلوث . فان هذه المدينة تتسلم ساعات سطوع شمسي اقل ب (٢٧٠) ساعة سنوياً عن المناطق المجاورة . ونتيجة اختلاف تركيز المواد العالقة في الهواء بين نهاية الاسبوع وايام الاسبوع . فان ماتير Mateer وجد ان المعدل السنوي للطاقة الواصلة الى مدينة تورنتو الكندية تزيد بمقدار ٢٨ ٪ في ايام الاحد على بقية ايام الاسبوع .

-
- (3) Peterson, James T. The Climate Of Cities : A Survey of Recent Literature. From, Climate in Review, Edited by, Geoffrey Mc Boyle, Houghton Co. Boston 1973, PP. 264 - 285.

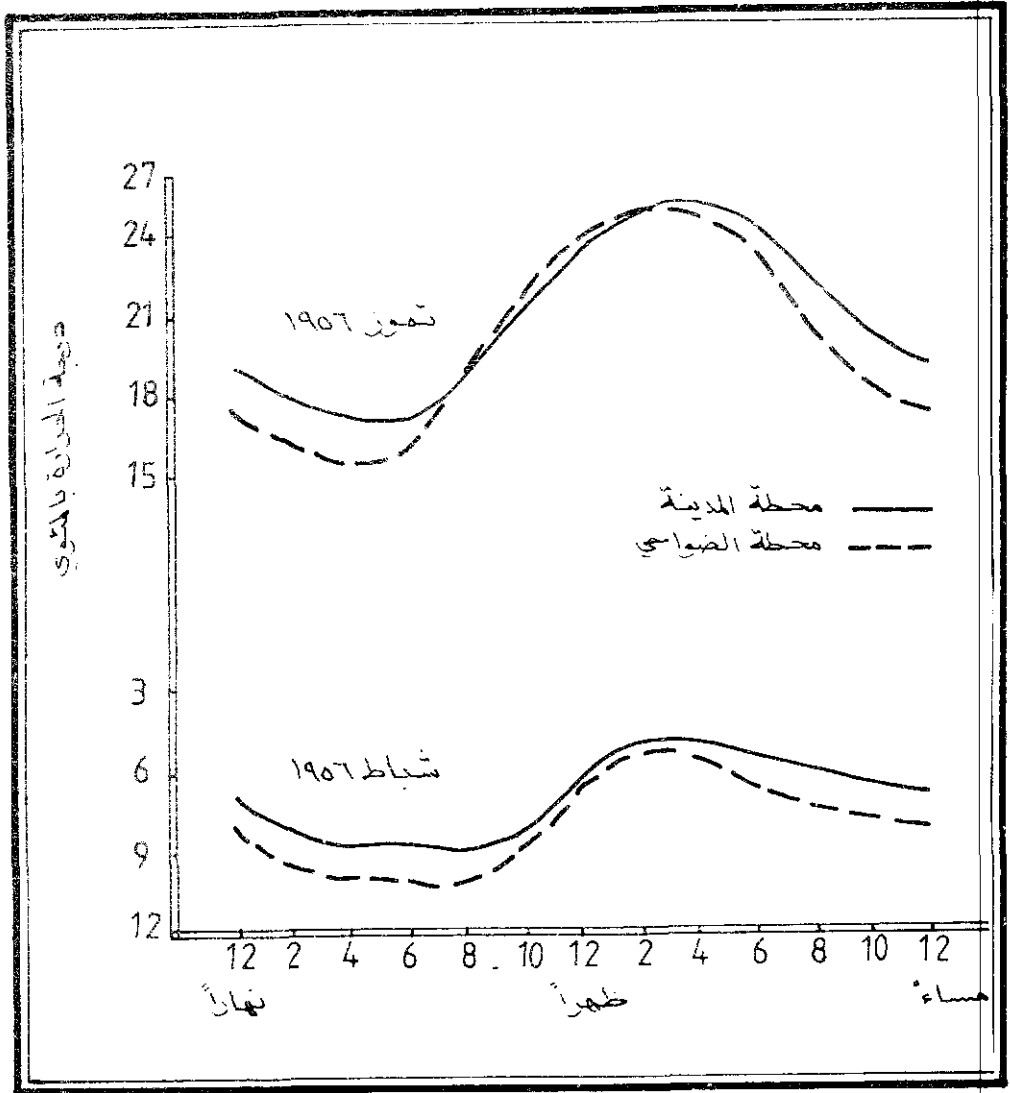
لقد لوحظ ان هواء المدينة هو ادفأ من هواء المناطق المجاورة على الرغم من قلة الاشعاع الشمسي . وجزء من ذلك يعود الى ان كمية من الاشعاع الشمسي تمتص من قبل المواد الصلبة العالقة في الهواء قبل ان تصل الى الارض . ففي دراسة لروج Roach بين ان المناطق التي تحتوي على نسبة عالية من التلوث تكون نسبة الامتصاص المباشر للاشعة الشمسية من قبل المواد الملوثة عالياً بحيث يؤدي الى رفع درجة حرارة الهواء ١٠ م° عن الهواء في المناطق المجاورة . وبعد تطبيق قانون تنظيف هواء لندن من الدخان فقد توافرت فرصة رائعة لمعرفة اثر هذا الدخان في كمية الاشعاع الشمسي . فقد تبين ان نسبة الاشعاع ارتفعت بمعدل ١ % عن السابق . كما ان جنكنز Jenkins قد بين ان عدد ساعات سطوع الشمس للفترة الواقعة بين تشرين الاول وكانون الاول قد ازدادت بنسبة ٥٠ % للفترة بين ١٩٥٨ - ١٩٦٧ عن الفترة بين ١٩٣١ - ١٩٦٠ .

اما بالنسبة الى الاشعة فوق البنفسجية Ultraviolet ، فان طبقة الهواء على ارتفاع ١٦٣٠ متر تحتفظ بنسبة ١٤ % من الاشعة فوق البنفسجية في الايام الخالية من الضباب الدخاني Smog في مدينة لوس انجلوس وترتفع النسبة الى ٥٨ % في ايام الضباب الدخاني . اما على سطح الارض ، فان نسبة الاشعة فوق البنفسجية الواصلة تقل بنسبة ٥٠ % في ايام الضباب الدخاني . وفي أيام اشتداد كثافة هذا الضباب فان النسبة الواصلة تقل بمعدل ٩٠ % عن الايام الخالية من هذا الضباب .

الحرارة Temperature

ان اختلاف حرارة المدينة عن المناطق المجاورة يعد من اكثر المواضيع التي اثارت اهتمام الباحثين . ومعظم البحوث التي تناولت مناخ المدينة ركزت على ١/ اختلاف حرارتها عن المناطق المجاورة . كما ان مركز المدينة الحراري (الجزيرة الحرارية Heat Island) قد اكتشف منذ اكثر من ١٠٠ سنة .

ان اكبر اختلاف بين حرارة المدينة والمناطق المجاورة يظهر في درجة الحرارة الصغرى (شكل ٧٩) . يلاحظ من الشكل ان اعلى حرارة صغرى مسجلة في مركز المدينة حيث الابنية المرتفعة والازدحام في الحركة . وتبدأ درجة الحرارة بالانخفاض التدريجي كلما ابتعدنا عن مركز المدينة باتجاه الضواحي . ويزيد



شكل (٨١) السير اليومي لدرجة الحرارة في مدينة فيينا في شهري شباط وتموز . الخط المتصل يمثل المدينة والمتقطع يمثل الضواحي .

After Mather, 1974.

العظمى . فإن الفرق اقل بكثير من فرق الصغرى . بل . يصبح في الربيع احيانا اكثر ارتفاعاً من درجة الحرارة العظمى للمدينة . ومن هذا يبدو ان هناك فرقاً في المعدل السنوي بين درجة حرارة المدينة والمناطق المجاورة يتراوح بين ١ الى

جدول رقم (٥٥)

الاختلاف بين معدل درجة الحرارة السنوي في المدينة عن ريفها المجاور بالدرجة المئوية (٥٠) .

المدينة	اختلاف درجة الحرارة	المدينة	اختلاف درجة الحرارة
شيكاغو	٠,٦	موسكو	٠,٧
واشنطن العاصمة	٠,٦	فلاديفيا	٠,٨
لوس انجلوس	٠,٧	برلين	١,٠
باريس	٠,٧	نيويورك	١,١

أبشالا في السويد وجد أن سرعة الرياح ونسبة الغيوم في السماء هي العوامل الأكثر تحديداً لشدة الجزيرة الحرارية في وسط المدينة مساءً . النتائج نفسها توصل إليها شاندلر Chandler عن مدينة لندن . وقد وجد الأخير أن هذه العوامل (سرعة الرياح ونسبة الغيوم) ليس لها تأثير في الجزيرة الحرارية نهاراً وذلك لأن الجزيرة الحرارية عادة خفيفة الظهور اثناء ساعات النهار . ان العلاقة بين هذه العوامل وعدد سكان المدينة واضح كذلك . ففي الدراستين السابقتين ومجموعة بحوث أخرى تبين انه بارتفاع عدد سكان المدينة تكون المدينة بحاجة الى فترة صحو اقل حتى تظهر فيها الجزيرة الحرارية . اما بالنسبة الى الرياح . فكلما زاد عدد سكان المدينة كانت الحاجة الى سرعة رياح عالية لتبديد الجزيرة الحرارية واختفائها . والجدول (رقم ٥٦) يوضح العلاقة بين سرعة الرياح وعدد السكان واختفاء الجزيرة الحرارية .

اسباب تكون الجزيرة الحرارية : ان الظاهرة الأكثر بروزاً في اختلاف درجة الحرارة بين المدينة والمناطق المجاورة لها هو في ارتفاع درجة حرارة وسط المدينة (الاشكال ٨٢ - ٨٣) . وكما سبق ان بينا في المبحث الاول . فان هناك مجموعة عوامل تعمل معاً من اجل ايجاد هذا الفرق الحراري . ويمكن القول ان الفرق في فصل الصيف يعود الى ان بنايات المدينة العالية وتعبيد طرقها بالمدينة بالاسفلت

(5) Ibid., p. 267.

ان عدم وضوح الجزيرة الحرارية نهراً ووضوحها مساء يمكن تفسيره كما جاء في بحث لتاج Tag . فقد تبين له ان انخفاض نسبة الانعكاس وانخفاض الرطوبة في ارض المدينة هما المسؤولان عن رفع درجة الحرارة والتي يعادلها قابلية مواد البناء على خزن الحرارة وقابلية السطح على تشتيت الاشعة . نتيجة هذا التوازن ، فان درجة حرارة المدينة لا ترتفع كثيراً عن درجة حرارة المناطق المجاورة نهراً . في حين يكون ارتفاع حرارة هواء المدينة في المساء بسبب ارتفاع نسبة تشتيت الاشعة في سطح المدينة وقابلية مواد البناء على خزن اكبر للطاقة من التربة . لذلك درجة حرارة الهواء تكون اعلى فوق المدينة من درجة حرارة الهواء فوق الريف المجاور .

الرطوبة Humidity

ان اختلاف الرطوبة بين هواء المدينة والريف المجاور يعود الى الاختلاف بين تصميم المدينة والريف . فتصميم المدينة يساعد على تصريف سريع لمياه الامطار وان الشوارع والجدران لاتساعد على امتصاص مياه الامطار . لذلك فان الماء بعد سقوط الامطار بفترة غير متوافر لرفع رطوبة هواء المدينة . خاصة اذا كانت المدينة بعيدة عن المسطحات المائية . في حين ان تربة الريف التي تمتص كميات كبيرة من مياه الامطار ، والنباتات التي تحتوي على نسبة عالية من الماء توفر مصدراً جيداً لرطوبة الهواء . وهنا لا بد من التمييز بين الرطوبة النسبية وبين الرطوبة المطلقة او ضغط بخار الماء في الهواء .

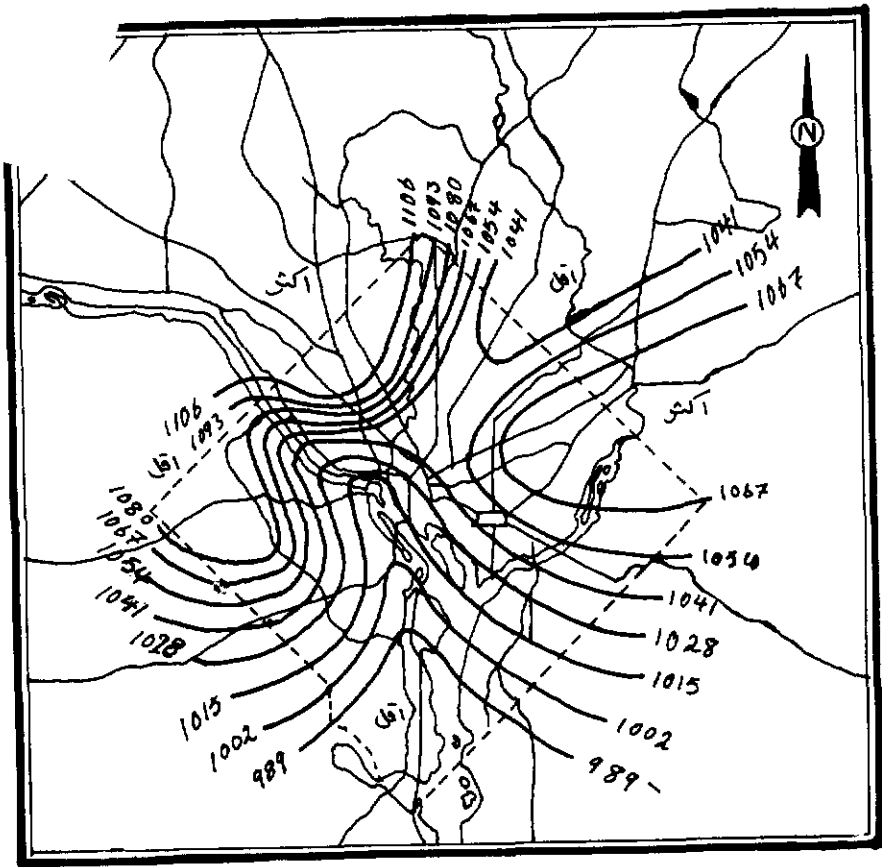
فالرطوبة النسبية Relative humidity في المدينة هي اقل من الرطوبة النسبية في المناطق المجاورة . ولان الرطوبة النسبية تعتمد على درجة حرارة الهواء ، فان حرارة الهواء كلما ارتفعت انخفضت الرطوبة النسبية اذا كانت كمية بخار الماء في الهواء ثابتة . لذلك ترتبط رطوبة الهواء النسبية في هواء المدينة بالجزيرة الحرارية للمدينة . وذلك لان الهواء كلما ارتفعت حرارته زادت قابليته على حمل بخار الماء ، وبذلك يؤدي الى خفض نسبة الرطوبة اذا كانت كمية بخار الماء ثابتة . وفي هذا الصدد ، فان عدداً من البحوث وجد ان الفرق في الرطوبة النسبية بين هواء المدينة وهواء المناطق المجاورة هو ٥ % فقط . ان هذه النسبة الواطئة سجلت في مناطق طبيعة مناخها رطب . وليس هناك اشارة في البحوث الى الفرق بين رطوبة

ان القاعدة التي تبين ان سرعة هواء المدينة اقل من سرعة هواء المناطق المجاورة ليست عامة كما يبدو من نتائج البحوث . ففي دراسة لجاندلر Chandler عن سرعة الرياح في وسط مدينة لندن وسرعة الرياح في المطار المجاور ، وجد ان سرعة الرياح تختلف بين الليل والنهار . ففي النهار (جدول ٥٧) يكون هواء المناطق المجاورة دائماً اسرع من الهواء في المدينة ، وفي الليل يحدث العكس . ويحاول الباحث ان يعطي سبباً لذلك فيذكر انه في النهار يتغلب عنصر اعاقا الانية للرياح وبذلك تقل سرعة الهواء في المدينة عن سرعته في المناطق المجاورة . بينما في الليل ، ولان الرياح تميل الى السكون في المناطق المكشوفة نتيجة التبريد وتكون طبقة من الهواء المستقر . فان المدينة في هذه الحالة مازالت ادفاً من المناطق المجاورة . لذلك يكون استقرار الهواء فيها اقل من المناطق المجاورة ، مما يؤدي الى حركة رياح تكون اسرع من المناطق المجاورة .

جدول رقم (٥٧)
الفرق في سرعة الرياح بين وسط مدينة لندن ومطارها^(١٠)

الفترة	الواحدة صباحاً		الواحدة ظهراً	
	معدل السرعة م / ثا	فرق السرعة	معدل السرعة م / ثا	فرق السرعة
كانون الاول وشباط	٢,٥	- ٠,٤	٣,١	٠,٤
اذار - مايس	٢,٥	- ٠,١	٣,١	١,٢
حزيران - آب	٢,٠	- ٠,٦	٢,٧	٠,٧
ايلول - تشرين الاول	٢,١	- ٠,٢	٢,٦	٠,٦
المعدل السنوي	٢,٢	- ٠,٣	٢,٩	٠,٧

(10) Ibid., P. 271.



شكل (٨٥) توزيع مجموع الامطار السنوية لمنطقة واشنطن العاصمة .

After Peterson, James, 1973.

الاسبوع . ففي دراسة عن باريس تبين ان نسبة الامطار الساقطة خلال ايام الاسبوع تزيد بنسبة ٣١ % على الامطار الساقطة في يومي السبت والاحد (أيام العطلة) .

وفي محاولة لاعطاء اهمية لبعض العوامل التي تساعد على زيادة الامطار فوق المدينة مقارنة بالمناطق المجاورة . فقد ركز الباحثون على عاملين هما زيادة نويات التكاثف في هواء المدينة بسبب التلوث . وارتفاع الحرارة في وسط المدينة نتيجة الطاقة المضافة الى هواء المدينة من المعامل والسيارات واجهزة التدفئة والتبريد . ولاتبات العامل الاول . فان عدداً من الباحثين حاول معرفة عدد نويات

جدول رقم (٥٨)
معدل التغير في عناصر مناخ المدينة عن الريف المجاور بالنسبة المئوية (١٢)

العناصر المناخية	العناصر التفصيلية	النسبة المئوية لمناخ المدينة نسبة الى ريفها
الاشعاع الشمسي	على سطح مستو الاشعة فوق البنفسجية	- ١٥ % - ٣٠ % شتاء - ٥ % صيفاً
الحرارة	المعدل السنوي المعظمي شتاء طول فصل النمو	١٧ م ١٥ م + ٢ الى ٣ أسابيع
سرعة الرياح	المعدل السنوي اعلى سرعة للرياح فترات الهدوء الهوائي	- ٢٠ الى - ٣٠ % - ١٠ الى - ٢٠ % + ٥ الى + ٢٠ %
الرطوبة النسبية	المعدل السنوي المعدل الفصلي	- ٦ % - ٢ % شتاء - ٨ % صيفاً
التغييم	تكرار الغيوم والكمية الضباب	+ ٥ الى + ١٠ % + ١٠ % شتاء + ٣٠ % صيفاً
التساقط	المجموع السنوي ايام امطارها اقل من ٥ ملم ايام الثلج	+ ٥ الى + ١٠ % + ١٠ % - ١٤ %

(12) Griffiths & Driscoll. Survey of Climatology, Charles E. Merrill, Pub. Co., Columbus, Ohio, 1982, P. 328.

ونسبة تكراره العالية . فان مدى الرؤية الى اقل من كيلومتر يزداد عشرة اضعاف عدد الايام في الريف المجاور .

٦ - التساقط في المدينة يزيد مجموعه السنوي بنسبة ٥٠ الى ١٠٠٪ عن الريف المجاور . كما تزداد عدد الايام التي تتساقط فيها الامطار وخاصة من نوع الرذاذ فتصل الى ١٠٪ اكثر من عدد الايام في الريف المجاور . وان هناك بحوثا اشارت الى ان المدن الكثيفة صناعيا تتسلم كمية من الامطار تزيد بنسبة ٣١٪ عن الريف المجاور . ان الاسباب التي تساعد على ارتفاع نسبة التغييم وارتفاع تكرار الضباب هي المسؤولة عن ارتفاع كمية الامطار في المدينة . ان ارتفاع كمية الامطار في المدينة يساعد على ارتفاع عدد الايام التي فيها عواصف رعديّة حيث ترتفع الى ٣٨٪ فوق المدينة اكثر من الريف المجاور . كما ان كميات البرد الساقطة فوق المدينة تزيد بنسبة ٢٤٦٪ عن الريف المجاور . وقد يستمر تأثير ارتفاع كمية الامطار والبرد والعواصف الرعدية ليشمل مناطق تقع في مجرى رياح المدينة ولمسافة بعيدة . ان الظاهرة الوحيدة التي تنقلص في المدينة عن الريف المجاور هي كمية الثلوج المتساقطة او عدد الايام التي تتساقط فيها الثلوج . فتقل عدد الايام التي تتساقط فيها الثلوج فوق المدينة بنسبة ١٤٪ عن الريف المجاور مما يحسن كثيراً من طول فصل النمو . ان الاعتقاد السائد هو ان الجزيرة الحرارية وارتفاع حرارة هواء المدينة عن هواء الريف يؤدي الى اذابة الثلوج المتساقطة قبل وصولها الى سطح الارض مما يحولها الى امطار خاصة في بداية فصل الشتاء ونهايته .

تم بعون الله

قائمة الملاحق والمصادر

- | | |
|----------------------|------------------|
| ١ - ملحق رقم ١ | دليل الحرارة (i) |
| ٢ - ملحق رقم ٢ | قيمة (a) |
| ٣ - ملحق رقم ٣ | تعديل قيم (E) |
| ٤ - المصادر العربية | |
| ٥ - المصادر الاجنبية | |

يتبع / ملحق احصائي رقم (١١)

(i) دليل الحرارة

؛ حرارة	؛ حرارة	؛ حرارة	؛ حرارة	؛ حرارة	؛ حرارة	؛ حرارة	؛ حرارة	؛ حرارة	؛ حرارة	؛ حرارة	؛ حرارة
9.1	2.48	10.6	3.12	12.1	3.81	13.6	4.55	15.1	5.33	16.6	6.15
9.2	2.52	10.7	3.16	12.2	3.86	13.7	4.6	15.2	5.38	16.7	6.21
9.3	2.56	10.8	3.21	12.3	3.91	13.8	4.65	15.3	5.44	16.8	6.26
9.4	2.6	10.9	3.25	12.4	3.96	13.9	4.7	15.4	5.49	16.9	6.32
9.5	2.64	11.0	3.3	12.5	4.0	14.0	4.75	15.5	5.55	17.0	6.38
9.6	2.69	11.1	3.35	12.6	4.05	14.1	4.81	15.6	5.6	17.1	6.44
9.7	2.73	11.2	3.39	12.7	4.1	14.2	4.86	15.7	5.67	17.2	6.49
9.8	2.77	11.3	3.44	12.8	4.15	14.3	4.91	15.8	5.71	17.3	6.55
9.9	2.81	11.4	3.48	12.9	4.2	14.4	4.96	15.9	5.76	17.4	6.61
10.0	2.86	11.5	3.53	13.0	4.25	14.5	5.01	16.0	5.82	17.5	6.66
10.1	2.9	11.6	3.58	13.1	4.30	14.6	5.07	16.1	5.87	17.6	6.72
10.2	2.94	11.7	3.62	13.2	4.35	14.7	5.12	16.2	5.93	17.7	6.78
10.3	2.99	11.8	3.67	13.3	4.4	14.8	5.17	16.3	5.98	17.8	6.84
10.4	3.03	11.9	3.72	13.4	4.45	14.9	5.22	16.4	6.04	17.9	6.9
10.5	3.08	12.0	3.76	13.5	4.5	15.0	5.28	16.5	6.1	18.0	6.95

نتيج / ملحق احصائي رقم (١)

دليل الحرارة (١)

Tc											
45.1	27.74										
45.2	28.03										
45.3	28.13										
45.4	28.22										
45.5	28.31										
45.6	28.41										
45.7	28.50										
45.8	28.6										
45.9	28.69										
46	28.79										

يتبع / ملحق احصائي رقم (٢)

دليل قيمة (a)

I	a	I	a	I	a	I	a	I	a	I	a
125.4	2.858	127.8	2.932	130.4	3.015	132.8	3.093	135.4	3.181	137.8	3.264
125.5	2.861	128	2.939	130.5	3.018	133	3.100	135.5	3.184	138	3.271
125.6	2.864	128.2	2.945	130.6	3.021	133.2	3.107	135.6	3.188	138.2	3.278
125.8	2.870	128.4	2.951	130.8	3.028	133.4	3.113	135.8	3.195	138.4	3.285
126	2.877	128.5	2.954	131	3.034	133.5	3.117	136	3.201	138.5	3.289
126.2	2.883	128.6	2.957	131.2	3.041	133.6	3.120	136.2	3.208	138.6	3.292
126.4	2.889	128.8	2.964	131.4	3.047	133.8	3.127	136.4	3.215	138.8	3.299
126.5	2.892	129	2.970	131.5	3.051	134	3.133	136.5	3.219	139	3.306
126.6	2.895	129.2	2.976	131.6	3.054	134.2	3.140	136.6	3.222	139.2	3.314
126.8	2.901	129.4	2.983	131.8	3.060	134.4	3.147	136.8	3.229	139.4	3.321
127	2.907	129.5	2.986	132	3.067	134.5	3.150	137	3.236	139.5	3.324
127.2	2.913	129.6	2.989	132.2	3.074	134.6	3.154	137.2	3.243	139.6	3.328
127.4	2.919	129.8	2.996	132.4	3.080	134.8	3.160	137.4	3.250	139.8	3.335
127.5	2.923	130	3.006	132.5	3.083	135	3.167	137.5	3.254	140	3.342
127.6	2.925	130.2	3.008	132.6	3.087	135.2	3.174	137.6	3.257	140.2	3.350

140.4 / 3.359
 140.6 / 3.364
 140.8 / 3.370
 141 / 3.378

يتبع / ملحق احصائي رقم (٢)

تعديل قيمة (E)

دائرة الرقم	لج	جبط	أؤلر	نيسان	مايس	حزيرق	عوز	أب	أيلول	نأ	تأ	لأ
35	٥.87	٥.85	1.٥3	1.٥٩	1.21	1.21	1.23	1.16	1.٥3	٥.97	٥.86	٥.85
36	٥.87	٥.85	1.٥3	1.1٥	1.21	1.22	1.24	1.16	1.٥٣	٥.97	٥.86	٥.84
37	٥.86	٥.84	1.٥3	1.1٥	1.22	1.23	1.25	1.17	1.٥3	٥.97	٥.85	٥.83
38	٥.85	٥.84	1.٥3	1.1٥	1.23	1.24	1.25	1.17	1.٥4	٥.96	٥.84	٥.83
39	٥.85	٥.84	1.٥3	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.٥4	٥.96	٥.84	٥.82
4٥	٥.84	٥.83	1.٥3	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.٥4	٥.96	٥.83	٥.81
41	٥.83	٥.83	1.٥3	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.٥4	٥.96	٥.82	٥.8٥
42	٥.82	٥.83	1.٥3	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.٥4	٥.95	٥.82	٥.79
43	٥.81	٥.82	1.٥2	1.12	1.26	1.28	1.29	1.2٥	1.٥4	٥.95	٥.81	٥.77
44	٥.81	٥.82	1.٥2	1.13	1.27	1.29	1.3٥	1.2٥	1.٥4	٥.95	٥.8٥	٥.76
45	٥.8٥	٥.81	1.٥2	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.٥4	٥.94	٥.79	٥.75
46	٥.79	٥.81	1.٥2	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.٥4	٥.94	٥.79	٥.74
47	٥.77	٥.8٥	1.٥2	1.14	1.3٥	1.32	1.33	1.22	1.٥4	٥.93	٥.78	٥.73
48	٥.76	٥.8٥	1.٥2	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.٥5	٥.93	٥.77	٥.72

المصادر References

- 1- Al- Rawi, A. S. The Tourist Industry in Iraq : A Geographical Case Study of its Character, Problems and potential, Ph. D. Thesess, Glasgow, 1982.
- 2- Atkinson, B. W. "Climate: From Geography Yesterday & Tomorrow, Brown (ed.), Royal Geographical Society, Oxford University press, 1980.
- 3- Brown, E. H., Geography Yesterday & Tomorrow, Royal Geographical Society, Oxford University, 1980.
- 4- Cooter, Ellen J. The Assessments of Climatological Impacts on Agricultural Production & Residential Energy Demand, The Economic Impact of Climate, Oklahoma Climatological Survey, VOL. XXII, Dec. 1985.
- 5- Critchfield, H. J. General Climatology, 2 nd. ed., prentic - Hall New Jersey, 1966.
- 6- Critchfield, H. J. General Climatology., 3rd. ed Prentic - Hall, Inc., New Jersey, 1974.
- 7- Davis, N. E., 'An Optimum Summer Weather Index', Weather : 23, 1968.
- 8- Eddy, John, "The Mounder Minimum', Scienific, CXCH, No. 4245, 1976.
- 9- Eddy, John, 'The Case of the Missing Sunspots.' , Scientific American, CCXXXVI, No. 5, 1977.
- 10- Fergusson, P., "Summer Weather at English Seasick", Weather 12, 1964.
- 11- Gases, David M. Man & His Environment : Climate - Harper & Row Publishers, New York, 1972.
- 12- Griffiths, John F. Climatology & the Environment the Atmospheric Impact on Man, Paul Eleck, London, 1976.
- 13- Griffiths, John F. & Driscall, Dennis M., Survey of Climatology, Charles E. Merrill Publishing Company, Columbus, Ohio, 1982.
- 14- Harvey, David, "On the History & Present Condition of Geography : An Historical Materilist Manifesto" The Professional Geographer, The Association of American Gerographers : 36 (I), 1984.
- 15- Houghton, David D., (ED.), Hand book of Applied Climatology, Wiley - Interscience publication, John Wiley & Sons, New York, 1985.
- 16- Hughes, G. H., "Summer in Manchester," Weather 22, 1967.

- 33- Rackliff, G. H., "Summer & Winter Indices at Armagh", Weather 17, 1965.
- 34- Rosenberg, Norman J., Microclimates : The Biological Environment, John Wiley & Sons, New York 1974.
- 35- Smith K., Principles of Applied Climatology, Mc Graw-Hill book Co., London, 1975.
- 36- Strahler, A. N., Introduction to Physical Geography, John Wiley, New York, 1969.
- 37- Terjung, Werner H. "Annual Physio Climatic Stresses & Regions in the United States", In Climate in Review, pp 119-128, Edited by Mc Boyl Houghton Mifflin Co., Boston 1973.
- 38- Terjung, Werner H., "Physiologic Climates of the Conterminous United States; A Bioclimatic Classification Based on Man, Annals of the Association of American Geographers, Vol. 56. 1966.
- 39- Trewartha, G. T., An Introduction to Climate, 4td., Mc Graw- Hill book Co., New York 1968.
- 40- Tyler, Charles, "A National Fixation", Geographical, Vol. LXI, No. 7, July 1989.
- 41- Tyler, Charles, "Water , Water Every Where, " Geographical, The Monthly Magazine of the Royal Geographical Society, Vol. LXI, No. 4, April 1989.
- 42- Tyler, Charles, "The Inconsistent Climate", Geographical, The Monthly Magazine of the Royal Geographical Society, Vol. LXI, No. 2, Feb. 1989.
- 43- Ward, Roy C., "Water : A Geographical Issue", From Gography Yesterday & Tomassow. Brown (Ed.), Royal Geographical Society, Oxford University Press, 1980.
- 44- Wyckoff, Peter H., Evaluation of the State of the Art, Climate in Review, Edited by Geoffrey Mc Boyle, Houghton Mifflin Co., Boston 1973.

المبحث الثاني الاستهلاك اليومي والسنوي للطاقة

- يتطلب البحث في استهلاك الطاقة اليومي والسنوي معرفة البيانات الآتية :
- ١ - احصاءات استهلاك مصادر الطاقة المستخدمة في :
 - أ - فصل الشتاء : الفحم ، الغاز ، النفط والكهرباء .
 - ب - الصيف : الكهرباء .
 - ٢ - فترة الاستهلاك بحسب الساعات اليومية وطول السنة .
 - ٣ - نوع البناء وحجمه واتجاهاته .

والحقيقة ان مثل هذه الاحصاءات لا تتوفر لاعلى نطاق القطر او عالمياً ولكن معظم الباحثين يتخذون من حرارة الهواء الجاف Dry bulb Temperature وحرارة الهواء الرطب Wet bulb Temperature ومقدار التغير بينهما نتيجة لحركة الهواء والرطوبة النسبية اساساً لتفسير الحاجة الى زيادة استهلاك الطاقة لتعويض النقص في حرارة الهواء عن طريق تدفئته Heating او تقليل (امتصاص) حرارة الهواء عن طريق تبريده Cooling . هذا المصطلحان يدخلان تحت مفهوم تكييف الهواء Air conditioning .

وقد سبقت الاشارة الى معادلة كوتر Cooter لحساب درجات التدفئة الحرارية (HDD) . أما معادلة تبريد الهواء فقد استخدم ديتز R. Dietz مفهوم كفاية التبريد Colling efficiency للتعبير عن الحد الذي عنده يصل الهواء الى حد الاشباع من بخار الماء والذي عبر عنها بالمعادلة الآتية (٤) :

$$(\eta = (t_1 - t_2) / (t_1 - t^1))$$

حيث ان :

η = كفاية التبريد .

t_1 = الحرارة الجافة للهواء الداخل الى المسكن .

t_2 = الحرارة الجافة للهواء الخارج من المسكن .

t^1 = التغير الحراري في حركة الهواء الداخل .

وفضلاً عن ذلك فقد حسب مقدار رطوبة الهواء حركة المراوح وسرعتها Fanspeed ومقدار الضغط لغرض قياس الحاجة الى الطاقة في عملية التبريد المنزلي .

(٤) منظمة الاقطار العربية المصدرة للبترول ، مصدر سابق ، ص ٩٩ .