الأرصاد الجوية

د . عبد الحكيم بدران

على الرغم من أن الجو يبدو لنا شيئا واضحا ويمكن التعامل معه بسهولة ، فإنه في الواقع يبدو أكثر تعقيدا ، حيث تتداخل عوامل فيزيائية لها تأثيرات معقدة وصعبة التفسير تؤدي إلى تغيرات كبيرة في طبيعة الأجواء المتباينة ، كما أنها تحدد طبيعة المناخ في المناطق المختلفة .

منذ أن مارس الإنسان الزراعة وهو يحاول مراقبة الجو. وقد لجأ حديثا إلى إنشاء محطات المراقبة في البر والبحر لجمع أكبر قدر من المعلومات تمكنه من توقع التغيرات الجوية ، ومع التقدم العلمي والتقني وزيادة حاجة الإنسان لمعرفة التغيرات الجوية التي تجعله قادرا على التعامل مع أي تغير مفاجيء قد يضر به وبممتلكاته ، استغل إمكانات الأقمار الصناعية بعد أن طورها وزودها بأجهزة المراقبة .

أقمار الأرصاد الجوية

ربما تكون مركبة الفضاء المستكشف (Explorer VI) التي أطلقت في عام ١٩٥٩م أول الأقمار التي استخدمت في مراقبة الجو، فقد استطاعات أن ترسل صورا للسحب أمكن مشاهدتها على شاشة تلفازية ، غير أن نظام المراقبة التلفازي بالأشعة تحت الحمراء (Television Inferared Observation System - TIROS) يعد حقيقة أكثر تطورًا في مراقبة أجواء الأرض ، وهو يعمل كما يدل عليه الإسم باستخدام الأشعة تحت الحمراء.

وفي عام ١٩٦٦م طورت إدارة خدمة البيئة (Environmental Science Service Administration-ESSA) بأمريكا أقمارا لهذا الغرض . وكانت هذه الأقمار تبث صورا تلفازية إلى محطات الإستقبال الأرضية ، وتوضح هذه الصور سطح الأرض وأنماط السحب إضافة إلى معلومات عن الأشعة تحت الحمراء المنبعثة من الأسطح المختلفة. ولكن هذه الأقمار كانت تبعد عن الأرض بمئات الأميال ، مما جعل قوة تفريق الصورة متدنية (في حدود ٣ ـ٥ أميال). ويعطي قياس الأشعة تحت الحمراء المعلومات التي يمكن الإستفادة منها في أغراض مختلفة ، ولكن أهمها تحديد أنواع السحب التي تساعد بدورها على معرفة خواص الجو . كما أن مراقبة السحب توفر معلومات جوية عن التوقعات المختلفة في التغيرات الجوية ، وعلى الرغم من أن هذه الأقمار لم تعمل بالكفاءة المطلوبة في مراقبة الأجواء لتدني قوة التفريق ، إلا أنها أفادت في دراسات كثيرة غير جوية مثل السمات العامة للبيئة.

وفي تطور آخر للأقمار الصناعية أمكن الإستفادة من برنامج مجموعة (Nimbus) في الدراسات الجوية ، حيث أطلق (Nimbus IV) في عام ١٩٧٠م ، حاملا كاميرات أكثر تطوراً مزودة بمجموعات متنوعة من أجهزة الإستشعار التي تعمل بالأشعة تحت الحمراء ، لقياس درجة الحرارة والرطوبة (The Temperature Humidity Inferared Radiometer-THIR) وتعطي هذه الأجهزة المعلومات عن درجات الحرارة لأعلى السحب وسطح الأرض وعن محتوى طبقات الجو العليا من بخار الماء .

وتطورت أجهزة المراقبة التي تحملها الأقمار الصناعية خاصة جهاز الإرسال والإستقبال وتسجيل وتحديد الموقع (Interrogation Recording and Location System - IRLS) ، فهو يستقبل المعلومات التي جمعتها أجهزة الإستشعار الآلية المركبة على الأرض ، وفي الهواء (مناطيد) ، ثم يعيد إرسالها إلى المحطات الأرضية .

وفي تطور آخر حلت أداة الإستشعار الجوية (Global Horizontal Soundidng Thechnique - GHST) محل المحطة البحرية في وسط المحيط ، وهي عبارة عن منطاد يحمل أجهزة القياس إلى مستويات مختلفة تحددها كمية الهيليوم التي تحقن في خزانته.

ويمكن لهذه المناطيد أن تسبح في الهواء لعدة أشهر ، مرسلة المعلومات عن الجو وعن موقعها ، ومقارنة بين المواقع المتتابعة ، كما تعطي معلومات عن سرعة الرياح العالية واتجاهها .

ظهرت بعد ذلك أقمار أخرى مثل أقمار تطبيق التقنية (Application Technology Satellites - ATS) التابعة لوكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) . ومن هذه الأقمار خصص القمر (ATS III) لمراقبة الجو ، وهو يعمل على ارتفاعات شاهقة (حوالي ٣٥ ألف كم) فوق سطح البحر . و يدور من مكانه فوق خط الإستواء بسرعة دوران الأرض وفي الإتجاه نفسه ، مما يجعل موقعه ثابتا بالنسبة للأرض . وقد كان ارتفاعه كافيا لإعطاء صورا لأنماط السحب الرئيسة توضح خواص الجو مثل موقع التيارات النفاثة وقوة الأعاصير الحلزونية والرعدية.

وهناك أقمار ظهرت حديثا مثل أقمار عمليات البيئة ذات المدار الثابت (Geostationary Operational Environmental Satellites - GOES) تتميز بقدرتها على الإنذار المبكر لحدوث الأعاصير القمعية (Tornados) بالإضافة إلى قدراتها الإستشعارية الأخرى .

وأخيرا ظهرت مجموعة الأقمار التابعة لإدارة الجو والمحيطات الوطنية (National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA) بالولايات المتحدة استفادت من تجارب مجموعة أقمار (Nimbus) التابعة لوكالة الفضاء الأمريكية ، وهي أكثر تعقيدا من أقمار إدارة خدمة علوم البيئة (ESSA) وتحتوي أجهزة استشعارها على نظام الأشعة تحت الحمراء لقياس

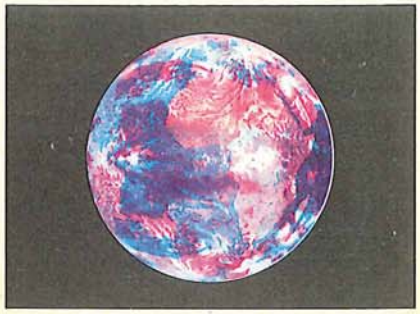
حرارة الأرض إضافة إلى جهاز مسح يعمل ليلا ونهارا ، وكاميرات تلفازية مطورة لمراقبة العواصف الشمسية .

تفسير صور الأقمار

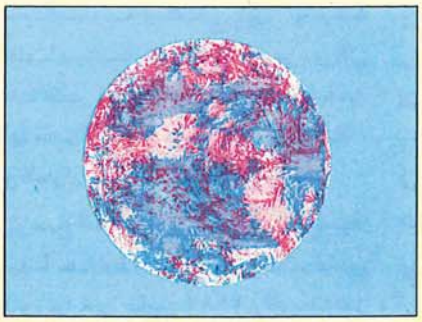
تُستغل صور الأقمار الصناعية في معرفة أحوال الجو التي تتضمن وجود السحب وتوزيعها وكثافتها وأنظمة جبهات الرياح ، ودرجة الرطوبة ، ودرجات الحرارة ، ومناطق الضغط المختلفة وسقوط الأمطار ...الخ . وسوف تبين لنا الصور التي سنشرحها فيما يأتي كيفية الوصول إلى المعلومات الجوية ، ويساعد الجمع بين هذه المعلومات وتلك التي نحصل عليها بالأجهزة العادية على توقع حالة الجو في الثمانية والأربعين ساعة القادمة . وبالطبع سوف تكون المعلومات التي نحصل عليها من صور الأقمار الصناعية أكثر تفصيلا من تلك التي نحصل عليها من الخرائط المناخية العادية.

توضح الصورة (١) تدفق السحب المتوازية مع اتجاه الرياح الشمالية ، إلا أن الصورة لا توضح النمط الحلزوني المعروف للسحب ، ومع ذلك فإنها توضح أن منطقة الأطلسي شمال اسكتلندا تغطى بمنطقة ضغط منخفض تؤثر فيه عوامل متداخلة معقدة . أما منطقة اسكتلندا فتعلوها موجات السحب المتوازية التي تسير من الشرق إلى الغرب تقريبا ، وتقل الرياح في هذه المناطق بسبب تحكم

● صورة (١) .



● صورة (٢) .



● صورة (٣) .

الساحل الشمالي لاسكتلندا ، والجبال المرتفعة ، أما المنطقة الفاصلة بين تراكم السحب والسماء الصافية عند جنوب خليج بسكاي فهي عبارة عن جبهة رئيسة للرياح .

توضح الصورة (٢) لقطة سريعة لأنظمة الجو للوقت نفسه من العام ، ويغطي القمر الصناعي المناخي (Meteosat) نصف الكرة الأرضية ، وتتضح في الصورة سلسلة من أنظمة جبهات الرياح الرئيسة في شمال الأطلسي ، وسماء صافية فوق معظم الأراضي الصحراوية ، وعاصفتان دوارتان قرب جنوب أفريقيا ، وأيضا سحب ممطرة كثيفة فوق الغابات الإستوائية الممطرة في وسط أفريقيا وأمريكا اللاتينية .

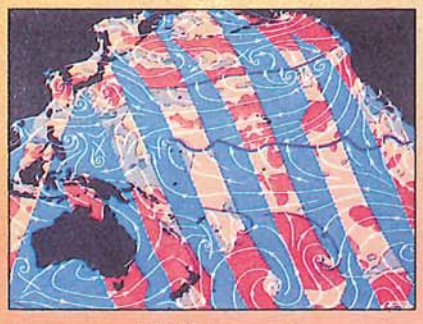
● سرعة الرياح

تقاس سرعة الرياح واتجاهاتها عن طريق تتبع مسارات السحب المنحرفة أو حركات بخار الماء التي يمكن رصدها على مدى فترة طويلة من ا لزمن ، ويتم ذلك على أسس منتظمة بوساطة المحطات الجوية ، والصورة (٣) عبارة عن خريطة لجزء من نصف الكرة الأرضية ، صورته أقمار (Meteosat) ، وتشير الأسهم الرئيسة إلى سرعة الريح (عدد الريش) واتجاهها . وتوضح الألوان ارتفاع الرياح كما تدل عليه قياسات حرارة السحب : الأحمر للرياح في الجزء العلوي من التربوسفير (حتى ١٥كم) والأزرق للمستويات المتوسطة ، والأخضر للرياح المنخفضة .

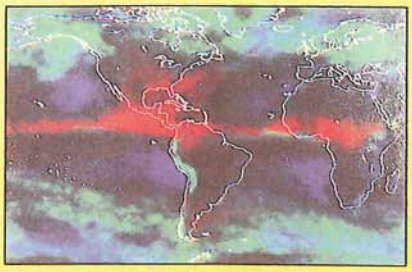
وفي الصورة (٤) يمكن الإستدلال على سرعة الرياح من خلال ألوان الصورة ، فالسرعة المنخفضة تظهر باللون الأخضر والأصفر ، أما السرعة العالية فتظهر باللون القرمزي والأحمر ، كما يشير اللون الأبيض إلى اتجاه سريان الرياح الذي يمتد إلى المناطق الزرقاء وهي المناطق التي تنقص فيها المعلومات .

تشير الأسهم في الصورة السابقة (٤) أيضا إلى أنظمة الضغط ، فالدوران ضد عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي يشير إلى أنظمة الضغط المنخفض ، بينما الدوران مع عقارب الساعة يشير إلى أنظمة الضغط المرتفع ، وينعكس اتجاه الدوران في نصف الكرة الجنوبي ، ويمكن رؤية إعصاري تيفون (Typhoon) بالقرب من اليابان ، كما يمكن رؤية نظامين للأعاصير الحلزونية (Cyclon) في جنوب المحيط الهادي ، وتوجد منطقة الضغط العالي فوق نيوزيلندا ، ويمكن ملاحظة العلاقة بين مناطق الضغط العالي وسرعة الرياح المنخفضة ، وأيضا العلاقة بين الضغط المنخفض والعواصف ، وبمقارنة الصور التي ترسلها أجهزة الرصد على مدى فترة معينة يمكن معرفة تغير أنماط الرياح وشكل العواصف .

وتساعد المعلومات من هذا النوع في فهم أفضل الطرق التي يتغير بها دوران الهواء في طبقات الجو السفلي ، وذلك بعرض صورة تكتمل ملامحها على مدى فترة طويلة من المراقبة لاتحققها المعلومات



● صورة (٤) .



● صـــورة (٥) .

التقليدية ، وفي الواقع يمكن لمقياس الرادار الذي يدور حول الأرض إعادة توجيه السفن حتى تتجنب العواصف المتوقعة ، كما أنه يرسل بإنذاره إلى الأرض التي يتجه إليها الإعصار .

● قياس ارتفاع السحب

تتحكم السحب في كميات الطاقة التي يحتفظ بها الجو ، حيث تعكس السحب المنخفضة الطاقة الشمسية ، وتساعد في تبريد الجو ، بينما السحب العالية تساعد في حبس الحرارة المنطلقة من الأرض وتسهم في عملية التسخين ، وتوضح الصورة (٥) مستوى ارتفاع السحب بالألوان المختلفة الأحمر والأخضر والأزرق للمستويات العالية أكثر من (٨ كم) ، والمتوسطة (٤ ـ ٨ كم) ، والمنخفضة (أقل من ٤ كم) على الترتيب .

ويدل بريق هذه الألوان الثلاثة على كثافة غطاء السحب ، وتمثل الصورة المتوسطة على مدى فترة شهر (يوليو ١٩٧٩م) ، كما أعطتها قوة التفريق الكبيرة لوحدة الأشعة تحت الحمراء والمايكروويف في قمر الأرصاد الجوية (NOAA 6) ، الذي يدور حول القطب ، وبذلك تمت لأول مرة رؤية أنماط حركة السحب العالية ، وترتبط السحب العالية فقط بالمناطق الحارة القريبة من منطقة التحول الدولية (International Converging Zone - ITCZ).

وتمثل هذه المنطقة شريطا أحمرا للسحب العالية يتجه إلى الشمال في بعض أجزائه ، ومن المثير حقا أنه في يناير تمتد مسارات السحب العالية من خط منطقة التحول الدولية إلى كل من ا لشمال والجنوب .

● حرارة الأرض والمحيط

أعطت الأجهزة المركبة على القمر الصناعي (NOAA-6) أول صورة لحرارة سطح الأرض في جميع أرجاء الكرة الأرضية على أساس المتوسطات الشهرية . ومن الأهمية بمكان معرفة درجة حرارة المحيطات باستمرار ، فهي التي تتحكم في مناخ المناطق البحرية وبالتالي فإن معرفة أنماطها بالتفصيل يمكن أن تؤدي إلى توقعات أكثر تقدما وواقعية ، يمكننا من خلالها معرفة تغير درجة حرارة الماء ، وتدفق الحرارة من منطقة لأخرى .

وتوضح الصورة (٦) بيانا أكثر تفصيلا عن درجة حرارة سطح البحر بالقرب من كاليفورنيا من يناير ١٩٨٢م إلى يناير ١٩٨٣م أرسلتها أجهزة الإستشعار الحرارية المركبة على القمر (AVHRR - NOAA-7) ويعني اللون الأزرق منطقة باردة ، والأحمر منطقة أدفأ ، بينما المناطق البيضاء عبارة عن سحب ، وفي العادة يتدفق تيار بارد تجاه الجنوب (١) ، وتدفع الرياح الشمالية المياه بعيدا عن الساحل ليحل محلها المياه الباردة من الطبقات السفلى عند لوس انجلوس (٣) وسان دييجو(٤) .

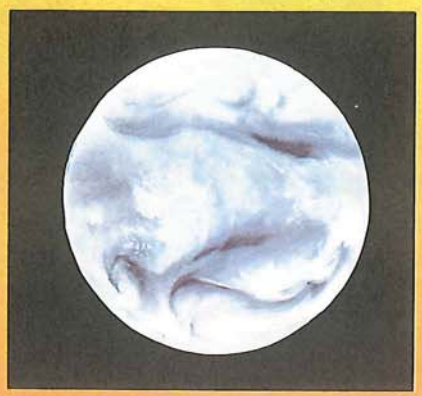
● صـــورة (٦ـأ) .

● صـــورة (٦ـب) .

وقد ساعدت الأقمار الصناعية في معرفة وقت حدوث ظاهرة النينو(ElNino) ، وهي ظاهرة ترتفع فيها درجة الحرارة العادية للمياه تحت السطحية ، وفي عام ٨٢ ـ ١٩٨٣م أدى النينو إلى رياح غير عادية على شاطيء البيرو أدت إلى ارتفاع درجة الحرارة بدرجتين أعلى من المعتاد فوق المياه الباردة ، وبذلك اختفت الأسماك على شاطيء البيرو التي يعد محصولها السمكي من أكبر المحاصيل في العالم ، واختفت الطيور التي كانت تتغذى على الأسماك ، واختفى معها الروث الذي تستخدمه البيرو في تسميد الأرض وبيع الكميات الكبيرة منه .

● التركيب الكيميائي للجو

لا يهتم علماء الجو بالعوامل الفيزيائية التي تؤثر فيه فقط ولكن أيضا بتركيبه الكيميائي ، وتعد درجة الرطوبة أهم عامل كيميائي بالنسبة للجو ، وهي بالطبع تعكس توزيع السحب ، و تدل أيضا على درجة حرارة الجو . وتوضح الصورة (٧) تأثير محتوى الرطوبة في الجو فوق نصف الكرة الشمالي . وفيها تظهر المناطق فوق الغابات الممطرة بإفريقيا وجنوب أمريكا واضحة لعدم وجود سحب وقت التقاط الصورة. وتمثل الإلتواءات في الصورة التغيرات في كمية الرطوبة التي تحتوي عليها كتل الهواء المختلفة، حيث تعد تلك الإلتواءات الأساس الذي يمكن بوساطته تقدير سرعة الرياح واتجاهاتها كما هو موضح في الصورة (٣) .



● صـــورة (٧) .