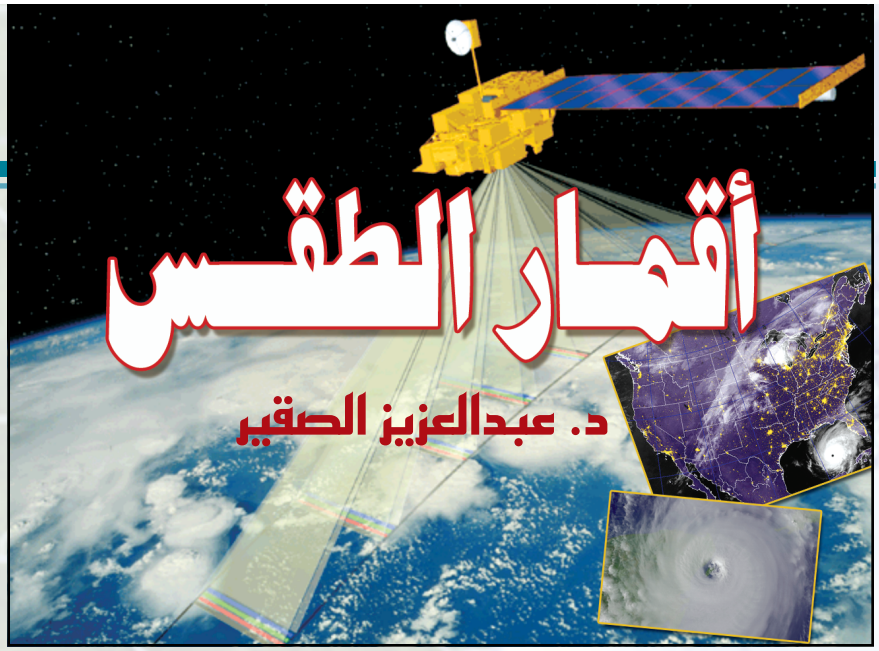


أقمار الطقس

د. عبدالعزيز الصقير

يلعب الطقس دوراً حيوياً في حياة الإنسان وصحته، وتنمية مجتمعه واقتصاده. كما يلعب دوراً في تحديد نوع النبات الصالح للزراعة، وكمية الأمطار والثلوج الساقطة وكمية المياه في السدود، إضافة الى تأثيره على كافة وسائل المواصلات البرية والبحرية والجوية من حيث السلامة والراحة، ومن الناحية الاقتصادية، والسياحة والصيد البري والبحري والبناء والاتصالات ومحطات توليد الطاقة من الشمس والرياح، والعمليات العسكرية والاستخباراتية. يتضح مما ذُكر آنفاً: أن التوقع الصحيح لما سيحدث في الطقس على المدى القريب والبعيد سيكون له أهمية في حياة الإنسان وراحته ورفاهيته.

كانت احتمالات صحة توقعات الطقس حتى وقت قريب ضئيلة، كما أن الإنذار من الكوارث المناخية يكاد ينحصر في دقائق قليلة قبل الكارثة، ولكن بظهور الأقمار الاصطناعية ظهرت تقنيات جديدة تسمح بمراقبة الطقس في جميع مناطق الكرة الأرضية وعلى مدار الساعة. بينما ـ في السابق ـ كانت المراصد الأرضية تراقب أقل من خمس مساحة الأرض ولبعض الوقت فقط، مما أدى إلى تحسن دقة التوقعات وإعطاء إنذار سريع عن الكوارث. ويلاحظ أنه على الرغم من قوة الأعاصير الحالية، إلا أن الخسائر البشرية قلت ـ بفضل الله ـ عن ما كان في الماضي بسبب التوقعات الدقيقة والسريعة للطقس.

يتكون الغلاف الجوي للأرض من طبقة رقيقة من الغازات ـ مقارنة بقطر الأرض الذي يبلغ ١٢٨٠٠كم ـ ويبلغ سمكها أقل ١٠٠٠ كم يتركز معظم كتلته في طبقة يصل ارتفاعها إلى أقل من ٨٠ كم. تحدث كل الظواهر الجوية داخل هذا الغلاف، لذا فإن مراقبة هذا الغلاف من الأعلى توضح السمات الرئيسة لطبقاته المتعددة، مثل الحرارة والضغط والرطوبة والرياح. وبذلك يتكامل الرصد الفضائي مع الرصد الأرضي للجو.

تاريخ أقمار الطقس

بدأت أقمار الطقس بالقمر الأمريكي إكسبلورر ٧ (Explorer 7) الذي أُطلق في عام ١٩٥٩م وقام بأول قياس فضائي للطقس. حيث كانت من ضمن حمولته أدوات لقياس تغيرات الطقس.

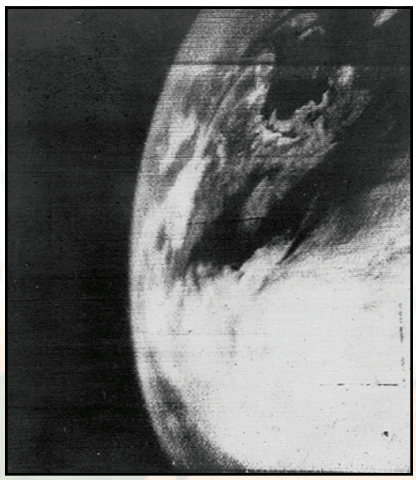
ويعد القمر الأمريكي تايروس-١ (Television and InfraRed Observation Satellite-TIROS1) أول قمر طقس فعلي، حيث أُطلق عام ١٩٦٠م على ارتفاع ٦٠٠ كم حاملاً كاميرا تلفزيونية ذات دقة منخفضة، وكاميرا تصوير حرارية. استطاع القمر أن يسجل تكوينات السحب في طبقات الجو المختلفة، يوضح الشكل (١) أول صورة للأرض أُخذت من القمر تايروس.

أثبتت الأقمار الاصطناعية منذ أيامها الأولى أن لها أهميتها في حياة الناس اليومية، فقد أرسل القمر تايروس أكثر من ٢٣٠٠٠ صورة للأرض خلال مدة عمله. وخلال خمس سنوات التى تلت إطلاق القمر تايروس: تم إطلاق تسعة من هذه الأقمار في المدار القطبي والمتزامن مع الشمس مجهزة بمجسات أفضل. كان الهدف الأساسي من إطلاق هذه الأقمار هو: إظهار مقدرة الأقمار الاصطناعية على تفسير الظواهر الجوية للعلماء والهيئات الحكومية.

تقنيات أقمار الطقس

تقوم أقمار الطقس برصد الأرض والقيام بقياسات عديدة للأرض والغلاف الجوي، تساعد أخصائيي الطقس في توقع حالته، والتحذير من أي كوارث يمكن أن تحدث في الأيام القادمة في أي مكان في العالم، ومن أمثلة تلك القياسات:

- مراقبة الغيوم وتحديد نوعها وارتفاعها.
- مراقبة و قياس كمية بخار الماء في الغلاف الجوي.
- قياس الإشعاعات من سطح الأرض والغلاف الجوي.
- قياس درجة حرارة سطح الأرض والمحيطات.



■ شكل (١) أول صورة فضائية للأرض من القمر تايروس-١ (أبريل ١٩٦٠م).

ـ مراقبة التيارات المائية في المحيطات والبحار.
ـ مراقبة الثلوج الساقطة.
ـ مراقبة الغابات وحركة الجليد في القطبين.
ـ مراقبة البراكين وحركة سحب الرماد المندفعة منها.
ـ مراقبة تيارات الهواء البارد.
ـ قياس درجة الحرارة والضغط في طبقات الجو المختلفة، وسمك كل طبقة.
ـ استقبال المعلومات من محطات جمع المعلومات البيئية والمناخية المنتشرة في اليابسة والبحار، وتحويل هذه المعلومات إلى المحطة المركزية.

تُجمع تلك المعلومات الفضائية مع القياسات الأرضية لعناصر الطقس، ومن خلالها يستطيع خبراء الأرصاد توقع الأجواءللأيام القادمة باستخدام نماذج رياضية تحاكي ما يحدث عادة بالطبيعة. يتطلب حل النماذج الرياضية عمليات حسابية معقدة وطويلة جداً. تقوم حاسبات آلية بحلها، مما يتيح للمختصين استنتاج نوع الظواهر المناخية في كل منطقة ودرجة قوتها وزمن حدوثها ومدة استمرارها، أي منذ بدايتها حتى نهايتها.

يُنبئ شكل وحجم السحب عن نوع الطقس في تلك المنطقة، كما تكشف عدة صور متتالية تغيرات الطقس وسرعة واتجاه حركة العواصف. تستطيع أقمار الطقس قياس سمك طبقات الغلاف الجوي وذلك عن طريق: مجسات خاصة لغازات كل طبقة، ومن ذلك يمكن تحديد مناطق الضغط الجوي المرتفع والمنخفض؛ وبالتالي توقع اتجاه الرياح وحركة السحب. كما تستطيع الأقمار قياس الأشعة تحت الحمراء المنبعثة من طبقات الجو، وبالتالي حساب درجات الحرارة في تلك الطبقات. كما تكشف الصور المتتابعة للسحب مراكز الضغط المنخفض واتجاهات الرياح وسرعتها.

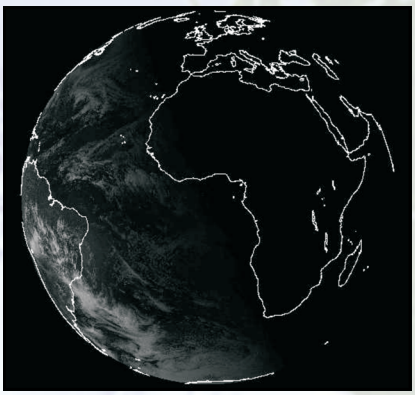
تتابع أقمار الطقس تطور الظواهر المناخية الإقليمية والعالمية والتي تؤثر على مناخ الأرض كلها، فهي تراقب العواصف الترابية والأمطار المسببة للفياضانات، كما تتابع الظواهر المؤثرة على مناطق كبيرة مثل الأعاصير والتيارات البحرية مثل ظاهرة النينيو. كذلك تقوم أقمار الطقس بمراقبة بيئة الأرض مثل: حركة الملوثات الكيميائية والإشعاعية ومراقبة التوازن الحراري بين اليابسة والمحيطات، كما تستطيع هذه الأقمار قياس تركيز غازات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والأوزون (O_3).

تعرف العلماء بعد عدة عقود من مراقبة طقس الأرض على أكثر من عشرين عاملاً مؤثراً فيه، ساهمت أقمار الطقس في كشف بعضها وتعميق مفهومنا للبعض الآخر. وكلما تحسنت قياسات هذه العوامل كلما انكشفت بعض أسرار الطقس وأصبحت التوقعات المستقبلية أقرب للواقع.

تحمل أقمار الطقس العديد من المجسات لقراءة عناصر الجو المختلفة، ومن أشهرها راديومتر المسح الدوّامي للأشعة المرئية وتحت الحمراء (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer - VISSR)، هو جهاز لقياس كثافة الطاقة الإشعاعية في نطاق الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء. يدور هذا المجس حول نفسه بسرعة عالية تقدر بحوالي ١٠٠ لفة في الدقيقة لمسح الأرض من الغرب إلى الشرق. وتتحرك مرآة المجس للمسح من الشمال إلى الجنوب، بمعدل أقل من واحد من الألف من الدرجة لكل لفة للمجس.

يقيس المجس في كل دورة مقدار الطاقة الإشعاعية المنعكسة أو المنبعثة من الأرض في النطاق البصري (الضوء المرئي) والأشعة تحت الحمراء، فيلتقط المجس الطيف البصري من الأرض والذي هو انعكاس لضوء الشمس، كما يلتقط الحرارة المنبعثة من سطح الأرض وأعالي الغيوم على شكل أشعة تحت حمراء في النهار والليل، ثم يحوّل المجس كمية الطاقة المقروءة (البصرية أو الحرارية) إلى إشارات كهربائية.

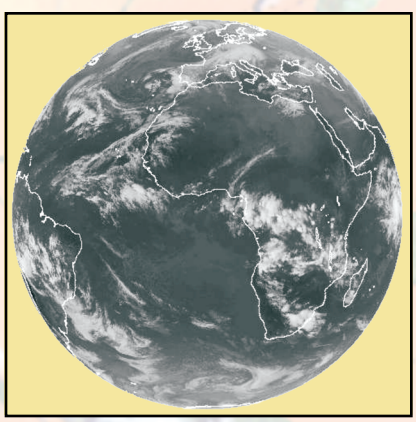
توضح صور الطيف البصري أن



■ شكل (٢) صورة بصرية .

المناطق المغطاة بالسحب تكون بيضاء، بينما تكون المناطق الصحوة رمادية، شكل (٢) . وكلما زادت كثافة السحب زاد الضوء المنعكس وأصبحت أكثر بياضا. من جانب أخر تبين صور المجسات تحت الحمراء ـ تستخدم في معظم النشرات الجوية التلفزيونية ـ اختلاف الحرارة، فالألوان الداكنة تبين المناطق الدافئة، كما يمكن بهذا المجس قياس ارتفاع السحب لأن السحب المنخفضة تكون عادة أسخن من المرتفعة لذا فهي تبث إشعاعات أكثر. لذا تبدو السحب المنخفضة رمادية اللون بينما السحب المرتفعة بيضاء، كما في الشكل (٣).

يقرأ المجس في كل دورة له خطاً من الصورة، تتكون الصورة النهائية من آلاف الخطوط. ويستطيع المجس إنتاج صورة لمنطقة التغطية الأرضية كل عشرين دقيقة، ويرسلها للأرض على شكل صورة أسود وأبيض. تعبر هذه الصور عن معلومات الطقس،حيث يترجم التغيرفي درجات



■ شكل (٣) صورة حرارية .

الحرارة إلى تغير في تدرجات اللون الرمادي، وبذلك يتمكن محللو الطقس من الاستفادة من هذه الصور في تحديد ومتابعة الظواهر الجوية العنيفة مثل الأعاصير والأمطار الشديدة، وتوقع الكوارث الجوية قبل أن تصل إلى المناطق المأهولة.

وأحيانا تستخدم الألوان في التعبير عن درجات الحرارة وتكون الصورة النهائية أكثر وضوحاً. يلعب الحاسب الآلي دوراً مهما في القيام بالعمليات الحسابية المعقدة، وأصبح في الإمكان بواسطته توقع الطقس لسبعة أيام قادمة بدقة عالية.

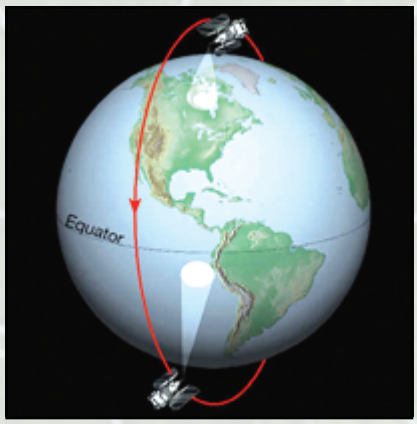
وهناك نوع آخر من مجسات أقمار الطقس يضيف بعداً ثالثاً لصورة الطقس هو مسبار (Visible and Infrared Atmospheric Sounder-VAS) الذي يقيس الحرارة الرأسية في كل طبقة من طبقات الغلاف الجوي. وهو نسخة مطورة من مجس (VISSR)، حيث يتمكن من خلال هذه الصور إنتاج صور ثلاثية الأبعاد للسحب تعمل على تحسن توقعات الطقس بشكل واضح. تبلغ دقة الصورة ٩٠٠ م في المدى البصري و ٤٣٠٠ م في المدى الحراري (الأشعة تحت الحمراء).

مدارات أقمار الطقس

تدور أقمار الطقس إما على المدار الثابت أو القطبي.

■ أقمار المدار الثابت

تغطي أقمار الطقس في المدار الثابت دائما نفس المنطقة ذات المساحة الكبيرة، وهي تأخذ باستمرار صوراً للأرض لعرض حركة السحب والعواصف. تمتاز هذه الأقمار بقدرتها على المراقبة الدائمة لمنطقة التغطية، أي أنها ترصد التغيرات اللحظية لبعض الظواهر الجوية السريعة الحركة. يتطلب الأمر وجود بضعة أقمار موزعة على المدار الثابت لتغطية الأرض، ولكن هذه الأقمارلا تغطي المناطق القطبية للأرض والتي تلعب دوراً في مناخها. يمسح القمر نفس المنطقة كل بضعة ساعات مما يسمح بملاحظة التغيرات المناخية وعرض صور متحركة لتلك المنطقة



توضح تغير الطقس خلال اليوم، وهو ما نشاهده في نشرات الأخبار التلفزيونية.

■ أقمار المدار القطبي

تعطي أقمار الطقس في المدار القطبي معلومات تفصيلية أكثر عن المناطق التي تمر فوقها، ولكنها تغطي منطقة صغيرة من الأرض، ولا تغطي كل الأرض إلا بعد عدة دورات حول الأرض أي بعد فترة زمنية طويلة. تدور أقمار الطقس القطبية في مدار متزامن شمسياً، فهي تمر فوق أي منطقة في الوقت نفسه من اليوم تقريبا. فمثلاً تمر الساعة التاسعة صباحاً فوق مدينة الرياض (بتوقيتها المحلي) يومياً. تستقبل المحطة الأرضية صور القمر عند مروره فوق المناطق التي تبعد عنها بأقل من ٢٥٠٠ كم فقط. ولأن القمر لا يستمر في تصوير نفس المنطقة، فإنه يستحيل عرض صور متحركة لتلك المنطقة.

أقمار الطقس الحالية

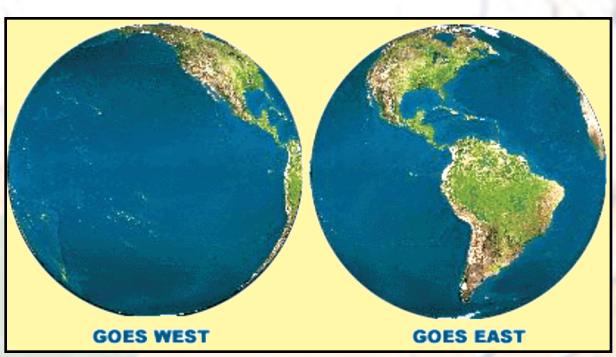
تدورحول الأرض العشرات من أقمار الطقس التابعة للعديد من الدول في المدارات الثابتة والقطبية، ومن أشهرها أقمار (GEOS) الأمريكية. تتكون منظومة أقمار الطقس من قمرين في المدار القطبي المتزامن، يدوران في مدار دائري على ارتفاعين، الأول ٨٣٠ كم والثاني ٨٧٠ كم. يمسح القمران الأرض كل ٦ ساعات، ويرسلا معلوماتهما إلى محطات في مختلف دول العالم.

تقوم مجموعة من الأجهزة بقياسات متعددة للأرض والغلاف الجوي والغيوم والإشعاعات الشمسية والكونية. وتحمل مجسات بصرية وتحت حمراء، ومجسات فوق بنفسجية لقياس طبقة الأوزون فوق القطبين. كما تحمل بعض الأقمار أجهزة بحث وإنقاذ، وأجهزة جمع معلومات الطقس الأرضية.

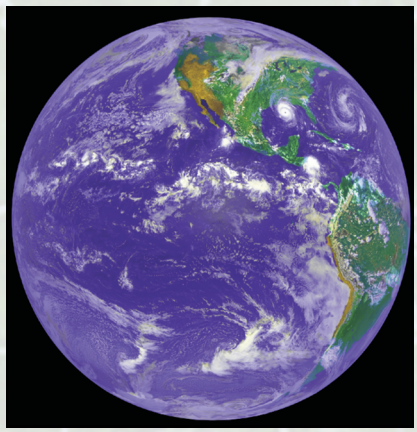
توجد في المدار الثابت أقمار الطقس الأمريكية (GOES) وتتكون حالياً من أربعة أقمار، اثنين منها أساسية يقعان في المدارين ٧٥ و١٣٥ غربا، والآخرين احتياطية.

تحمل أقمار (GOES) ـ تزن حوالي الطنين ـ مجسات بصرية وتحت حمراء (VISSR) ومسبار (VAS). وتحمل أيضاً مجسات لقياس انبعاث الجزيئات الشمسية لدراسة تأثيرها على أقمار الاتصالات، حيث يتم التقاط البروتونات الشمسية وجزيئات ألفا والإلكترونات الشمسية والأشعة السينية والمجال المغناطيسي.

تقوم أقمار (GOES) بدور آخر، هو: تحويل معلومات الطقس من المحطات الأرضية النائية في الصحاري والمحيطات إلى محطات تجميع تلك المعلومات. وبذلك تقوم بعمل أقمار الاتصالات لكنها تقتصرعلى نقل معلومات الطقس فقط. وهكذا تتكامل قراءات القمر مع قراءات المحطات الأرضية لتعطي صورة أفضل عن



■ شكل (٤) مناطق تغطية أقمار (GOES).



■ شكل (٥) صورة من القمر GEOS-7 .

الجو. كما تحمل بعض الأقمار أجهزة مختلفة مثل أجهزة البحث والإنقاذ وأجهزة استقبال القياسات من الأجهزة الأرضية لتحويلها إلى محطات التحكم الأرضية.

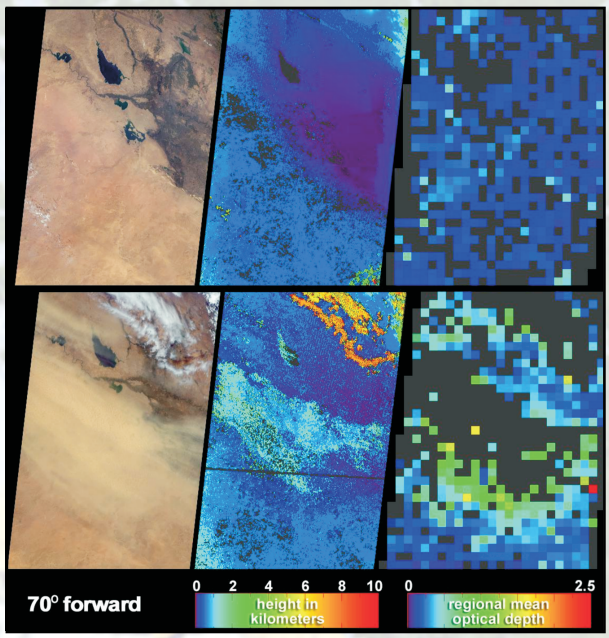
تُجري الأقمار أربع قياسات كاملة للولايات المتحدة في كل ساعة، وذلك خلال الأوقات العادية. لكن عند الظروف الجوية الخطرة يستطيع القمر مسح منطقة محددة كل دقيقة فقط. يوضح الشكل (٥) صورة من أحد أقمار (GEOS) مأخوذة في عام ١٩٩٢م حيث توضح الصورة إعصار أندرو الذي ضرب ولاية لويزيانا.

أطلقت وكالة ناسا بالاشتراك مع هيئات دولية مجموعة من أقمار (GEOS) لقياس عناصر خاصة، خُصص كل قمر لدراسة أحد العناصر. يمثل الجدول(١) أهم ملامح النظام.

يبين الشكل (٦)صورتين لمنطقة الخليج العربي من القمر تيرا (Terra) أُخذتا بواسطة مستشعر يقيس كمية الغبار

القمر	تاريخ الإطلاق	القياسات
Terra	١٩٩٩	السحب والهباء
Aqua	٢٠٠٢	سحب، مياه سطحية، محيطات
Aura	٢٠٠٤	التركيب الكيميائي للغلاف الجوي
Cloudsat	٢٠٠٤	السحب
Calipso	٢٠٠٤	السحب والهباء
Parasol	٢٠٠٥	السحب والهباء
OCO	٢٠٠٨	ثاني أكسيد الكربون

■ جدول (١) ملامح أقمار (GEOS).



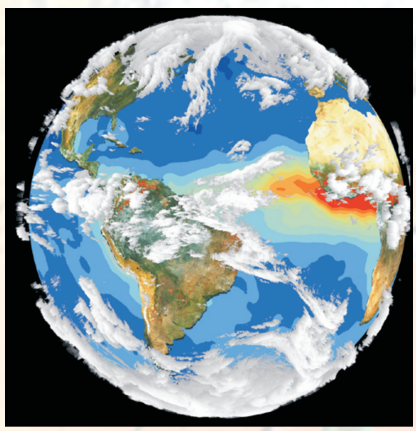
■ شكل (٦) صور من القمر تيرا لشمال الخليج العربي .

وارتفاعه عن سطح الأرض. حيث كانت السماء صافية في الصورة الأولى (الصف العلوي) في ٢٠٠٤/٤/١١م، بينما غطت عاصفة رملية شمال المملكة العربية السعودية وجنوب العراق في ٢٠٠٤/٥/١٣ (الصف السفلي). توضح الصورتان في العمود الأيسر تأثير الغبار حيث اختفت بحيرة الرزازة في جنوب العراق.

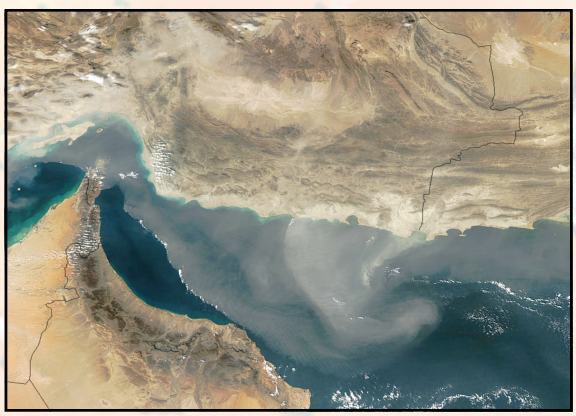
كذلك توضح الصور الناتجة بعد عمليات المعالجة (العمود الأوسط) السحب والغبار حسب ارتفاعها عن سطح الأرض حيث يتضح من الصورة السفلى: أن ارتفاع الغبار أقل من كيلومترين. بينما تبين صور المعالجة الأخرى الهباء وارتفاعه (العمود الأيمن) وتوضح المناطق ذات الكثافة العالية (اللون الأصفر والأخضر).

من جانب أخر أطلقت وكالة الفضاء الأوروبية عدداً من أقمار الطقس متيوسات(Meteosat) منذ عام ١٩٧٧م في المدار الثابت. جُهزت هذه الأقمار برادومتر يمسح ثلاث نطاقات بصرية وحرارية. يحمل القمر الحالي رادومتر فيه ١٢ قناة، وجهاز لقياس الإشعاعات الأرضية. تبلغ دقة الصور البصرية حوالي ١ كم والحرارية حوالي ٣ كم.

طورت روسيا واليابان والصين والهند عدداً آخر من أقمار الطقس كما طورت دول أخرى أقماراً جديدة. يوضح الشكل (٧) صورة لطقس الأرض مركبة من معلومات جمعت من خمسة أقمار عالمية، أما شكل (٨) فيوضح العاصفة الترابية التي ضربت خليج عمان عام ٢٠٠٣م.



■ شكل (٧) صورة للأرض مركبة من صور عدة أقمار .



■ شكل (٨) عاصفة ترابية على خليج عمان (٢٠٠٣م) .