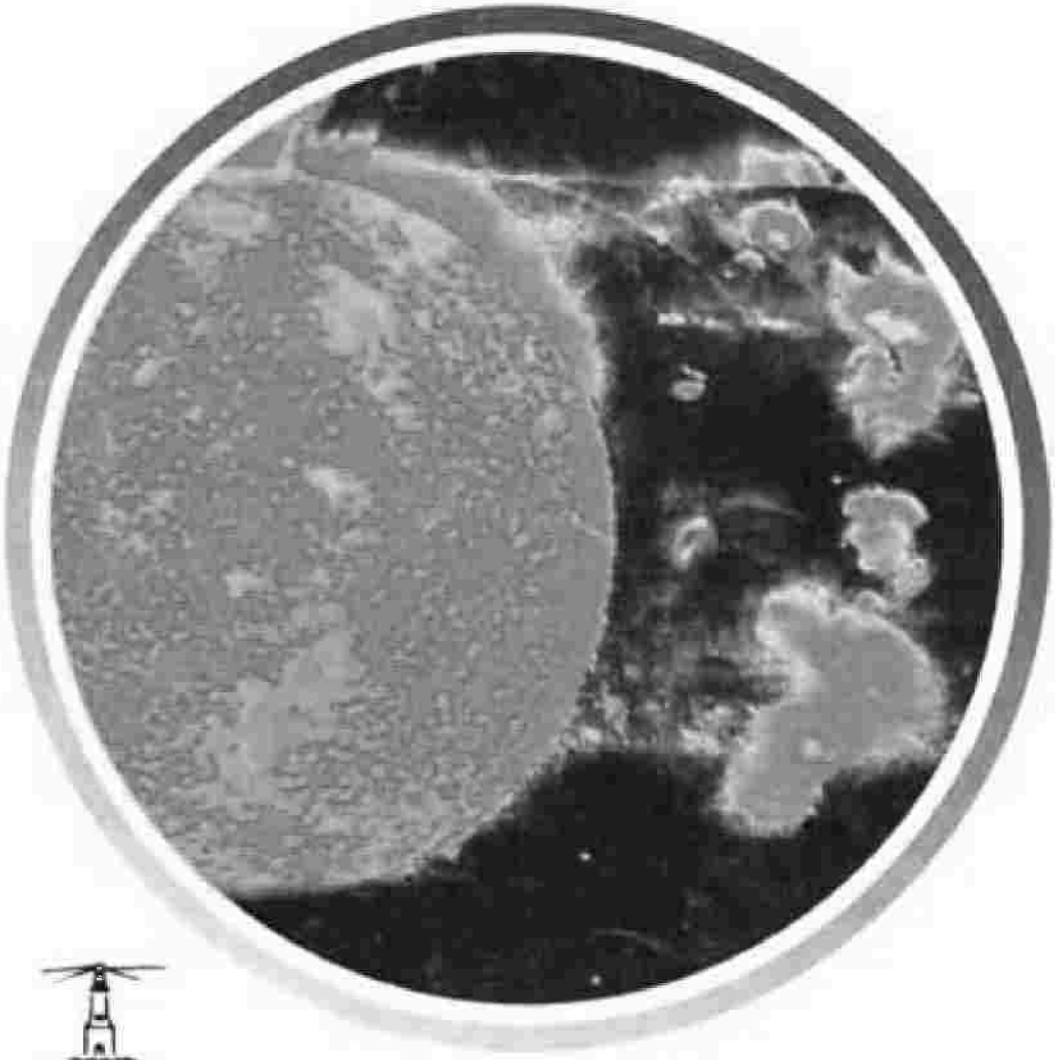
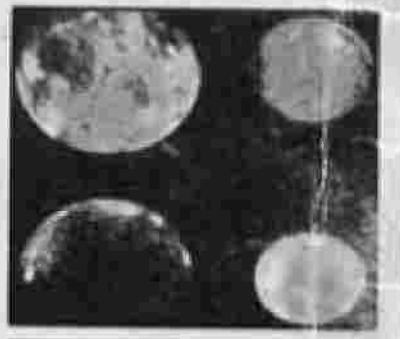
حكايات علمية

١٧

الاستشعار عن بعد

دكتور مهندس / أحمد محمود والي





دار المعارف

حكايات علمية

١٧

الاستشعار عن بعد

دكتور مهندس/ سمير محمود والى

دار المعارف

تصميم الغلاف: محمد أبو طالب

الناشر: دار المعارف – ١١١٩ كورنيش النيل – القاهرة: ج.م.ع

إعداد الماكيت: أمانى والى

١- شرق العوينات

ضغط محمد على جرس الباب بشدة عدة مرات، فهرعت أخته أمانى بسرعة لتفتح له الباب وتصيح: ماذا حدث؟ لماذا تتعجل؟

أجاب محمد وهو يلتقط أنفاسه: خبر مثير.. لقد أعلنت المدرسة عن رحلة لنا خلال إجازة نصف العام إلى توشكى والعُوينات لنرى الإنجازات العظيمة التى تحققها الدولة هنا، وقد أسرعت بالحضور لأخبرك بذلك حتى نتمكن غدًا من تسجيل أسمائنا ضمن هذه الرحلة، أجابت أمانى: ولماذا لا نخبر ابن خالتنا مُصطفى لينضم إلينا -كعادته- فى كل رحلة؟

رد محمد: سأذهب إليه فى الحال لأخبره وأعرف رأيه لأن الرحلة ستبدأ بعد أربعة أيام فقط..!

لم تمض على هذه المحادثة سوى أربعة أيام فقط حتى كان محمد وأمانى وابن خالتهم مصطفى على متن إحدى الطائرات ومعهم مجموعة من الطلبة والمدرسين متجهين نحو مهبط الطائرات فى منطقة العوينات حين سأل مصطفى الأستاذ المشرف على الرحلة: هل يمكنك -يا أستاذ- أن تزودنا ببعض المعلومات عن العُوينات؟! أجاب الأستاذ: نعم، فمنطقة العوينات تقع فى أقصى الجنوب الغربى لجمهورية مصر العربية وقد سميت بهذا الاسم لأن هذه المنطقة تقع شرق جبل العُوينات الذى تشترك فيه ثلاث دول هى مصر والسودان وليبيا، وتبلغ مساحة هذه المنطقة حوالى ٦ ملايين فدان منها ٣.٣ ملايين فدان صالحة للزراعة منها ١.٨ ملايين فدان تم تصنيفها زراعيًا على أنها درجة أولى تصلح لزراعة الشعير والبرسيم والطماطم والبطيخ وفول الصويا وعباد الشمس وغيرها من المحاصيل، ويقع مركز هذه المنطقة عند تقاطع خط طول ٢٩ درجة شرقًا مع خط عرض ٢٣ درجة شمالاً، ونظرًا لأن هذه الأرض ما زالت بكرًا لم تطأها قدم إنسان من قبل فما زالت بحاجة إلى دراسات وأبحاث مكثفة فى مجالات الجيولوجيا والزراعة والبيئة والطاقة والمياه ولا سيما المياه الجوفية التى تقدر مبدئيًا بحوالى ١٠٠٠ مليار متر مكعب التى تتواجد على أعماق تتراوح بين ٣٠ مترًا إلى ٥٠ مترًا.

سأل محمد: معنى ذلك أنه ما مازالت بالمنطقة أبحاث تجرى جنبا إلى جنب مع أعمال التعمير والتنمية التى تتم هناك؟

أجاب الأستاذ: نعم وسوف ترون ذلك بأعينكم، ولم يكد ينتهى الأستاذ من جملته حتى أعلن قائد الطائرة عن اقتراب الطائرة من مهبط الطائرات بمنطقة العُوينات وعلى جميع الركاب ربط الأحزمة استعدادًا للهبوط، وما هى إلا دقائق حتى كان الجميع يقفون على أرض المطار متجهين نحو الأتوبيس الذى سيقلهم إلى موقع العمل فى منطقة العُوينات.

سار الأتوبيس بركابه وسط أراضى صحراوية من اليمين ومن اليسار وبعد دقائق وصل الجميع إلى موقع العمل.. مئات من العمال يشقون الترع ويمهدون الطرق، حفارات ضخمة تحفر الآبار، بلدوزرات تزمجر وهى تعمل فى نقل الرمال وتسويتها، كباشات ميكانيكية تنقل نواتج تفجير الجبال، حركة دائمة وهدير الآلات، مولدات للطاقة الكهربائية، طلمبات تضخ المياه العذبة من باطن الأرض.

صاح محمد: هذا ضجيج لا أحتمله هيا بنا يا أمانى، هيا بنا يا مصطفى نبتعد عن هذه الضوضاء ونذهب إلى مكان هادئ.

سار الشبان الثلاثة فى طريق جانبى هادئ بعيدًا عن ضجة الآلات حتى وصلوا إلى منطقة هادئة خالية وسط الصحراء ودهشوا حين وجدوا مجموعة الرجال بينهم رجل يبدو أنه أوروبى أو أمريكى لأنه له شعر أصفر وعينان زرقاوان ومعهم معدات بدائية لحفر الأرض عبارة عن جاروف وفأس يقومون بحفر الرمال وتعبئة عينات منها فى أكياس من البلاستيك صغيرة الحجم.

اقترب الشبان الثلاثة منهم وألقى محمد بالتحية عليهم وعرفهم بنفسه وبأخته أمانى وابن خالتهم مصطفى وسألهم: من أنتم وماذا تفعلون هنا؟!

أجاب كبيرهم: أنا الدكتور إيهاب أحد خبراء الهيئة القومية المصرية للاستشعار عن بعد وهذا الأجنبى هو أحد خبراء وكالة الفضاء الأمريكية والباقى هم فنيون وعمال يعملون معنا.

قال مصطفى بدهشة: استشعار عن بعد؟! ولها هيئة فى مصر...! ما هو الاستشعار عن بعد وما هى فائدته ولماذا أنتم هنا فى العوينات؟!

أجاب دكتور إيهاب: مهلا يا عزيزى الشاب سأخبرك بكل شيء ولكن تعالوا نجلس فى ظل هذه الشجرة ريثما يعدون الشاى لنا جميعًا. جلس الجميع فى ظل شجرة كبيرة وارفة الظلال وبدأ الدكتور إيهاب حديثه الهادئ قائلاً: الاستشعار عن بعد هو علم تجميع البيانات التى توصف الأهداف أو المشاهد البعيدة التى لا يمكن دراستها بدون أجهزة أو معدات، وبواسطة هذه الأجهزة وتلك المعدات التى لا يمكن دراستها بدون أجهزة أو معدات، وبواسطة هذه الأجهزة وتلك المعدات يمكن دراسة الأهداف البعيدة مثل القمر ومعرفة كافة التفاصيل على سطحه وقد أمكن

بواسطة هذه المعدات المحمولة على ظهر قمر صناعى الحصول على صور ومشاهد عديدة لسطح القمر مثل وادى شروتر الموجود على سطح القمر شكل رقم (١) كما أمكن أيضًا تصوير الكواكب شكل رقم (٢) وشكل رقم (٣).

شكل رقم (١)
وادى شروتر على سطح القمر، تم التقاط هذه الصورة بوساطة القمر الصناعى أبولو ١٥ عام١٩٧١.

شكل رقم (٢)
كوكب الزهرة. الصورة تم التقاطها بواسطة القمر الصناعى مارينر ١٠.

شكل رقم (٣)
الأربعة أقمار الرئيسية لكوكب المشترى : القمر العلوى على اليسار ذو طبيعة بركانية والثلاثة الاخرى مغطاة بالثلوج.

وعلم الاستشعار عن بعد يمكننا أيضًا من دراسة الأهداف القريبة التى لا يمكن الاقتراب منها إما لكونها فى مناطق بها أخطار مثل أعماق البحار أو مناطق الأدغال والأحراش التى بها حيوانات مفترسة أو حتى داخل حدود دولة معادية لنا سياسيًا أو عسكريًا.

وأجهزة الاستشعار عن بعد تفتح لنا آفاق الإدراك والملاحظة البشرية من مجرد المشاهدة بالعين المجردة للأهداف والمشاهدة بواسطة الطيف المرئى للضوء إلى الإدراك بواسطة أطياف الموجات الكهرومغناطيسية والموجات المغنطيسية وكذا مجالات الجاذبية. قاطع مصطفى حديث الدكتور إيهاب قائلاً: هذه علوم وتكنولوجيات متقدمة ومعقدة ونحن نريد أن نفهمها تدريجيًا حتى ترسخ فى أذهاننا.

أجاب الدكتور إيهاب: لا بأس دعونى أبدأ بالحديث عن تاريخ علم الاستشعار عن بُعد فعل ذلك يكون تدرجًا تاريخيًا ومنطقيًا ويساعدنى فى إيضاح الصورة لكم.

أجاب الشبان الثلاثة فى نفس واحد: كلنا آذان مصغية..

٢- نشأة الاستشعار عن بعد

بدأ الدكتور إيهاب حديثه قائلاً: عادة ما يتم استعراض البيانات التى تم تجميعها بواسطة أجهزة الاستشعار عن بُعد على هيئة صور، لذا فإن عبارة "الاستشعار عن بُعد" عادة ما تكون مرادفة لعبارة "التصوير عن بُعد"، ولا يقصد هنا بلفظ "التصوير" مجرد المعنى المحدود والشائع للتصوير وهو التصوير الفوتوغرافي، وإنما يتعداه إلى شامل معنى هذه الكلمة سواء تصوير فوتوغرافى أو تصوير رادارى أو تصوير بالأشعة تحت الحمراء أو تصوير بالموجات اللاسلكية المتناهية القصر أو خلافه.

وقد عرف "التصوير عن بُعد" فى أواخر القرن التاسع عشر عندما تم اختراع آلة التصوير الفوتوغرافية، وقد كان أول تطبيق لها هو الحصول على خرائط طبوغرافية لتضاريس الأرض باستخدام مناطيد عليها منصات تحمل آلات تصوير فوتوغرافية، وفى عام ١٩٠٣ تم لأول مرة فى التاريخ استخدام طائرات تحمل آلات تصوير متطورة يمكن التحكم فيها للتصوير والملاحظة المنسقة لقطاعات متتالية ومرتبة من الأرض.

وفى النصف الأول من القرن العشرين تم اختراع عديد من الاختراعات فى مجال الاستشعار عن بعد مثل أفلام التصوير الملونة والمتعددة الطبقات والمستحلبات الحساسة للأشعة تحت الحمراء والمستخدمة فى أفلام التصوير، كما تم أيضًا اختراع الحساسات الحرارية وكذا الصواريخ الخاصة بالحصول على صور فوتوغرافية من ارتفاعات كبيرة.

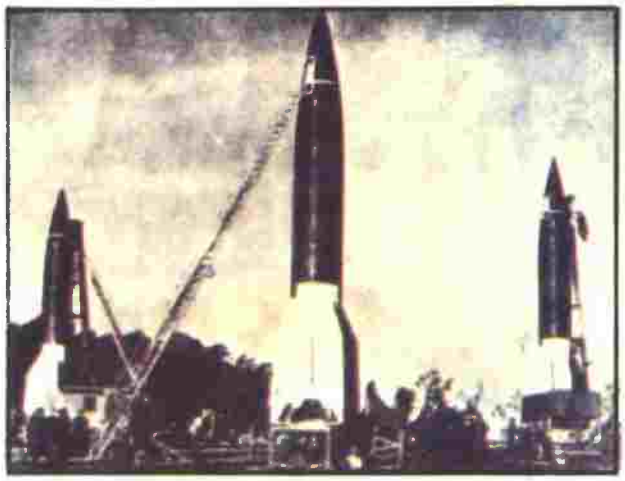
وهناك ضحك الدكتور إيهاب كثيرًا وقال: لعلكم جميعًا تذكرون قصة المخزن رقم ١٣.

فسأل الشبان الثلاثة فى صوت واحد: ما هى قصة المخزن رقم ١٣؟!

أجاب الدكتور إيهاب: لقد كان هتلر إبان الحرب العالمية الثانية يحذر العالم قائلاً: الويل لكم إذا فتحت المخزن رقم ١٣.

سأل محمد: وماذا كان يحوى المخزن رقم ١٣؟

أجاب الدكتور إيهاب: كان يحتوى على عدد كبير من الصواريخ الألمانية "V2" التى كانت تعمل بالوقود السائل ويتراوح مداها ما بين ٨٠ إلى ٥٠٠ كيلو متر وبذلك أمكنه ضرب مدينة لندن بواسطة هذه الصواريخ عام ١٩٤٤ شكل رقم (٤).

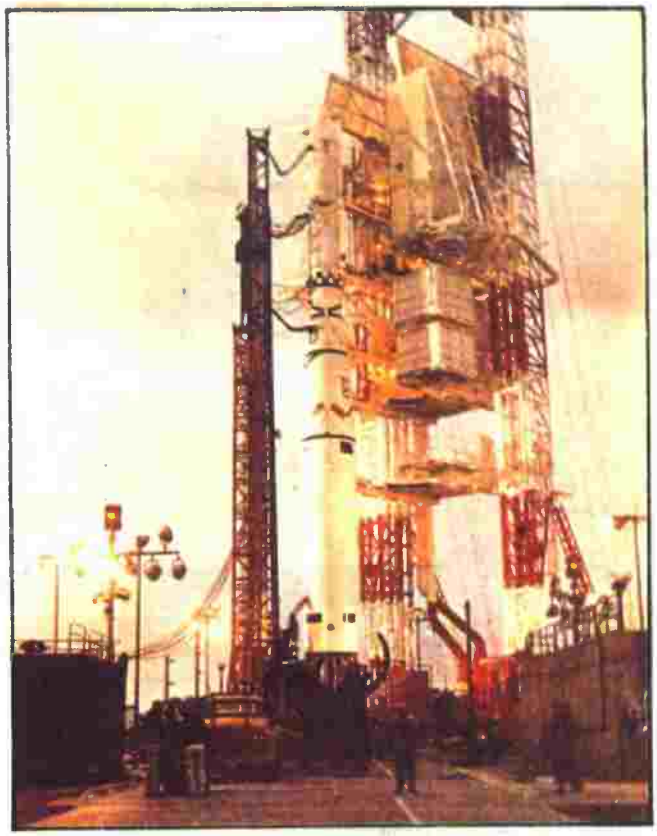


شكل رقم (٤)

الصاروخ الألمانى V2 الذى تم تصنيعه وقت

الحرب العالمية الثانية فى المخزن رقم «١٣».

سألت أمانى: ولكن ٥٠٠ كيلو متر مسافة كبيرة فابتسم الدكتور إيهاب قائلاً: نعم ولكنها مسافة لا تقارن حاليًا بالصواريخ الحديثة عابرة القارات أو الصواريخ التى تحمل الأقمار الصناعية إلى مدارات خارج الكرة الأرضية



شكل رقم (٥)

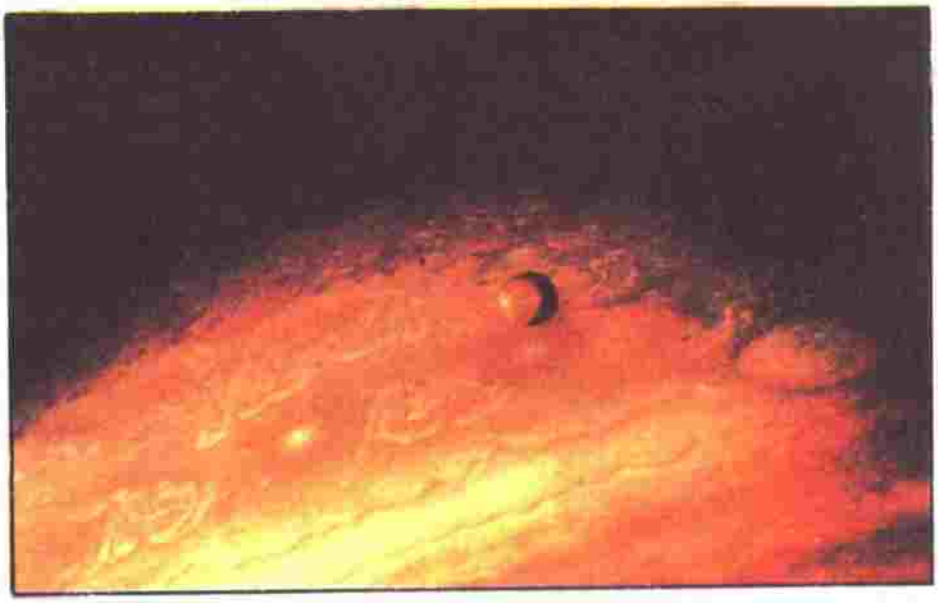
صاروخ أمريكى حديث.

للوصول إلى القمر مثل ذلك الموضح فى صورة رقم (٥) وعلى أى حال فإنه حتى عام ١٩٥٠ لم يكن علم الاستشعار عن بعد قد اتخذ طابعًا مميزًا، ولكن بعد هذا العام بدأت الاختراعات المتطورة تظهر حيث تم اختبار وإنتاج أجهزة التصوير الرادارية وأجهزة المسح بالأشعة تحت الحمراء، وتم إطلاق أول قمر صناعى يدور حول الأرض بحيث أمكن للبشرية خلال الستينات من هذا القرن العشرين رؤية أول صورة للكرة الأرضية تم التقاطها من قمر صناعى وتوالت بعد ذلك تصوير الكرة الأرضية من الأقمار الصناعية ولحظة سطوع الشمس عليها كما يبدو فى شكل رقم (٦)

شكل رقم (٦)
صورة للكرة الأرضية لحظة سطوع الشمس عليها. تم التقاط هذه الصورة من قمر صناعى.

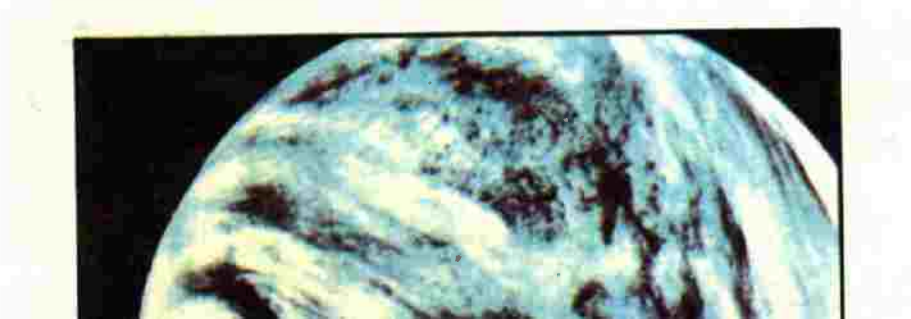
شكل رقم (٧)
أول رائد فضاء أمريكى يضع قدمه على سطح القمر فى ٢١ يوليو ١٩٦٩.

كما تم أيضًا الحصول على أول صورة يتم التقاطها لسطح القمر عن طريق آلة تصوير يحملها رجل يقف على سطح القمر كما هو واضح فى شكل رقم (٧)، وفى خلال تلك الحقبة من الزمن تم أيضًا مراقبة الأحوال الجوية على سطح الكرة الأرضية بصفة منتظمة ومنسقة بواسطة سلسلة أقمار صناعية أمريكية من طراز "تيروس" وطراز "نيمبس" كما أمكن أيضًا التقاط أفلام تليفزيونية عالية الجودة لكوكب المريخ وكذا التفاصيل الدقيقة لسطح القمر، وبحلول عام ١٩٧٧ تم الحصول على خرائط لكامل كوكب المريخ وصور عديدة لسطح المريخ كما أمكن أيضًا الحصول على خرائط بها بعض التفاصيل لكوكب المشترى كما يظهر فى شكل رقم (٨) وأيضًا لكوكب الزهرة كما يبدو فى شكل رقم (٩) وكذا كوكب عطارد.



شكل رقم (٨)
بعض تفاصيل الجزء الجنوبى لكوكب المشترى

واستطرد الدكتور إيهاب قائلاً: ولكن علماء علم طبقات الأرض أو كما يسمونهم الجيولوجيون يعتبرون أن أهم إنجاز لهم من تكنولوجيا الاستشعار عن بعد والأقمار الصناعية هو حصولهم على صور مرئية ومنسقة لسطح الكرة الأرضية تلاها تطوير وتحسين لهذه الصور عند استخدامهم لآلات التصوير الإلكترونية والحاسبات الإلكترونية الرقمية التى استفادت كثيرًا من استخدام كامل للأطياف الكهرومغناطيسية. وفى عام ١٩٨٧ تم إطلاق قمرين صناعيين يحملان أجهزة استشعار عن بعد رادارية وحرارية وذات قدرة على التصوير بالأشعة تحت الحمراء وذلك لدراسة وتصوير المحيطات وقاع المحيطات ورسم خرائط للسعة الحرارية.



وخلال سنوات عديدة كان العبء الملقى على عاتق علم "التصوير عن بعد" فى مجال الاستكشافات الجيولوجية كبيرًا للغاية وذلك لاعتقاد العلماء بأنه البلسم الشافى لأى مشكلة جيولوجية حيث أنه هناك بعض الحالات المعينة فى الاستكشاف الجيولوجى يكون البحث والدراسة الميدانية فى الموقع غير ممكنة حيث تكون التضاريس وعرة وغير مأهولة ولا يكون هناك حل مميز وحاسم غير الاستشعار عن بعد. ولا يعنى هذا أن الاستشعار عن بعد ليس له تطبيقات أخرى بخلاف علم الجيولوجيا فإنه ذو فائدة عظيمة فى مجالات استكشاف الثروات المعدنية وأيضًا البحث عن المياه الجوفية والبحث عن البترول والبيئة وغيرها.

والسؤال الذى يشغل بال العلماء حاليًا ه سيحل علم الاستشعار عن بعد محل الدراسات الميدانية بالمواقع المختلفة بحيث يصبح فى الإمكان دراسة أى موقع فى العالم من حيث مدى توفر البترول أو الثروات المعدنية أو خلافة دون الذهاب إلى هذا الموقع وأخذ عينات من تربته وإجراء عمليات الحفر... إلخ وخلافه كما هو الحال قديمًا أم أن الدراسة بالموقع شىء لا يمكن الاستغناء عنه؟!

الإجابة هو أنه لابد من الجمع بين المجالين بصورة تخدم العلم والبشرية.

سأل محمد: ولكن ما هى تكنولوجيات أجهزة الاستشعار عن بعد وكيف تعمل هذه الأجهزة هل يمكنك يا دكتور إيهاب أن تخبرنا بذلك؟! أجاب الدكتور إيهاب: بكل سرور دعونا أولاً نتناول معًا طعام الغذاء وبعد الغذاء نستأنف حديثنا.

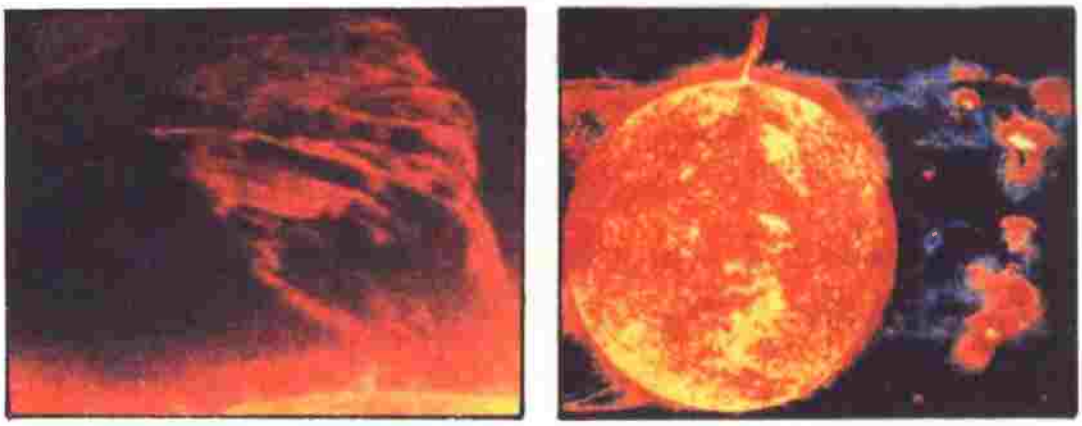
٣- تكنولوجيات أجهزة الاستشعار عن بعد

بعد أن أتم الجميع تناول الغذاء بدأ الدكتور إيهاب حديثه الممتع قائلاً: ساهم التطور التكنولوجى وإمكاناته المتعددة فى تعميق واتساع الفائدة على مجال الاستشعار عن بعد لشتى التطبيقات مثل بحوث ودراسة الجيولوجيا ومصادر المياه والبترول وأعمال التجسس العسكرية والبيئة وخلافه، وتنحصر أهم الوسائل الرئيسية لهذا التطور التكنولوجى فى مجال الاستشعار عن بعد فيما يلى:

١- الإشعاع الكهرومغنطيسى المنبعث أو المرتد أو المشتت أو المستقطب بواسطة مكونات الهدف أو المشهد المراد الحصول على معلومات عنه. والإشعاع الكهرومغناطيسى ينتج عن الموجات الكهرومغنيطيسية. أما الموجات الكهرومغنطيسية فكما يتضح من اسمها فهى موجات، والموجة حسب تعريفها هى اضطراب فى وسط ما، وطول الموجة يقاس بالمسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين لهذه الموجة حيث أن كل موجة لها قمة واحدة وقاع واحد، ويقاس طول الموجة بالمتر، وطبقًا لطول الموجة تختلف طبيعة هذا الإشعاع كالتالى:

	طول الموجة النمطي	طبيعة الإشعاع
١-	من ١ وحتى ٢×١٠ ^{٤} متر	موجات راديو
٢-	١×١٠ $^{-٥}$ متر	موجات حرارية أو أشعة تحت الحمراء
٣-	٥×١٠ $^{-٧}$ متر	ضوء مرئى
٤-	٣×١٠ $^{-٨}$ متر	أشعة فوق بنفسجية
٥-	١×١٠ $^{-١٠}$ متر	أشعة إكس
٦-	١×١٠ $^{-١٢}$ متر	أشعة جاما
٧-	١×١٠ $^{-١٤}$ متر	أشعة كونية

ولعل شكل رقم (١٠) يوضح فكرة تصوير الشمس عن طريق الإشعاع الكهرومغنطيسى المنبعث من كتلة الشمس حيث تم وضع فلاتر معينة على آلة التصوير لإظهار المناطق الموجودة على سطح الشمس والتى ينبعث منها أكبر قدر من أشعة إكس ومن الأشعة تحت الحمراء وكذا الأشعة فوق البنفسجية.



(شكل رقم ١٠ أ)　　(شكل رقم ١٠ ب)

صورة تم تصويرها بواسطة أجهزة إستشعار عن بعد توضح إنبعاث أشعة أكس والأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء من الشمس

والتصوير بالأشعة تحت الحمراء سواء المنبعثة أو المرتدة هو نوع من أنواع الإشعاع الكهرومغنطيسى حيث أ، كل الأجسام بلا استثناء تنبعث منها أشعة تحت حمراء ولكنها تختلف فى كميتها حسب درجة حرارة الجسم فمثلاً درجة حرارة جسم الإنسان العادى تكون حوالى ٣٧ درجة مئوية فى حين أن درجة حرارة الشمس على سطحها تكون حوالى ٥٥٠٠ درجة مئوية لذا فإن الحساسات التى تستخدم تصوير إنسان عادى.

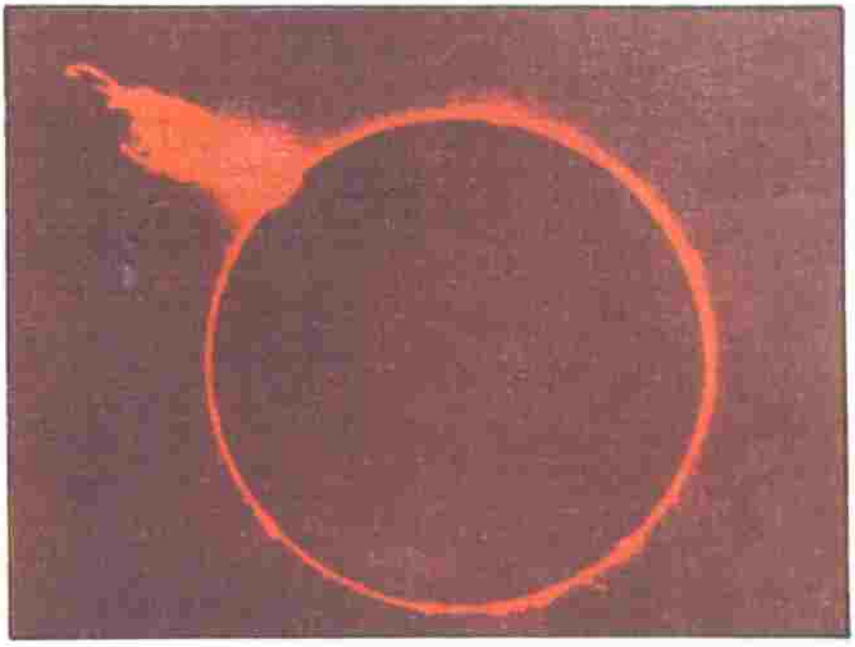
وبالمثل فإن التصوير الرادارى الذى يعتبر نوع من أنواع الإشعاع الكهرومغنطيسى لأن الطول الموجى لأجهزة الإرسال الرادارى يتراوح بين ٠.٧٥×١٠ $^{-٢}$ إلى ١.٣× ١٠ متر يعتمد على رسم صورة للهدف أو المشهد عن طريق موجات الرادار المرتدة من الهدف المراد تصويره، حيث يتم تشغيل جهاز إرسال رادارى تنبعث منه موجات رادارية فى كافة الاتجاهات فإذا صادف جزء من هذه الموجات جسمًا أو هدفًا فإن هذا الجزء من الموجات يرتد مرة أخرى إلى جهاز استقبال رادارى يقوم برسم الصورة المطلوبة.

وثمة تطبيق آخر لإشعاعات الموجات الكهرومغنطيسية وهو استخدام الميكروويف (الموجات المتناهية القصر) فى أغراض القياس حيث تحمل الأقمار الصناعية تلسكوب يعمل

بالموجات المتناهية القصر (وليس تلسكوب ضوئى كما هو معتاد) يقوم باستقبال هذه الموجات المنبعثة من الكرة الأرضية أو الكواكب ومقارنتها بدرجة حرارة الجزء الذى يرسل هذه الموجات سواء من على سطح الأرض أو سطح الكوكب. وقد تم استخدام هذه النظرية فى إنتاج أحد أهم أجهزة الاستشعار عن بعد وهو جهاز المسح الكهربائى للقياس بموجات الراديو عن طريق الموجات المتناهية القصر، وقد زود القمر الصناعى الأمريكى المسمى "نيمبس –٥" بهذا الجهاز، والمعلوم أن الموجات المتناهية فى القصر لها طول موجى يتراوح من ١ مليمتر إلى ٣٠ سنتيمتر. وهناك أيضًا تطبيق هام لأجهزة الاستشعار عن بعد وهو قياس أبعاد طبقة الأوزون فى الغلاف الخارجى للكرة الأرضية كما حدث فى القمر الصناعى "نيمبس –٧" وذلك لمعرفة مدى حماية الكرة الأرضية من الأشعة الضارة الصادرة عن النجوم والكواكب والفضاء الخارجى مثل الأشعة الكونية وأشعة جاما وخلافها التى يتم حجبها عن الكرة الأرضية بفعل الأوزون.

٢– مجالات القوى مثل المجالات المغنطيسية أو مجالات الجاذبية التى تم تكوينها أو تعديلها بواسطة مكونات الهدف أو المشهد المطلوب الحصول على معلومات عنه.

وفى هذا النوع من التكنولوجيا يلزم الحصول على صور ناتجة عن خطوط المجال المغنطيسى للهدف أو مجال الجاذبية له ويوضح شكل رقم (١١) صورة نادرة للهيب منبعث من الشمس بسبب المجال المغنطيسى الهائل للشمس، ويمتد هذا اللهيب مسافة لأعلى حوالى ٧٠٠ كيلومتر.



شكل رقم (١١)

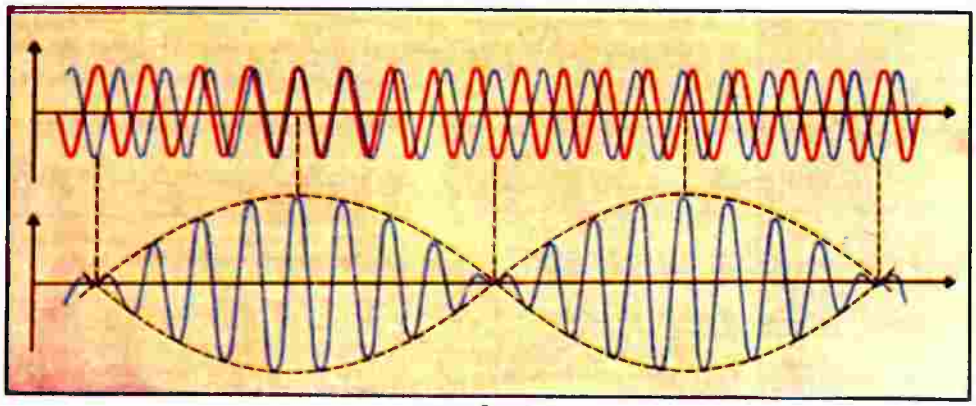
إنبعاث لهيب من الشمس طوله حوالى ٧٠٠ كيلو متر بفعل المجال المغناطيسى الهائل للشمس.

ومن المعلوم أن مجال الجاذبية يختلف فى أى كوكب من الكواكب عن ذلك المجال فى الكرة الأرضية وهذا ما يسبب اختلاف وزن أى شيء على سطح الكرة الأرضية عن وزن نفس الشيء على كوكب آخر. وعن طريق تصوير مقدار واتجاهات هذه المجالات لشتى الكواكب والأجرام السماوية يمكن الحصول على معلومات عن هذا الكوكب أو الجرم وشكله وطبيعته ومدى تأثير مجال الجاذبية فى كوكب أو جسم ما على مجالات الأجسام والكواكب الأخرى.

كما أن أيضًا عند وجود أى جسم فى طريق المجال المنتظم من شأنه أن يسبب انحرافات وتشوهات فى انسيابية خطوط القوى لهذا المجال، وعن طريق تصوير مدى وكم هذا الانحراف وتلك التشوهات يمكن معرفة بيانات عن هذا الجسم.

٣- الاهتزازات الميكانيكية أو الموجات الصوتية أو الموجات التفجيرية (أو السيزمية) التى تصدر أو تنعكس من أو تنتشر خلال مكونات الهدف أو المشهد المطلوب الحصول على بيانات عنه أو معلومات خاصة به.

ويتضح ذلك حين نعلم أن الصوت ينتج عن أى اهتزاز ميكانيكى، والصوت أيضًا عبارة عن موجات أى اهتزاز فى الهواء، ويمكننا استشعار الاهتزاز الميكانيكى الناتج عن حركة – كحركة الجنود مثلاً على كوبرى – بواسطة حساسات اهتزاز ميكانيكى كما يمكننا أيضًا استشعار الصوت سواء بالإذن أو بميكروفونات ذات حساسية فائقة تفوق الأذن البشرية فى المدى وفى إدراك الذبذبات التى لا يمكن للأذن البشرية سماعها مثل الموجات فوق الصوتية مثلاً، وعن طريق استشعار الاهتزازات الميكانيكية أو الصوتية ومدى انتشارها أو تداخلها يمكن تحديد مكان ومعالم الهدف المطلوب، ويمكن تفسير مثال تداخل الموجات الصوتية كما هو موضح فى شكل رقم (١٢).



شكل رقم (١٢)

تداخل الموجات الصوتية ينتج عنه تقوية أو إنعدام الصوت.

فعند صدور صوتين من مصدرين مختلفين بحيث يكون الطول الموجى للصوت الأول يختلف قليلاً عن الطول الموجى للصوت الثانى، فإن التداخل بين الصوتين ينتج عنه موجة صوتية جديدة ذات خاصة منفردة وهى أن الصوت يقوى بحيث يكون مجموع الصوتين أكبر ما يمكن فى الشدة عند لحظة معينة ويضيف إلى حد الانعدام عند لحظة أخرى. وتلك الظاهرة الطبيعية تمكننا من معرفة تردد صوت أى مصدر نائى ومجهول لنا حيث نحضر مصدر صوت معلوم لنا ونظل نغير فى تردده أو طول الموجه حتى يتم سماع ظاهرة التداخل وبذلك يكون الطول الموجى للصوت المجهول يساوى تقريبًا الطول الموجى للصوت الذى أحضرناه ونقوم بتغيير طوله الموجي.

والثابت علميًا أن الموجات الصوتية التى تصدر عن أى مصدر للصوت لا تنعدم أبدًا مهما طال الزمن ولكنها تضعف إذا استخدمت أجهزة تسجيل أصوات ذات حساسية فائقة للأصوات فإنه يمكن سماع أى صوت صدر منذ أسبوع مضى –على سبيل المثال– ونظريًا فإنه يمكن سماع أصوات الفراعنة ولكن من الوجهة العملية فإن ذلك الجهاز ذا الحساسية غير المعتادة لم يتم اختراعه حتى الآن.

وعن طريق رصد الموجات التفجيرية بواسطة حساسات للاهتزازات يمكن تحديد مكان الانفجار وشدته من على بعد آلاف الكيلومترات.

وما زال التطور مستمرًا فى ابتكار عديد من الأجهزة الحديثة فى هذا النوع من الموجات سواء على سطح الأرض أو على متن إحدى مركبات الفضاء.

٤– الإشعاعات الحرارية أو الأشعة تحت الحمراء أو الأشعة الضوئية المنبعثة أو المنعكسة أو المارة خلال مكونات الهدف أو المشهد المطلوب للحصول على بيانات عنه، وعلى الرغم من أن الإشعاعات الحرارية أو الأشعة تحت الحمراء تعتبر ضمن الإشعاعات الكهرومغنطيسية أى أنها ضمن البند الأول من هذه الوسائل التكنولوجية إلا أن عدد المبتكرات وأهميتها وتشعب أجهزتها جعلها وسيلة مستقلة بذاتها، فمثلاً تقوم الأقمار الصناعية الخاصة برسم خرائط السحب حول الكرة الأرضية بالاعتماد على أجهزة استشعار عن بعد تعمل بالأشعة تحت الحمراء، كما تعتمد بعض التطبيقات العسكرية مثل أجهزة الرؤية الليلية للأفراد أو الدبابات أو العربات المصفحة أو خلافة بالاعتماد على أجهزة الأشعة تحت الحمراء، هذا بالإضافة إلى عديد من الاستخدامات اليومية العادية مثل فتح وغلق أبواب المحلات التجارية ودور العرض السينمائى وخلافه.

قاطع محمد الحديث مستفسرًا: ولكن أخبرنى يا دكتور إيهاب هل تكون الصور الناتجة عن التصوير بالإشعاع الكهرومغنطيسى أو بمجالات القوى أو خلافه واضحة ومحددة كتلك التى يتم تصويرها بالضوء المرئى التى نراها فى حياتنا اليومية؟!

اعتدل الدكتور إيهاب فى جلسته وابتسم قائلاً: فى الواقع يا محمد أن عملية التصوير بالاستشعار عن بعد تمر بثلاث مراحل كالتالى:

المرحلة الأولى: الكشف عن الهدف بواسطة الحساسات المختلفة (كهورمغنطيسية – مغنطيسية– مجالات قوى– أشعت تحت الحمراء) بهدف التعرف على ظاهرة معينة.

المرحلة الثانية: تقوية الصور بهدف توضيحها وإزالة التشويش وزيادة كمية المعلومات المفيدة بها.

المرحلة الثالثة: تفسير وتصنيف هذه الظاهرة المطلوب معلومات أو بيانات عنها.

لذا فإن سؤالك يا محمد يمثل استفسارًا عن المرحلة الثانية الخاصة بتقوية الصورة، وتقوية الصورة تتم بأحد أسلوبين، إما الأسلوب المقارنى "Analogue" أو الأسلوب الرقمى "Digital" ويفصل الأسلوب الرقمى، وتتم عملية التقوية بالأسلوب الرقمى فى أربع خطوات رئيسية هى:

١- عملية التقويم أو التعويض لتشوهات الصورة سواء ضوئية أو لاسلكية أو خلافه وإزالة الضوضاء المترابطة.

٢- عملية تجميل لإزالة الضوضاء العشوائية وإتمام البيانات المفقودة.

٣- عملية التحليل وتتضمن تحليل مقارنى للصورة واستخلاص المدلولات.

٤- عملية العرض وتتضمن تقوية وتجهيز الصورة للمشاهد البصرية والتفسير للظواهر المرئية وتتضح تلك الخطوات وأهميتها أننا إذا علمنا –على سبيل المثال – أن الصور التى تم التقاطها للكرة الأرضية بهدف التعرف على الظروف الجوية المحيطة بها. وجد أن الصور التى تم التقاطها بواسطة الضوء المرئى أو حتى بواسطة الأشعة تحت الحمراء، وهنا يجب المقارنة والتفسير لهذه الاختلافات.

سألت أمانى: ولكن كيف تستخدم كل هذه الوسائل فى التطبيقات المختلفة للاستشعار عن بعد، نهض الدكتور إيهاب وهو يقول: دعونا أولا نتريض قليلاً بالمشى لمدة نصف ساعة بعدها نستأنف حديثنا عن التطبيقات المختلفة للاستشعار عن بعد.

صاح الجميع: إذن هيا بنا نتريض..!

٤- التطبيقات المختلفة لأجهزة الاستشعار عن بعد

بعد أن تريض الدكتور إيهاب والشبان الثلاثة ومجموعة من الفنيين، استعاد الجميع جلستهم وأشعل الدكتور إيهاب سيجارة وأخذ منها نفسا عميقًا ثم استأنف حديثه الشيق عن تطبيقات أجهزة الاستشعار عن بعد قائلاً: تعملون جميعًا أن تطبيقات أجهزة الاستشعار عن بعد شملت مجالات كثيرة وعديدة قد لا يتسع الوقت للحديث عنها جميعها مثل مجالات الجيولوجيا والزراعة والبيئة والبترول والمياه الجوفية وسبر أغوار الفضاء الخارجى واستكشاف الكواكب والنجوم والمجرات بالإضافة إلى المجالات العسكرية لذا سأقصر حديثى معكم على ثلاثة مجالات فقط هى مجالات: المياه الجوفية، والبيئية، والمجال العسكرى فكما نعلم جميعًا فإن الكشف عن وجود مياه جوفية ولا سيما فى الصحارى يمثل أهمية كبيرة فى استزراع وتنمية الصحارى وإقامة مجتمعات جديدة مثلما يحدث هنا حاليًا فى شرق العوينات، ولعمل الصور الجوية اللازمة لهذا الغرض يتم استخدام طائرات لهذا القدرة على التصوير من على ارتفاعات تتراوح بين ١٥ إلى ٢٠ كيلو مترا وبذلك يمكنها الحصول على صور توضح تواجد المياه الجوفية فى أعماق حتى ١٠٠٠ متر وهو عمق كبير.

أما فى حالة الأقمار الصناعية فيمكنها البحث فى مساحة من الأرض عن أحواض المياه الجوفية التى لا تقل مساحتها عن ١٥ كيلو مترا مربعًا ولا تزيد عن ٣٠٠٠٠ كيلومتر مربع بخطأ لا يتجاوز ٨٠ مترًا وذلك باستخدام أجهزة قياس بموجات الراديو ذات قدرة فائقة للغاية فى القياس وهذه الأجهزة حساسة أيضًا للضوء المرئى وكذا للأشعة تحت الحمراء، وبتكرار التصوير على فترات زمنية (صورة كل شهر مثلاً) يمكن تحديد أماكن الأحواض الجوفية للمياه وأبعادها وعمقها وكمية المياه المتاحة بها وهل هى مياه متجددة أم غير متجددة.

أما فى حالة استخدام هذه المعدات لمعرفة الظروف البيئية والجوية فتستخدم الأقمار الصناعية، وبالطبع لا نقصد هنا الأقمار الصناعية الخاصة بالبث التلفزيونى مثل القمر الصناعى "نايل سات" بل نقصد نوعًا آخر من الأقمار يدور فى مدار منخفض جدًا مقارنة بالأقمار الصناعية التلفزيونية مثل القمر الأمريكى "نيميس -٧" وقد تكون أحسن وسيلة لشرح استخدام معدات الاستشعار عن بعد فى التطبيقات البيئة والجوية هى استعراض بيانات أحد الأقمار المستخدمة فى دراسة الأحوال الجوية كالتالى:

- اسم القمر: تيروس – ن المتطور K-L-M.
- التصنيف: قمر صناعى لدراسة الأحوال الجوية.
- بلد المنشأ: الولايات المتحدة الأمريكية.
- تاريخ الإطلاق والعمل: ١٩٩٢-١٩٩٥.
- المهمة: المراقبة الجوية – قياس درجات حرارة سطح مياه البحار وثلوج البحار – تقييم أحوال المزروعات.
- المدار: قطبى على ارتفاع من ٨٣٣-٨٧١ كيلو مترا يقوم بعبور خط الاستواء عند الساعة السابعة صباحًا وعند الساعة الثانية بعد الظهر.
- حمولة القمر: ٨ أنظمة متكاملة للحساسات كالتالى:

١- نظام يعمل بموجات الراديو متطور وعالى الإيضاح لقياس درجات حرارة: سطح مياه البحار والسحب والأرض – وكذا قياس معامل انتشار المزروعات.

٢- نظام يعمل بالأشعة تحت الحمراء عالى الإيضاح لقياس القطاعات الجانبية وتدرج درجات الحرارة والرطوبة.

٣- نظام لتجميع البيانات عن طرق الاقتراب العشوائى من المناطيد وعوامات الإرشاد البحرية والمنصات العائمة.

٤- وحدة بحث وإنقاذ لتسهيل العثور على القمر الصناعى عند سقوطه على الأرض.

٥- معمل للأشعة فوق بنفسجية المتناثرة من الشمس لقياس الطيف الشمسى وأطياف الأوزون وقطاعاتها الجانبية وأطياف إشعاعات الكرة الأرضية.

٦- وحدة لمراقبة الغلاف الفضائى المحيط بالكرة الأرضية لقياس بروتونات الشمس وجسيمات ألفا وشدة مجالات الجاذبية.

٧- وحدة سبر أغوار القطاعات الجانبية لدرجات الحرارة فى كل الظروف التى تعمل بالموجات اللاسلكية المتناهية القصر.

٨- وحدة سبر أغوار القطاعات الجانبية لبخار الماء وترسيب الأمطار والثلوج وتساقطها.

وهذا وقد نبه الدكتور إيهاب الحاضرين إلى الفرق الكبير بين الأقمار الصناعية للبث التلفزيونى التى يكون مدارها استوائيًا (أى فوق خط الاستواء) وليس قطبيًا (أى فوق القطب الشمالى والجنوبي) كما هو الحال فى أقمار الاستشعار عن بعد كما أن أقمار البث التلفزيونى تكون على ارتفاع آلاف الكيلومترات وليس مئات الكيلومترات كما هو الحال فى أقمار الاستشعار عن بعد وهنا سأل مصطفى بخبث شديد: هل يمكن لهذه الأقمار الخاصة بالاستشعار عن بعد القيام بأعمال التجسس؟!

ابتسم الدكتور إيهاب وقال: نعم بالطبع فهناك بعض الأقمار الصناعية ذات الصبغة المدنية مثل قياس الظروف الجوية أو المساحة الجوية يمكنها بل قامت بالفعل فى أعمال التجسس العسكرية مثل القمر الصناعى الأمريكى "لاند سات" والقمر الصناعى الروسى "ألمظ" وتنحصر هذه الأعمال فى أربعة أنشطة هى:

١- العمليات الحربية: حيث تقوم هذه الأقمار بتصوير الأهداف التى تم تدميرها والأهداف التى لم يتم تدميرها وكذا وضع خرائط لمواقع القوات المتحاربة أو المحاصرة والثغرات بين هذه القوات.

٢- مهام الاستطلاع الحربى: وتشمل مهام الاستطلاع الحربى ثلاثة محاور هى:

أ- البحث والاستطلاع المساحى، وتؤدى هذه المهمة فى أوقات الحرب والسلم لمعرفة أماكن وأبعاد المنشآت السرية والاستحكامات التى يقيمها العدو وكذا تتبع خط سير السفن والبوارج الحربية.

ب-التحذير والإنذار: وتهدف إلى اكتشاف وتقديم تقارير مصورة عن المعلومات الاستخبارية ذات الحساسية بالنسبة للزمن والتى يمكن أن تشكل تهديدًا عسكريًا أو اقتصاديًا أو سياسيًا للدولة مثل إعادة تنسيق القوات، أماكن تمركزها، أى استعداد أو تحضير لهجوم محتمل.

ت-الاستخبارات القتالية: وتشمل معرفة الأحوال الجوية والمظاهر الجغرافية للعدو والتى تتطلبها تخطيط وسير المعارك المحتملة وكذا مسارات إمداد قوات العدو بالمؤن والذخيرة.

٣- نشاط مراقبة اتفاقيات التسليح: وتتضمن هذه المهمة تجميع وتشغيل وتقديم تقارير عن اختبار أو نشر أنظمة تسليح أو رؤوس حربية.

٤- عمل الخرائط: قد يكون نشاط عمل الخرائط من الأنشطة المدنية البحتة، لكن العسكريين لهم اهتمامات خاصة فى عمل الخرائط لتسهيل عمليات التوجيه والتدريب ومحاكاة الأسلحة، وأهم مطلب للعسكريين فى هذه الخرائط الجوية هو متطلبات الإيضاح لأقرب متر أو جزء من المتر لبعض الأهداف العسكرية، ولعل الجدول الآتى يوضح متطلبات الإيضاح مقدرة بالمتر لبعض الأهداف العسكرية المشهورة:

المهمة (الأبعاد) بالمتر

الهدف	اكتشاف	التعرف	التحليل
سفن حربية	١٥	٠.١٥	٠.٠٤
ألغام أرضية	٣	٠.٣	٠.٠٨
مواقع صواريخ	٣	٠.١٥	٠.٠٤

وقد تكون بعض الأهداف صغيرة للغاية بحيث لا يتمكن القمر الصناعى من رصدها مثل زوارق الطوربيد ولكن القمر يستطيع معرفة مكانها من أثر محورها فى الماء، كما يمكن أيضًا للقمر التعرف على الأهداف الحقيقية وتميزها عن الأهداف الهيكلية عن طريق تتبع مسار الأقدام من وإلى الهدف حيث أن الهدف الهيكلى عادة ما يكون غير آهل بالنشاط البشرى على عكس الهدف الحقيقى، كما أن وجود الأسوار على قطعة محددة من الأرض يعتبر مؤشرًا لوجود منشأة سرية داخل هذا السور حتى وإن كانت هذه المنشأة تحت الأرض... وهكذا..

سأل مصطفى فى دهاء: وهل نمتلك نحن المصريين أو العرب مثل هذه الأقمار الصناعية للاستشعار عن بعد.

أجاب دكتور إيهاب: للأسف لا.

ردت أمانى: ولكننا نمتلك قمرا صناعيًا عربيًا هو "عربسات" وآخر مصريًا هو "نيل سات-١" ونحن فى سبيلنا عام ٢٠٠٠ لنطلق قمرًا صناعيًا آخر هو "نيل سات-٢".

تردد الدكتور إيهاب برهة وقال: ولكنها جميعها أقمار صناعية البث التلفزيونى والاتصالات التليفزيونية اللاسلكية وليست للاستشعار عن بعد.

فسأل محمد: ومتى نمتلك قمرًا صناعيًا للاستشعار عن بعد؟!

أجاب دكتور إيهاب: هذا هو أملنا فى الجيل الجديد الشاب أمثالكم ليحققوا لنا الآمال التى عجزت عن تحقيقها الأجيال السابقة وجيلى أيضًا.

سأل محمد: إذن ما هو المطلوب كى نمتلك مثل هذه الأقمار...؟!

أجاب دكتور إيهاب: ليس المال فقط يا محمد ولكن الوعى والخبرة العلمية العربية مطلوبة وهى أهم من المال، ولهذا السبب قمت بتمضية كل هذا الوقت معكم –رغم كثرة أعمالى – حتى أزرع فى نفوسكم الوعى والرغبة فى مسايرة العالم ولا سيما أننا على أعتاب قرن جديد قرن نبدأ به الألفية الثالثة، ترى هل سيكون جيلكم عند حسن ظننا أجاب الأولاد فى نفس واحد: بالتأكيد فنحن كلنا عزم وتصميم على معرفة كل ما هو جديد ومتطور.

صاحت أمانى: النهار قد انقضى والشمس توشك على المغيب هيا بنا لنلحق بالرحلة قبل أن يحل الظلام، ويفتقدنا المشرف وزملاؤنا، قال الدكتور إيهاب:

انتظروا سأعطيكم سيارتى وسائقى حتى يساعدكم فى البحث عن زملائكم والمشرف على الرحلة.

ركب الشبان السيارة وانطلقت بهم بسرعة كبيرة حتى يلحقوا بزملائهم قبل حلول الظلام ووقف الدكتور إيهاب وزملاؤه يرقبون السيارة وهى تبتعد شيئًا فشيئًا تاركة خلفها سحابة من التراب الذى تثيره عجلاتها.. حتى غابت عن الأنظار! وفى السيارة سأل محمد السائق: ماذا كنتم تفعلون فى الموقع، أجاب السائق: لقد حصل الدكتور إيهاب على صورة ملونة التقطها قمر صناعى توضح مناطق مختلفة لشرق العوينات ولكنه عند قيامه بتفسير الألوان المختلفة فى الصورة ظهر له لون غريب لم يكن عنده تفسير له وهذا اللون يخص جزءًا من الأرض على بعد ١٠ أمتار عمقًا وموجود فى شرق العوينات فى ذات المكان الذى كنا فيه فقمنا بالحفر للحصول على عين من الرمال على هذا البعد حتى يتم تحليلها كيميائيًا وفيزيائيًا ونرى ما هى المادة الكيميائية الغريبة فى هذه الرمال التى ترجمها التصوير الجوى إلى هذا اللون الفريد.

علق مصطفى قائلا: أتعنى أن شرق العوينات ربما يكون بها مناجم لعناصر نادرة.

رد السائق: ربما.. فهى منطقة جديدة وفى حاجة لاستكشاف كل مواردها الطبيعية نظر الشبان بعضهم إلى بعض فى وجوم عندما صاح محمد: العوينات هى الأمل للجيل الحالى والجيل المقبل ولابد من بذل الجهود العلمية لكشف أسرارها علق مصطفى قائلا: وهل يمكن للجيل الجديد أن يتحمل هذه المسئولية الكبيرة..؟!

ومضت السيارة فى طريقها تنهب الأرض...!

المراجع الأجنبية

1- Space based remote sensing of the earth report of the American Congress-U.S department of Commerce.

2- The Future of remote sensing form space: Civilian satellite systems and appliacations.

3- Reomte sensing in geology-Barry. S. Siegal and others – John Wiley & sons.

الفهرس

١- شرق العوينات ٤

٢- نشأة الاستشعار عن بعد ٨

٣- تكنولوجيات أجهزة الاستشعار عن بعد ١٤

٤- التطبيقات المختلفة لأجهزة الاستشعار عن بعد ٢١

٥- المراجع الأجنبية ٢٧

رقم الإيداع ١٤٨٤٠/ ١٩٩٩

الترقيم الدولى I.S.B.N 977-02-5897-0

٧/٩٩/٧٥

طبع بمطابع دار المعارف (ج. م. ع)