المحاضرة الثانية

المنصات و المجسات
plateformes et capteurs
platforms and sensors

يجدر التنويه الى ان هذه المحاضرة مقتبسة بتصرف عن محاضرة الدكتور وسام الدين محمد عبده أستاذ علوم المعلومات الجغرافية والبيئة ـ جامعة الدمام بالعربية السعودية ـ عن مركز الأبحاث في التنمية المستدامة سنة 2015 م

عناصر المحاضرة

- مقدمة
- المنصات و المجسات plateformes et capteurs (platform and sensors)
- مدار القمر الصناعي (orbite du satellite (satellite orbit
- المجس capteur (sensor)
- المرئية image (image)
- النطاقات bands (bands)
- الدقة المجالية résolution spatiale (spatial resolution)
- الدقة الطيفية résolution spectrale (spectral resolution)
- الدقة الراديومترية résolution radiométrique (radiometric resolution)
- الدقة الزمنية résolution temporelle (temporal resolution)
- المسح متعدد البيانات balayage multispectral (multispectral scanning)
- اهم نظم الاستشعار ـ عن بعد les plus importants systèmes de SIG (the most important GIS systems)
- المراجع

الهدف من المحاضرة

تهدف هذه المحاضرة إلى تعريف الطالب بالأجهزة التقنية التي تستعمل في التقاط البيانات (الصور) و التي هي أول عملية في مسار الاستشعار ـ عن بعد، حيث يتمكن الطالب من التعرف ـ عن قرب عن هذه المرحلة الأساسية في عملية الاستشعار ـ عن بعد و التي هي الحصول على البيانات.

المعارف المكتسبة من المحاضرة

يكتسب الطالب من هذه المحاضرة المعارف التالية :

- التعرف على كيفية عمل الأقمار الصناعية و كيفية التقاط الصور الفضائية.
- التعرف على خصائص الصور ـ الجوية من حيث دقة الوضوح.
- التعرف على نظم الاستشعار عن بعد العالمية الأكثر شهرة .

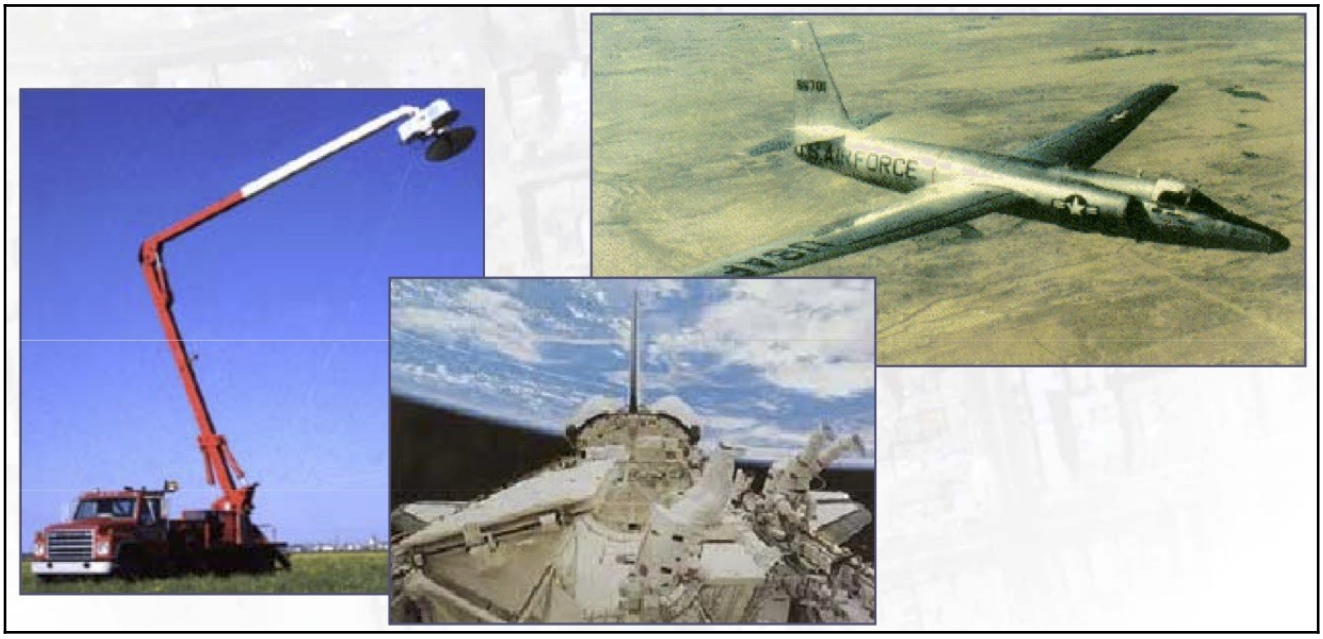
مقدمة :

تعتبر المنصات و المجسات أدوات تقنية تستعمل في التقاط البيانات (الصور) و لذلك فهي جزء لا يتجزأ من عملية الاستشعار عن بعد ، ووجب التعريج عليها لإعطاء فكرة و لو مبسطة عنها، و معرفة بعض المعلومات التي يمكن ان تكون مهمة بالنسبة لنا.

المنصات و المجسات plateformes et capteurs (platform and sensors)

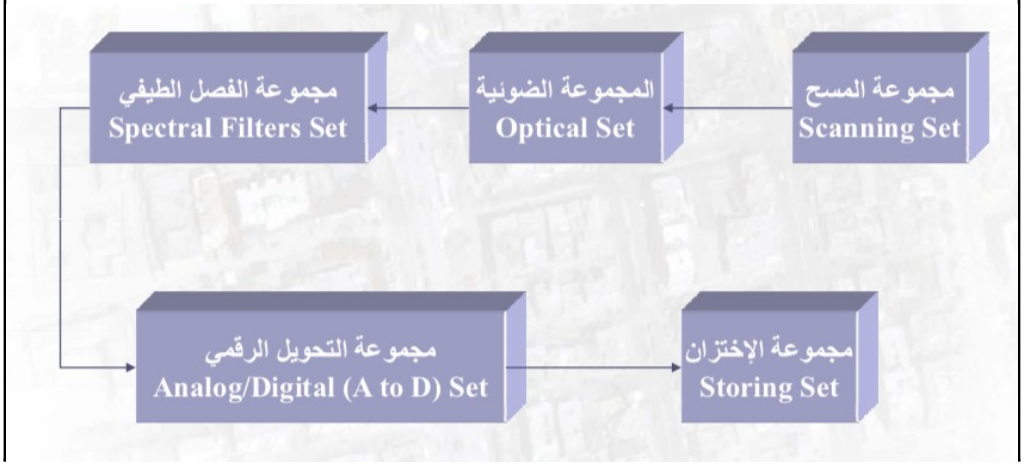
يطلق اسم المنصة على الجهاز أو المركبة التي تحمل المجس، الذي هو جهاز يمكنه تسجيل الطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة على سطح الأرض، و تشتمل المنصات على أنواع المركبات مثل السيارات و البالونات و الطائرات و الصواريخ و مركبات الفضاء و المحطات المدارية و الأقمار الصناعية.

Figure 1: المنصات



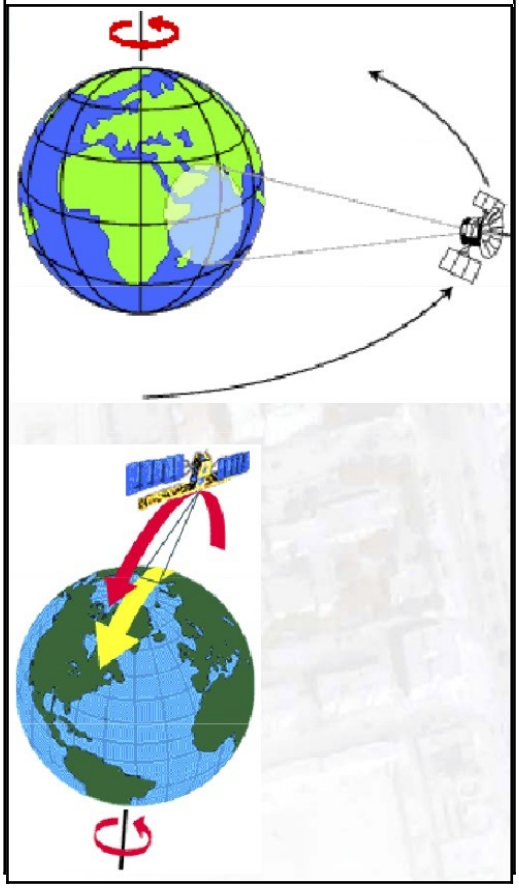
اما المجس فانه الجهاز الذي يقوم بتسجيل البيانات (الطاقة الكهرومغناطيسية المرتدة) و يتكون من :

Figure 2: مكونات المجس



مدار القمر الصناعي (orbite du satellite (satellite orbit

Figure 3: المدارات



يعتبر المدار من اهم خصائص الأقمار الصناعية، و يعتمد المدار على غرض و قدرات المجس المحمول على متن القمر الصناعي المعني، و تتغير المدارات بتغير ارتفاعها عن سطح الأرض و اتجاه دورانها مقارنة بدوران محور الأرض.
و يوجد نوعين اساسيين من المدارات هما :

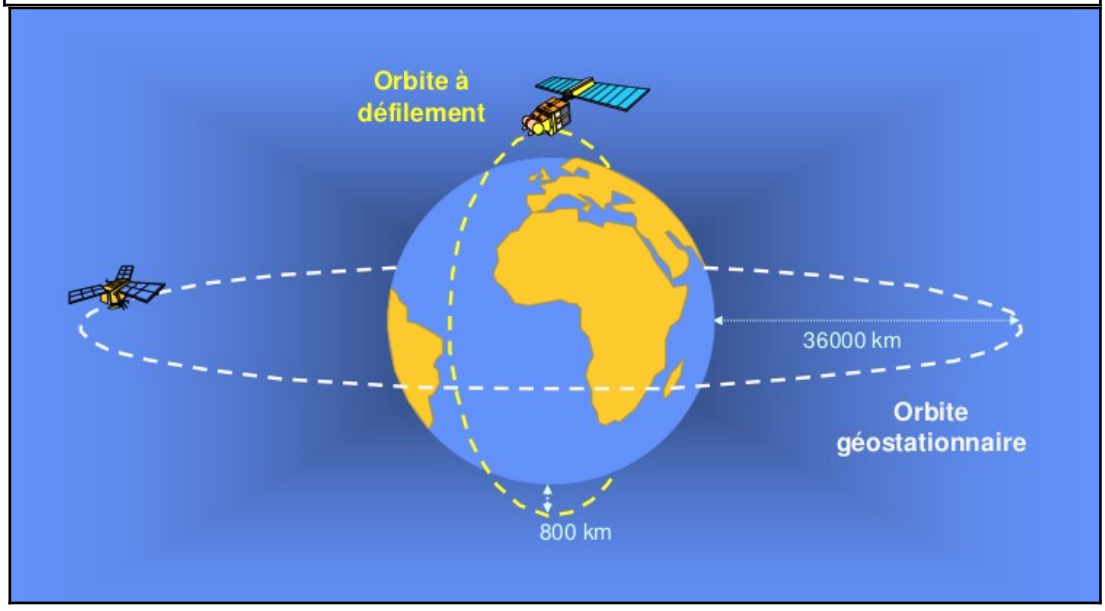
- المدار الثابت جغرافيا orbite géostationnaire (géostationary orbit)

يعتبر هذا المدار مرتفع (36000 كلم) مما يجعل سرعة دوان القمر الصناعي مساوية لسرعة دوران الأرض، و يدور في اتجاه دورانها ايضا، مما يعني انه يغطي بقعة ثابتة من سطح الأرض دائما.

- شبه القطبي quasi polaire ou à défilement (Near polar)

هو مدار منخفض يدور فيه القمر الصناعي (من القطب الشمالي الى القطب الجنوبي) و في اتجاه دوران الأرض بحيث يكون القمر فوق منطقة مضاءة بنور الشمس دوما.
يطلق لفظ "صف band (swath)" على الشريط الذي يحدده القمر الصناعي على سطح الأرض اثناء مروره، و يتخذ الصف شكل شريط يلف الأرض من القطب الى القطب، و يطلق على النقطة التي تمثل مسقط القمر الصناعي على الأرض اسم " السمت azimut (Nadir) " ، و بعد اتمام القمر الصناعي لدورة حول الأرض فان انحراف يحدث لمداره مما يسمح له برسم صف جديد مجاور للصف السابق، و هكذا تتجاور الصفوف لتغطي الأرض كلها، و قد يحدث تداخل بين هذه الصفوف لكنه يقل كلما اقترب القمر من خط الاستواء و يزيد كلما اقترب من القطبين.

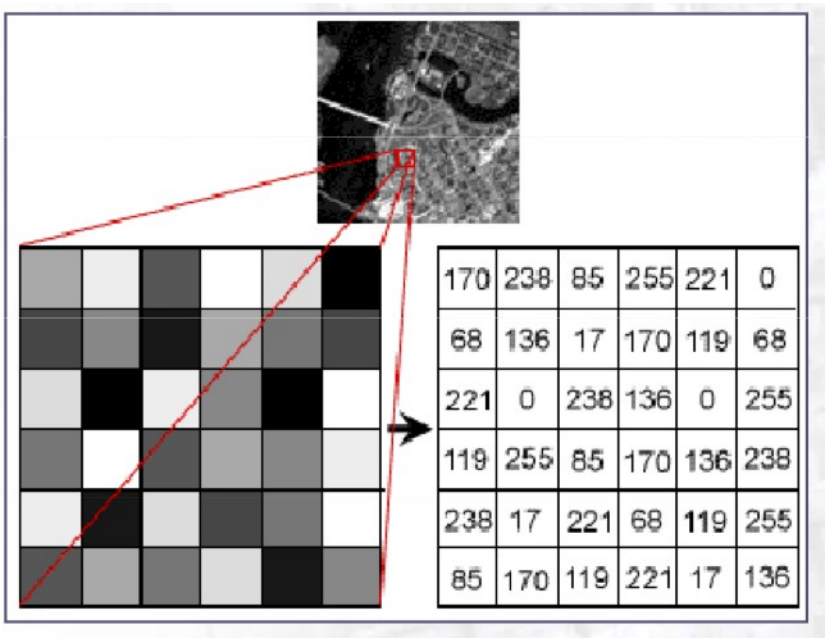
Figure 4: المدارات



المرئية (image) image

تعتبر المرئية او الصورة هي نتاج عمل المجس، حيث تتكون من شبكة من الأعمدة و الصفوف التي تتقاطع فيما بينها مكونة مساحات مربعة يطلق عليها البكسل pixel (pixel) حيث يحتوى كل بكسل على قيمة رقمية تسمى الرقم الرقمي nombre numirique (digital number) تمثل كم الإشعاع الكهرومغناطيسي المنعكس عن مساحة الأرض التي يمثلها البكسل.

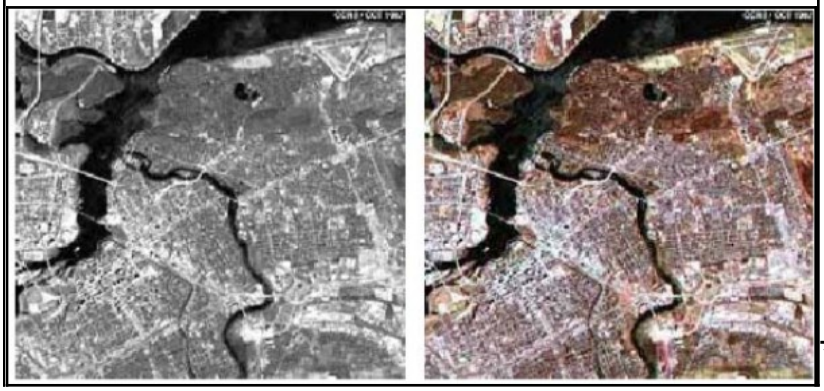
Figure 5: البكسل



النطاقات (bands) bands

يقوم المجس باستقبال الاشعاع الكهرومغناطيسي المنعكس عن سطح الأرض من خلال مجموعة المسح و المجموعة الضوئية ثم يقوم بتمرير هذا الاشعاع عبر مجموعة الفصل الطيفي (المرشحات) ليتم فصل كل نطاق مميز من الطاقة على حدى و تسجيله في مرئية مستقلة، التي يطلق عليها اسم نطاق band(band) و تمثل الاشعاع الكهرومغناطيسي المنعكس عن سطح الأرض في نطاق معين من الطاقة (الأزرق، الأخضر ...) و يتم جمع الصور الناتجة عن المرشحات المختلفة و اختزانها في ملف واحد رقمي، و تتميز مرئيات الأقمار الصناعية بانها عديدة النطاقات، حيث يظهر النطاق الواحد بلون تدرج رمادي و يمكن الدمج بين عدة نطاقات للحصول على صورة ملونة.

Figure 6: النطاقات



الدقة المجالية résolution spatiale (spatial resolution)

تعبر الدقة المجالية او حجم البكسل عن اقل مساحة من سطح الأرض يمكن للمجس تمييزها عما حولها، و تتغير الدقة المساحية بتغير المجس و يمكن تصنيف المجسات الى :

- مجسات ذات دقة مجالية منخفضة résolution spatiale modérée (Low spatial resolution) : و تفوق 100 متر.
- مجسات ذات دقة مجالية متوسطة résolution spatiale moyenne (Medium spatial resolution) : و هي اقل من 100 متر و اكبر من 5 متر.
- مجسات ذات دقة مجالية مرتفعة haute résolution spatiale (High spatial resolution) : و هي دون 5 متر.

Figure 7: الدقة المجالية

المصدر : د.محمد جمعة داوود . مقدمة في الصور الجوية و المرئيات الفضائية .2013 . جامعة ام القرى. السعودية . ص 95

الدقة الطيفية résolution spectrale (spectral resolution)

يقصد بالدقة الطيفية المنطقة التي يمكن للمجس ان يجمع البيانات فيها، يضاف إلى ذلك تقسيم هذه المنطقة إلى نطاقات، اي قدرة المجس على تسجيل اكبر عدد من النطاقات.

و يمكن تقسيم المجسات حسب هذه الدقة إلى :

- مجسات أحاديه اللون panchromatique (panchromatic) : تجمع البيانات من خلال الطيف المرئي و تقوم بتسجيله في نطاق واحد.
- مجسات متعددة النطاقات multispectrale (multispectral) : تجمع البيانات من خلال الطيف المرئي و طيف تحت الحمراء و تسجيل البيانات في عدد من النطاقات عددها اقل من العشرة.
- مجسات عديدة النطاقات hyperspectrale (hyperspectral) : تجمع البيانات من خلال الطيف المنظور و طيف تحت الحمراء و تسجل غي عدد كبير من النطاقات قد يبلغ عددها المئات.

تئدي الزيادة في عدد النطاقات (اي دقة طيفية أعلى) إلى ضيق المنطقة التي يغطيها كل نطاق من الطيف الكهرومغناطيسي مما يساعد أن تقترب شكل البصمة الطيفية التي يرصدها المجس من شكلها المثالي المعملي.

الدقة الراديومترية (résolution radiométrique (radiometric resolution

"الدقة الراديومترية هي القيمة الرقمية أو تدرجات اللون الرمادي التي يمكن ان يحتويها كل بكسل في المرئية الفضائية، و تم جمعها من طرف المجس، أي أنها تصف محتوى المعلومات الحقيقية في المرئية و ذلك من خلال القدرة على تمييز الفوارق الطيفية للطاقة الكهرومغناطيسية ، حيث يقوم المجس بالتقاط الطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة او المنبعثة للأجسام كإشارة تناظرية و تحويلها بعد ذلك إلى أعداد رقمية أو قيم تمثل مستويات اللون الرمادي، و تسمى هذه العملية بالتحويل من القيم التناظرية إلى الرقمية.

فكلما كانت الدقة الراديومترية للمجس أكبر كلما زاد عدد المستويات الرقمية، و بالتالي تزداد حساسية المجس لكشف الاختلاف بين الأشعة المنبعثة أو منعكسة من الأجسام بما يمكن الباحثين من الحصول على تفاصيل و معلومات كثيرة و متنوعة تقوم بجمعها هذه المجسات عن الظواهر الطبيعية و البشرية.

إن إظهار عدد المستويات الرمادية يتم من خلال عدد ثنائي يضم رقمين ثنائيين فقط (0) و (1) يستخدمان كرقمين أساسيين، و يتم خزن العمق ألإشعاعي كأجزاء رقمية صغيرة bit و ذلك لتحديد الحد الأقصى من تدرجات الرمادي الذي تحتويه المرئية.

جدول رقم 1 عدد المستويات الرقمية و عمقها الاشعاعي

عدد المستويات الرمادية في البكسل	العمق الإشعاعي (bits)
$2^2 = 4$	2
$2^4 = 16$	4
$2^6 = 64$	6
الخ	الخ

المصدر: أسس الاستشعار عن بعد ،د محمد احمد مياس ، جامعة صنعاء، اليمن، 2013،ص 104

فعلى سبيل المثال عند وجود مستويين اثنين هما الأبيض و الأسود يكون عدد الأجزاء الرقمية الصغيرة (bits)المطلوبة هو (1 bits) بينما المستويات الرمادية (512.256.128.64.16.4) فان الأجزاء الرقمية هي على التوالي : (16.8.7.6.4.2) ، و هذا يعني أن المرئية الفضائية التي تبلغ دقتها الراديومترية (8 bits) تملك إمكانية إظهار مستويات رمادية أو أعداد رقمية تتراوح بين 0 و 256 ، و يمكن جساب ذلك من خلال العلاقة التالية :

$$N = 2^R$$

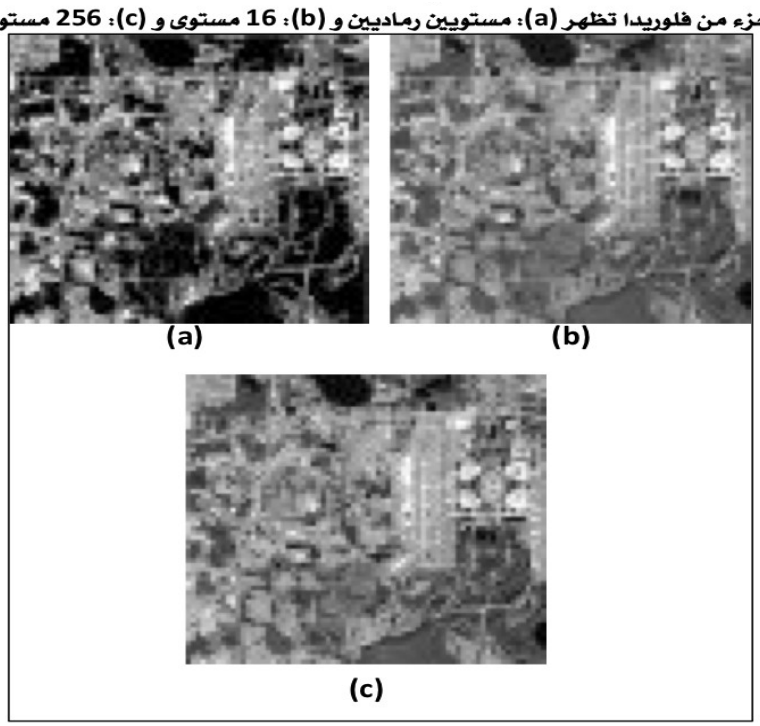
حيث :

N : عدد المستويات الرقمية الرمادية.

2^R : العمق الاشعاعي للمرئية .

R : عدد البيتات [1]

Figure 8: (panchromatic SPOT -HVR) تدرجات اللون الرمادي في صرئية



المصدر: أسس الاستشعار عن بعد ،د محمد احمد مياس ، جامعة صنعاء، اليمن، 2013،ص 107

الدقة الزمنية

résolution temporelle (temporal resolution)

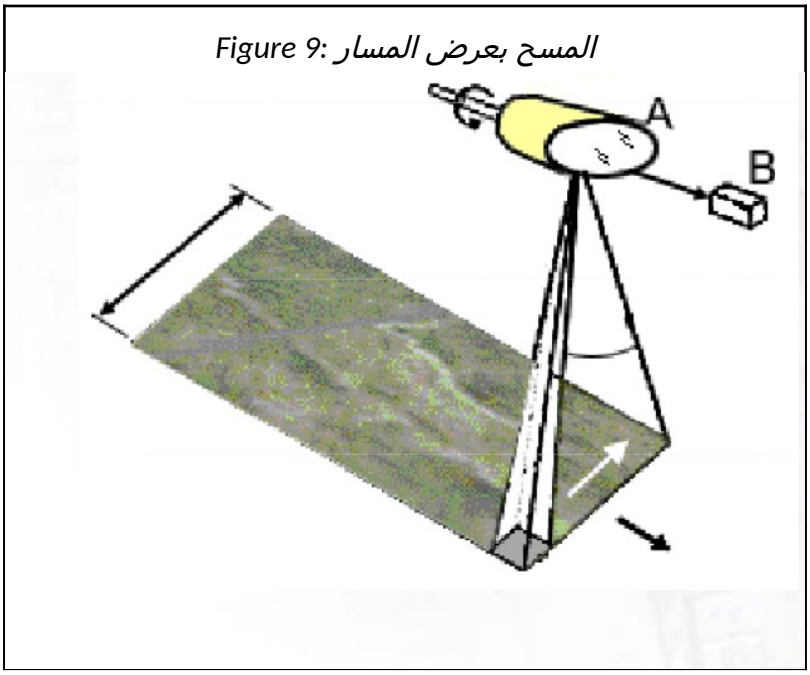
الدقة الزمنية و التي يطلق عليها ايضا موعد الزيارة او الزمن الدوري هي المدة اللازمة للمنصة لزيارة نفس المكان من سطح الأرض مرتين متتاليتين. معظم منصات الاقمار الصناعية لها دقة زمنية تتراوح بين بضعة ايام الى ما دون الشهر. و هناك بعض الأقمار الصناعية التي يمكن ان تغير محطة التحكم من موضعها في المدار بحيث يمكن لها جمع البيانات في توقيت محدد، و يطلق على هذا النوع من جمع البيانات : جمع تحت الطلب .

المسح متعدد البيانات balayage multispectral (multispectral scanning)

اصبح اليوم المسح متعدد البيانات او متعدد النطاقات من اكثر التقنيات شيوعا، حيث تعتمد هذه التقنية على استعمال مجس يمكنه تسجيل عدة نطاقات قصد الحصول على بيانات متعددة في نفس الوقت، و تنقسم هذه التقنية الى :

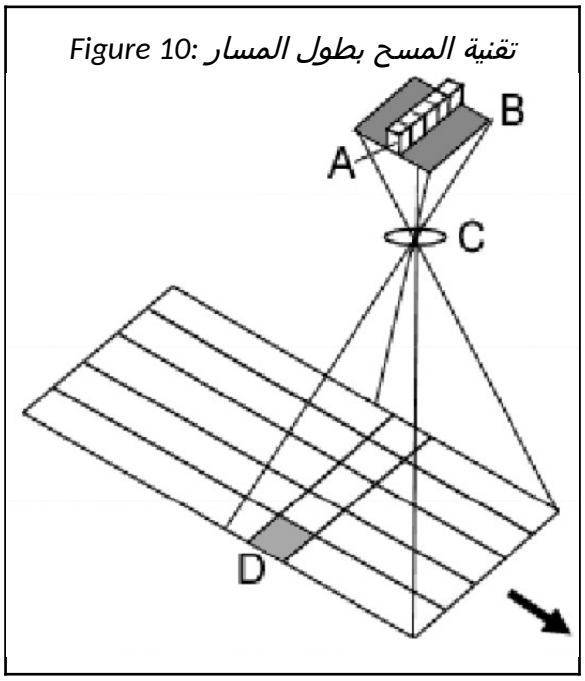
- تقنية المسح بعرض المسار balayage transversal (Across Track Scanning) : يصمم المجس بحيث يكون مزود بمرآة دوارة A بحيث تسمح للمجس بتصوير الأرض في شكل خطوط متعامدة على مسار المنصة ثم توجيهها إلى مجموعة من الكاشفات الإلكترونية B كل كاشف منها حساس لمنطقة معينة من الطيف، بحيث يتم تسجيل الإشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث من الأرض.

Figure 9: المسح بعرض المسار



- تقنية المسح بطول المسار balayage longitudinal (Along Track Scanning) : في هذه التقنية يتم تصميم المجس بحيث يحتوي على مصفوفة من الكاشفات A التي يمكن لكل واحد منها أن يسجل منطقة محددة من الطيف الكهرومغناطيسي، يتم تثبيت هذه المصفوفة على مستوى B حيث يسقط عليها الإشعاع الكهرومغناطيسي عبر مجموعة عدسات إلكترونية C .

Figure 10: تقنية المسح بطول المسار



اهم نظم الاستشعار عن بعد les plus importants systèmes de SIG (the most important GIS systems

هناك الكثير من انظمة الاستشعار عن بعد نذكر اهمها فقط :

- نظام اللاندسات Landsat

هو عبارة عن نظام أنشأته الولايات المتحدة الأمريكية و جرى تشغيله عام 1972 م باطلاق القمر الصناعي الأول في هذا النظام و الذي سمي لاندسات 1 (عند اطلاقه حمل اسم ERTS-1 ثم تغير اسمه بعد ذاك)، و يبلغ ارتفاع منصات هذا النظام 705 كلم فوق سطح الأرض، اما مساحة الصورة المنتجة من طرفه فتبلغ : 185 كلم x 175 كلم، اما الدقة الزمنية للمنصات 1-3 فهي 18 يوما، و المنصات 4-7 هي 16 يوما.
المنصات لاندسات 1 الى 5 حملت المجس الماسح متعدد الأطياف MSS، بينما لم تحمل المنصة 6 و 7 هذا المجس، يقدم المجس MSS دقة مجالية تبلغ 79 متر، و يبين الجدول الموالي الخصائص الطيفية لـ MSS [2]

جدول رقم : 2 الخصائص الطيفية لـ MSS

النطاق	المنطقة الطيفية
النطاق الأول	0.5 – 0.6 µm (الأخضر)
النطاق الثاني	0.6 – 0.7 µm (الأزرق)
النطاق الثالث	0.7 – 0.8 µm (الأحمر)
النطاق الرابع	0.7 – 1.1 µm (تحت الحمراء)

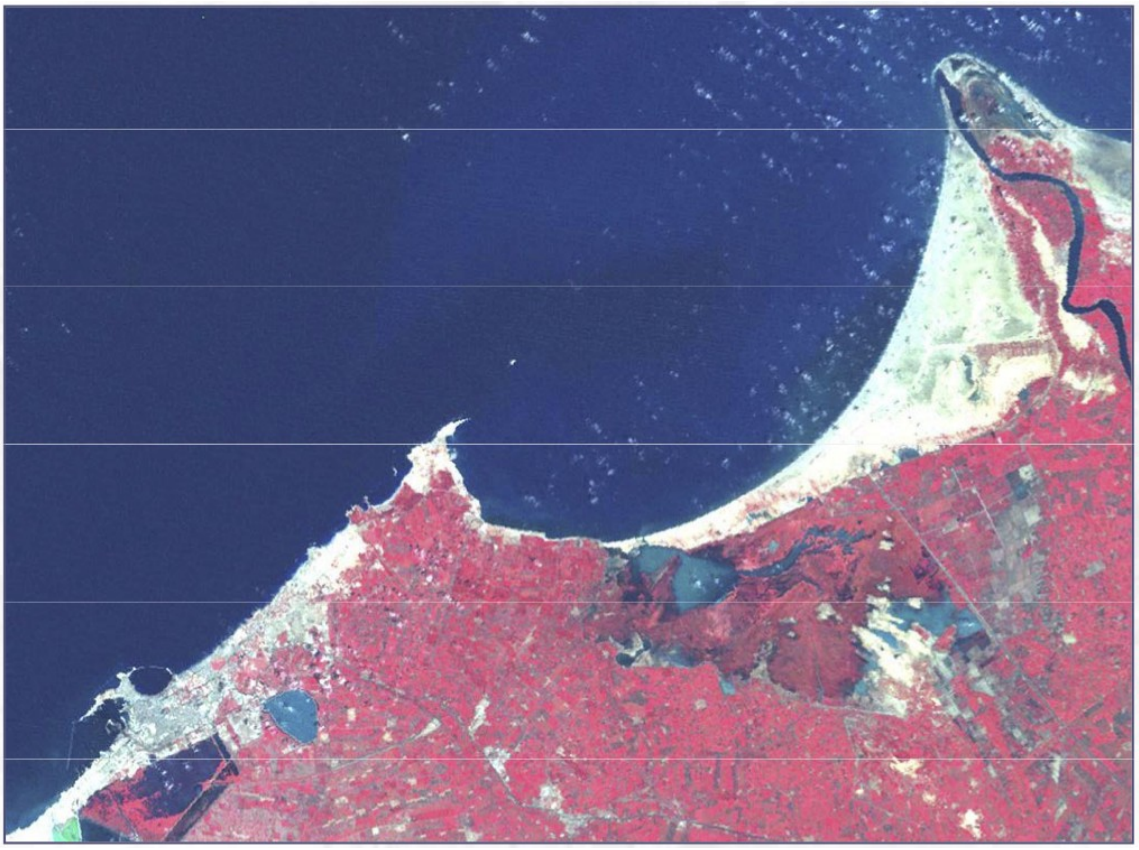
حملت المنصات 3-5 مجس أكثر تقدم هو Thematic mapper (TM) ، حيث يتميز بدقة مجالية تقدر بـ 30 متر، باستثناء النطاق السادس الذي تبلغ دقته المساحية 120 متر، و يبين الجدول الموالي الدقة الطيفية للمجس TM .

جدول رقم: 3 الدقة الطيفية للمجس TM

النطاق	المنطقة الطيفية
TM1	0.45 -0.52 µm (الأزرق)
TM2	0.52 -0.6 µm (الأخضر)
TM3	0.63 -0.69 µm (الأحمر)
TM4	0.76 -0. 9 µm (تحت الحمراء المنعكسة \ القريبة)
TM5	1.55 – 1.75 µm (تحت الحمراء القصيرة الموجة)
TM6	10.4 – 12.5 µm (تحت الحمراء القصيرة الحرارية)
TM7	2.8 – 2.35 µm (تحت الحمراء المنعكسة \ القريبة)

و قد فشل اطلاق القمر الصناعي 6 حيث كان يحمل مجس محسن اسمه cartographe thématique amélioré (Enhanced thematic mapper ETM) ، ثم تم إطلاق لاندسات 7 في 15 افريل 1999، حيث حمل هذا القمر مجس اكثر تحسينا سمي : cartographe thématique amélioré plus (Enhanced thematic mapper plus ETM+) حيث تبلغ دقته المجالية 28,5 متر، و تم تقسيم نطاقه السادس الى قسمين 1 6 و 2 6 و لهما دقة مجالية 60 متر، و تم اضافة نطاق ثامن ليغطي المنطقة الطيفية من 0.52 الى 0.9 µm (الأخضر، الأحمر،تحت الأحمر القريبة) بدقة مجالية 14.25متر، اما حاليا فيعمل لاندسات 5 , 7 .

Figure 11:رشيد، خليج ابو قير، الاسكندرية، مرئية لاندسات MSS بدقة مجالية 79متر



- نظام Spot

هو عبارة عن نظام فرنسي بمشاركة أوروبية رمزية بدأ العمل سنة 1986 ، يبلغ ارتفاع مداره نحو 833 متر، و يتميز بدقة زمنية 26 يوم، أما مساحة الصورة الواحدة فهي 60 x 60 كلم.
شمل الجيل الأول من هذا النظام المنصات من سبوت واحد إلى سبوت ثلاثة، حيث يحمل هذا النظام المجس visible haute résolution (High resolution visible HRV)و يعمل في نمطين :
ـ نمط الطيف الوحيد Panchromatique (Panchromatic) بدقة مجالية 10 متر في المنطقة الطيفية من 0.51 إلى 0.73 µm (الأخضر، الأحمر، تحت الأحمر القريبة).
ـ نمط متعدد الأطياف بدقة مجالية 20 متر مكون من ثلاث نطاقات مبينة في الجدول الموالي :

جدول رقم: 4 النطاقات الطيفية

النطاق	المنطقة الطيفية
Band 1	0.50 - 0.59 (green)
Band 2	0.61 - 0.68 (red)
Band 3	0.79 - 0.89 (near infrared)

توقف سبوت 3 عن العمل في نوفمبر 1996 م لكن ظل سبوت 1 و 2 في الخدمة. و بدأ الجيل الثاني بإطلاق القمر الصناعي سبوت 4 في مارس 1998، حيث أضيف رابع إلى مجس هذا القمر إلى نمط متعدد الأطياف تماثل النطاق الخامس في Landsat TM، و تم تغيير النطاق الطيفي الوحيد Panchromatique ليغطي المنطقة الحمراء فحسب، و تم أيضا إضافة مجس خاص لرصد النباتات .
يمثل القمر الصناعي سبوت 5 الجيل الثالث للنظام، و قد جرى إطلاقه في الرابع من ماي 2002 ، حيث يتميز بدقة زمنية 3 أيام لشمال أوروبا. اما الدقة المجالية للطيف الوحيد Panchromatique فهي 5 متر (2.5 متر في الصور المعالجة بواسطة محطة الاستقبال). اما الدقة المجالية لمتعدد الأطياف فهي : 10متر. و يتميز نظام سبوت بإمكانية استخدام الصور المتزاوجة (image stéréo pairs (Stereo pairs image لإنتاج نماذج ارتفاعات رقمية مباشرة.

- نظام IRS

تنتج و تدير هذا النظام الهند، حيث تم إطلاق أول أقماره المسمى IRS -A1 في 1988، أما آخر أقماره فقد أطلق سنة 1997. و يبلغ ارتفاع مداره 817 كلم عن سطح الأرض، و يحمل هذا النظام ثلاث مجسات هي :

- Linear Imaging Self-Scanning Sensor : حيث تبلغ مساحة الصورة الواحدة فيه 140/140 كلم ، و يتميز بخصائص طيفية يبينها الجدول الموالي.

جدول رقم:5 الخصائص الطيفية لنظام IRS

النطاق	المنطقة الطيفية	دقة المساحية
Band 1	0.52 - 0.59µm (green)	23 m
Band 2	0.62 - 0.68µm (red)	23 m
Band 3	0.77 - 0.86µm (near infra-red)	23 m
Band 4	1.55 - 1.70µm (mid infra-red)	70 m

- IRS panchromatic : يقدم هذا المجس مرئيات في النطاق من الأخضر الى تحت الحمراء القريبة بدقة مجالية 5متر، و بصورة ذات مساحة 70/70 كلم، اما الدقة الراديومترية له فهي 64 درجة لونية رمادية (اي 6بايت) مقارنة ب256 درجة لونية (اي 8 بايت)لنظريه على سبوت.

- Wide Field Sensor WiFS : يتميز هذا المجس بدقة مجالية 188 متر، اما الصورة فتغطي مساحة 774/774 كلم، و يحمل نطاقين الأول يغطي المنطقة الحمراء (0.68 -0.62 µm)و الثاني المنطقة تحت الحمراء (0.86 – 0.77 µm)

- نظام إيكونوس IKONOS

اطلق القمر الصناعي إيكونوس في 24 سبتمبر 1999 ، حيث تبلغ محاسة صورته 11/11 كلم، يحمل هذا القمر مجس يقوم بجمع البيانات في نمطين :

- النمط احادي الطيف Panchromatique بدقة مجالية 1 متر و دقة راديومترية 11 بايت اي 2048 درجة لونية رمادية.

- النمط متعدد الأطياف بدقة مجالية 4 متر، و بخائص طيفية مبينة في الجدول الموالي :

جدول رقم: 6 الخصائص الطيفية لنظام إيكونوس

النطاق	المنطقة الطيفية	الدقة المساحية
Panchromatic	0.45 - 0.90µm	1 m
Band 1	0.45 - 0.53µm (blue)	4 m
Band 2	0.52 - 0.61µm (green)	4 m
Band 3	0.64 - 0.72µm (red)	4 m
Band 4	0.77 - 0.88µm (near infra-red)	4 m

- و هناك بعض الانظمة العربية مثل : النظام المصري Egyptsat و الجزائري Alsat ، و النظام السعودي Saudisat ...

المراجع

[1] .د. م. ا. مياس, أسس الاستشعار عن بعد, الاولى. دار جامعة صنعاء للطباعة و النشر . الجمهورية اليمنية. صنعاء, 2013

[2] .و. ا. م. عبده, مفاهيم اساسية في الاستشعار عن بعد. المملكة العربية السعودية: مركز ابحاث التنمية المستدامة