

16. الخصائص الرئيسية لأجهزة التحسس النائي:

1. تصمم أجهزة التحسس النائي لتكون قادرة على تسجيل قيم رقمية للأشعة المنعكسة أو المنبثقة أو المرتدة (العائدة) لتكون كل قيمة منها تمثل منطقة جغرافية معينة قد تكون صغيرة أبعادها $1 \times 1 \text{ m}^2$ كما في صور القمر الصناعي الأمريكي إكونوس IKONOS أو كبيرة أبعادها $1 \times 1 \text{ km}^2$ كما في الأقمار الصناعية لمراقبة الطقس.

2. تختلف أجهزة التحسس النائي في طريقة تسجيلها لهذه القيم ولذا تبرز ثلاثة أسئلة هامة هي:

- ما هو نطاق أو نطاقات الأشعة التي يسجلها الجهاز ؟
- وكم عدد درجات المقياس الرمادي* التي صمم الجهاز ليسجل فيها؟
- وما هي أبعاد (حجم) المنطقة الجغرافية التي تمثلها قيمة رقمية واحدة على الصورة؟

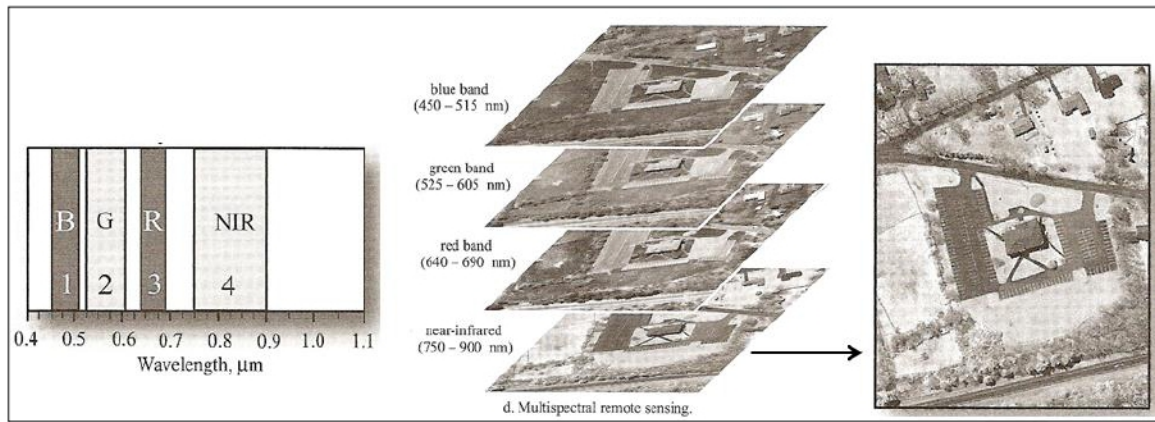
وللإجابة على هذه الأسئلة فإن الأمر يتطلب التعرف على أربعة مفاهيم أساسية، حيث أن لكل جهاز تحسس نائي أربع قدرات تمييز وهي كالآتي:

- الدقة التمييزية الطيفية Spectral resolution.
- الدقة التمييزية الراديومترية Radiometric resolution.
- الدقة التمييزية المكانية Spatial resolution.
- الدقة التمييزية الزمنية Temporal resolution.

* المقياس الرمادي (التدرج الرمادي): يتدرج بين اللونين الأسود والأبيض حيث يكون الأسود في المقياس عند الصفر والأبيض عند أعلى درجة فيه وما بينهما درجات اللون الرمادي.

1.16. الدقة التمييزية الطيفية (Spectral resolution)

- ✓ ترتبط الدقة التمييزية الطيفية في جهاز التحسس النائي على مدى أطوال الموجات في الطيف الكهرومغناطيسي (عرض الحزمة الطيفية) وبعدد الحزم الطيفية التي صمم الجهاز ليسجل الأشعة فيها.
- ✓ إذا كان المدى كبيراً أو الحزمة عريضة فيقال عليه التمييز الطيفي الخشن (Coarse). أما إذا كانت الحزمة التي يمكن تحسسها ضيقة فيوصف التمييز بأنه تمييز طيفي ناعم (Fine).
- ✓ تعد الحزم الطيفية الضيقة أفضل في التمييز بين الظواهر التي تكون الفروق في أطياها قليلة لأن هذه الفروق البسيطة قد تختفي بأخذ متوسط الأشعة في النطاق الواسع.
- ✓ استعمال الصور متعددة الحزم أفضل للتمييز بين الظواهر من استعمال صورة مكونة من نطاق واحد.



شكل (17) عدد من الحزم الطيفية ومدى اطوالها الموجية.

يمكن تصنيف اجهزة التحسس النائي حسب دقتها الطيفية كالآتي:

1. اجهزة تحسس نائي احادية اللون (Panchromatic): تجمع البيانات ضمن منطقة الطيف المرئي وتقوم بتسجيله في نطاق واحد.
2. اجهزة تحسس نائي متعددة النطاقات (الحزم) (Multispectral): تجمع البيانات ضمن منطقة الطيف المرئي والاشعة تحت الحمراء, ويسجل البيانات في عدد من النطاقات دون العشرة.
3. اجهزة تحسس نائي عديدة النطاقات (Hyperspectral): تجمع البيانات ضمن منطقة الطيف المرئي والاشعة تحت الحمراء, وتسجل البيانات في عدد من النطاقات فوق العشرة وقد تبلغ عدة مئات.

2.16. الدقة التمييزية الراديومترية (Radiometric resolution)

- ✓ ترتبط الدقة التمييزية الراديومترية في جهاز التحسس النائي بعدد درجات المقياس الرمادي التي صمم ليسجل فيها الأشعة التي تصل إليه من الأجسام الأرضية حسب شدتها.
 - ✓ يعبر عن دقة التمييز الراديومترية بما يسمى بالأرقام الثنائية (n) binary digits (bits).
- البت (bits):** يمثل اصغر وحدة قياس للبيانات داخل الحاسوب يمثل برقم ثنائي binary digits لة قيمة من قيمتين (0 او 1).
- إذا كانت دقة التمييز الراديومترية (8-bit) لصورة رقمية فإن:

$$\text{عدد المستويات او التدرجات الرمادية} = 2^n = 2^8 = 256 \text{ مستوى رمادي}$$

- حيث ان: n يمثل عدد بتات كل مستوى رمادي
- علما ان: وحدات عدد المستويات او التدرجات الرمادية هي (مستوى رمادي).
- اي ان **المقياس الرمادي او (التدرج الرمادي)** يتكون من 256 درجة او مستوى رمادي من خلال تطبيق العلاقة اعلاه.

المقياس الرمادي: يتدرج بين اللونين الأسود والأبيض حيث تكون قيمة الأسود فيه صفر والأبيض 255 وما بينهما درجات مختلفة من اللون الرمادي تزداد دكانة باتجاه الصفر.

✓ لاستخراج القيم المتاحة لبكسل الصور الرقمية عندما تكون دقتها الراديومترية (n) بالعلاقة الآتية:

$$\text{القيم المتاحة لبكسل الصور الرقمية} = (0 \text{ الى } (2^n - 1)).$$

حيث ان قيم كل بكسل بالصورة يتراوح بين الصفر و $2^n - 1$.

✓ معظم صور التحسس النائي تكون بدقة تمييز راديومترية قدرها (8-bit) أي المقياس الرمادي فيها مكون من 256 درجة.

✓ كلما زادت دقة التمييز الراديومترية لجهاز التحسس كلما زادت درجة وضوح البيانات المسجلة بواسطتها.

✓ لاستخراج عدد البتات الكلية للصورة الرقمية الثنائية الابعاد (I(r,c)), تطبق العلاقة الآتية:

$$\text{عدد البتات الكلية للصورة الرقمية} = (B) \times r \times c$$

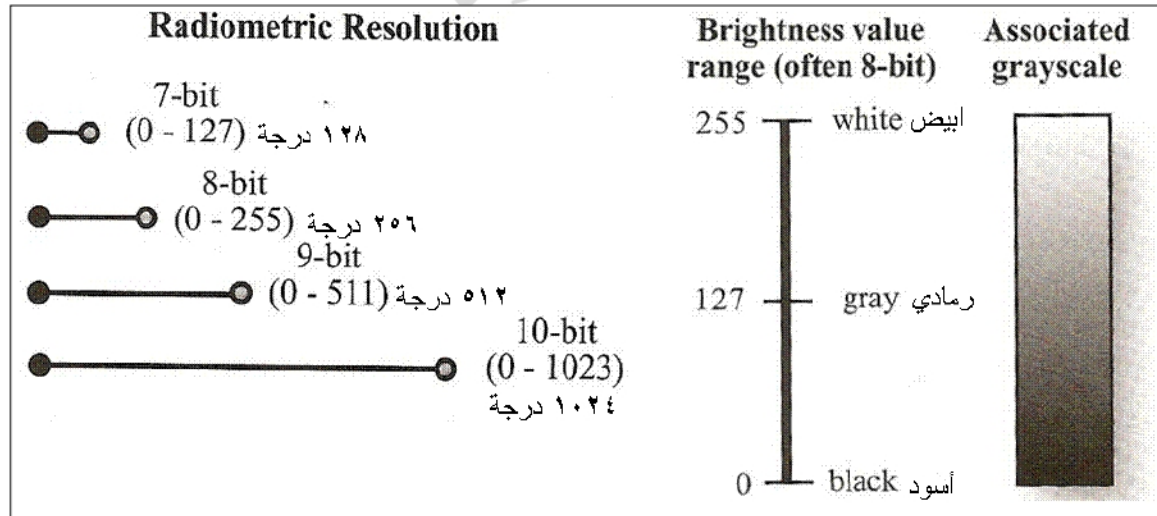
حيث ان:

n = يمثل عدد بتات كل مستوى رمادي.

B = عدد البتات الكلية للصورة الرقمية

$c \times r$ = ابعاد الصورة الرقمية

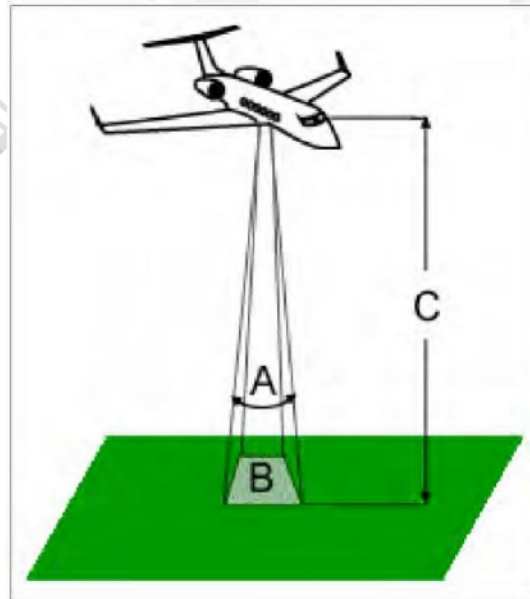
علما ان : وحدات ال (B) هي بت (Bit).



شكل (18) امثلة لقيم مختلفة للدقة التمييزية الراديومترية ومدى قيم الاضاءة والمقياس الرمادي لكل قيمة.

3.16. الدقة التمييزية المكانية (Spatial resolution)

- ✓ ترتبط الدقة التمييزية المكانية بقدرة جهاز التحسس النائي على تسجيل تفاصيل الأجسام والظواهر ليتمكن رؤيتها وتمييزها امرا "مكننا" على الصورة.
- ✓ يعمل في الغالب مجال الرؤية الآني (IFOV) (Instantaneous field of view) لتحديد الوضوح المكاني في الصورة الرقمية.
- ✓ يعرف مجال الرؤية الآني بأنه منطقة جغرافية في الغالب مربعة الشكل، حيث يسجل جهاز التحسس النائي في آن واحد متوسط الأشعة التي تصل إليه من الأجسام فيها؛ ويمثل هذه المنطقة الجغرافية في الصورة خلية pixel واحدة لها قيمة رقمية معينة ترتبط بإحدى درجات المقياس الرمادي، وتحدد قيمتها كمية الأشعة التي يسجلها الجهاز.
- ✓ أبعاد مجال الرؤية الآني (IFOV) هي التي تحدد مقدار الدقة التمييزية المكانية، فمثلا إذا يكون طول ضلع المنطقة الجغرافية لحقل الرؤية اللحظي (30 m) فإن الدقة التمييزية المكانية في الصورة يساوي (30 m)، وإذا كان (1 m) فالدقة التمييزية المكانية (1 m) وهكذا.
- مجال الرؤية الآني:** هو مخروط الرؤية لجهاز التحسس النائي (A) ويحدد المنطقة الأرضية (B) التي يمكن رؤيتها من ارتفاع (C) في لحظة زمنية محددة. ويتم حساب مساحة المنطقة المرئية بضرب IFOV في ارتفاع لجهاز التحسس النائي من سطح الأرض. وهذه المنطقة على الأرض تسمى خلية دقة التمييز resolution cell أي أقصى درجة تمييز مكاني لجهاز التحسس النائي. يمكن تحسس أي هدف محدد على الأرض تكون مساحته أو حجمة يجب ان يساوي خلية دقة التمييز.

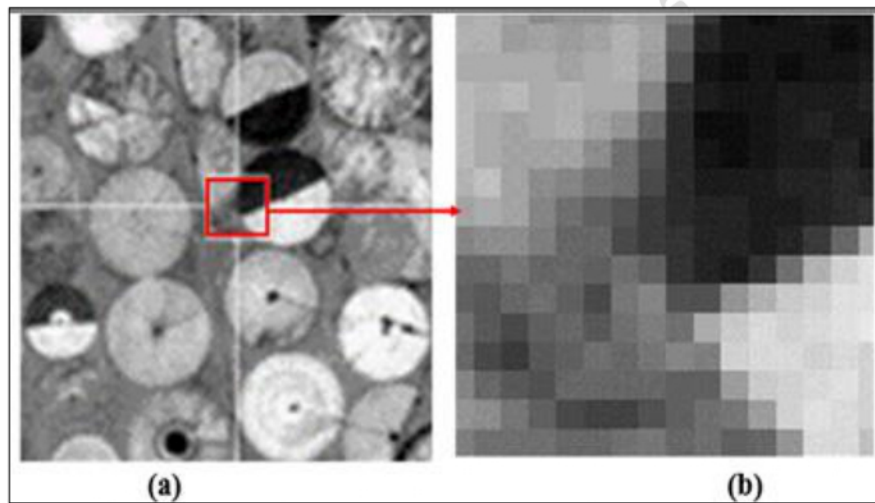


شكل (19) مجال الرؤية الآني (IFOV)

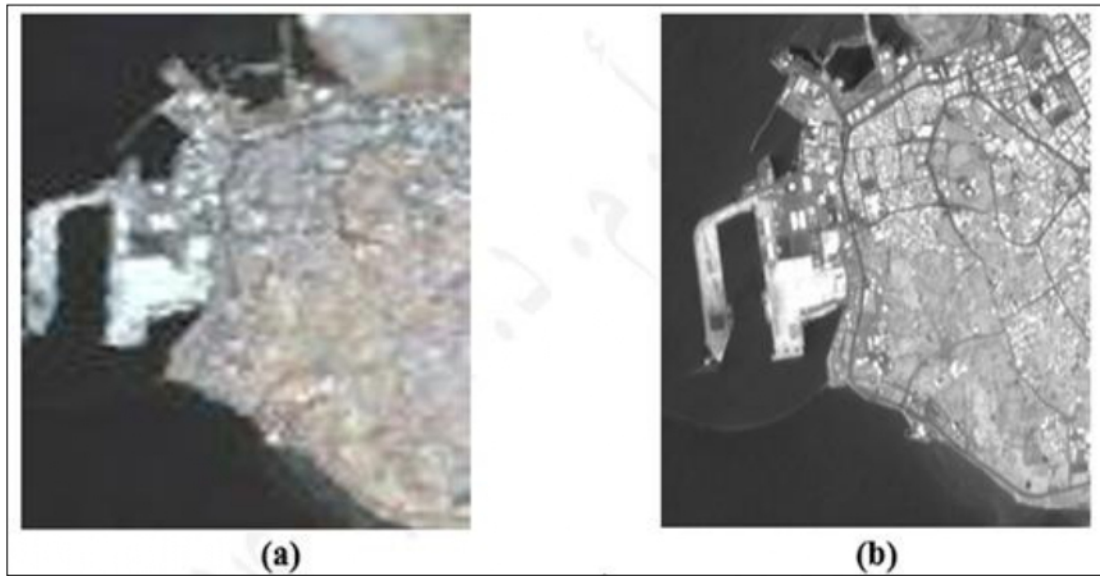
الصور الرقمية لأجهزة التحسس النائي تتكون من مصفوفة من العناصر أو الخلايا تسمى بكسل (pixels) وهو أصغر وحدة علي الصورة (المرئية). تكون البكسلات عبارة عن خلايا مربعة وتمثل مساحة محددة من الصورة. من المهم التفرقة بين حجم البكسل (pixel size) ودقة التمييز المكاني (spatial resolution), ففي حالة أن جهاز التحسس النائي له دقة تمييز مكاني (20 متر) فإن كل بكسل علي الصورة الرقمية سيمثل على الأرض مساحة مقدارها (20 × 20) متر مربع. وفي هذه الحالة فأن حجم البكسل يساوي دقة التمييز المكاني.

✓ كلما تكون قيمة الدقة التمييزية المكانية صغيرة كلما تكون الدقة التمييزية المكانية عالية وكلما تزداد القدرة على تمييز الظواهر الصغيرة والعكس صحيح.

جميع الاجسام (objects) والمعالم (features) والمناطق (areas) الارضية التي تظهر بصور التحسس النائي سواء كانت طبيعية ام مرتبطة بأنشطة الانسان تعد ظواهر جغرافية لانها توجد في مواقع جغرافية محددة بخطوط طول ودوائر عرض (الاحداثيات الجغرافية). كما لها علاقة مكانية مع بعضها البعض يحددها بالدرجة الرئيسية الاتجاه والمسافة والارتفاع عن سطح البحر.



شكل (20) (a) يعرض صور رقمية للحزمة الرابعة لجهاز التحسس النائي (MSS) التي يكون فيها دقة التمييز المكانية $m^2 (30 \times 30)$ و **(b)** تكبير جزء من الصورة فظهرت مناطق مربعة تعرف بخلايا عناصر الصورة او (Pixels) وكل واحدة منها تمثل منطقة جغرافية مربعة أبعادها $m^2 (30 \times 30)$ تقريبا. ولكل خلية من خلايا الصورة قيمة رقمية معينة ترتبط بإحدى درجات المقياس الرمادي وفقا لمتوسط كمية الأشعة التي يسجلها جهاز التحسس النائي من المنطقة الجغرافية التي يقابلها.



شكل (21) الصورتان تغطيان جزء من مدينة جازان (أحدى المناطق الإدارية التابعة للمملكة العربية السعودية (a) دقة التمييز المكانية 30×30 m² و (b) دقة التمييز المكانية 10×10 m²)

يمكن تصنيف اجهزة التحسس النائي حسب دقتها المكانية كالآتي:

1. اجهزة تحسس نائي ذات دقة مكانية منخفضة فوق 100 متر.
2. اجهزة تحسس نائي ذات دقة مكانية متوسطة دون 100 متر وفوق 5 سم.
3. اجهزة تحسس نائي ذات دقة مكانية عالية دون 5 سم.

4.16. الدقة التمييزية الزمنية (Temporal resolution)

تعد مؤشر لعدد المرات التي يستطيع جهاز التحسس النائي تصوير نفس المنطقة في فترة زمنية محددة . على سبيل المثال فإن جهاز التحسس النائي الذي يحمله القمر الصناعي الأمريكي لاندسات يستطيع أن يصور منطقة معينة على سطح الأرض كل 16 يوم ، في حين أن القمر الصناعي الفرنسي سيوت يزور نفس المنطقة كل 3 يوم . و هذا المؤشر له أهميته في عمليات دراسة مراقبة التغير الذي يحدث على سطح الأرض . كلما قلت الفترة الزمنية التي تفصل بين كل زيارة يقوم بها القمر الصناعي لمنطقة معينة على سطح الأرض و الزيارة التي تليها كلما زاد عدد المرات التي يصور فيها جهاز التحسس النائي المحمول على هذا القمر خلال الفترة الزمنية المحددة، وتكون بالتالي دقته التمييزية الزمنية أعلى من ذلك الذي يزور المنطقة نفسها عدد مرات أقل في نفس الفترة الزمنية المحددة.