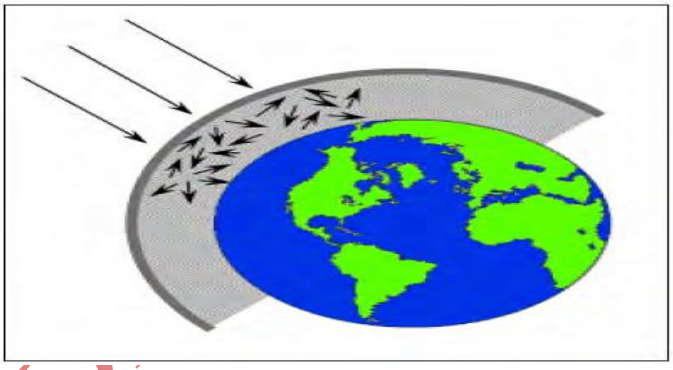
4-1 التفاعل مع الغلاف الجوي:

قبل أن يصل الاشعاع المستخدم في التحسس النائي الى سطح الأرض فأنه يمر بطبقات الغلاف الجوي، ومن الممكن أن تؤثر الجزئيات والغازات الموجودة في الغلاف الجوي على هذا الاشعاع. وتكون أسباب هذه التأثيرات ما يعرف بالتشتت و الامتصاص.

يحدث التشتت scattering عندما توجد جزئيات كبيرة من الغازات في الغلاف الجوي مما يجعل الاشعاع الكهرومغناطيسي ينحرف أو يتشتت عن مساره الأصلي.

ويعتمد حجم هذا التشتت على عدة عوامل منها:

1. طول موجة الاشعاع
2. وفرة جزئيات الغازات
3. المسافة التي يقطعها الاشعاع خلال الغلاف الجوي.
4. الظروف او الاحوال الجوية



شكل (1-11) التشتت في الغلاف الجوي

يوجد ثلاثة أنواع من التشتت:

1. **تشتت رايلي Rayleigh:** يحدث عندما تكون قطرالجزئيات صغيرة جدا بالمقارنة بطول موجة الاشعاع $(D < \lambda)$ ، مثل جزئيات النتروجين و الاكسجين و ذرات التراب. ويؤثر هذا النوع من التشتت على الطاقة ذات أطوال الموجة القصيرة بدرجة أكبر من تلك ذات أطوال الموجة الكبيرة، وهو نوع التشتت الأكبر في الطبقات العليا من الغلاف الجوي. وهذا التشتت هو السبب في رؤيتنا السماء باللون الأزرق خلال النهار حيث أن ضوء الشمس عندما يمر بالغلاف الجوي فأن الموجات القصيرة (الأزرق) من الضوء المرئي ستشتت و تنتشر بدرجة أكبر من الموجات الأطول موجة.

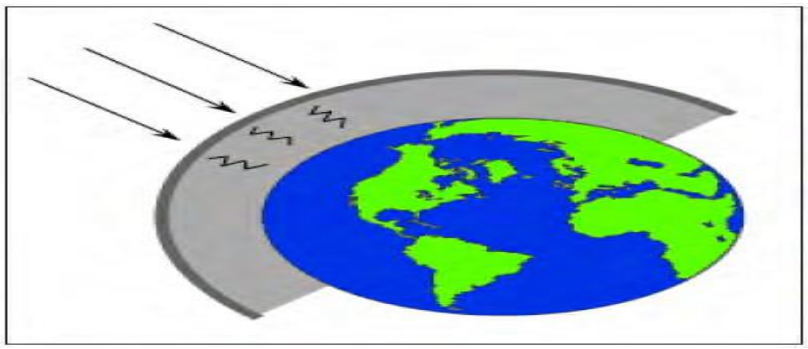
Prof.Dr. Hatem

2. **تشتت مي Mie:** يحدث عندما تكون قطرالجزئيات بنفس حجم طول موجة الاشعاع (D = λ)، مثل جزئيات التراب و الدخان و بخار الماء. ويؤثر هذا النوع من التشتت على الطاقة ذات أطوال الموجة الطويلة بدرجة أكبر من تلك ذات أطوال الموجة القصيرة، ومن ثم فهو يحدث في الطبقات السفلي من الغلاف الجوي وخاصة عندما تكون السحب معتمة أو غائمة.
3. **التشتت غير الانتقائي Nonselective:** يحدث عندما تكون قطرالجزئيات أكبر من حجم طول موجة الاشعاع (D > λ) ، مثل جزئيات التراب الكبيرة وقطرات الماء. ويؤثر هذا النوع من التشتت على جميع أنواع الطاقة لجميع أطوال الموجات بدرجة متساوية، وهو المسبب لظهور الضباب و السحب باللون الأبيض لأعيننا حيث أن الألوان الأزرق و الأخضر و الأحمر ستشتت بنفس الدرجة.

يحدث **الامتصاص Absorption** بصورة مغايرة للتشتت، فالامتصاص يتسبب في أن تقوم جزئيات الغلاف الجوي بامتصاص الطاقة في أطوال الموجات المختلفة. ويعد الاوزون و ثاني أكسيد الكربون و بخار الماء العوامل الثلاثة المسببة للامتصاص.

1. الاوزون يمتص الاشعاع فوق البنفسجي الضار للإنسان، ولولا وجود هذه الطبقة في الغلاف الجوي لاحترق جلد الانسان عند التعرض لأشعة الشمس.
2. ثاني أكسيد الكربون فيمتص الاشعاع بقوة في نطاق الاشعة تحت الحمراء الحرارية (البعيدة) من مجال الطاقة الكهرومغناطيسية مما يتسبب في احتفاظ الغلاف الجوي بالحرارة وهو المؤدي لظاهرة الاحتباس الحراري.
3. بخار الماء يمتص الطاقة في كلا من نطاق الاشعة تحت الحمراء طويلة الموجة و أيضا الموجات القصيرة أو الميكروويف (بين 22 مايكرومتر و 1.0 متر). ويختلف وجود بخار الماء في الطبقات السفلي من الغلاف الجوي من مكان لآخر ومن وقت لآخر طوال العام، فعلي سبيل المثال فأن المناطق الصحراوية بها القليل من بخار الماء بينما المناطق المدارية بها تركيز أعلي من بخار الماء أي رطوبة عالية.

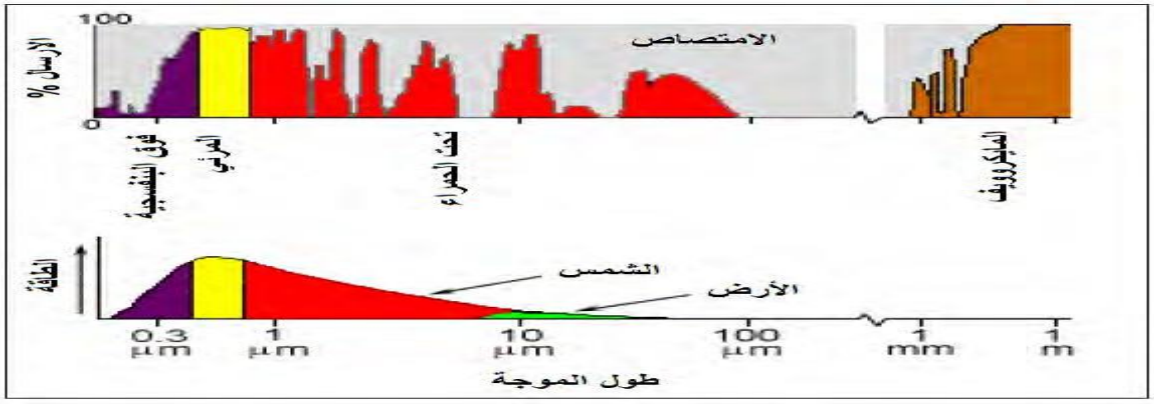
Prof.Dr. Amal J. Hatem



شكل (1-12) الامتصاص في الغلاف الجوي

حيث أن هذه الغازات تمتص الطاقة الكهرومغناطيسية بصور مختلفة في نطاق الطاقة فأنها تؤثر في تحديد النطاقات التي يمكن استخدامها في تطبيقات التحسس النائي. فالمناطق داخل نطاق الطاقة الكهرومغناطيسية التي لا تتأثر بشدة بالامتصاص في الغلاف الجوي تكون مناطق مفيدة للتحسس النائي, يطلق عليها نوافذ الغلاف الجوي (Atmospheric windows).

وبمقارنة خصائص مصدري الطاقة (أي الشمس و الأرض) مع نوافذ الغلاف الجوي المتاحة فيمكننا تحديد أطوال الموجات التي يمكن استخدامها بكفاءة في عملية التحسس النائي. فالجزء المرئي من نطاق الطاقة الكهرومغناطيسية يكون حساسا لنوافذ الغلاف الجوي و أيضا لقمة الطاقة الشمسية. أما الطاقة الحرارية المنبعثة من الأرض فأنها تكون في نافذة حوالي 10 مايكرومتر في نطاق الاشعة تحت الحمراء الحرارية، بينما النافذة الأكبر من أطوال الموجات بعد 1.0 ملليمتر تكون في نطاق الموجات القصيرة أو المايكروويف.



شكل (1-13) نوافذ الغلاف الجوي

Dr. Amal J. Hatem

5-1 التفاعل مع الأهداف:

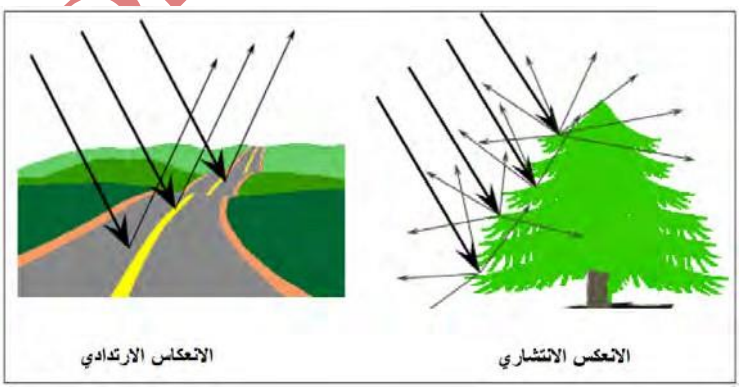
يمكن للإشعاع الذي لا يمتص أو يتناثر في الغلاف الجوي أن يصل و يتفاعل مع الأهداف الموجودة على سطح الأرض. وهناك ثلاثة صور للتفاعل هذه الطاقة الساقطة I (كما في الشكل الاتي):

الامتصاص A ، النفاذ T ، الانعكاس I ، ويتم التفاعل مع الاهداف في واحدة أو أكثر من هذه الصور بناءا على طول موجة الاشعاع و خصائص الأهداف ذاتها.

شكل (1-14) صور التفاعل مع الأهداف

يحدث الامتصاص absorption عندما يقوم الهدف بامتصاص الطاقة الساقطة بينما يحدث النفاذ transmission عندما يتم مرور الطاقة من خلال الهدف، ويحدث الانعكاس reflection عندما يعكس الهدف هذه الطاقة و يعيد توجيهها. وفي التحسس النائي فأننا نهتم بقياس الاشعاع المنعكس من هذه الأهداف الأرضية، وهنا يوجد نوعين من الانعكاس:

1. الانعكاس الارتدادي specular reflection
2. الانعكاس الانتشاريdiffuse reflection



شكل (1-15) أنواع الانعكاس

عندما يكون الهدف أملس أو ناعم smooth فيحدث الانعكاس الارتدادي أو ما يمكن تسميته الانعكاس كشبه المرآة حيث تنعكس كل أو معظم الطاقة الساقطة بعيدا عن سطح الهدف في اتجاه واحد. أما

Prof. Dr. Amal J. ...m

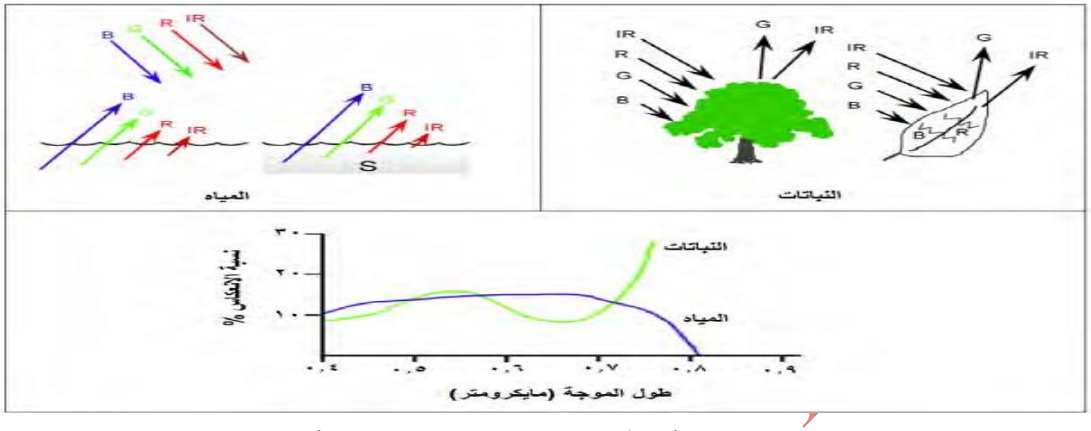
الانعكاس الانتشاري فيحدث عندما يكون سطح الهدف خشن rough حيث تنعكس الطاقة تقريبا بانتظام في جميع الاتجاهات. وكل الأهداف الأرضية تقع فيما بين حالتي الانعكاس هاتين اعتمادا علي درجة خشونة roughness الهدف (اي حالة السطح) مقارنة بطول موجة الاشعاع الساقط عليه فاذا كان طول الموجة (λ) صغير جدا بالمقارنة بتغيرات السطح أو حجم الجزئ particle size (PZ) (اي ان $\boldsymbol{\lambda \ll PZ}$) الذي يتكون منه سطح هذا الهدف فأن الانعكاس الانتشاري يكون هو الغالب, والعكس يحدث الانعكاس الارتدادي عندما يكون ($\boldsymbol{\lambda > PZ}$). فعلى سبيل المثال فأن الرمال الدقيقة ستظهر ناعمة جدا بالمقارنة لموجات الميكروويف (طول موجة كبير) لكنها ستكون خشنة بالمقارنة لموجات الضوء المرئي.

لنأخذ الان مثالين تفصلين لأهداف سطح الأرض وكيف ستتفاعل مع الطاقة في نطاق الضوء المرئي و نطاق الأشعة تحت الحمراء, كالاتي:

1. **أوراق النباتات leaves:** وفيها فأن مادة الكلوروفيل ستمتص بقوة الاشعاع في أطوال الموجة للون الأزرق و الأحمر وستعكس طول موجة اللون الأخضر، وهذا ما يجعلنا نرى النباتات خضراء اللون ويزداد اخضرارها في فصل الصيف حيث تكون مادة الكلوروفيل في أقصي قيمها. بينما في فصل الخريف فيكون هناك كلوروفيل أقل مما يجعل انعكاس اللون الأخضر أقل بينما يكون هناك انعكس اكثر (او امتصاص اقل) في اللون الأحمر مما يجعل لون النباتات أحمر أو أصفر (اللون الأصفر ما هو إلا مكون من كلا اللونين الأحمر و الأخضر). أيضا فأن التركيب الداخلي لصحة النبات يعمل كعاكس انتشاري مثالي في الأشعة تحت الحمراء القريبة near infrared (NIR). فأن قياس و متابعة الاشعة تحت الحمراء القريبة المنعكسة يعد مقياسا لمدى صحة النباتات في تطبيقات التحسس النائي.
2. **المياه Water:** وفيها يتم امتصاص أطوال الموجات الكبيرة من الضوء المرئي (Red & Green) و الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) بدرجة أكبر من تلك الأشعة ذات أطوال الموجة القصيرة (Blue) . ومن ثم فأن المياه تظهر باللون الأزرق أو الأزرق-الأخضر نتيجة الانعكاس القوي لهذه الموجات القصيرة، وتظهر المياه داكنة عند رؤيتها بالأشعة تحت الحمراء. فإذا وجدت مواد عالقة في الطبقة العليا من المسطح المائي فأنها ستسبب في انعكاس أفضل و مظهر أكثر لمعانا. لكن هذه المواد العالقة قد تسبب ارتباكا مع المياه الضحلة النظيفة، حيث أن كلاهما سيظهران متشابهين بدرجة كبيرة. ان الكلوروفيل في الطحالب يمتص الأشعة

Prof.Dr. Amal. Hatem

الزرقاء بدرجة أكبر ويعكس اللون الأخضر مما يجعل المياه تظهر أكثر اخضرارا عند وجود الطحالب. أيضا فأن حالة سطح المياه (كالنعومة و الخشونة والمواد العائمة) قد تسبب في تعقيدات أكثر عند تفسير مكونات هذه المسطحات وتفاعلها في ظاهرة الانعكاس الارتدادي.



شكل (1-16) أمثلة لتفاعلات الانعكاس مع الأهداف

ومن هذين المثالين فيمكننا أن نلاحظ أنه و طبقا:

- لطبيعة الهدف
- و لطول موجة الاشعاع المستخدم

فيمكننا أن نرى صور مختلفة من تفاعلات الامتصاص و النفاذ و الانعكاس. ومن ثم فأننا وبقياس الطاقة المنعكسة (أو المنبعثة) من أهداف سطح الأرض في عدة أطوال موجات فنستطيع بناء أو تكوين قاعدة للتفاعل الطيفي spectral response لكل هدف. فإذا قارننا هذا التفاعل الطيفي لعدة أهداف أرضية فيمكننا أن نفرق بينهم بصورة أفضل من التفرقة بينهم في طول موجة واحد فقط. فعلي سبيل المثال فأن المياه و النباتات قد يعكسان الأشعة بصورة متشابهه في الضوء المرئي، لكنهما منفصلان تماما و مختلفان عند التعامل مع الاشعة تحت الحمراء.

6-1 التحسس النائي الموجب و السالب:

تمثل الشمس مصدرا هاما من مصادر الطاقة أو الاضاءة المستخدمة في التحسس النائي، فطاقة الشمس اما أن تنعكس عند سقوطها على سطح الأرض كما في حالة أشعة الضوء المرئي أو أن يتم امتصاصها ثم انبعاثها مرة أخرى كما في حالة الاشعة تحت الحمراء الحرارية. ومن ثم فأن أجهزة التحسس النائي التي تقيس الطاقة الطبيعية المتاحة مثل طاقة الشمس, يطلق عليه اسم متحسسات سالبة أو سلبية passive sensors. أي أن هذه المتحسسات السالبة تقيس الطاقة فقط عندما يكون هذا المصدر الطبيعي

Prof.Dr. Amal J.

متاحا، وبالنسبة للطاقة المنعكسة فأن هذا يحدث فقط في النهار فلا توجد طاقة منعكسة في الليل. أما الطاقة المنبعثة فمن الممكن قياسها و تحسسها نهارا أو ليلا طالما كانت كميتها كافية بحيث تسمح بالتحسس. على الجانب الاخر فأن أجهزة التحسس النائي (أو المتحسسات) الموجبة أو الايجابية active sensors تستخدم طاقتها الخاصة للإضاءة أو التحسس، فهي تبث الاشعاع الموجه الى الأهداف الأرضية ثم تستقبله و تسجله بعد انعكاسه. ومن مميزات المتحسسات الموجبة أنها تعمل في أي وقت من اليوم أو فصول السنة، كما أنها تستخدم لفحص او كشف أطوال الموجات القصيرة أو المايكروويف. لكن هذه المتحسسات الموجبة تتطلب توليد كمية كبيرة من الطاقة تكفي لإضاءة الأهداف، ومن أمثلتها متحسسات الليزر و متحسسات الرادار المعروفة باسم Synthetic Aperture Radar (SAR).

(b) (a)

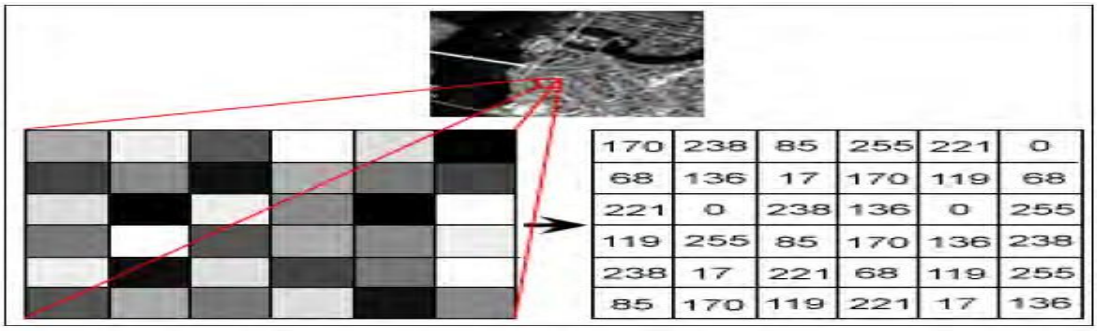
شكل (1-17) التحسس النائي (a) الموجب و(b) السالب

7-1 خصائص المرئيات:

ان الطاقة الكهرومغناطيسية يمكن تحسسها وتسجيلها سواء فوتوغرافيا او الكترونيا. تستخدم عملية التصوير الفوتوغرافي التفاعلات الكيمائية على سطح الفيلم الحساس لتسجيل تغيرات الطاقة ضمن نطاق أطوال الموجات من 0.3 الي 0.9 مايكرومتر، أي نطاق الضوء المرئي و الاشعة تحت الحمراء. أما المتحسسات التي تتحسس و تسجل الطاقة بصورة الكترونية فأنها تسجيل الطاقة في مصفوفة رقمية (مرئية رقمية), يتم تمثيلها و عرضها بصورة رقمية digital format من خلال تقسيم المرئية الرقمية الى اقسام صغيرة متساوية المساحة و الشكل و هي ما يطلق عليها اسم الخلايا او البكسل pixels. وهذه الخلايا تمثل درجة اللمعان brightness (وهي مقياس لمدى انعكاس الضوء عن سطح ما،) او شدة الاشعاع المنعكس لكل مساحة بواسطة قيمة رقمية digital number (كما في الشكل 1-18). يمكن

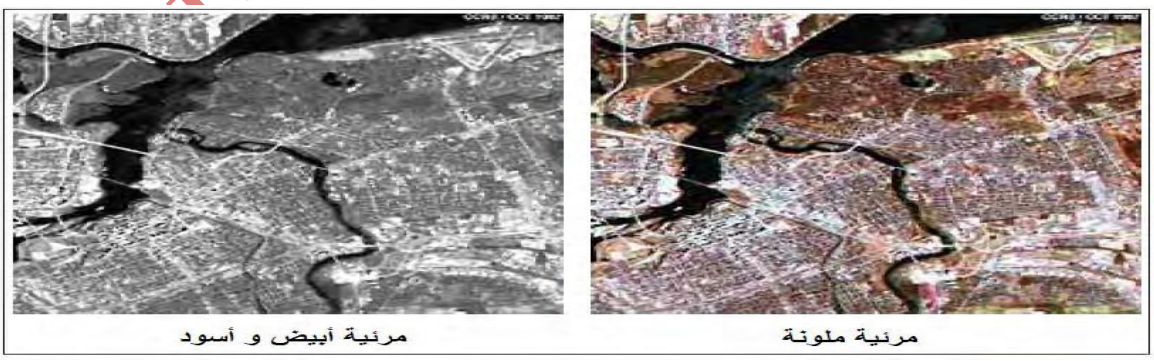
Prof Dr. Ali Hatem

تحويل الصورة الفوتوغرافية الأصلية الي مرئية رقمية، وهو ما يحدث عندما نقوم بعملية المسح الضوئي scanning للصورة الفوتوغرافية.



شكل (1-18) تحويل الصورة الفوتوغرافية الي نسخة رقمية

يتم تجميع و تسجيل الطاقة في جزء صغير أو ضيق من مجال الاشعة الكهرومغناطيسية فيما يسمي القناة channel أو النطاق band. ويمكن تجميع و عرض معلومات عدة قنوات أو عدة نطاقات باستخدام الألوان الاساسية الثلاثة (الأزرق و الأخضر و الأحمر) حيث يتم تمثيل معلومات كل نطاق أو كل قناة كواحد من هذه الألوان، وطبقا لدرجة اللمعان (أي القيمة الرقمية) لكل خلية أو بكسل في كل قناة فأن الألوان الثلاثة سيتم دمجهم بصور مختلفة لتمثيل الألوان المختلفة. وعندما نستخدم هذه الطريقة لعرض معلومات قناة واحدة أو نطاق من أطوال الموجات فأننا نقوم بعرض محتويات هذه القناة من خلال الألوان الرئيسية الثلاثة. وبسبب أن درجة اللمعان في كل خلية تكون متساوية للألوان الثلاثة فأنها تتجمع في مرئية أبيض و أسود black and white image (او رمادية), أما عندما يتم عرض أكثر من قناة أو نطاق و لكلا منهم لون أساسي مختلف فأن درجة اللمعان ستختلف من قناة الى أخرى في طريقة دمج الألوان ومن ثم فأنهم سينتجون مرئية ملونة color image.



شكل (1-18) المرئيات الملونة و غير الملونة

Dr. Amal J. Ha