الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمة لخضر بالوادي
كلية العلوم الدقيقة
قسم الفيزياء

مذكرة تخرج مقدمة لنيل شهادة
ماستر أكادمي
مجال: علوم المادة
تخصص: فيزياء تطبيقية إشعاع وطاقة
من إعداد الطالبتين:قزون الشيماء – كريمة بلول
الموضوع

دراسة التأثيرات المختلفة على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد

نـوقشت يوم: 15 / 09 / 2020

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

عطية محمد الهادي	أستاذ محاضر قسم أ	جامعة الوادي	رئيس
حاج عمار محمد علي	أستاذ محاضر قسم ب	جامعة الوادي	مناقش
اللبي عبد القادر	أستاذ محاضر قسم ب	جامعة الوادي	مؤطر

الموسم الجامعي:2020/2019م

الإهداء

اهدي هذا العمل المتواضع رمزا للمحبة والوفاء والتقدير

إلى من استطاع بفضل صفاء قلبه وكفاحه المتواصل لأجلنا إلى من علمني ما لم أتعلمه من الكتب

والمدارس وكان لي نبراسًا يضئ فكري أبي الغالي.

إلى من زرعت الأمل في قلبي، إلى من أدلت البذر وجعلتني اجني ثمارها، إليك يا أغلى جوهرة.

وأثمن لؤلؤة تزين دربي، أمي الحبيبة.

إلى أقرب الناس على قلبي، إخوتي وأخواتي.

إلى كل من ساندني في مشواري وكان موجها لي.

إلى كل من ساهم في إتمام هذا العمل.

إلى كل من يحبونني وأحبهم.

قزون الشيماء

الإهداء

إلى من لم أنسى فضلهما عليا طيلة الحياة ومن تعهدا على تربيتي في الصغر وكان نبراسا يضئ فكري بالنصح والتوجيه في الكبر أمي وأبي.

إلى من شملوني بالعطف وأمدوني بالعون وحفزوني للتقدم جدتي العزيزة وعمي

إلى زوجي الغالي وسندي في الحياة، والى والديه الكريمين.

إلى إخوتي وأخواتي الذين سرت معهم الدرب خطوة بخطوة.

إلى من أخذو بيدي في سبيل تحصيل العلم والمعرفة ولم يتوانوا في مد يد العون لي أساتذتي الكرام.

إلى جميع من مد يد العون لي في بحثي والى أصدقائي.

إليهم جميع اهدي ثمرة جهدي ونتاج بحثي المتواضع.

بلول كريمة

الشكر والعرفان

بسم الله الرحمان الرحيم

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على اشرف المرسلين نبينا محمد

صلى الله عليه وسلم

الحمد والشكر لله عز وجل الذي اعننا ووفقنا على إتمام هذه المذكرة .

نتقدم بالشكر الجزيل إلى كل من كان له بصمة في مشوارنا لنصل إلى ما نحن عليه الآن .

كما أتقدم بالشكر والامتنان للأستاذ الفاضل الدكتور "عبد القادر اللبي"

وكلمت الشكر ليست كافيا في حقه على مابذله من مجهود ونصح وإرشاد، فضلا على

متابعته الدقيقة لخطوات البحث .

والى السادة أعضاء لجنة المناقشة على قبولهم لمناقشة موضوعنا، والى كل من

كان له يد المساعدة من قريب أو بعيد

قزون الشيماء

بلول كريمة

الفهرس العام

الإهداء.....**II**
شكر وعرفان.....**III**
فهرس العام.....**IV**
فهرس الأشكال.....**VI**
فهرس الجداول.....**VII**
قائمة الرموز.....**IX**
1- المقدمة :.....**2**

الفصل الأول: عموميات حول الاستشعار عن بعد

1.1- نبذة تاريخية عن علم الاستشعار عن بعد:.....6
2.1- مفهوم الاستشعار عن بعد :.....7
2- مبدأ عملية الاستشعار عن بعد :.....8
3- مكونات عملية الاستشعار عن بعد :.....9
4 مصدر الطاقة:.....11
5-الطيف الكهرومغناطيسي :.....12
6-خصائص الموجات الكهرومغناطيسية :.....15
7تأثير عوامل سطح الأرض على الأشعة الكهرومغناطيسية :.....16
8 الغلاف الجوي والأشعة:.....18
9 التركيب الكيميائي للغلاف الجوي :.....20
10 -تفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية مع الغلاف الجوي :.....20
11تفاعلات المستهدفة للإشعاع :.....24
خلاصة.....27

الفصل الثاني: وصف تأثير الأقمار الصناعية على معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه

-1- مقدمة:.....30
2-2- مفهوم الأقمار الصناعية:.....30
2-3- خصائص الأقمار الصناعية:.....30

2-4- أنواع الأقمار الصناعية: 31
2-5- مبادئ الأقمار الصناعية: 33
2-6- اختيار المدار المناسب لأقمار الاستشعار عن بعد: 34
2-7- مجالات الأشعة التي تتعامل معها الأقمار الصناعية: 35
2-8- الظواهر الفيزيائية: 36
2-9- طريقة حساب معاملات الانعكاس المستعملة في برنامج المحاكاة 6S: 40
الخلاصة 47

الفصل الثالث: تحليل النتائج ومناقشتها

مقدمة: 50
3.3. دراسة تأثير العوامل المختلفة على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من بيانات الاستشعار عن بعد: 51
1.3.3. دراسة تأثير معامل الرؤيا على تقديرمعامل الانعكاس ثنائي الاتجاه: 51
2.3.3. دراسة تأثير نوعية الهباء الجوي علىتقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه: 52
3.3.3. دراسة تأثير الارتفاع بالنسبة لمستوى سطح البحر علىتقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه: 53
4.3.3. دراسة تأثير محتوى الغلاف الجوي الكلي من بخار الماء على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه: 55
5.3.3. دراسة تأثير السمك البصري للأوزون علىتقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه: 56
6.3.3. دراسة تأثير التوقيت العام على تقديرمعامل الانعكاس ثنائي الاتجاه: 57
خلاصة: 59
الخاتمة العامة 61
قائمة المصادر والمراجع 63

فهرس الأشكال

الرقم	العنوان	الصفحة
الشكل(1-1):	مبدأ عملية الاستشعار عن بعد	9
الشكل (1-2):	مكونات عملية الاستشعار عن بعد	11
الشكل (1-3):	الأشعة الكهرومغناطيسية	12
الشكل (1-4) :	الضوء المرئي	13
الشكل (1-5) :	الأشعة تحت الحمراء	14
الشكل (1-6):	رسم بياني يوضح هندسة المراقبة	17
الشكل (1-7):	صور لانعكاس الإشعاع	18
الشكل (1-8):	طبقات الغلاف الجوي	19
الشكل (1-9):	التشتت في الغلاف الجوي	21
الشكل (1-10):	تشتت الأشعة الكهرومغناطيسية	22
الشكل (1-11):	الامتصاص في الغلاف الجوي	23
الشكل (1-12):	نوافذ الغلاف الجوي	24
الشكل (1-13):	صور التفاعل الانعكاس مع الهدف	25
الشكل (1-14):	صور التفاعل مع الهدف	25
الشكل (1-15):	صور التفاعل مع الهدف	26
الشكل (1-16):	منحنى يوضح مقارنة لنسبتي الانعكاس	26
الفصل الثاني		
الشكل (1.2):	مجالات الأشعة التي تعامل معها الأقمار الصناعية	36
الشكل (2.2):	مساهمة الغلاف الجوي في الإشارة المقاسة	38
الشكل (3.2):	مساهمة الحزمة المبعثرة في الإشارة المقاسة	38
الشكل (4.2) :	مساهمة بيئة الهدف الإشارة المقاسة	39
الشكل (5.2):	مساهمة الحزمة المبعثرة بين الأرض والغلاف الجوي في الإشارة	39

	المقاسة	
الشكل(2-6):	انعكاس الإشعاع الشمسي في حالة هدف لامبرتي منتظم.	41
الشكل(2-7):	نقاط الهدف M و 'M	43
الجزء التطبيقي		
الشكل(1.3):	صورة ملتقطة من طرف القناة المرئية للقمر الصناعي متيوسات-7 في يوم 21 سبتمبر 1999 على الساعة00: 12 توقيت عام.	50
الشكل (2.3)	تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة معامل الرؤيا و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام.	52
الشكل (3.3)	تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة نوعية الهباء الجويو ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام	53
الشكل (4.3)	تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة الارتفاع بالنسبة لمستوى سطح البحر و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام.	54
الشكل (5.3)	تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة محتوى الغلاف الجوي الكلي من بخار الماءو ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام	55
الشكل (6.3)	تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة السمك البصري للأوزونو ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام	56
الشكل (7.3)	تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة التوقيت العام و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام	57
الشكل (8.3)	تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة نوع الجو و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام	58

فهرس الجداول

الرقم	العنوان	الصفحة
جدول (1-1)	أهم الأقمار الصناعية وتاريخ إطلاقها	7
جدول(2.2)	السرعة والفترة الزمنية للدوران حول المدار لمختلف الأقمار الصناعية	34

فهرس الرموز

$\delta\lambda_s$	ازاحة القمر الصناعي على الاستواء.
T	الفترة الزمنية بالدقائق.
$\rho *$	معامل الإنعكاس الظاهري.
L	الاشعاع المقاس(درجة اللمعان)
Es	الاشعاع الشمسي الوارد من خارج الغلاف الجوي.
θs	زاوية سمت الشمس.
E_{sol}^{diff}	الاشعاع الشمسي المتشتت أو المنتشر النازل.
E_{sol}^{dir}	الإشعاع الشمسي المباشر النازل و الموهن بواسطة الغلاف الجوي
$t_d(\theta_s)$	معامل نفاذية التشتت
S	اللألبيدو الكروي للغلاف الجوي
V	زاوية الرؤيا
$T(\theta_s)$	معامل النفاذية الكلية
$\rho_\alpha(\theta s, \theta v, \varphi s, \varphi v)$	مساهمة الإشعاع الشمسي المنعكس من طرف الغلاف الجوي.
$t_d^{'}(\theta_v)$	معامل نفاذية التشتت الجوي
M	هدف
$\rho^*(\theta_s,\theta_v,\varphi_s-\varphi_v)$	معامل الانعكاس الجوي
$\rho_c(M)$	معامل انعكاس الهدف
$\rho_e(M)$	معامل انعكاس بيئي منتظم للهدف

$\langle\rho(M)\rangle$ المتوسط المكاني لمعاملات الانعكاس لكل الأسطح المجاورة

M المبدأ لنظام الإحداثيات X و Y.

$\rho'(X,Y)$ معامل الانعكاس عن النقطة $M'(X,Y)$.

$e(X,Y,\theta_v)$ المساهمة في النفاد الجوي المنتشر $t_d(\theta_v)$ في وحدة المساحة لمصدر إيزوتروبي عند النقطة $M'(X.Y)$.

$\rho_a^1(\mu_s \cdot \mu_v, \varphi_v - \varphi_s)$ مساهمة التشتت الفردي بينما الحد الثاني يمثل الحسابات بشكل كبير من أجل الدرجات الأعلى للتشتت.

μ جيب تماما لزاوية سمت الشمس أو الرؤيا.

τ السمك البصري.

$E_3(\tau)$ و $E_4(\tau)$ تماثل التكاملات الأسية من اجل الوسيط τ.

z_t ارتفاع الهدف

المقدمـــــــة العـــــــامـــــة

معظم الأقمارالصناعية للطقس مجهزة بمقاييس إشعاع عالية الدقة تتمثل في قياس الطاقة الكهرو مغناطيسية في بضع ميكرو ثانية من نقطة على سطح الأرض.

كذلك بفضل تقنيات الفضاء، هو الآن جعل من الممكن مراقبة منطقة الأرض بأكملها في لقطة واحدة، أو استنتاج خصائص التربة لمتابعة حالة الغلاف الجوي بشكل أفضل [1].

حيث يمكن تعريف القمر الصناعي بأنه جسم أو هيكل من صنع الإنسان موضوع في مدار حول الأرضأو حول أي جسم فضائي أخر بحيث يتحرك بقوانين معينة شبيهة نوعا ما لتلك التي تحكم حركت الكواكب في مدراتها حول الشمس[2].

من أوائل الأقمار الصناعية لمراقبة الطقس هي الأقمار الصناعية TIROS-1التي تم إطلاقها في الولايات المتحدة الأمريكية بواسطة NOAA (الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي والأقمار الصناعية)وبعد عدة سنوات من التجارب تم تحسين الأقمار الصناعية تدريجيا وتكييفها بشكل أفضل حيث أنه تم استخدامها في مراقبة الأرض من بيانات الاستشعار عن بعد لغرض الأرصاد الجوية [3].

الاستشعار عن بعد هو الانضباط العلمي الذي يجمع كل المعارف والتقنيات المستخدمة لرصد وتحليل وتفسير وإدارة البيئة من القياسات والصور التي تم الحصول عليها باستخدام الهواء أو الفضاء أو الأرض أو البحر[3].

إن بيانات الاستشعار عن بعد هي عبارة عن قياسات مدمجة على مقياس مكاني (البيكسل) لبعض سمات السطح (اللمعان، درجة حرارة اللمعان، الألبيدو الظاهري). لهذا فهو نوع مختلف تماما من البيانات التي تحتاج إلى معايرة وتحويل إلى متغيرات مفيدة للنماذج مثل الألبيدو، معامل الانبعاث و درجة حرارة [3].

إن الإشارة الملتقطة من طرف القناة المرئية للقمر الصناعي ميتيوسات -7 تمثل الإشعاع الشمسي المنعكس بواسطة النظام ارض–جوفي المجال المرئي والذي مصدره الشمس. تعتمد هذه الإشارة الملتقطة على معامل انعكاس السطح، ولكنها تعتمد أيضا على عمليتين في الغلاف الجوي وهما الامتصاص الغازي والتشتت بواسطة الجزيئات وجسيمات الهباء الجوي. وفي الحالة المثالية (أي بدون تأثير للغلاف الجوي)، يضيء الإشعاع الشمسي السطح حيث يمتص السطح جزء صغير من الإشعاع الوارد، بينما ينعكس الإشعاع المتبقي إلى الفضاء[4].

قياسات الإشعاع على الأرض ترجع بشكل رئيسي إلى الاختلافات في مكونات الغلاف الجوي مثل بخار الماء، وثاني أكسيد الكربون والهباء ...، الجسيمات الصلبة العالقة في الغلاف الجوي، تتميز بسمك بصري يمثل درجة تعكر الغلاف الجوي. التقلبات في قياس الإشارة يعود بشكل كبير إلى التقلبات في سمك البصريات من الهباء الجوي يلعب معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه والسمك البصري للهباء الجوي دورا مهم في حساب التوازن الإشعاعي عند السطح البيني بين الأرض والغلاف الجوي وقياسها يتطلب معدات محددة[1].

إن الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير العوامل المختلفة مثل كمية محتوى الغلاف الجوي الكلي من بخار الماء، كمية و نوعية الهباء الجوي، ارتفاع مستوى الأرض بالنسبة لسطح البحر، كمية الأوزون في الجو، نوع الجو على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بواسطة الأقمار الصناعية.

حيث تم انجاز هذا العمل من خلال ثلاثة فصول، الفصل الأول قدم عموميات حول الاستشعار عن بعد والذي تطرقنا فيه إلى تعريف الاستشعار ومكوناته الأساسية، ومبدأه وتطوره.

أما الفصل الثاني فقد تطرقنا فيه لوصف الأقمار الصناعية وتعريفها ومدراتها الأساسية بالإضافة إلى وصف الظواهر الفيزيائية للإشعاع الشمسي وكذلك طريقة حساب معاملات الانعكاس المستعملة في برنامج المحاكاة 6S.

أما الفصل الثالث فهو عبارة عن عرض للنتائج المتحصل عليها ومناقشتها وتحليلها حيث تم دراسة تأثير العوامل المختلفة على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد وذالك باستخدام برنامج المحاكاة السابق ذكره.

الفصل الأول

عموميات حول الاستشعار

عن بعد

1- المقدمة:

من المعروف لدينا أن تطور أي بلد يعتمد على جمع وحصر المعلومات الخاصة بالموارد الطبيعية والصناعية والاقتصادية وغيرها، وذالك لاستخدامها في التخطيط المستقبلي أو لإيجاد الحلول للمشكلات المرتبطة بهذا البلد. وقد تعددت طرق ومصادر جمع المعلومات، ومن هذه ومن هذه الطرق: الطرق التقليدية، مثل الأعمال الميدانية والإحصاءات وغيرها.

إلا أن التوسع في الحاجة إلى البيانات المكانية، سواء من حيث الحجم المساحي أو الدقة في التفاصيل، جعلت المصادر التقليدية غير كافية أو غير عملية من ناحية سرعة الحصول على المعلومة أو دقتها[5].

كما فرت التطبيقات المختلفة للاستشعار عن بعد المعلومات اللازمة لتحسين صياغة القرارات في مجالات عدة في البيئة والتخطيط وغير ذالك من المجالات التي كانت سبب في اعتماد هذه التقنية في عمليات صنع القرار ومراقبة تنفيذه [6].

1.1- نبذة تاريخية عن علم الاستشعار عن بعد:

يعتبر علم الاستشعار عن بعد أحد العلوم التي تشهد تطور كبير إلى يومنا هذا، ومزال يتطور وتزداد أهميته مع زيادة إمكانياته وسهولة الحصول على معلومات من مخرجاته.

انطلق علم الاستشعار عن بعد من اختراع آلة التصوير عام 1839م، حيث أخذت أول صوره من الجو عام 1858م على ارتفاع 80 متر في قرية فرنسية، ثم أخذت صورة لمدينة بوسطن عام 1860م من منطاد على ارتفاع 360متر

.وبعدها أخذت صورة لأغراض الأحوال الجوية من طائرة ورقية عام 1882م .إلى أن تم اختراع الطائرة من الأخوين رايت عام 1903م الذي ساهم بدوره في تطوير طرق التصوير وفي عام 1915م تم تصنيع جهاز تصوير خاص بالطائرات قام بتصميمه ضابط في سلاح الجو البريطاني

.ولكن تفسير الصور الجوية بدأ بمعناه الحقيقي خلال الحرب العالمية الأولى، وقد ساعد ذلك على ظهور أجهزة الرؤية المجسمة عام 1915م. واستخدمت الصورة الجوية عام 1920م في عمليات التنقيب على النفط.

ثم ساعد تطور علم العدسات عام1934م الذي تمكن فيه الحصول على صور جوية بمقاييس صغيرة.

كما أنها استخدمت الصور الجوية في عمليات التجسس في الحرب العالمية الثانية، وذالك لتحديد الأهداف العسكرية وتقدير الخسائر وحصرها[5].

ومع بداية عصر الفضاء والاتصالات بالأقمار الصناعية حيث أطلقت الولايات المتحدة الأمريكية صاروخا عام 1946م لغرض الاستكشاف الفضائي على ارتفاع 120كيلو متر، وقد أطلق أول قمر

صناعي عام 1957م من قبل الاتحاد السوفيتي، بعدها أطلقت أمريكا أول أقمارها الصناعية في عام 1958م.

وتوالت الانجازات حتى تم عام 1965م إطلاق المركبة المأهولة (جيمي 3)، تم استمر التصوير الفضائي في سلسلة رحلات (ابولو) التي بدأت عام 1968م وانتهت عام 1972م.

انطلق بعدها سباق الأقمار الصناعية وغزو الفضاء وسعت كل دولة إلى امتلاك سلسلة من الأقمار لتكون هي المسيطرة على هذه التقنية و الجدول (1-1) يلخص أهم الأقمار وتاريخ إطلاقها[5].

جدول (1-1):أهم الأقمار الصناعية وتاريخ إطلاقها[6].

	مالك القمر	اسم القمر	تاريخ الإطلاق	ملحوظات
1	الولايات المتحدة الأمريكية	LANDSAT-1	1972 م	انتهى العمل به في 1978
2	الولايات المتحدة الأمريكية	LANDSAT-2	1975م	انتهى العمل به في 1983م
3	الولايات المتحدة الأمريكية	LANDSAT-3	1978م	انتهى العمل به في 1983م
4	الاتحاد السوفياتي	RESURS-O1-1	1985م	
5	فرنسا	SPOT-1	1972م	
6	الاتحاد السوفياتي	RESURS-O1-2	1986م	
7	الهند	IRS-1A	1988م	
8	الولايات المتحدة الأمريكية	LANDSAT-6	1993م	حدث فشل في إطلاق هذا القمر
9	كندا	RADARSAT	1995م	

2.1- مفهوم الاستشعار عن بعد :

الاستشعار عن بعد هو علم وفن في نفس الوقت، أما تعريفه كعلم فهو ذلك العلم الذي يهتم بانجاز تطبيقي لأجهزة الطاقة الكهرومغناطيسية لإمكانية الوصول بواسطتها على معلومات عن أهداف بعيدة على سطح الأرض، ودراسة إمكانية الاستفادة من تلك المعلومات في الأغراض العلمية والتطبيقات المتعددة[7].

الاستشعار عن بعد يعني رؤية الأشياء دون الاقتراب منها.حيث انه إذا قرأ الإنسان في كتاب ما أو النظر إلى فيلم معين أو ترقب بعينه هدف ما فإنه بهذا يطبق من حيث المبدأ فكرة الاستشعار عن بعد، إذ تعمل العين عمل جهاز الاستشعار عن بعد حيث تستجيب للضوء المنعكس من الهدف الذي تنظر إليه[7].

إضافة إلى أن تكنولوجيا الاستشعار عن بعد عبارة عن حقل واسع يحتوي على تكنولوجيا صناعة الأقمار الصناعية ومجسات التصوير، وطرق مختلفة حول كيفية التقاط المرئيات والحصول على البيانات ومناهج متعددة في تقنيات معالجة تلك المرئيات، وتطبيقات كثيرة تستفيد من هذه التكنولوجيا[7].

وقد عرف(Elachi and Van Zyl, 2006) الاستشعار عن بعد بأنه العلم الذي يتم بواسطته الحصول على المعلومات المتعلقة بجسم ما بدون أن يكون هناك اتصال طبيعي معه، ويتم الحصول على تلك المعلومات عن طريق استكشاف وقياس التغيرات التي يفرضها الجسم على الحقل المحيط به، سواء كان حقل كهرومغناطيسي أو صوتي أو مكاني، ويتضمن ذلك وجود حقل ينعكس أو ينبعث بواسطة الجسم .

أما (Lillesand et al, 2004) فقد قدموا تعريفا أخر للاستشعار عن بعد بأنه علم وفن كيفية الحصول على معلومات حول هدف أو منطقة أو ظاهرة ما ، وذلك من تحليل البيانات التي يتم جمعها وتسجيلها بواسطة مجسمات التصوير بدون حدوث أي اتصال مباشر مع المنطقة أو الهدف والظاهرة التي يتم دراستها[8].

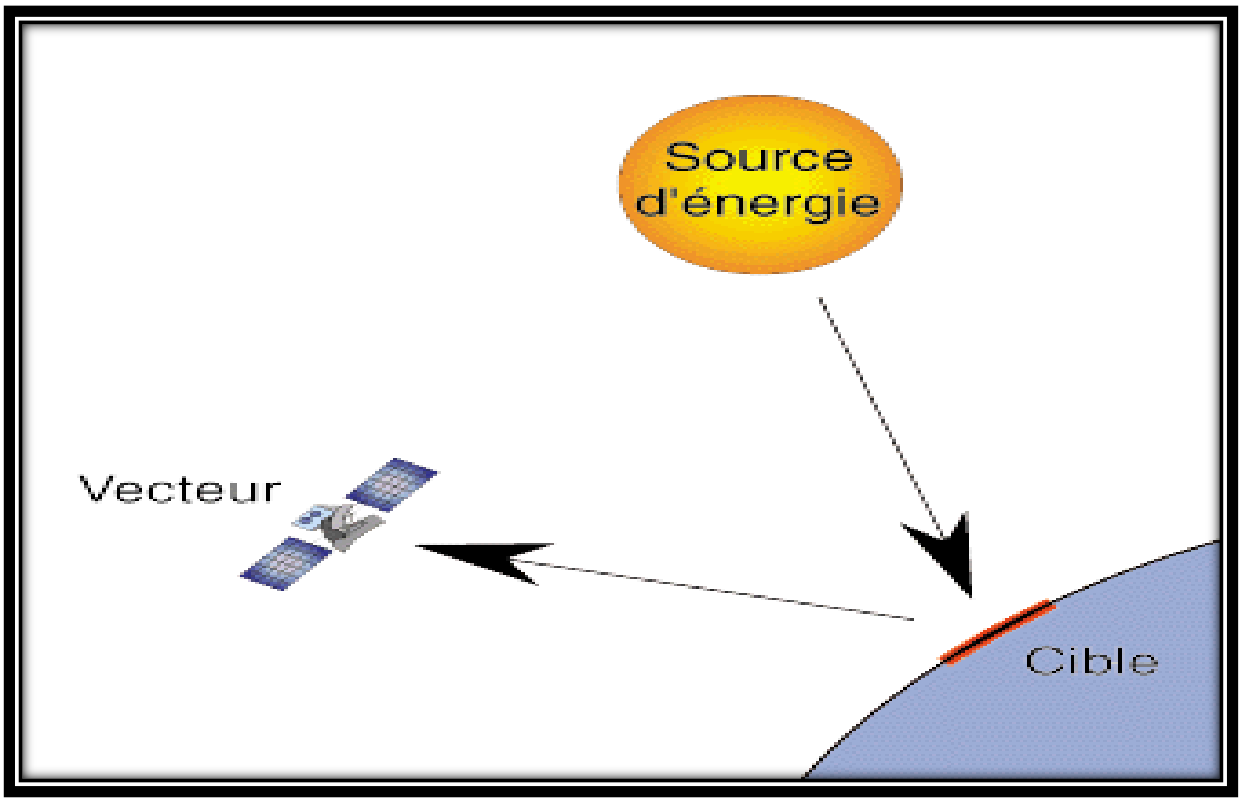
وبذلك يمكن تعريف الاستشعار عن بعد بأنه علم يدرس الأهداف والظواهر على سطح الأرض دون الاحتكاك المباشر أو التماس الفيزيائي مع الأهداف المدروسة، ويتم هذا الأمر عن طريق استشعار وتسجيل الأشعة المنعكسة أو الصادرة عن الأهداف المدروسة[6].

2- مبدأ عملية الاستشعار عن بعد :

الاستشعار عن بعد المقصود به هو الحصول على معلومات عن بعد، دون الاتصال المباشر مع الكائن قيد الدراسة.فالحصول على المعلومات عن بعد يدل على تدفق للمعلومات بين الجسم المرصود والمستشعر، وتنتقل هذه المعلومات بواسطة الإشعاع الكهرومغناطيسي، والذي يمكن أن ينبعث من جسم أويأتي من جسم أخر ويعكس من خلاله.

وتعتمد كمية ونوع الإشعاع المنعكس أو المنقول أو المنبعث بشكل كبير على خصائصها الطيفية [9].

تتطلب عملية الاستشعار عن بعد حدوث تفاعل بين الإشعاع الكهرومغناطيسي والهدف سواء بالمجسمات المحمولة على الأقمار الصناعية أو طائرات التصوير (لاحظ الشكل (1-1)).



الشكل(1-1): مبدأ عملية الاستشعار عن بعد

3- مكونات عملية الاستشعار عن بعد :

3-1وجود مصادر للطاقة الكهرومغناطيسية:

تعتبر الشمس المصدر الأول للطاقة والذي يقوم بتزويد مختلف الظواهر على سطح الأرض بالطاقة الكهرومغناطيسية وهي الأساس الأول لحدوث عملية الاستشعار عن بعد

وتنقسم المستشعرات إلى نوعين:

3 -1- 1مستشعرات سالبة:

وهي الأجهزة الاستشعارية التي تقوم بقياس الطاقة المتاحة بشكل طبيعي، تعتمد الطاقة المرسلة من الشمس إلى الهدف على سطح الأرض، حيث تقوم المجسمات بتسجيل الأشعة المنعكسة أو المنبعثة من تلك الأهداف[6].

3-1-2مستشعرات موجبة(فعالة):

هي أجهزة الاستشعار التي تقوم بتوليد الأشعة الكهرومغناطيسية من أجهزة خاصة في مجساتها وترسلها نحو الأهداف وبالتالي تسجل الأشعة المرتدة من تلك الأهداف مثل الرادار[6].

2-3 تفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية مع الغلاف الجوي :

تحدث عمليات فيزيائية نتيجة لتفاعل الطاقة الكهرومغناطيسية مع الغلاف الجوي أثناء انتقالها من الشمس وقبل وصولها إلى سطح الأرض مثل الانعكاس والامتصاص و النفاذية، فجزء من الطاقة الكهرومغناطيسية يتم امتصاصه أو يتشتت في الغلاف الجوي والباقي ينفذ على سطح الأرض[6].

3-3 التفاعل مع الأهداف على سطح الأرض:

بعد نفاذية الطاقة ووصولها إلى سطح الأرض تتفاعل مع الهدف، ويعتمد هذا على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للهدف وكذلك خصائص الإشعاع[6].

3-3-1 تسجيل الطاقة بواسطة جهاز الاستشعار:

يقوم جهاز الاستشعار المحمول على القمر الصناعي بتسجيل الطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من الهدف إلى سطح الأرض في حالة المستشعرات السالبة.

أما في حالة المستشعرات الفعالة فيقوم بإرسال الذبذبات إلى الهدف على سطح الأرض ومن ثم تسجيل الأشعة المرتدة باتجاه المستشعر[6].

3-3-2استقبال البيانات ومعالجتها :

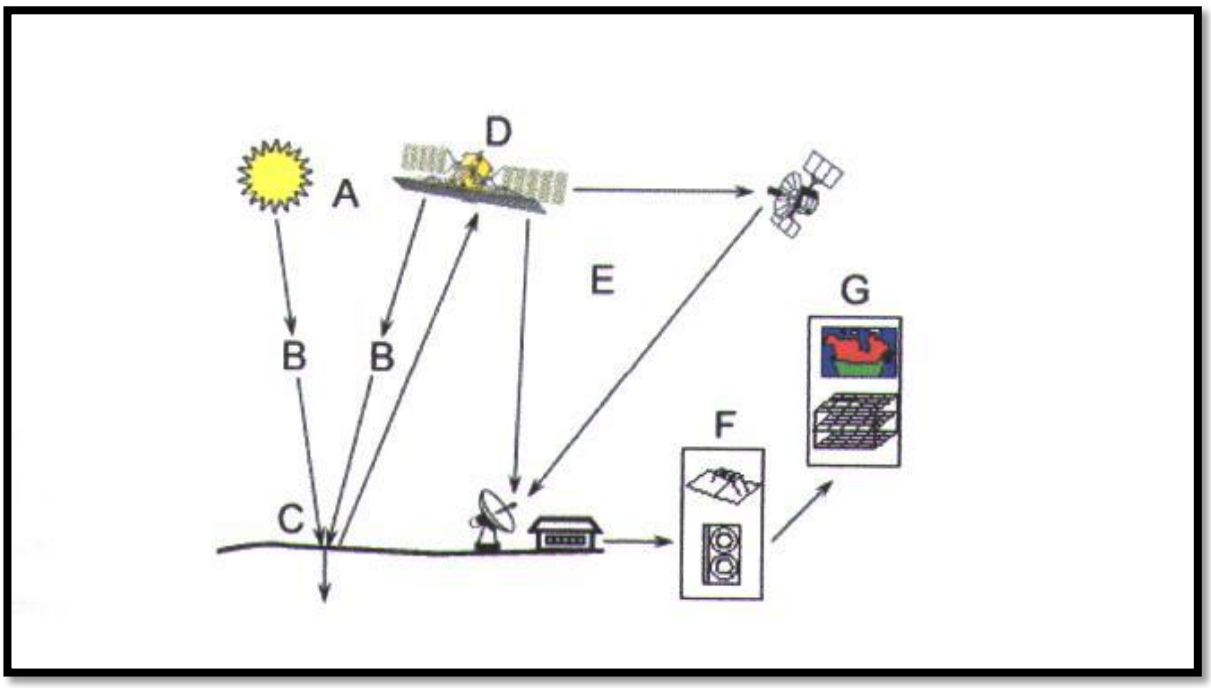
بعد أن يستقبل الجهاز الطاقة يقوم بتسجيلها على شكل بيانات رقمية، ثم يرسلها إلى المحطات الأرضية التي يقوم بمعالجتها وتحويلها إلى مرئيات فضائية[6].

3-3 -3التفسير والتحليل :

يتم في هذه المرحلة عملية تفسير وتحليل المرئيات الفضائية بشكل بصري أو الكتروني أو رقمي وذلك للحصول على معلومات حول الهدف المراد دراسته[6].

3-3-4 التطبيق :

في هذه المرحلة يتم الاستفادة من المعلومات المتعلقة بالأهداف واستخراجها بغرض كشف أي معلومات جديدة تساهم في دراسة الظاهرة [6].



الشكل (1-2): مكونات عملية الاستشعار عن بعد[6]

3-4جهاز الاستشعار (تسجيل الأشعة) :

المستشعر : هو جهاز يستقبل الأشعة الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من الهدف المرصود ، بعد أن يقوم بتحويل الأشعة الكهرومغناطيسية إلى إشارة كهربائية ثم إلى رقم عددي .

وبذلك يقوم المستشعر باستقبال الإشعاع الكهرومغناطيسي من خلال مجموعة المسح والمجموعة الضوئية، ثم يقوم بتمرير هذا الإشعاع عبر مجموعة الفصل الطيفي (المرشحات) ليتم فصل كل نطاق مميز من الأشعة على حدا وتسجيله في المرئية مستقلة يطلق عليه النطاق Band وتمثل الإشعاع الكهرومغناطيسي في نطاق معين من الأشعة (الزرقاء، الحمراء، الخضراء .....) ليتم جمعها واختزانها في ملف واحد رقمي [10].

4 مصدر الطاقة:

يتمثل أول متطلبات عملية الاستشعار عن بعد وجود مصدر لطاقة يقوم بإضاءة أو توفير طاقة كهرومغناطيسية للأهداف المطلوبة.

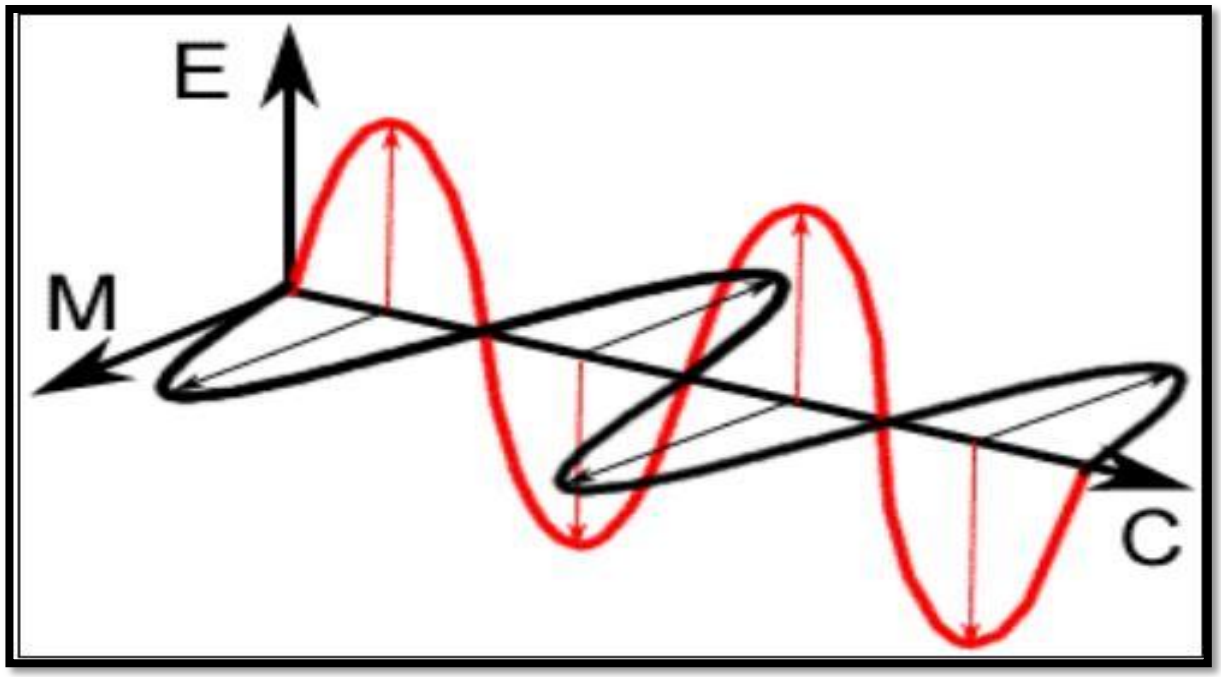
وتعتبر الشمس هي المصدر الرئيسي للإشعاع الكهرومغناطيسي، وضوء الشمس هو مصدر الإضاءة على كوكب الأرض بحيث يستخدمه الدماغ لبناء صورة متكاملة للمشاهد التي يراها الإنسان، وبذالك تستطيع العين البشرية رؤية مختلف المظاهر الطبيعية والبشرية على كوكب الأرض أثناء النهار، إن سبب تسمية الطيف المرئي بهذا الاسم يعود إلى العين البشرية تستطيع كشفه ورؤيته (Schott,2007) وهناك أنواع أخر بإشعاعات الطاقة الكهرومغناطيسية إلا أنها غير مرئية بالعين المجردة مثل الأشعة

القصيرة (المايكرو يف)، والأشعة تحت الحمراء و الفوق البنفسجية والأشعة السينية والأشعة غاما، وجميع هذه الأنواع تعتبر أطياف تشع طبقا لنظرية الموجات الكهرومغناطيسية[6].

4-1تعريف الأشعة الكهرومغناطيسية:

الأشعة الكهرومغناطيسية هي عبارة عن إشعاعي تألف من حركتين متوافقتين تتحركان في مستويين متعامدين.

كما هو موضح في الشكل (1-3) تتكون الأشعة الكهرومغناطيسية من مجال كهربائي والذي يتغير في القيمة في الاتجاه العمودي على اتجاه سريان الإشعاع ومجال مغناطيسي يتعامد على المجال الكهربائي (ومن هنا جاء مسطح الكهرومغناطيسية) وكلا المجالين الكهربائي والمغناطيسي يسيران بسرعة الضوء وتأخذ الرمز C [11] كما هو موضح في الشكل التالي:



الشكل (1-3): الأشعة الكهرومغناطيسية [11]

وتعتبر الطاقة الكهرومغناطيسية الوسيلة التي يتم بها إرسال المعلومات من الهدف إلى المستشعر، مباشرة من المصدر أو بطريقة غير مباشرة بفعل الإشعاعات المنعكسة في مختلف الأهداف[12].

5-الطيف الكهرومغناطيسي:

الطيف الكهرومغناطيسي هو نطاق متصل من الموجات الكهربائية والمغناطيسية ذات أطوال موجية المختلفة، التي تبدأ من الموجات قصيرة وترددات عالية في جانب، إلى موجات طويلة جدا

وترددات منخفضة في الجانب الأخر.وتختلف الطاقة المنبعثة أو المنعكسة من الأجسام حسب ترددداتها وأطوال موجاتها في جميع أقسام الطيف الكهرومغناطيسي[13].
وينقسم الطيف الكهرومغناطيسي إلى أقسام وهي:

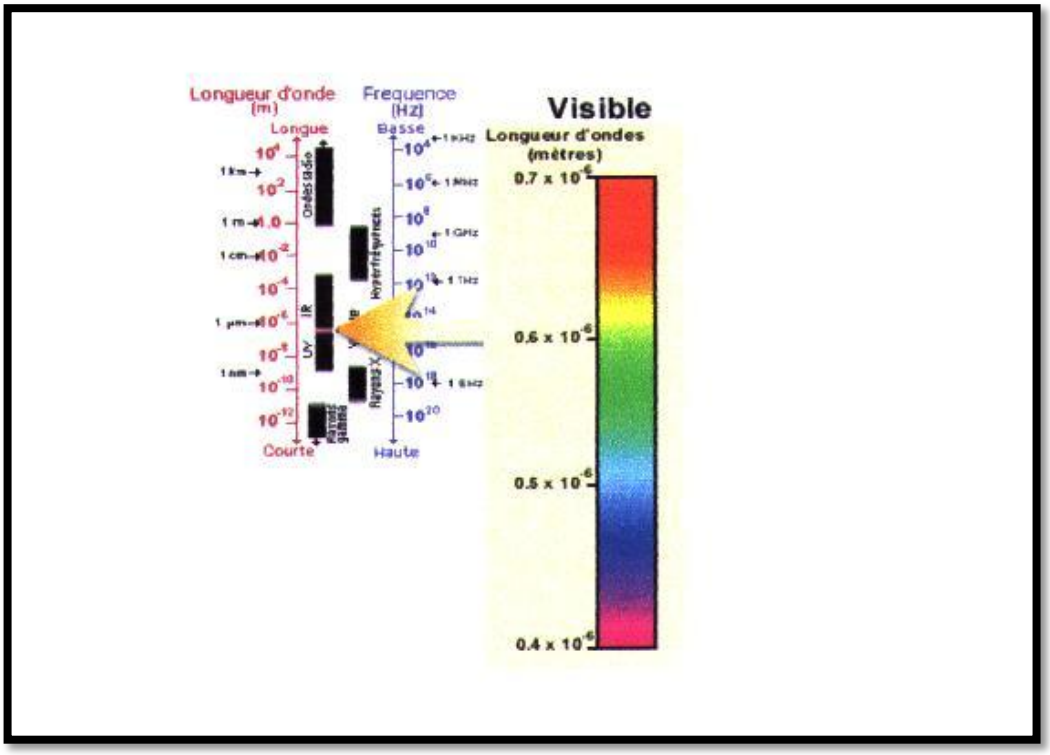
5- 1قسم الأشعة المرئية:

الطيف المرئي أي الذي يمكن رؤيته من طرف العين البشرية، وهذا المجال من الأطوال الموجية للطيف الكهرومغناطيسي يسمى الضوء. ويمكن تقسيم هذه المنطقة إلى مناطق أصغر توازي الألوان التي يمكن للعين البشرية أن تميزها وهذه المناطق هي (لاحظ الشكل 1-4):

اللون البنفسجي : من 0.4 إلى 0.446 µm.
اللون الأزرق: من 0.446 إلى 0.5 µm.
اللون الأخضر: من 0.5 إلى 0.578 µm.
اللون الأصفر : من 0.578 إلى 0.592 µm.
اللون البرتقالي : من 0.592 إلى 0.62 µm.

اللون الأحمر: من 0.62 إلى 0.7 µm.

ويشكل الأصفر والأخضر والأحمر الألوان الأساسية الحقيقية أما دونها فهي عبارة عن تركيب مختلفة النسب من هذه الألوان[13].



الشكل (1-4) : الضوء المرئي[14]

2-5 قسم الأشعة ما تحت الحمراء :

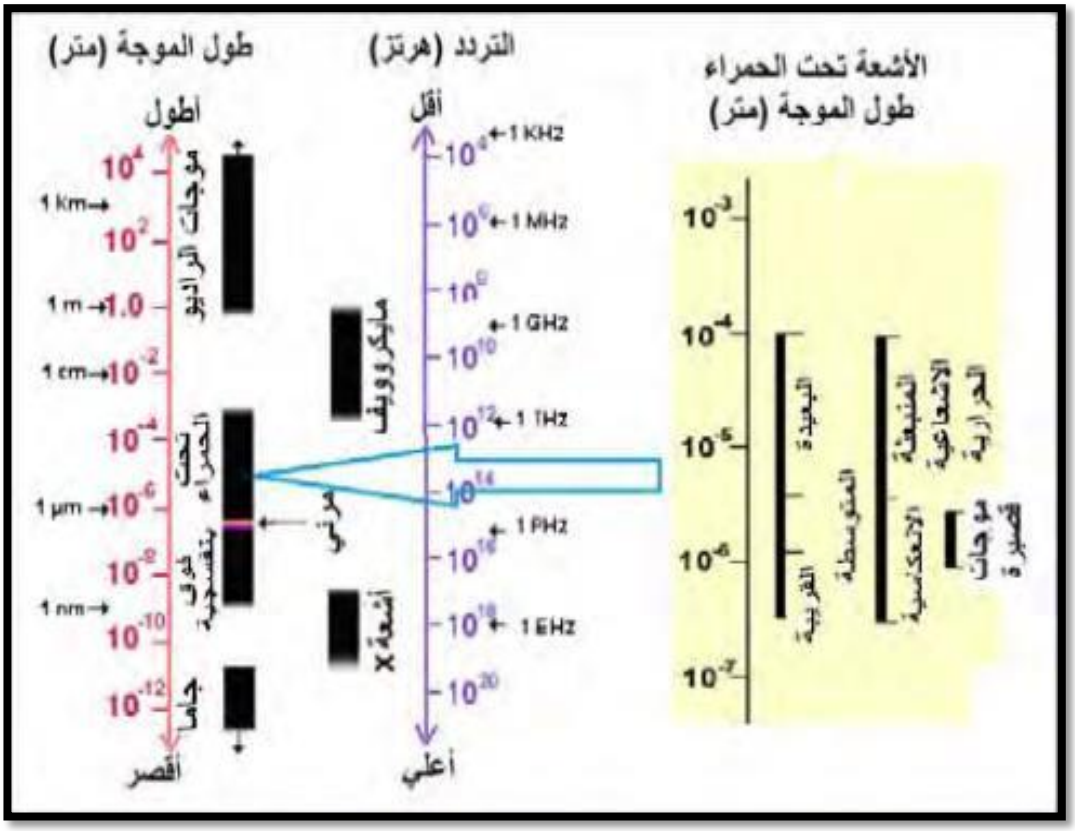
تغطي منطقة طيف الأشعة ما تحت الحمراء بين 1ميكرومتر و100ميكرومتر، أي تقريبا مائة مره أعرض من الطيف المرئي. وينقسم بدوره إلى قسمين[13]:

الأشعة تحت الحمراء المنعكسة بين 0.7 حتى 3 µm.

الأشعة تحت الحمراء بين 3 حتى 100 µm.

وهذا القسم ينقسم بدوره إلى ثلاثة أقسام فرعية وهي (لاحظ الشكل 1-5):

الأشعة ما تحت الحمراء القريبة.
الأشعة ما تحت الحمراء المتوسطة.
الأشعة ما تحت الحمراء البعيدة.



الشكل (1-5) :الأشعة تحت الحمراء [18]

3-5أشعة الميكرويف:

وهي أشعة ذات موجات أطول من الأشعة الحمراء وتستخدم في الاستشعار بواسطة الرادار والراديومتر.

وتتمثل أهمية أنظمة الاستشعار عن بعد العاملة في نطاق طيف الميكروويف في البلدان الشمالية مثل كندا حيث تكثر السحب ويصبح من الصعب الاعتماد على أنظمة الاستشعار عن بعد التي تعمل في منطقتي الطيف المنظور وتحت الحمراء[13].

6-خصائص الموجات الكهرومغناطيسية :

من أهم الخصائص الأساسية لفهم مبادئ الاستشعار عن بعد، نذكر منها مايلي:

6-1الإنبعاثات:

تصدر الأجسام التي درجة حرارته أكبر من الصفر المطلق إشعاع كهرومغناطيسي.حيث يمكن أن يكون المصدر لهذا الإشعاع الشمس أو القمر الصناعي (RADAR) أو الهدف(أشعة تحت الحمراء الحرارية)[15].

6- 2الانعكاسات :

عندما يتلقى الجسم كمية من الإشعاع يعكس بعض منها، وعندما يكون مصدر هذا الإشعاع شمسي الذي يعكسها جزء من الفضاء الأرضي، فإننا نتحدث عن البياض. وقد يكون هذا الانعكاس تناظري أي انه موجه بالكامل في اتجاه واحد، أو منتشر أي موجه في جميع الاتجاهات [15].

6-3 الامتصاص :

عندما يتلقى الجسم كمية من الإشعاع يمتص بعض منها، والطاقة الممتصة يتم تحويلها وتعديل الطاقة الداخلية للجسم.

وبهذا تزداد درجة الحرارة الداخلية للجسم زيادة طفيفة ويكون هناك مصادر إنبعاثات أكبر في الأطوال الموجية الأخرى[15].

6-4النقل:

ينقل الجسم كمية من الإشعاع التي يتلقاها. حيث أن الأجسام الشفافة لديها نفاذية عالية في الأطوال الموجية المرئية، من بين الأسطح التي يمكن أن تنقل الإشعاع الكهرومغناطيسي مثل سطح الماء أو أوراق الشجر[15].

5-6الانتشار :

ظاهرة الانتشار من الظواهر المهمة في مجال استشعار الفضاء عن بعد. جزء من الإشعاعات الكهرومغناطيسية تتسبب في انتشاره الجسيمات المجهرية مثل تلك الواردة في الغلاف الجوي. انتشار الضوء يتم بشكل تفضيلي بأطوال موجية قصيرة (ازرق) وبهذا تبدو السماء زرقاء. وعند غياب هذا الانتشار الموجود بسبب الغلاف الجوي، فستكون السماء سوداء وستكون المناطق المظلمة أيضا سوداء، وينتشر25% من الإشعاع الشمسي الذي يمر عبر الغلاف الجوي[15].

7تأثير عوامل سطح الأرض على الأشعة الكهرومغناطيسية :

عند سقوط الإشعاع الكهرومغناطيسي على مادة سطح الأرض فإنه يتفاعل معها بثلاثة طرق هي:الامتصاص والمرور والانعكاس، ويعمل الاستشعار عن بعد بتسجيل بيانات الإشعاع الكهرومغناطيسي المنعكس على سطح الأرض.

وتتميز كل مادة من الكون بنمط مميز من الإشعاعات المنعكسة يطلق عليها اسم البصمة الطيفية وهي التي تميز مختلف مواد سطح الأرض عن بعضها البعض .

إن الاختلاف في خاصية الانعكاس هو المهم في تطبيقات الاستشعار عن بعد. وتتأثر الانعكاسات بالخصائص التالية:

- طول الموجة الكهرومغناطيسية.
- زاوية سقوط الأشعة.
- الخواص الفيزيائية والكيميائية للهدف.

واستنادا إلى هذه العوامل يمكن تعريف الانعكاس كالتالي[16]:

1-7تعريف الانعكاس :

الانعكاس هو مقياس لقدرة السطح على عكس الطاقة الواردة.

بحيث يعترض سطح الأرض معظم الطاقة الشمسية الحادث في مناطق الطيف الكهرومغناطيسي وأطوال الموجات القصيرة وفي الأشعة تحت الحمراء الحرارية.

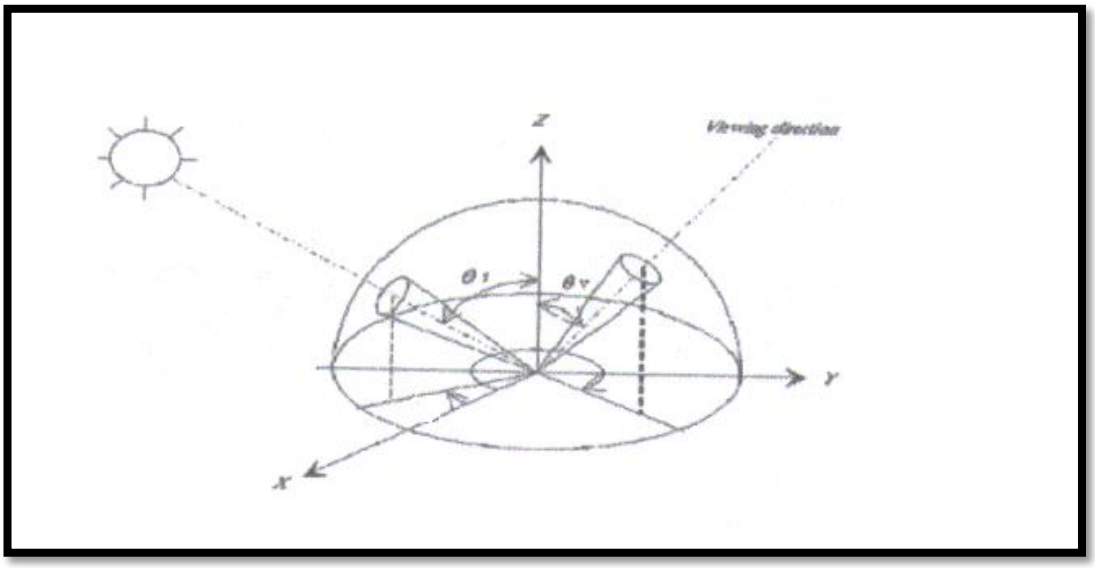
يرمز لمعامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بالدالة $\rho(\theta_S, \theta_v)$:

S: اتجاه الشمس بالنسبة للجسم المرصود. ويتمثل في اتجاه طاقة السقوط، والذي يتميز بالزوايا θ_S و Φ_S(مصدر الحادث هو الشمس).

v: الاتجاه الذي يستهدف فيه المستشعر الجسم المرصود .يتعلق الأمر باتجاه الطاقة المنعكسة، ويتميز بزوايا θ_v و Φ_vكما أنها تمثل اتجاه رؤية القمر الصناعي.

ويستخدم مصطلح الانعكاس ثنائي الاتجاه لأن الإشعاع الساقط هو جزء من الإشعاع المنعكس له اتجاه محدد بواسطة الهندسة الزاوية كما هو موضح في الشكل (1-6).

كما أن معامل الانعكاس الثنائي الاتجاه هو أيضا دالة لطول موجة المراقبة λ[17].



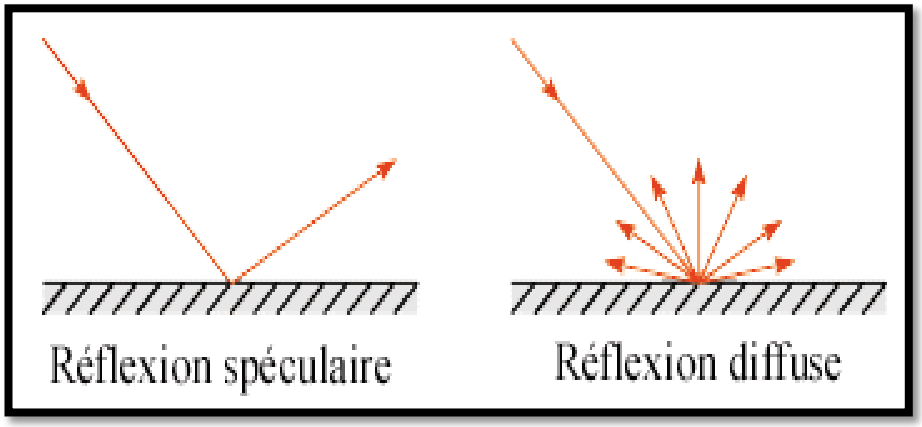
الشكل (1-6):رسم بياني يوضح هندسة المراقبة

2-7 الانعكاس المتناظر

يحدث عندما يكون السطح الموجه للإشعاع الكهرومغناطيسي ناعما ويكون معظم الإشعاع الساقط عليه في اتجاه واحد، وتكون زاوية سقوط الأشعة على الهدف مساويا لزاوية الانعكاس، ولذلك فإن هذا السطح يكون مشابها للمرآة خاصة في حالة الإشعاع الكهرومغناطيسي طويل الموجة حوالي (10µm) ولكنه يكون خشن إلى حد ما في الإشعاع قصير الموجة حوالي(0.5 µm) [3].

3-7 الانعكاس المنتشر:

وتكون فيه العواكس الناشرة التالية ذات أسطح خشنة تعكس فيه الإشعاعات بشكل متماثل في جميع الاتجاهات، والذي يحدث عندما طول الموجة الأشعة الواردة اصغر بكثير من تغير ارتفاعات السطح أو حجم الجزيئات المكونة لسطح الأشعة الواردة اصغر بكثير من ارتفاعات السطح أو حجم الجزيئات المكونة لسطح الهدف فإن هذا الهدف يبدو خشنا ويعمل سطح ناشرا، ويعطي معلومات طيفية لونية مميزة بعكس العواكس البراقة. وهذا النوع هو المفيد في تطبيقات الاستشعار عن بعد، حيث يمكن تمييز الأجسام بعضها عن بعض[16].



الشكل (1-7): صور لانعكاس الإشعاع

8 الغلاف الجوي والأشعة:

الغلاف الجوي هو غلاف غير مرئي يتكون من الغازات التي تحيط بكوكب الأرض، والذي يتكون من مزيج من الغازات تحافظ عليها الجاذبية الأرضية من الانفلات، والذي يعمل كمصفاة عملاقة تسمح بدخول الأشعة الشمس إلى الأرض، وتبقى معظم الأشعة فوق البنفسجية خارجه[18].

ويتألف الغلاف الجوي كما هو موضح في الشكل (1-8) من عدة طبقات متعاقبة تترتب من الأقرب إلى الأبعد عن سطح الأرض كالتالي:

طبقة التروبوسفير:

هي اقرب طبقات الغلاف الجوي لسطح الأرض، وتمتد حوالي 10كلم على مستوى سطح البحر، ويقع في هذه الطبقة أغلب أحداث الطقس وتقلباته التي نعيشها في حياتنا، نظرا لوجود حولي99%من بخار الماء في هذه الطبقة، وينخفض فيها كل من الضغط ودرجات الحرارة بالتوجه نحو الأعلى[18].

طبقة الستراتوسفير:

تبعد طبقة الستراتوسفير إلى ما يقارب 50 كلم من سطح الأرض، وتمتاز بوجود طبقة الأزون، حيث تمتص طبقة الأزون الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس، ثم تحويلها إلى حرارة.

كما تمتاز بارتفاع درجة الحرارة فيها بالتوجه نحو الأعلى، بسبب افتقارها للاضطرابات والتيارات الصاعدة من طبقة الستراتوسفير، لذا تعد هذه الطبقة مناسبة لحركة الطائرات التجارية خاصة في الجزء السفلي منها[18].

طبقة الميزوسفير:

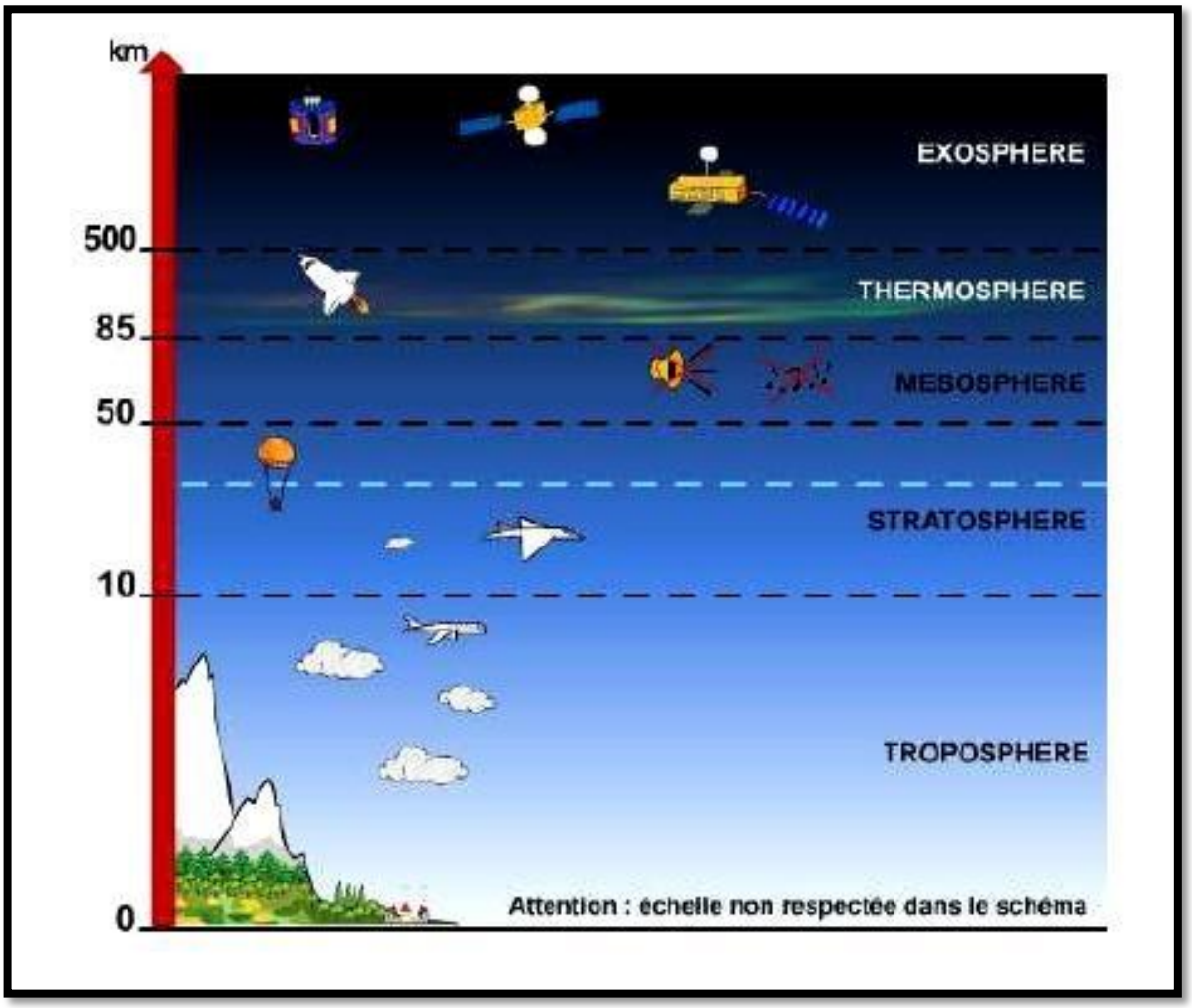
تبعد بمسافة 85 كلم من سطح الأرض، وهي الطبقة التي تحترق فيها أغلب الشهب والنيازك، وهنا تعود درجات الحرارة إلى الانخفاض، كما يقل فيها الضغط الجوي كلما توجهنا نحو الأعلى[18].

طبقة التيرموسفير:

تمتاز هذه الطبقة بوجود الأقمار الصناعية في نطاقها، ويتم فيها امتصاص الأقمار الصناعية في نطاقها، كما يتم فيها امتصاص الأشعة السينية ذات الطاقة العالية والأشعة فوق البنفسجية المنبعثة من الشمس، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة هذه الطبقة[18].

طبقة الاكسوسفير:

هذه الطبقة يكاد يندمج فيها الغلاف الجوي بالفضاء الخارجي وتصبح فيها جزيئات الهواء نادرة الوجود جدا إلى حد أنها لم تعد موجودة[18].



الشكل (1-8):طبقات الغلاف الجوي[1].

9 التركيب الكيميائي للغلاف الجوي :

يتركب الغلاف الجوي من عدة عناصر غازية متحدة معا بعضها البعض بنسب معينة، وأهمها النيتروجين والأكسجين اللذان يمثلان معا حوالي 99%من حجم الهواء أما ما تبقى لا يمثل إلا 1%فيضم باقي العناصر الغازية التي أهمها الأرجوان وثاني أو كسيد الكربون والأيدروجين وعدد أخر من الغازات التي تمثل تقريبا نسبة ضئيلة جدا مثل النيون والأزون.

إن كان الغلاف الجوي يتركب أساسا من العناصر الغازية السابقة، فانه يحتوي في مكوناته أيضا نسب متباينة من الغبار وبخار الماء وهو ما يعرف بالهباء الجوي [19].

الهباء الجوي:

يتمثل الهباء الجوي في جزيئات دقيقة جدا والمتمثل في الغبار وغاز وقطرات النداء أو قطع من مواد صلبة عالقة بالهواء[1].

كما أن بعض من الهباء الجوي يبث انطلاقا من الغلاف الجوي والجزء الأخر يتشكل من خلال التركيبات الصادرة، ومن بين هذه التركيبات نذكر التركيبات الطبيعية والتركيبات الناتجة عن النشاط البشري[21].

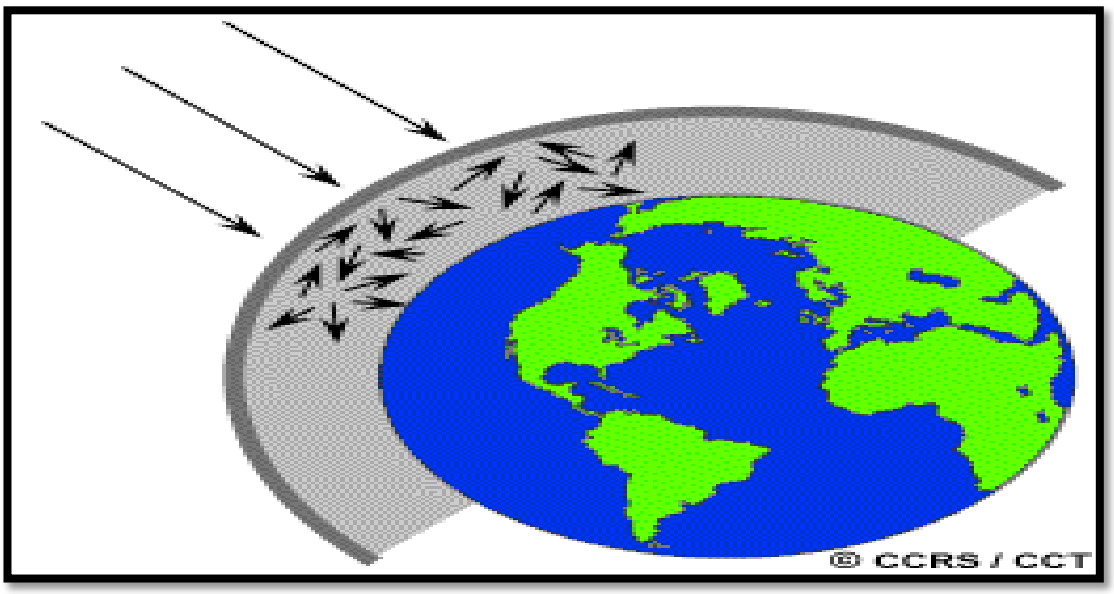
10 -تفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية مع الغلاف الجوي :

قبل أن يصل الإشعاع المستخدم في الاستشعار عن بعد إلى سطح الأرض يسافر عبر مسافة طويلة في الغلاف الجوي المحيط بالأرض حيث هناك الجزيئات والغازات في الغلاف الجوي المحيط بالأرض. ويحدث نتيجة لهذا آليتي التشتت والامتصاص[21].

10- 1التشتت:

يحدث التشتت حين تتفاعل الجزيئات الصلبة أو الجزيئات الغازية كبيرة الحجم مع الإشعاع الكهرومغناطيسي وتؤدي إلى إعادة توجيه ذلك الإشعاع عن مساره الأصلي كما هو موضح في الشكل (1-9).

ويعتمد مقدار التشتت على عوامل عدة أهمها الطول لموجي للإشعاع، ومدى وجود الجزيئات أو الغازات، والمسافة التي يقطعها الإشعاع في الغلاف الجوي[21].



الشكل (1-9) : التشتت في الغلاف الجوي [21]

ومن هنا يمكن تميز ثلاثة أنواع من التشتت (لاحظ الشكل 1- 10):

تشتت الموجات القصيرة :Raleigh

يحدث حين تكون الجزيئات صغيرة للغاية مقارنة بالطول الموجي للإشعاع. وتكون أكثر تشتت من تشت الموجات الطويلة.

وهذا النوع هو الأكثر شيوعا والآلية السائدة في الجزء العلوي من الغلاف الجوي. والسماء الزرقاء التي نراها في النهار تعود في أصلها إلى هذا النوع من التشتت[21].

فمع عبور ضوء الشمس خلال الغلاف الجوي فإن الموجات القصيرة (الزرقاء هنا) من الطيف الموجي المرئي تتشتت أكبر من تشتت الأطوال الموجية [21].

تشتت الموجات الطويلة :Mie

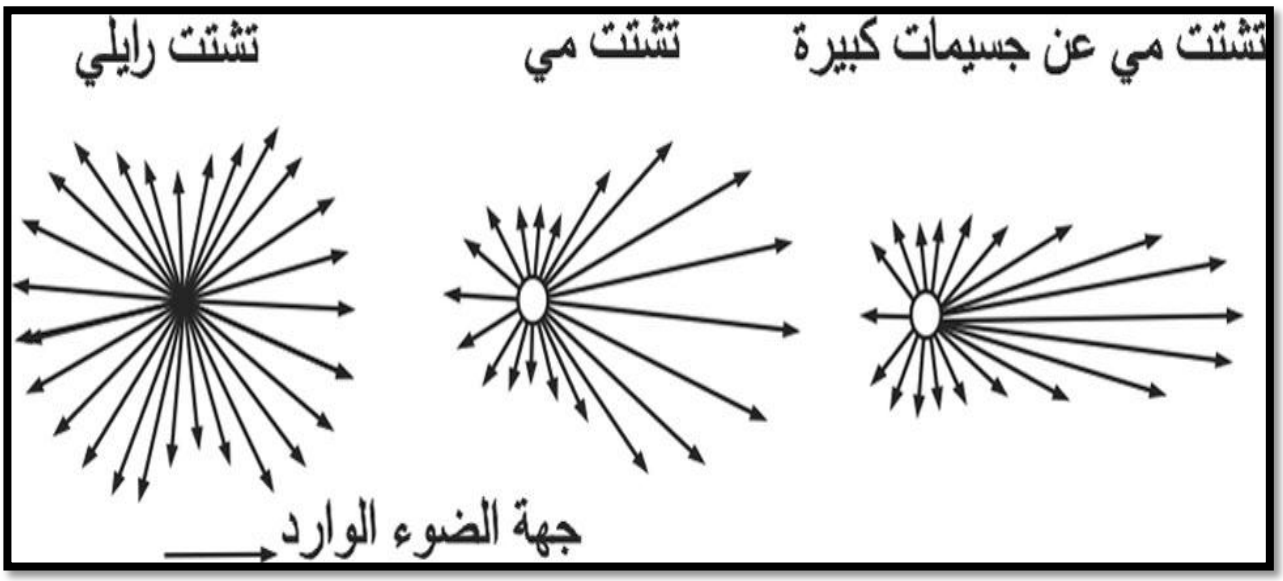
يحدث حين تكون الجزيئات بنفس حجم طول الموجات الإشعاعية. فالغبار،وحبوب اللقاح، والدخان، وبخار الماء هي الجزيئات الأكثر تأثير في حالة تشتت الموجات الطويلة أكثر من تلك المتأثرة بالتشتت في الحالة السابقة.

ومن ثم فهو يحدث في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي وخاصة عندما يكون الطقس غني بالسحب[21].

التشتت العشوائي :Non-selective

يحدث حين تكون الجزيئات أكبر من الطول الموجي للإشعاع، فقطرات الماء وذرات الغبار الكبيرة يمكن أن تتسبب في هذا النوع من التشتت.

يؤدي هذا النوع من التشتت إلى ظهور الضباب والسحب البيضاء نظرا لان اللون الأزرق والأخضر والأحمر تتشتت كلها بكميات متساوية تقريبا (الأزرق +الأخضر +الأحمر = الأبيض)[21].



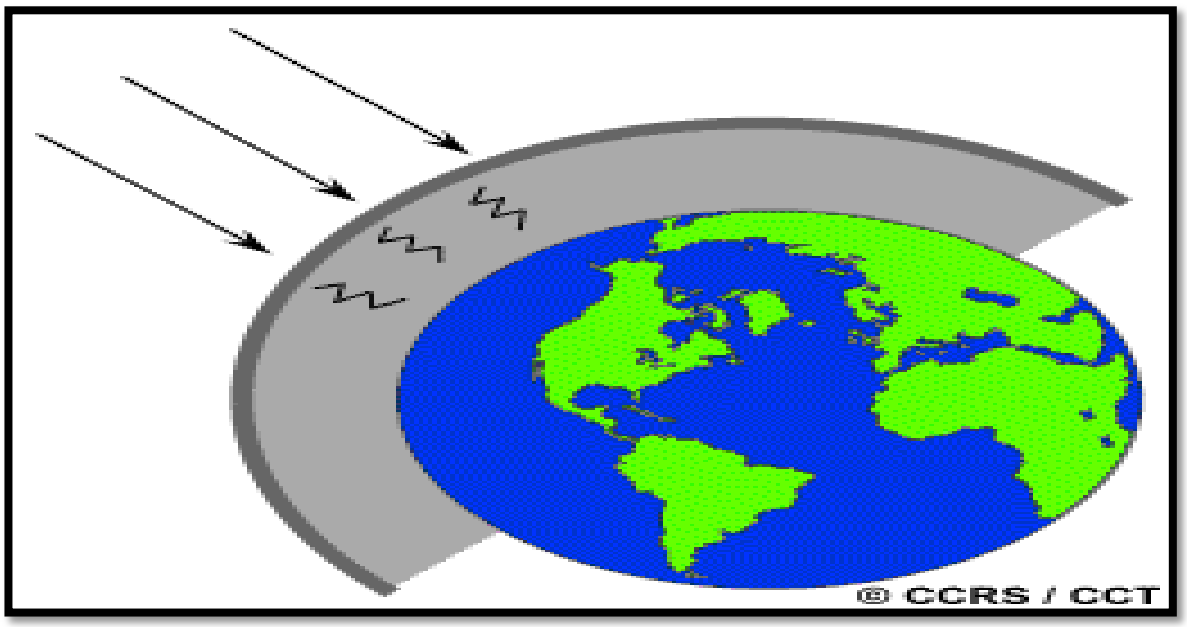
الشكل (1-10) : تشتت الأشعة الكهرومغناطيسية [22].

10- 2 الامتصاص :

هـو الآليـة الثانيـة التـي تعمـل حـين يتفاعـل الإشـعاع الكهرومغناطيسـي مـع الغـلاف الجـوي (الشكل 1-11).

وعلى خلاف التشتت تدفع هذه الظاهرة بالجزيئات في الغلاف الجوي لامتصاص الطاقة عند أطوال موجية مختلفة.

ويتم الامتصاص عبر المركبات الجوية الثلاثة : الأوزون، وثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء[21].



الشكل (1-11):الامتصاص في الغلاف الجوي [21]

الأوزون :

يعمل الأزون على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية وهي أشعة ضارة (لأغلب الكائنات الحية)، وبدون هذه الطبقة الحامية في الغلاف الجوي فإن أجسادنا تحترق ستحترق حين تتعرض للإشعاع الشمسي[21].

ثاني أكسيد الكربون:

يعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون كغاز من الغازات الصوبة، وهذا لأنه يميل لامتصاص الإشعاع بقوة في نطاق الأشعة تحت الحمراء البعيدة في الطيف الكهرومغناطيسي مما يتسبب في احتفاظ الغلاف الجوي بالحرارة وهو المؤدي لظاهرة الاحتباس الحراري[21].

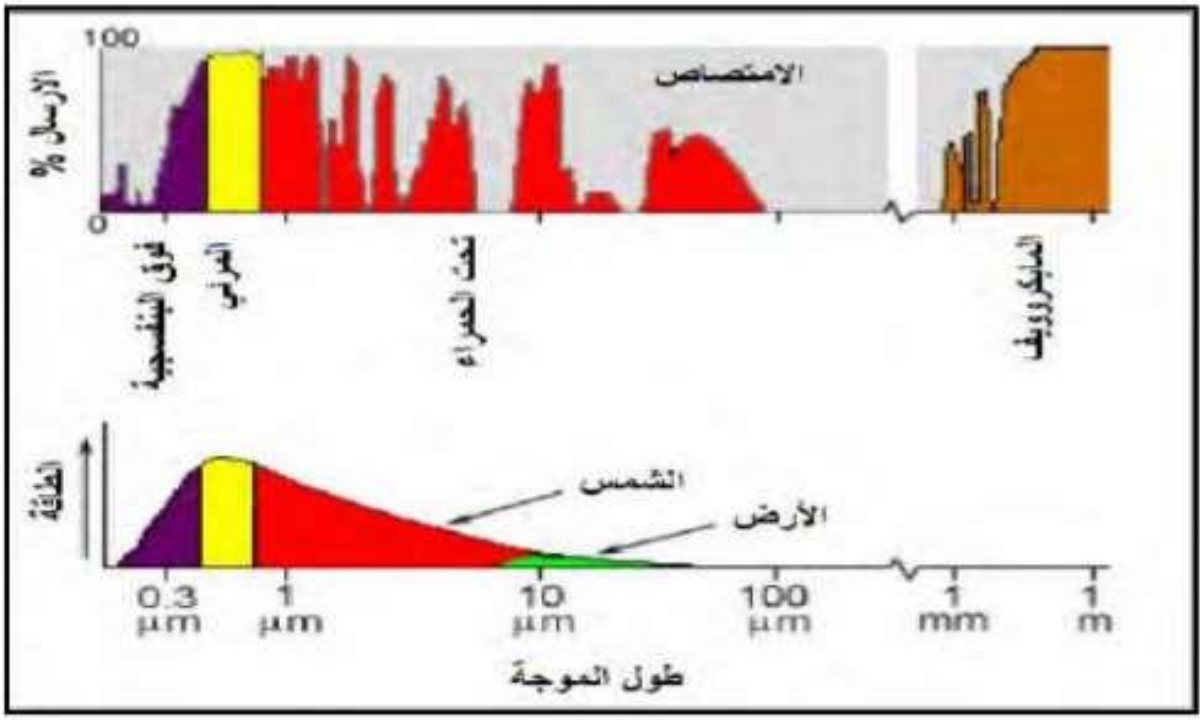
بخار الماء :

يمتص بخار الماء في الجو معظم الموجات تحت الحمراء الطويلة، و أشعة الميكروويف القصيرة (بين 22ميكرومتر و1متر).

ويختلف وجود بخار الماء في الغلاف الجوي الأدنى بشكل كبير من مكان لأخر ويختلف كذلك باختلاف أوقات السنة.

ولأن هذه الغازات تمتص الطاقة الكهرومغناطيسية في نطاقات موجية بعينها من الطيف الكهرومغناطيسي، فإنها تؤثر على ما يمكن أن ننظر إليه في أغراض الاستشعار عن بعد[21].

وتلك المناطق من الطيف الكهرومغناطيسي التي لم تتأثر بشدة بالامتصاص (ومن ثم فإنها مفيدة في الاستشعار) تسمى نوافذ جوية كما هو موضح في الشكل (1-12).



الشكل (1-12):نوافذ الغلاف الجوي[23].

وبعد أن رأينا كيف تقطع الطاقة الكهرومغناطيسية رحلتها من المصدر إلى سطح الأرض سنتطرق لشرح ما الذي يحدث لذالك الإشعاع حين يصل إلى سطح الأرض.

11تفاعلات المستهدفة للإشعاع :

يمكن للإشعاع الذي لم يمتص أو يتشتت في الجو أن يصل ويتفاعل مع سطح الأرض. وهناك ثلاثة أشكال لهذا التفاعل حين تصل الأشعة إلى سطح الأرض و تصطدم بها كما هو موضح في الشكل (1-13) وهي :

- الإشعاع الشمسي الممتص(A) ،يقوم الهدف بامتصاص الطاقة الساقطة.
- الإشعاع الشمسي النافذ (T)، مرور الطاقة من خلال الهدف .
- الإشعاع الشمسي المنعكس (R)، عندما يعكس الهدف هذه الطاقة ويعيد توجيهها .
- الإشعاع الشمسي الوارد(I)[24].

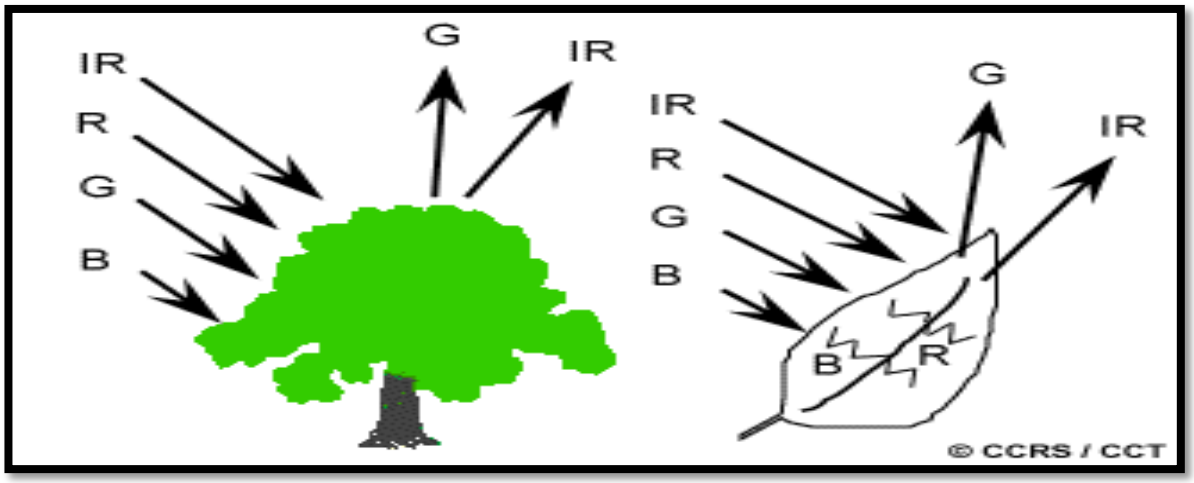
الشكل (1-13): صور التفاعل الانعكاس مع الهدف [21]

تقع الأجسام من حيث صفاتها الانعكاسية بين الانعكاس الكامل والانتشار الكامل وهذا يعتمد على خشونة السطح مقارنة بطول موجة الأشعة الساقطة عليه فبعض الأجسام تنشر الأمواج القصيرة وتعكس الطولية منها[24].

من هنا نأخذ مثالين توضيحين لأهداف سطح الأرض وكيف ستتفاعل معا الطاقة في نطاق الضوء المرئي ونطاق الأشعة تحت الحمراء.

أوراق النباتات leaves (الشكل 1-14): وفيها فإن مادة الكلوروفيل ستمتص بقوة الإشعاع في أطوال الموجة للون الأزرق والأحمر وستعكس طول موجة اللون الأخضر، وهذا ما يجعلنا نرى النباتات خضراء اللون .

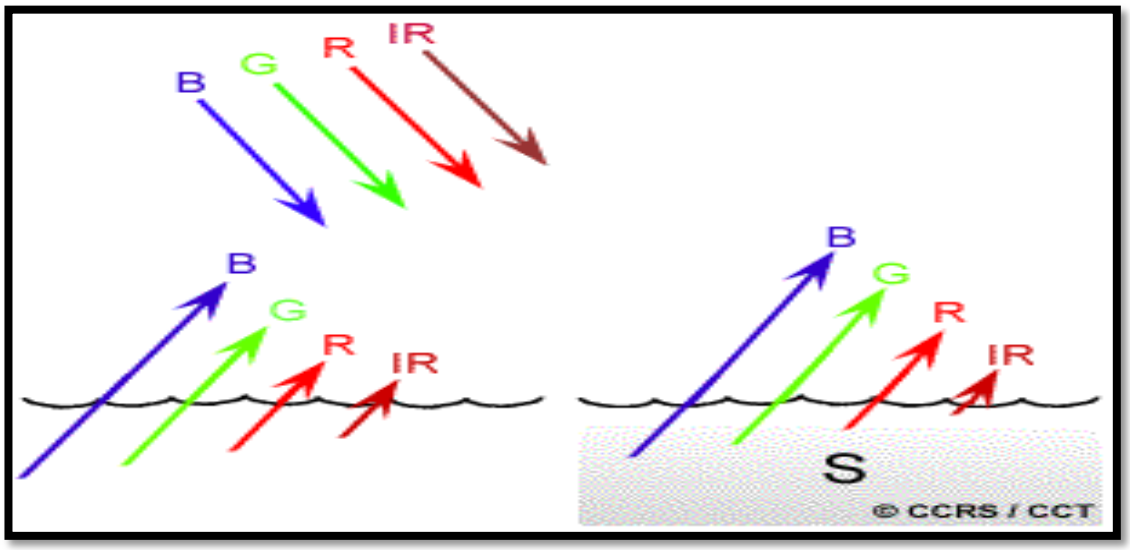
أيضا فان التركيب الداخلي لصحة النباتات بعمل كعاكس انتشاري مثالي في الأشعة تحت الحمراء القريبة ، أي أنه إذا كانت عين الإنسان حساسة لهذه الأشعة فإننا كنا سنرى الأشعة تحت الحمراء القريبة المنعكسة يعد مقياسا لمدى صحة النباتات في تطبيقات الاستشعار عن بعد[24].



الشكل (1-14): صور التفاعل مع الهدف [21]

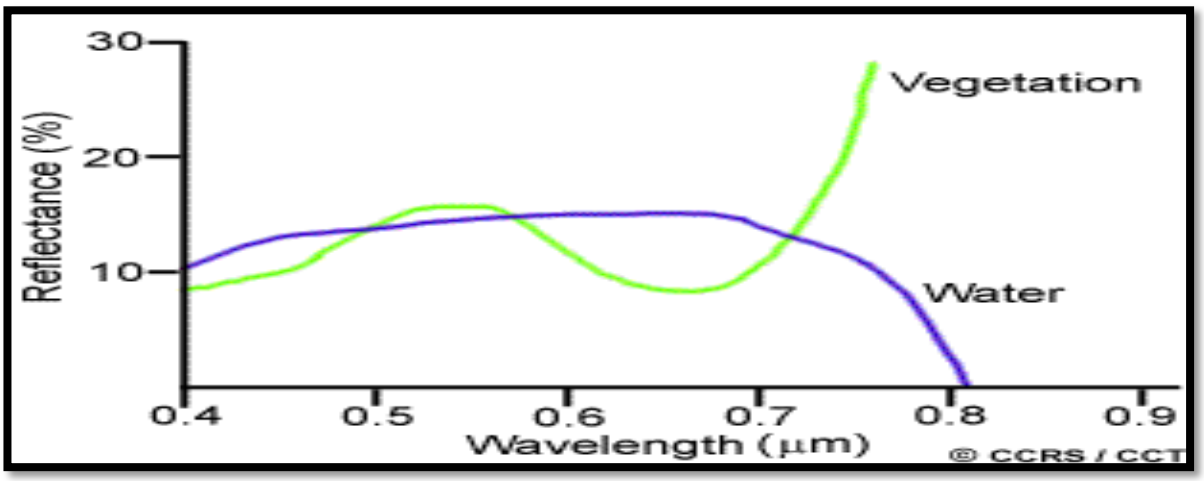
المياه water(الشكل 1-15):وفيها سيتم امتصاص أطوال الموجات الكبيرة من الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء القريبة بدرجة أكبر من تلك الأشعة ذات أطوال الموجة القصيرة [24].

ومن هنا فإن المياه تظهر باللون الأزرق أو الأزرق – الأخضر نتيجة الانعكاس القوي لهذه الموجات القصيرة، وتظهر المياه الداكنة عند رؤيتها بالأشعة تحت الحمراء ولو كان هناك رواسب عالقة في الطبقة العليا من جسم المياه فان هذا سيؤدي إلى انعكاس أفضل وظهور يشكل أكثر سطوعا للمياه [22 -25].



الشكل (1-15): صور التفاعل مع الهدف [21]

وبناء على درجة تعقيد الهدف المراد تصويره ، وبناء على الأطوال الموجية للإشعاع في هذه المنطقة، فبوسعنا ملاحظة درجات استجابة مختلفة للغاية بالنسبة لآلية الامتصاص والاختراق والارتداد، ومن ثم فانه باستطاعتنا بناء أو تكوين قاعدة لتفاعل الطيفي Spectral Response لكل هدف وذلك من خلال قياس الطاقة المنعكسة أو المنبعثة من أهداف سطح الأرض في عدة أطوال موجات، لاحظ الشكل (1-16)[21 -24].



الشكل (1-16): منحنى يوضح مقارنة لنسبتي الانعكاس [21]

خلاصة

قمنا في هذا الفصل بتسليط الضوء على الاستشعار عن بعد فهو ذلك العلم الذي يهتم بدراسة الأشعة الكهرومغناطيسية التي تصدرها الشمس من خلال التبادل الإشعاعي بين الشمس والنظام ارض – جو، وللأشعة الكهرومغناطيسية أهمية كبيرة في عملية الاستشعار عن بعد حيث تمثل مصدر أساسي للطاقة التي تنطلق منها لتحتك مباشرة بالغلاف الجوي وتدخل معه في تفاعل يؤدي إلى تغير طبيعة الأشعة.

كما تطرقنا أيضا إلى بنية ومكونات الغلاف الجوي الذي يحدث على مستواه إحدى الآليتين إما الامتصاص أو التشتت، وكذلك يمكن للإشعاع الذي لم يمتص أو يتشتت أن يصل ويتفاعل مع سطح الأرض.

وما قدما في هذا الفصل يعتبر كمدخل لبقية الفصول.

الفصل الثاني

الفصل الثاني

وصف تأثير الأقمار الصناعية

على معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه

-1- مقدمة:

في الفضاء نجد أن الاستشعار عن بعد متصل أحيانا بالمركبات الفضائية أو في اغلب الأحيان متصل بقمر صناعي والأقمار الصناعية هي أجسام تدور حول جسم آخر، وفي هذه الحالة تدور حول الأرض.

ويقصد بالأقمار الصناعية تلك التي اخترعها الإنسان وفي مقدمتها الأجهزة الحاملة للمستشعرات المستخدمة في الاستشعار عن بعد، والاتصالات والملاحة وتحديد الإحداثيات.

ونتيجة مداراتها حول الأرض فان الأقمار تسمح بتغطية متتابعة لسطح الأرض وتعتبر التكلفة عاملا مهما في الاختيار بين مختلف حاملات المستشعرات[21].

2-2- مفهوم الأقمار الصناعية:

يقصد بالأقمار أي جسم يوضع في مدار حول الأرض، أو غيرها من الكواكب أو حول الشمس ومنذ إطلاق أول قمر صناعي في عام 1957م أطلق ألاف الأقمار الصناعية في مدارات حول الأرض[21].

فالأقمار الصناعية تلعب دورا رئيسيا وهاما في حمل المجسمات التي تزودنا بكل المعلومات و البيانات المتعلقة بحياتنا المعاصرة مثل التنبؤات الجوية ورصد الطقس و المناخ و رصد المحاصيل الزراعية و كشف أماكن وجود المعادن ورصد التلوث والتطبيقات العمرانية ودراسة المياه العذبة و المالحة والتطبيقات العسكرية و الاتصالات وغير ذلك من التطبيقات الهامة [9].

بدأ إطلاق الأقمار الصناعية وغزو الفضاء عموما بعد أن تطورت عدة تقنيات خاصة خلال الحرب العالمية الثانية، وتعد الصواريخ والرادار من أهم التقنيات التي أثرت في بداية عصر الفضاء، فالصواريخ تعتبر وسيلة من وسائل إيصال القمر الصناعي إلى مداره في الفضاء، والمدار مهم لتعقب القمر الصناعي ومعرفة موقعه.

كما ساهم التطور في الحساب الآلي وأنظمة الاتصالات في الإسراع بالدخول إلى عصر الفضاء [25].

3-2- خصائص الأقمار الصناعية:

لكل قمر صناعي مدار يناسب الهدف من المستشعر الذي يحمله القمر الصناعي وتختلف المدرات طبقا للارتفاع(ارتفاع المدار عن سطح الأرض) و التوجيه والدوران بالنسبة للأرض، فالأقمار الصناعية الموضوعة على ارتفاعات عالية جدا، بحيث أنها ترى نفس المنطقة من الأرض في كل الأوقات يكون لها ما يسمى بالمدارات الثابتة مع الأرض التي تكون على ارتفاعات تقريب36000 كلم وتدور بنفس السرعة كما لو أنها كانت ثابتة بالنسبة لسطح الأرض ومن ثم فان هده المدارات تسمح

للأقمار الصناعية بتجميع معلومات مستمرة عن منطقة محددة من الأرض وتعد أقمار الاتصالات وأقمار المناخ من نوعية الأقمار الصناعية التي لها مدارات ثابتة[24].

إن معظم الأقمار الصناعية للاستشعار عن بعد اليوم تكون من ذات المدارات شبه قطبية أي أن القمر يسير باتجاه القطب الشمالي في احد أوجه الأرض ثم يسير باتجاه القطب الجنوبي في النصف الثاني من مداره.

وهذا ما يسمى بالمسار الصاعد و المسار الهابط فإذا كان المدار متزامن مع الشمس أيضا فعادة ما يكون المسار الصاعد في الجانب ذو الظل من الأرض بينما المسار الهابط يكون في الجانب المضاء (المواجه للشمس) من الأرض.

ومن ثم فان المستشعرات التي تقوم بتحسس وتسجيل الطاقة الشمسية الانعكاسية فستسجل الطاقة في المسار الهابط فقط. أما المستشعرات الموجبة التي لها مصدر إضاءة خاص بها أو المستشعرات السالبة التي تسجل الإشعاع المنبعث (الحراري) فيمكنها أيضا التحسس في المسار الصاعد[24].

كلما يدور القمر الصناعي حول الأرض فان المستشعر "يرى" جزاء من سطح الأرض، وهذه المنطقة هي ما يطلق عليه اسم"صف التحسس". وتختلف صفوف التحسس التي يمكن استشعارها من مستشعر إلى أخر بحيث يتراوح عرضها ما بين عشرات ومئات الكيلو مترات. وبالطبع فإن حركة دوران الأرض حول نفسها (من الغرب إلى الشرق) فإن صف تحسس سيتحرك ناحية الغرب، مما يجعل القمر الصناعي يمر فوق صف تحسس أخر عند تتابع المسارات. ومن ثم فان مدار القمر الصناعي وحركة الأرض معا يتيحان التغطية الكاملة لتحسس واستشعار لسطح الأرض من بعد[24].

2-4- أنواع الأقمار الصناعية:

طور المهندسون أنواع مختلفة من الأقمار الصناعية، كل منها صمما لتحقيق هدف أو مهمة معينة.

فعلى سبيل المثال تستخدم صناعات الاتصال الهاتفية و الإذاعية لتحمل إشارات الإذاعة والتلفاز والهاتف لمسافات طويلة دون الحاجة إلى كابلات الميكروويف.

وتحدد أقمار الملاحة المواقع الأرضية بدقة، بينما تساعد أقمار الطقس الباحثين في الأرصاد الجوية في عمليات التنبؤ. وتستخدم بعض الدول الكبرى أقمار المراقبة لرصد الأنشطة العسكرية في الدول المنافسة.

كما تخدم الأقمار العلمية كمنصات فضائية لمراقبة الأرض وغيرها من الكواكب والشمس والمجرات وتفيد في عدد كبير من التطبيقات[**21**].

ونظرا للانتشار الواسع للأقمار الصناعية وتعدد المجالات التي تستخدم من أجلها ظهرت الحاجة لتصنيفها تبعا للوظيفة والخدمة التي يقدمها وفيما يأتي أبرز أنواع الأقمار الصناعية:

2-4-1- أقمار الاتصالات:

كانت وكالة الفضاء الأمريكية ناسا قد أطلقت أول قمر للهواتف والبث التلفزيوني عام 1962م عرف باسمtele star-1 ثم أطلقت وزارة الدفاع قمرسينكوم 3 (syncom3) وفي عام 1964م وقد كان هد القمر أول قمر اتصالات يستخدم المدرات الثابتة حول الأرضgeostationary (هو المدار الذي يبقى فيه القمر فوق نفس البقعة فوق خط الاستواء) وهناك أكثر من 300 قمر اتصالات أطلقت منذ عام 1957م واليوم تنقل الأقمار الثابتة على المدار الاتصالات الهاتفية والبيانات الرقمية والبث التلفزيوني والإذاعي المباشر حول العالم[**21**].

2-4-2- الأقمار الملاحية:

يمكن للأقمار الملاحية أن تساعد في تحديد مواضع السفن والطائرات بل والسيارات المجهزة لاستقبال إشارات راديو.

وتحتوي هذه الإشارات على بيانات يمكن لجهاز استقبال راديو على الأرض أن يحولها إلى معلومات عن موقع القمر.

ثم فيما بعد يحلل جهاز استقبال الإشارة ليحدد سرعة واتجاه تحرك القمر وطول الفترة التي اتخذتها الإشارة لتصل إلى جهاز الاستقبال. ومن هذه البيانات يمكن لجهاز الاستقبال حساب موقعته.

وبعض أنظمة الأقمار الملاحية يستخدم إشارات من عدة أقمار في نفس الوقت كي تقدم معلومات أكثر دقة عن الموقع[**21**].

2-4-3- أقمارالطقس الصناعية:

تعرف باسم أقمار الأرصاد الجوية والتي تستخدم لمراقبة وتسجيل الظروف المناخية والجوية على سطح الأرض كما تساعد على التنبؤ بالنشاط البركاني وكذلك جميع الأمور المتعلقة بحالة البحر وكذلك الغطاء النباتي[26].

2-4-4- أقمار الاستطلاع الصناعية:

تخدم هذه الأقمار للأغراض العسكرية فهي تتألف من أجهزة استشعار تعمل على نظام الأشعة تحت الحمراء، فبواسطتها تقوم بتعقب الصواريخ.

كما تقوم أيضا بعملية التنصت على المحادثات السرية وغيرها من الأمور المتعلقة بمجال المراقبة العسكرية[26] وهناك أنواع مختلفة من الأقمار الصناعية ومنها:

- أقمار الاستشعار عن بعد
- أقمار التموضع العالمي
- القمر الصناعي الأرضي
- القمر الصناعي القطبي [27]

2-5- مبادئ الأقمار الصناعية:

أثبت العالم الفلكي جوهانسكبلرخلال دراسته لكوكب المشتري، أن النظرية التي وضعها العالم الفلكي نيكولاي كوبرنيكس (copernicusnicolaus) عن مركزية الشمس و دوران الأرض عليها تعتبر حقيقة وتمثيل الواقع بشكل صحيح.

فقد أكتشف كبلر عدد كبير من الأجسام التي تدور حول المشتري، أسماها أقمار المشتري ويطلق علماء الفلك تسمية (الكويكبات) التي تدور حول الكواكب باسم الأقمار، ومنها القمر الذي يدور حول الأرض، ويعتبر أول قمر صناعي (artificial satellite) يدور حول الأرض هو القمر (sputnik) وذلك في عام1957م.

2-5-1 قوانين كبلر:

لاحظ كبلر أن الكواكب تتحرك بحركة منتظمة، وثابتة، ومتجانسة، وعن طريق قيامه بإجراء عمليات حسابية معقدة ومتعددة، استنبط كبلر القوانين الثلاثة المشهورة المتعلقة بحركة الكواكب والتي تتلخص فيما يلي:

1- يتعلق قانون كبلر الأول بأشكال مدارات الكواكب وينص على أن "الكواكب تدور حول الشمس بحركة بيضاوية في مدار اهليجي، وتقع الشمس في إحدى بؤرتيه".

2- يتعلق قانون كبلر الثاني بسرعة دوران الكواكب حول الشمس وينص على ما يلي "يتحرك الكوكب في مداره بحيث يمسح الخط الوهمي الواصل بينه وبين الشمس في مساحات وأزمنة متساوية".

3- يتعلق قانون كبلر الثالث بأبعاد الكواكب عن الشمس وينص على ما يلي "يتناسب مكعب بعد الكواكب عن الشمس طردا مع مربع سنته وهذا يعني أن النسبة بينهما ثابتة"[21].

جدول(2.2): السرعة والفترة الزمنية للدوران حول المدار لمختلف الأقمار الصناعية[21]

الارتفاع (km)	السرعة (km/s)	الفترة الزمنية للدوران حول المدار		
		ساعة	دقيقة	ثانية
500	7.61	1	34	37
700	7.50	1	38	47
1000	7.35	1	45	8
5000	5.92	3	21	19
10000	4.93	5	47	40
30000	3.31	19	10	51
35000	3.08	23	56	4
40000	2.93	27	36	39

2-6- اختيار المدار المناسب لأقمار الاستشعار عن بعد:

إن كتلة الأرض ليست كروية تماما، فهي مفلطحة عند خط الاستواء، وهذا الأمر واضح أثناء رسم خطوط الطول ودوائر العرض، فالمسافة بين خطوط الطول تتقارب عند قطبي الأرض، كما انها تتباعد عند خط الاستواء، بينما دوائر العرض تتباعد بنفس المسافة من الشمال نحو الجنوب.

إن من الممكن أن تحدث إزاحة لموقع القمر الصناعي على خطوط الطول باتجاه الغرب وذلك بسبب دوران الأرض حول نفسها، ولأن الأرض تدور (360°) كل 24 ساعة، فإن اختيار موقع المدار المناسب للقمر الصناعي من خلال حساب الفترة الزمنية للإزاحة على خط الطول يمكن معرفتها من خلال المعادلة التالية(5.8) كما يلي :

$$\delta\lambda_s = 0.25 \times T \qquad (1.2)$$

حيث أن :

$\delta\lambda_s$ تمثل إزاحة القمر الصناعي على خط الاستواء.

T تمثل الفترة الزمنية بالدقائق.

فعلى سبيل المثال نجد أن موقع المدار المناسب للقمر الصناعي الهندي (IRS-1A) يحسب كالتالي :

$$\delta\lambda_s = 0.25 \times 103.192 = 25.798°$$

كما أن قيمة الإزاحة لنفس القمر السابق عند تقاطع خط الاستواء مع خط الطول (1°) تقدر (111.32km)، و تحسب كالتالي:

$$25.798 \times 111032 = 2872km$$

وهذا يعني أن قيمة إزاحة المدارات المتعاقبة ستكون $(2872km)$ عند خط الاستواء، وقد تم ضبط هذه القيم اعتمادا علي مسار القمر الصناعي التي تحدد أقل عدد من الأيام المطلوبة للتصوير دون حدوث أخطاء [1].

2-7- مجالات الأشعة التي تتعامل معها الأقمار الصناعية:

عندما تصدر الأشعة الشمسية من الفضاء الكوني يحدث تسرب الجزء الأزرق من هذه الأشعة في طبقة الغلاف الجوي المحيط بالأرض، وتستمر الأجزاء الأخرى في رحلتها إلى سطح الأرض فتعكسها الظواهر الطبيعية والبشرية إلى أجهزة الاستشعار، وهذا الجزء الذي ينعكس يتكون من الألوان الرئيسية الثلاثة الأخضر والأحمر واللون الواقع في مجال الأشعة تحت الحمراء التي لا يمكن رؤيته والشكل (1.2) يوضح ذلك.

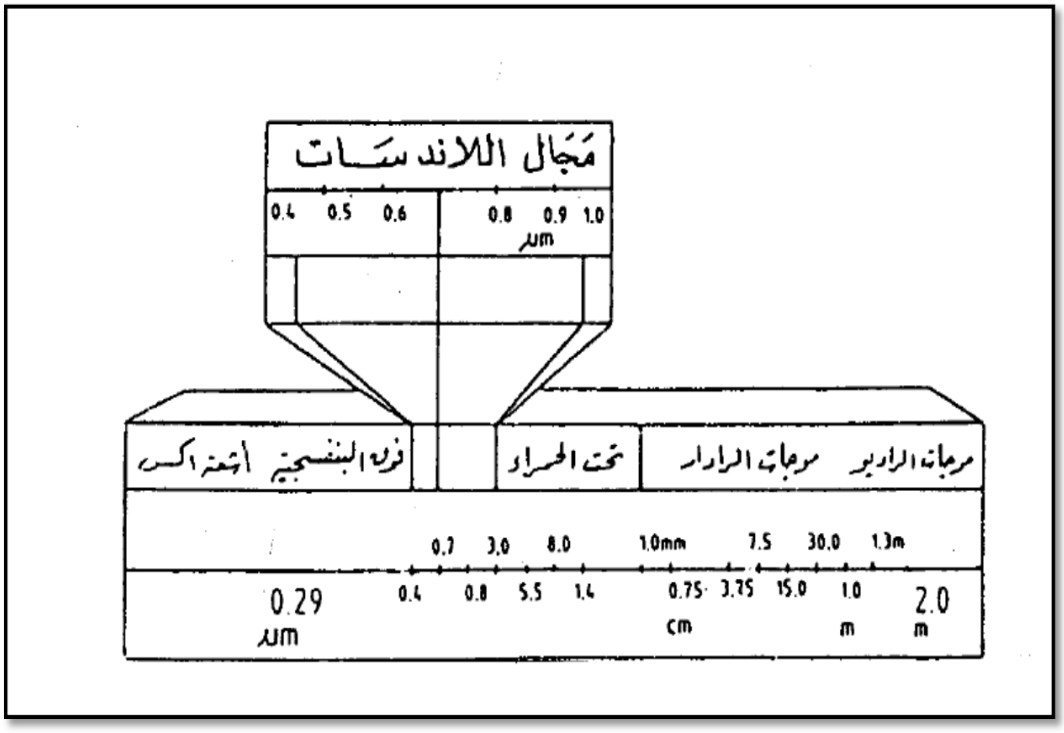
هذه الألوان الثلاثة تحتل ثلاث موجات مختلفة والتي يتم تصويرها بواسطة أجهزة الاستشعار الموجودة على الأقمار الصناعية في صور أبيض وأسود ولتحويل هذه المجالات الثلاثة والتي يتم استشعارها في أبيض وأسود إلى الألوان وذلك بإتباع الخطوات التالية :

أ ـ إدخال اللون الأزرق للمرئيات للحصول على المجال الأخضر.

ب ـ إدخال اللون الأخضر للمرئيات للحصول على المجال الأحمر.

ج ـ إدخال اللون الأحمر للمرئيات للحصول على المجال تحت الأحمر.

وعليه يتحصل على التركيب اللوني المسمى (صور الألوان الخطأ أو غير طبيعي) بسبب عدم انطباع الألوان مع اللون الطبيعي للظاهرات[27].



الشكل (1.2): مجالات الأشعة التي تعامل معها الأقمار الصناعية[6]

2-8- الظواهر الفيزيائية:

سنصف في هذا الجزء الظواهر الفيزيائية الخاصة بتأثيرات الأرض و الجو على الإشعاع الشمسي ابتداء من مصدره أي الشمس إلى أن يصل إلى الأرض ثم انعكاسه حتى يصل إلى القمر الصناعي.

حيث يعتبر الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الأرض بمثابة المصدر الرئيسي للإشارة الملتقطة من طرف القمر الصناعي. سيشار إلى الجزء المدروس من سطح الأرض الذي يستقبل الإشعاع الشمسي والملاحظ من طرف القمر الصناعي بأنه هدف.

إذا فرضنا أن الغلاف الجوي غير موجود، فكل الإشعاع الشمسي سوف يصل سطح الأرض الذي سيمتص جزء منه بينما يتم إعادة الباقي إلى الفضاء.

إذن الإشعاع الشمسي المنعكس في اتجاه القمر الصناعي سيتم التقاطه بالكامل. هذه الإشارة ترتبط مباشرة بخصائص الهدف، وتعرف على أنها إشارة مفيدة، بشكل عام هذه هي الحالة المثالية[28].

دعنا الآن ندخل الغلاف الجوي، ونحسب الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى المستشعر، وهذا بإتباع مباشرة بسيطة من الشمس إلى الهدف ومن الهدف إلى القمر الصناعي.

وفي هذه الحالة ستضطرب الإشارة الملتقطة من طرف القمر الصناعي مقارنة بالحالة المثالية وسيصل جزء فقط نسبته تقدر بحوالي 80 % عند0.85 ميكرو متر و40 % عند 0.45 ميكرو متر.

والسبب في ذلك يعود إلى آليتين هما:ظاهرتي الامتصاص والانتشار[4].

يتم امتصاص جزء من الإشعاع الشمسي عن طريق الهباء الجوي أو بعض الجزيئات الغازية (CO2، O2، O3، CH3...) هذه الظاهرة تساهم في تسخين الغلاف الجوي الذي يعيد إرسال هذه الطاقة ولكن في الأطوال الموجية الطويلة أي في مجال الأشعة ما تحت الحمراء.

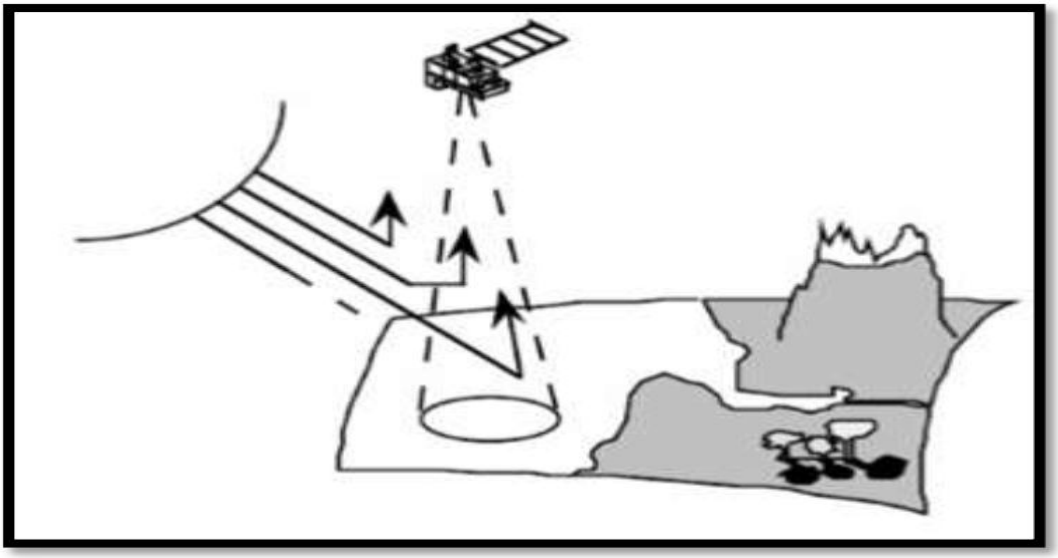
عموما يكون امتصاص الهباء منخفضا في المجال المرئي وتتجنب مستشعرات الأقمار الصناعية نطاقات الامتصاص الجزئي.

كما سيتم إعادة بث جزء من الإشعاعات الغير نافدة عبر الآلية الثانية وهي الانتشار. إن تفاعل الإشعاع الشمسي مع الجزيئات أو الهباء الجوي الغير ماص يكون مرنا، حيث يتم إعادة بث الإشعاع على الفور دون تغير في الطول الموجي ولكن في اتجاه مختلف عن اتجاه القدوم.

بعد عملية التشتت أو عدة عمليات التشتت، سيصل جزء من هذا الإشعاع الشمسي في النهاية إلى السطح والجزء الآخر يخرج إلى الفضاء.

هذا الجزء من الإشعاع الخارج للفضاء يجب حسابه في موازنة الإشعاع الذي يصل إلى مستشعر القمر الصناعي، ومع ذلك فإن مساراته أكثر تعقيدا من المسارات المباشرة السابقة كما سنوضحه في مايلي:

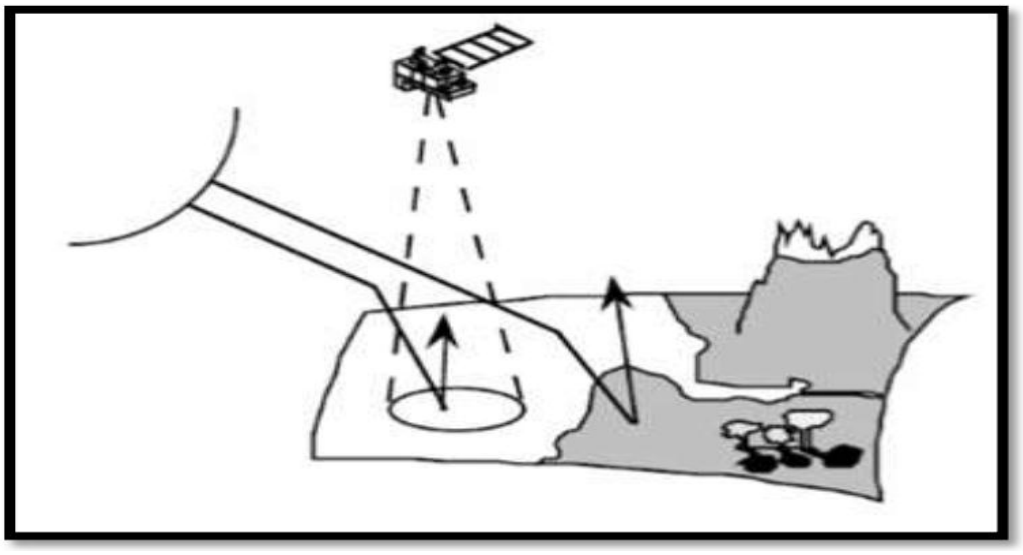
لتقييم الموازنة العامة للإشعاع الشمسي الواصل لمستشعر القمر الصناعي، دعنا نفكر أولا في الإشعاع الشمسي القادم من الشمس والمتشتت عن طريق الغلاف الجوي عبر المسار سطح شمس: سوف يلتقط المستشعر جزءا منه، هذه الإشارة لا تحمل أي معلومات عن الهدف حيث تم إنشاؤها كليا بواسطة الغلاف الجوي، الشكل (2.2) يبين ذلك[8]:



الشكل (2.2):مساهمة الغلاف الجوي في الإشارة المقاسة[4]

- يساهم الإشعاع الشمسي المتبقي في إضاءة الأرض عن طريق مسارات التشتت المختلفة، وتعرض التوهين للإشعاع الشمسي الحاصل في المسارات الشمسية المباشرة.

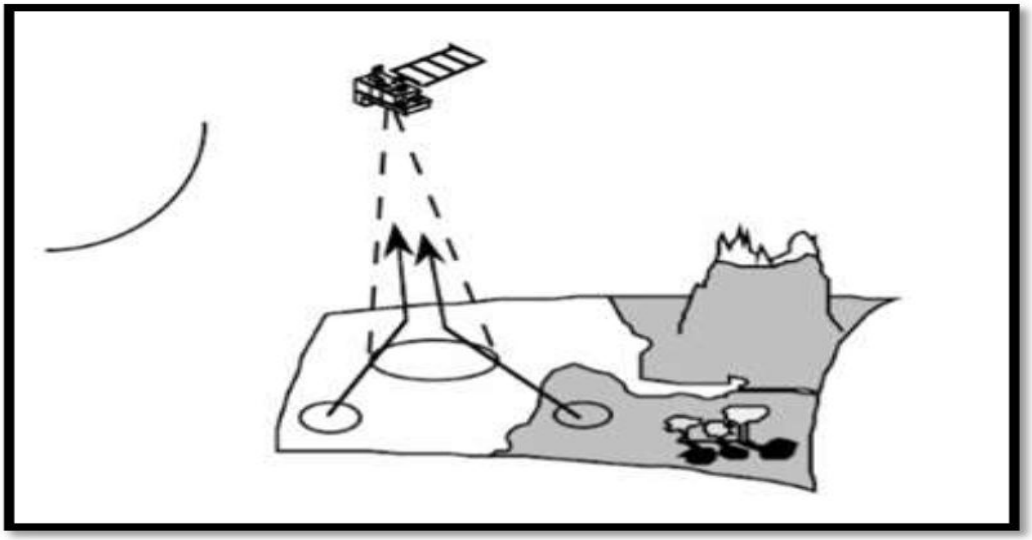
لذلك يجب مراعاة هذا المكون المنتشر أو المتشتت في الإشارة الملتقطة الشكل (3.2) يوضح ذلك[4]:



الشكل (3.2):مساهمة الحزمة المبعثرة في الإشارة المقاسة [8]

دعنا الآن نتفحص مسار العودة، أي الإشعاع الشمسي المنعكس بواسطة السطح والمتشتت من طرف الغلاف الجوي عبر المسار سطح ـــ قمر صناعي.

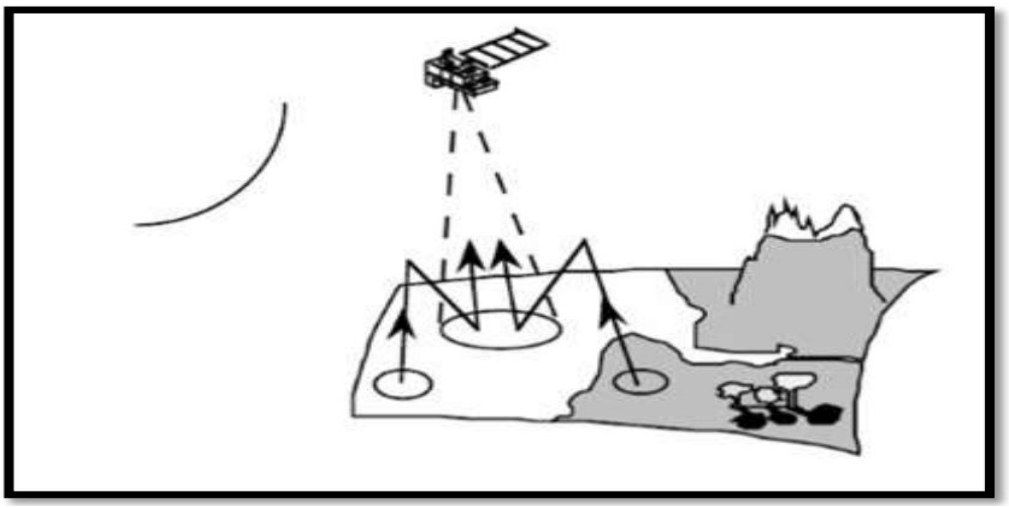
من خلال نفس العملية سيتشتت جزء منه باتجاه مستشعر القمر الصناعي، هذا المكون يجب النظر فيه بعناية، إذا كان السطح منتظم فهو مكون مفيد ولكن إذا كان السطح ليس كذلك، فإن هذا المكون سيحدث له تأثيرات بيئية أو اضطراب (الشكل4.2).



الشكل (4.2) : مساهمة بيئة الهدف الإشارة المقاسة [4]

أخيرا، سوف يتناثر جزء من الإشعاع الشمسي المنعكس عن طريق الغلاف الجوي إلى سطح وسيحدث مكون ثالث من خلال إضاءته.

حيث يتفاعل الإشعاع الشمسي بشكل متتابع مع السطح والغلاف الجوي ولكن عموما التقارب سريع بحيث بعد التفاعل واحد أو اثنين يمكن إهمال هذه الظاهرة (الشكل5.2).



الشكل (5.2): مساهمة الحزمة المبعثرة بين الأرض والغلاف الجوي في الإشارة المقاسة [4]

تسمى التقنية التي تسمح لنا بالتقاط كل هذه الإشارات عن بعد، والتي يتم إنشاؤها في مجال رؤية المستشعر: الاستشعار عن بعد.

2-9- طريقة حساب معاملات الانعكاس المستعملة في برنامج المحاكاة 6S:

لحساب معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الاستشعار عن بعد الخاصة بالأقمار الصناعية يمكن استخدام برنامج المحاكاة 6S أو المحاكاة الثانية لإشارة القمر الصناعي في الطيف المرئي. حيث يعد هذا البرنامج أحد أهم برامج الانتقال الإشعاعي التي تهدف إلى حساب التصحيحات الجوية للإشارة الملتقطة من طرف الأقمار الصناعية وكذلك لحساب معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه و تصحيحه من التأثيرات الجوية. فيما يلي نقدم العلاقات الحسابية المستعملة حسب هذا البرنامج[4].

1-9-2 حساب معامل الانعكاس في حالة مسار لامبرتي منتظم:

إذا اعتبرنا في بداية الأمر أن السطح ذو انعكاس لامبرتي منتظم و أن الجو منتظم أفقياً، سيتم التعبير عن الكميات المقاسة من خلال معامل الانعكاس المكافئ* ρ، والذي يعرف بـ:

$$\rho* = \frac{\pi\, L}{\mu_s . Es} \quad (2.2)$$

حيث:

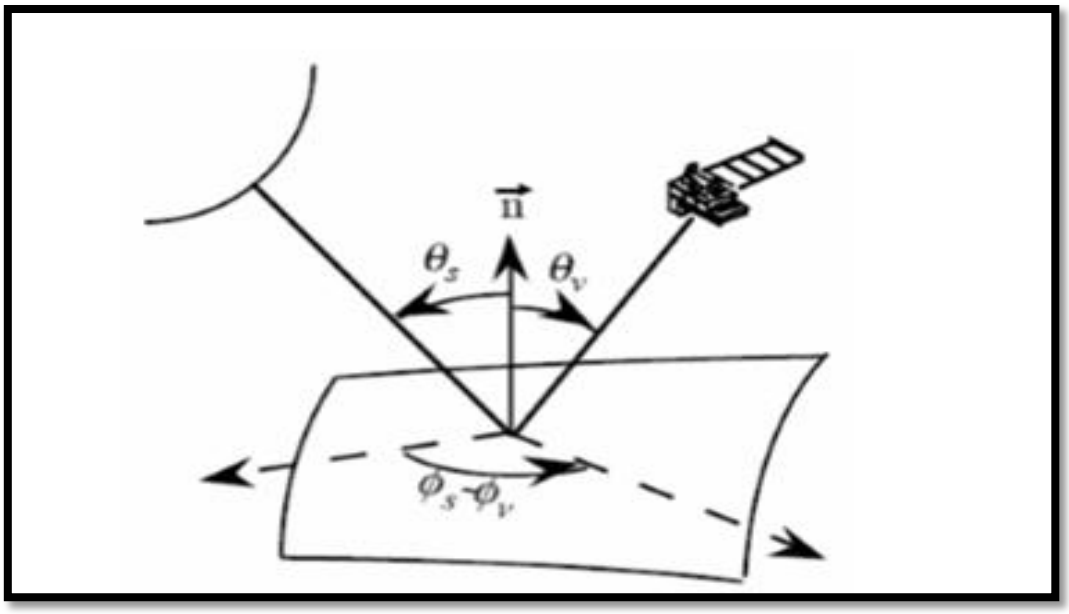
L : هو الإشعاع المقاس (درجة اللمعان).

Es: الإشعاع الشمسي الوارد من خارج الغلاف الجوي.

$$\mu_s = \cos(\theta_s)$$

بحيث:

θ_s: تمثل زاوية سمت الشمس.



الشكل(2-6): انعكاس الإشعاع الشمسي في حالة هدف لامبرتي منتظم.

من الملائم التعبير عن الإشارة التي يستقبلها القمر الصناعي كتاب علل أوامر المتتالية للتفاعلات الإشعاعية في النظام المقترن سطح-غلاف الجوي.

أما بالنسبة للإضاءة السطحية، لدينا المساهمات الآتية:

- الإشعاع الشمسي المباشر النازل و الموهن بواسطة الغلاف الجوي E_{sol}^{dir}:

$$E_{sol}^{dir} = \mu_s E_s e^{-\tau/\mu_s} (3.2)$$

- الإشعاع الشمسي المشتت أو المنتشر النازل E_{sol}^{diff}، مستقل عن خصائص السطح، و يلاحظ من خلال معامل نفاذية التشتت $t_d(\theta_s)$:

$$t_d(\theta_s) = \frac{E_{sol}^{diff}}{\mu_s . E_s} (4.2)$$

• هناك إشعاع مشتت ثاني ناتج عن الأسطح المجاورة للهدف بحيث يوافق الانعكاسات المتتالية و التشتت للإشعاع الشمسي بين السطح و الغلاف الجوي. إذا رمزنا للألبيدو الكروي للغلاف الجوي بالرمز S، فيمكننا كتابة هذا المكون كالأتي:

$$[e^{-\tau/\mu_s} + t_d(\theta_s)][\rho_t S + \rho_t^2 S^2 + \cdots]$$

كما يمكننا كتابة الإشعاع الكلي على مستوى السطح في شكله النظيمي على النحو التالي:

$$T(\theta_s)/[1-\rho_t S]$$

حيث:

$T(\theta_S)$: يمثل معامل النفاذية الكلية و يعطى كالأتي:

$$T(\theta_S) = e^{-\tau/\mu_s} + t_d(\theta_s) \qquad (5.2)$$

- مساهمة الإشعاع الشمسي الكلي (المباشر+ المنتشر) المنعكس من السطح و النافذ مباشرة من السطح إلى المستشعر، معبرا عنه بـ $e^{-\tau/\mu_s}$ مع $\mu_v = \cos(\theta_v)$ حيث vتمثل زاوية الرؤيا.

- مساهمة الإشعاع الشمسي المنعكس من طرف الغلاف الجوي المعبر عنه بدلالة معاملات الانعكاس من خلال الدالة: $\rho_a(\theta_s, \theta_v, \varphi_s, \varphi_v)$

- مساهمة الأسطح المجاورة التي تعكس التدفق الكلي (المباشر + المنتشر) النازل، حيث يصل الإشعاع إلى المستشعر عن طريق التشتت، نشير لمعامل نفاذية التشتت الجوي الجديد بـ $t'_d(\theta_v)$ لذلك يمكن تعبير عن معامل الانعكاس الظاهري ρ ∗ على مستوى القمر الصناعي على نحو التالي:

$$\rho*(\theta_s, \theta_v, \varphi_s - \varphi_v) = \rho_a(\theta_s, \theta_v, \varphi_s - \varphi_v) + \frac{T(\theta_s)}{1-\rho_t S}\left(\rho_t e^{-\frac{\tau}{\mu_v}} + \rho_t t'_d(\theta_v)\right) (6.2)$$

وفقا لمبدأ التبادل تكون الدالتان $t_d(\theta_s)$ و $t'_d(\theta_v)$متماثلتان، إذن يمكن كتابة ρ^* بالشكل التالي:

$$\rho^*(\theta_s, \theta_v, \varphi_s - \varphi_v) = \rho_a(\theta_s, \theta_v, \varphi_s - \varphi_v) + \frac{\rho_t}{1-\rho_t S} T(\theta_s) T(\theta_v) (7.2)$$

حيث:

$$\mathrm{T}(\theta_v) = e^{-\tau/\mu_v} + t_d(\theta_v) (8.2)$$

2-9-2 حساب معامل الانعكاس البيئي:

دعنا نفترض أن الانعكاس السطحي غير منتظم. أولا، سنعتبر هدف صغير M ذو معامل انعكاس $\rho_c(M)$ مع معامل انعكاس بيئي منتظم $\rho_e(M)$ للأسطح المجاورة. في هذه الحالة تكتب عبارة ρ^* كالاتي:

$$\rho^*(\theta_s, \theta_v, \varphi_s - \varphi_v) = \rho_a(\theta_s, \theta_v, \varphi_s - \varphi_v) + \frac{T(\theta_S)}{1 - \rho_e S}\left(\rho_c(M)e^{-\tau/\mu_v} + \rho_e(M)t_d(\theta_v)\right) \quad (9.2)$$

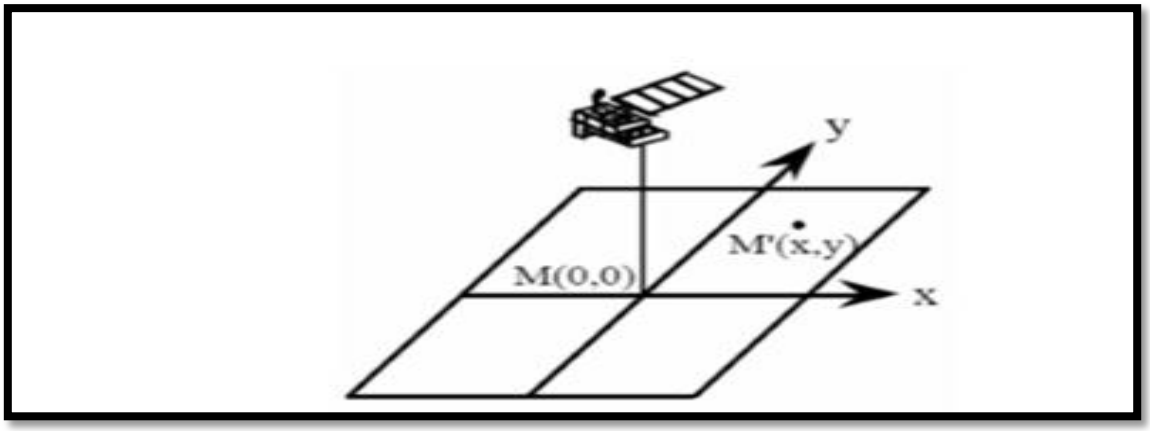
إذا اعتبرنا الآن أن معامل الانعكاس البيئي غير منتظم فإننا سنحافظ على نفس الشكل السابق لـ ρ^*، فقط ينبغي علينا إدخال معامل الانعكاس البيئي الجديد $\langle\rho(M)\rangle$ و الذي يمثل المتوسط المكاني لمعاملات الانعكاس لكل الأسطح المجاورة.

$$\rho^*(\theta_s, \theta_v, \varphi_s - \varphi_v) = \rho_a(\theta_s, \theta_v, \varphi_s - \varphi_v) + \frac{T(\theta_s)}{1 - \langle\rho(M)\rangle S}\left(\rho_c(M)e^{-\tau/\mu_v} + \langle\rho(M)\rangle t_d(\theta_v)\right) \quad (10.2)$$

هذا المتوسط المكاني يجب موازنته من خلال دالة الغلاف الجوي التي تأخذ بعين الاعتبار كفاءة النقطة M' وفقا للمسافة من النقطة M (الشكل 2-7)

بحيث تعطى عبارته على النحو التالي:

$$\langle\rho(M)\rangle = \frac{1}{t_d(\theta_v)}\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}\rho'(X,Y)\, e(X,Y,\theta_v)dXdY \quad (11.2)$$



الشكل(2-7): نقاط الهدف M و M' .

حيث:

M تمثل المبدأ لنظام الإحداثياتXو Y.

$\rho'(X,Y)$:تمثل معامل الانعكاس عند النقطة$M'(X,Y)$.

$e(X,Y,\theta_V)$: تمثل المساهمة في النفاذ الجوي المنتشر$t_d(\theta_v)$ في وحده المساحة لمصدر إيزوتروبي عند النقطة $M'(X,Y)$.

2-9-3 حساب معامل الانعكاس الذاتي للغلاف الجوي:

من أجل معامل انعكاس ذاتي للغلاف الجوي الملاحظ على هدف أسود، يمكن كتابة $\rho_r + \rho_a$ كمجموع لمساهمات الهباء الجوي و رايلي، حيث أن هذا الاعتبار غير صالح عند الأطوال الموجية القصيرة (أي أقل من 0.45µm) أو في حالة الزوايا السمتية الكبيرة للشمس و للرؤيا.

أ- رايلي:

- **معامل الانعكاس الجوي:**

بالنسبة للتشتت الإيزوتروبي، بين العالم *Chandrasekhar* عام 1960 كيف أن الحلول المستمدة من أجل السماكات البصرية الصغيرة τ قد يمتد إلى قيم أكبر لـ τ، حيث عبر عن معامل الانعكاس الجوي $\rho_a(\mu_s\,.\,\mu_v\,,\varphi_v\,-\varphi_s)$كالاتي:

$$\rho_a(\mu_s\,.\,\mu_v\,,\varphi_v\,-\varphi_s) = \rho_a^1(\mu_s\,.\,\mu_v\,,\varphi_v\,-\varphi_s) + \left(1-e^{-\tau/\mu_s}\right)\left(1-e^{-\tau/\mu_v}\right)\Delta(\tau) \quad (12.2)$$

حيث:

$\rho_a^1(\mu_s\,.\,\mu_v\,,\varphi_v\,-\varphi_s)$: تمثل مساهمة التشتت الفردي بيمنا الحد الثاني يمثل الحسابات بشكل كبير من أجل الدرجات الأعلى للتشتت.

في برنامج المحاكاة 6S يستخدم هذا النهج لحساب معامل انعكاس التشتت الجزيئي.

- **دالة النفاذ:**

تشير دالة النفاذ إلى التدفق النظيمي المقاس على السطح. هناك العديد من العبارات التقريبية استنادا إلى الطرق ثنائية التيار لحساب التدفق النافذ. تعتمد دقة هذه العبارات على خصائص التشتت للطبقة الجوية (السحب السميكة أو الرقيقة، أو الهباء الجوي) و على الشروط الهندسية. تم اختيار طريقة دلتا إدينغتون *delta-Eddington* والتي أثبتت على أنها مناسبة تماما لهذه الشروط. بما أن التشتت الجزيئي محفوظ يكون ω_0=1 و معامل التباين g يساوي الصفر، نكتب إذن:

$$T(\mu) = \frac{\left[\frac{2}{3} + \mu\right] + \left[\frac{2}{3} - \mu\right] e^{-\tau/\mu}}{\frac{4}{3} + \tau} \quad (13.2)$$

حيث:

μ : يمثل جيب التمام لزاوية سمت الشمس و/أو الرؤيا.

τ : يمثل السمك البصري.

- **الألبيدو الكروي:**

في حالات الانحفاظ مثل التشتت الجزيئي، تعطى عبارة الألبيدو *الكروي* s *كالأتي*:

$$s = 1 - \int_0^1 \mu \; T(\mu) d\mu \qquad (14.2)$$

من خلال المعادلة (12.2) و (13.2) يمكن كتابة عبارة الألبيدو الكروي على الشكل التالي:

$$s = \frac{1}{4 + 3\tau}[3\tau - 4E_3(\tau) + 6E_4(\tau)] (15.2)$$

حيث:

$E_3(\tau)$ و $E_4(\tau)$:تماثل التكاملات الأسية من أجل الوسيط τ.

ب- الهباء الجوي:

بالنسبة للهباء الجوي، يتم حساب عوامل التشتت البصري باستخدام نماذج محددة مسبقا،قاري، بحري، حضري، أو نموذج تحدد مكوناته من طرف المستخدم.

4-9-2 حساب معامل الانعكاس لهدف مرتفع:

بالنسبة لهدف مستواه يختلف عن مستوى سطح بحر، يمكن كتابة عبارة ρ^* على هذا النحو:

$$\rho^*(\theta_s, \theta_v, \varphi_s - \varphi_v, z_t) = T_g(\theta_s, \theta_v, z_t)\left[\rho_r(z_t) + \rho_a + \frac{\rho_t}{1 - S(z_t)\rho_t} T(\theta_v, z_t) T(\theta_s, z_t)\right] (16.2)$$

يشير ارتفاع الهدف أو الضغط إلى كمية التشتت فوق الهدف (الجزيئات و الهباء الجوي) وكمية الغازات الماصة.

يتم التعامل مع ارتفاع الهدف z_t بالطريقة التالية: بعد اختيار النموذج الجوي و ارتفاع الهدف أو الضغط، يتم حساب نموذج جوي جديد استنادا للارتفاع على مستوى الهدف و الاستكمال إذا لزم الأمر. و بهذه الطريقة، يتم الحساب الدقيق للعوامل الجوية.

الخلاصة

قمنا في هدا الفصل بالتعرف على الأقمار الصناعية ودورها في عملية الاستشعار عن بعد، فهي عبارة عن أجسام تدور حول الأرض، وتعتبر أجهزة حاملة للمستشعرات المستخدمة في الاستشعار عن بعد ، والاتصالات والملاحة وتحديد الإحداثيات .

ثم تطرقنا إلى خصائصها حيث أنه لكل قمر صناعي مدار يناسب الهدف وتختلف المدارات على حسب الارتفاع والتوجيه و الدوران بالنسبة للأرض، معا ذكر بعض أنواعها، ووصف الظواهر الفيزيائية الخاصة بتأثيرات الأرض و الجو على الإشعاع الشمسي من الشمس إلى الأرض ثم انعكاسه ليصل إلى القمر الصناعي حيث وجدنا أن ظاهرتي الامتصاص والانتشار تأثر على الإشارة الملتقطة من طرف القمر الصناعي، ومن خلال هدا تطرقنا إلى طرق حساب معامل الانعكاس المستعملة في برنامج المحاكاة6S .

تحليل النتائج ومناقشتها

مقدمة:

بعد التطرق للجزء النظري و الذي تناولنا فيه مختلف جوانب الاستشعار عن بعد التي تهمنا و كذلك التطرق إلى معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه إذن سنتطرق في هذا الفصل إلى دراسة تأثير العوامل المختلفة على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من بيانات الأقمار الصناعية. حيث سنستخدم في هذا الفصل بيانات القناة المرئية للقمر الصناعي متيوسات-7 مع استخدام كذلك برنامج المحاكاة 6S.

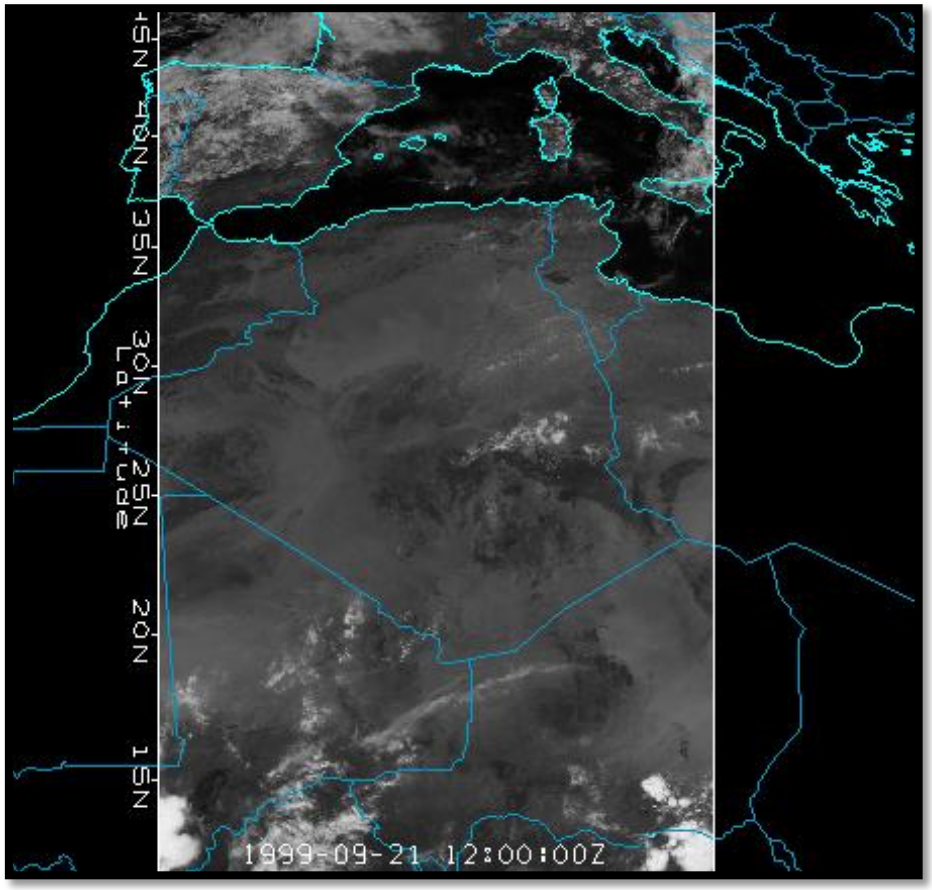
2.3. معطيات الأقمار الصناعية و منطقة الدراسة:

البيكسل المدروس يقع في منطقة الوادي حيث احداثياته الجغرافية هي(33.14°N ; 7.25°E).

هذه المنطقة تقع في الجزء الجنوبي الشرقي من الجزائر بحيث تمثل جزءا من الصحراء الشمالية الشرقية لصحراء افريقيا الكبرى.

كما تنتمي المنطقة المدروسة إلى منطقة العرق الشرقيّ الكبير. يسود منطقة الوادي المناخ الصحراوي، بحيث يتميز هذا المناخ بقسوته، وطول مدة وأيام حرارته وجفافه، هذا فضلا عن هبوب الرياح على مدار العام.

في هذا العمل قمنا باستعمال بيانات القناة المرئية لمستشعر القمر الصناعي الجيومستقر متيوسات-7 و الذي يمكنه تغطية المنطقة المدروسة بتواتر زمني قدره نصف ساعة، كما أن أيضا من إيجابيات هذا القمر الصناعي أنه يمكنه تغطية القرص الأرضي بأكمله.الشكل(1.3) يمثل صورة ملتقطة من طرف القناة المرئية للقمر الصناعي متيوسات-7 في يوم 21 سبتمبر 1999 على الساعة00: 12 توقيت عام.



الشكل(1.3):صورة ملتقطة من طرف القناة المرئية للقمر الصناعي متيوسات-7 في يوم 21 سبتمبر 1999 على الساعة00: 12 توقيت عام.

3.3. دراسة تأثير العوامل المختلفة على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من بيانات الاستشعار عن بعد:

سنتطرق هنا إلى دراسة تأثير العوامل المختلفة على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من بيانات القناة المرئية الخاصة بالقمر الصناعي متيوسات-7، هذه العوامل هي عوامل الأرض والغلاف الجوي من أجل المسارين للإشعاع الشمسي شمس-أرض ثم أرض-قمر الصناعي.

و هذا من خلال دراسة الشروط الهندسية و نماذج الغلاف الجوي و مسار و ارتفاع القمر الصناعي و الشروط الهندسية. حيث سندرس هنا بصفة خاصة تأثيرات كمية محتوى الغلاف الجوي الكلي من بخار الماء، كمية و نوعية الهباء الجوي، ارتفاع مستوى الأرض بالنسبة لسطح البحر، كمية الأوزون في الجو، و نوع الجو و كذلك التوقيت العام.

كل هذه الدراسة ستتم باستخدام برنامج المحاكاة 6S وبمشاركة البيانات المقاسة انطلاقا من مستشعر القناة المرئية الخاصة بالقمر الصناعي متيوسات-7.

كما أنه تم في دراستنا هذه اختيار يوم صافي خالي من السحب بالنسبة للبيكسل المدروس و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام.

1.3.3. دراسة تأثير معامل الرؤيا على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه:

هنا نريد دراسة تأثير معامل الرؤيا على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية.

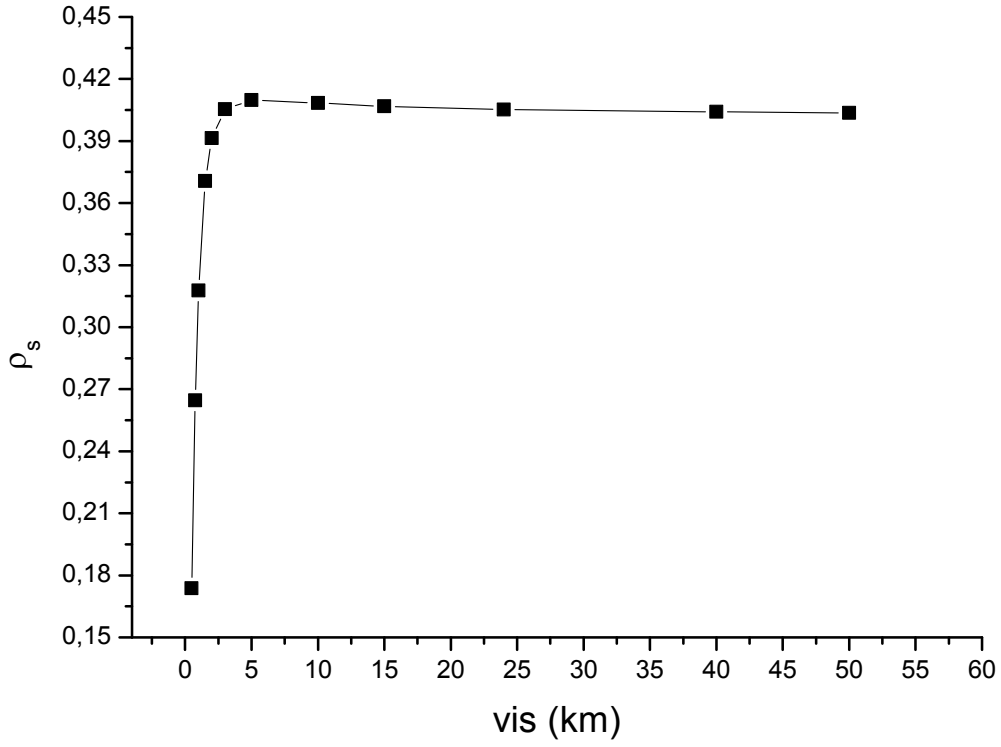
فمن أجل جو من نوع خطوط العرض الوسطى خلال الصيف و من أجل النموذج الصحراوي للهباء الجوي و من أجل ارتفاع قدره 63m بالنسبة لمستوى سطح البحر تمّ في الشكل (2.3) تمثيل تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه المحسوب في دراستنا بدلالة معامل الرؤيا و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام و هذا باستخدام برنامج المحاكاة 6S.

حيث نلاحظ أنه من خلال هذا الشكل ازدياد سريع للغاية لقيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه المحسوب في دراستنا من أجل قيم معامل الرؤيا الأصغر من 5km(قيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه تتغير تقريبا حوالي بين 0.17 إلى 0.41) وهذا راجع لسبب ازدياد قيم السمك البصري للهباء الجوي بينما نلاحظ قيم كبرى و ثبات تقريب القيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه المحسوب في دراستنا من أجل قيم معامل الرؤيا الأكبر من 5km (قيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه ثابتة عند حوالي 0.41) .

و هذا راجع لسبب القيم الصغرى للسمك البصري للهباء الجوي في هذا المجال.إنّ ازدياد قيم السمك البصري للهباء الجوي يتسبب في زيادة ظاهرتي التشتت و الامتصاص للإشعاع الشمسي من خلال المسارين شمس-أرض و أرض-قمر صناعي و بالتالي سيحدث حتما تغير في قيم معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه.و العكس صحيح أي أنه من أجل القيم الصغرى لقيم السمك البصري للهباء الجوي يتسبب في نقصان وحتى انعدام تقريبا لظاهرتي التشتت و الامتصاص من طرف الهباء الجوي للإشعاع الشمسي

من خلال المسارين شمس-أرض و أرض-قمر صناعي و بالتالي سيحدث حتما ثبات في قيم معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه.

إذن نستنتج من خلال هذه الدراسة أنه لتقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية يجب القيام بعملية التصحيحات الجوية و خاصة من أجل القيم الصغرى لمعامل الرؤيا حيث تكون الرؤيا عموما صغيرة.



الشكل (2.3) تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة معامل الرؤيا و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام.

2.3.3. دراسة تأثير نوعية الهباء الجوي على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه:

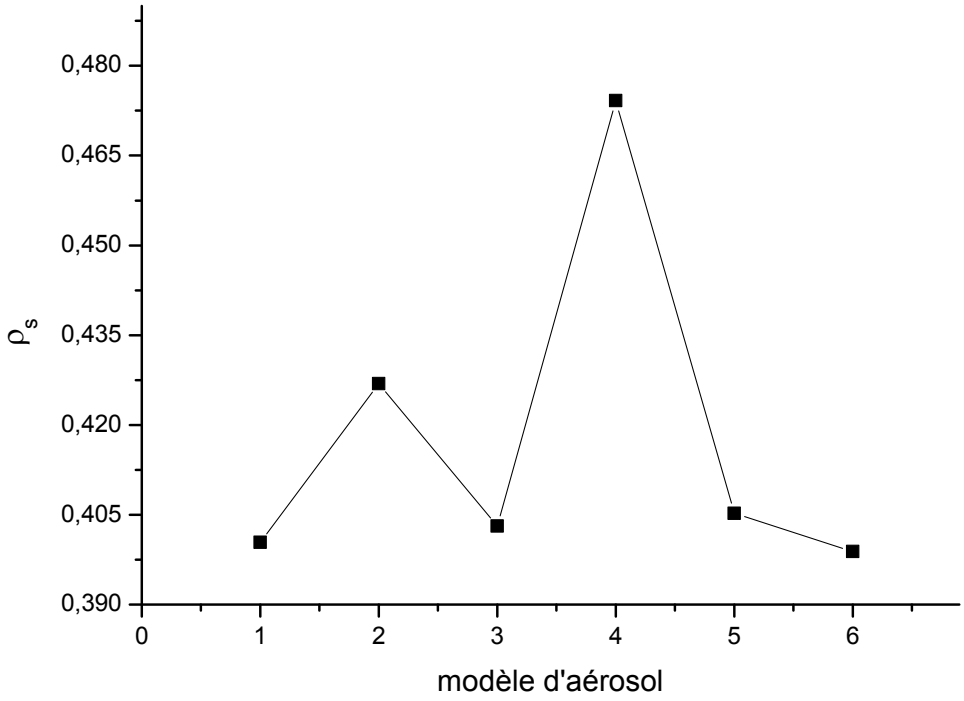
في هذا الجزء نريد دراسة تأثير نوعية الهباء الجوي على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية.

فمن أجل جو من نوع خطوط العرض الوسطى خلال الصيف و من أجل معامل الرؤيا يساوي 24kmمن أجل ارتفاع قدره 63m بالنسبة لمستوى سطح البحر تمّ في الشكل (3.3) تمثيل تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة نوعية الهباء الجوي و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام (1: لا وجود للهباء الجوي، 2: النموذج القاري، 3: النموذج البحري، 4: النموذج الحضري، 5: النموذج الصحراوي، 6: النموذج الستراتوسفيري). حيث نلاحظ أنه من خلال هذا الشكل تغير سريع لقيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه المحسوب في دراستنا من أجل كل نوع

للهباء الجوي (مثلا قيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه يمكنها أن تتغير تقريبا حوالي بين 0.4 إلى 0.47و هذا من أجل تغير نوع الهباء الجوي من النموذج البحري إلى النموذج الحضري) .

و هذا راجع لسبب ازدياد و نقصان قيم السمك البصري للهباء الجوي. أي ازدياد و نقصان لظاهرتي التشتت و الامتصاص للإشعاع الشمسي من خلال المسارين شمس-أرض و أرض-قمر صناعي و بالتالي سيحدث حتما تغير في قيم معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه.

إذن نستنتج من خلال هذه الدراسة أنه لتقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية يجب القيام بعملية التصحيحات الجوية و اختيار نوع الهباء الجوي بشكل مناسب.



الشكل (3.3) تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة نوعية الهباء الجوي و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام (1: لا وجود للهباء الجوي، 2: النموذج القاري، 3: النموذج البحري، 4: النموذج الحضري، 5: النموذج الصحراوي، 6: النموذج الستراتوسفيري).

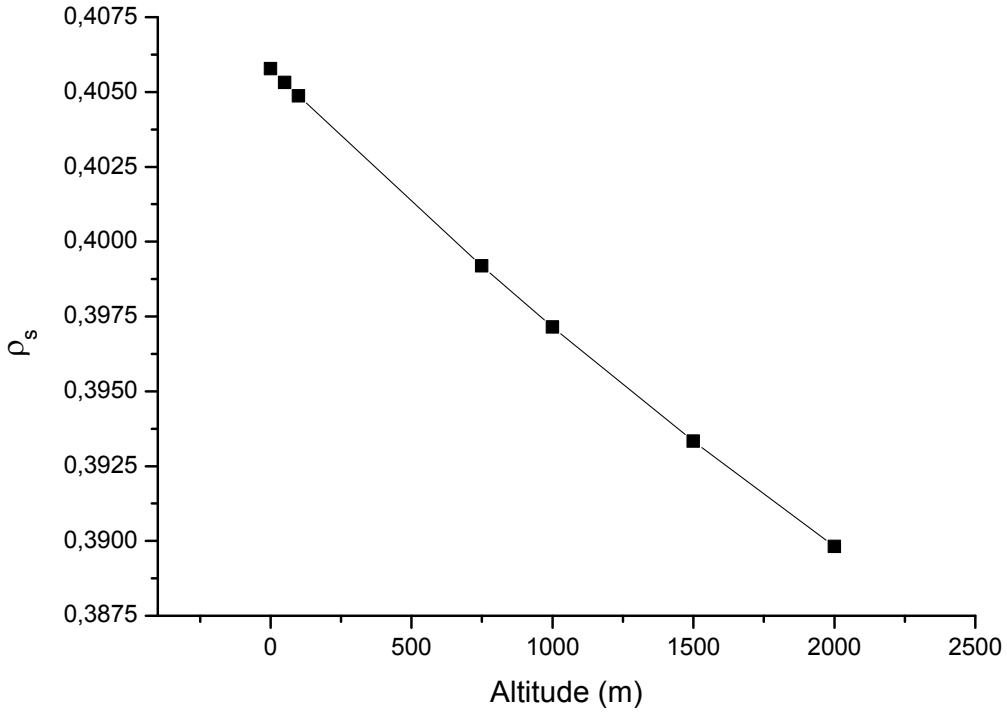
3.3.3. دراسة تأثير الارتفاع بالنسبة لمستوى سطح البحر على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه:

هنا نريد دراسة تأثير الارتفاع بالنسبة لمستوى سطح البحر على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية. فمن أجل جو من خطوط العرض الوسطى خلال الصيف و من أجل النموذج الصحراوي للهباء الجوي و من أجل معامل للرؤيا يساوي 24m تمّ في الشكل (4.3)

تمثيل تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة الارتفاع بالنسبة لمستوى سطح البحر و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام.حيث نلاحظ أنه من خلال هذا الشكل وجود علاقة عكسية بين قيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه و ارتفاع سطح الأرض أي هناك تناقص لقيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه المحسوب في دراستنا و هذا مع زيادة الارتفاع بالنسبة لمستوى سطح البحر(مثلا قيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه يمكنها أن تتناقص تقريبا حوالي من 0.406 إلى 0.39و هذا من أجل زيادة في الارتفاع بالنسبة لمستوى سطح البحر من 0 إلى 2000m)

و هذا راجع لسبب نقصان قيم السمك البصري. أي لنقصان ظاهرتي التشتت و الامتصاص للإشعاع الشمسي من خلال المسارين شمس-أرض و أرض-قمر صناعي و بالتالي حدوث حتما تغير في قيم معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه.

إذن نستنتج من خلال هذه الدراسة أن التقدير الجيد لمعامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية يتطلبالأخذ بعين الاعتبار ارتفاع الأرض بالنسبة لمستوى سطح البحر.



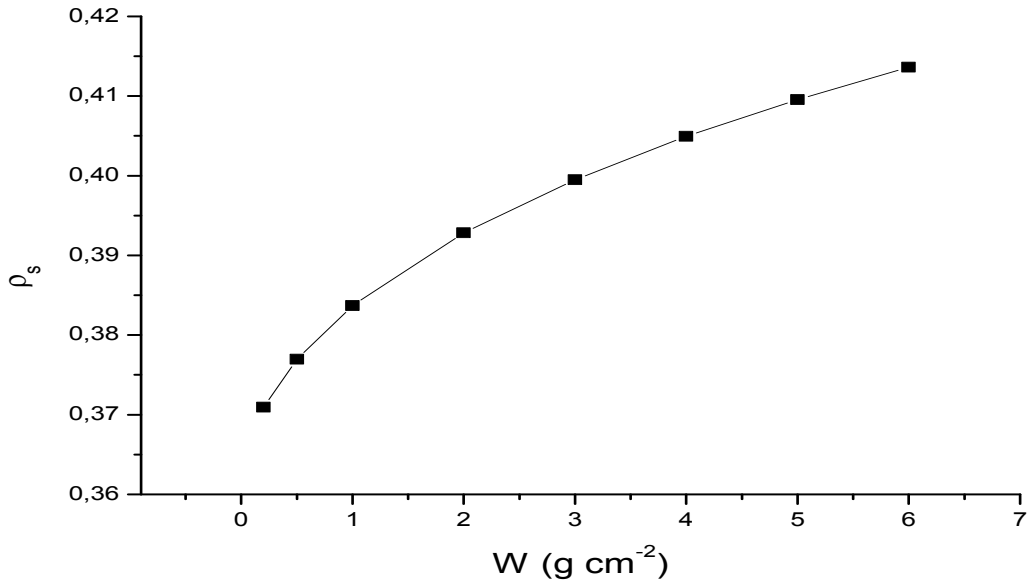
الشكل (4.3) تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة الارتفاع بالنسبة لمستوى سطح البحر و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام.

4.3.3. دراسة تأثير محتوى الغلاف الجوي الكلي من بخار الماء على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه:

هنا نريد دراسة تأثير محتوى الغلاف الجوي الكلي من بخار الماء على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية. فمن أجل سمك بصري للأوزون يساوي 0.2cmو من أجل النموذج الصحراوي للهباء الجوي و من أجل معامل للرؤيا يساوي 24mو من أجل ارتفاع قدره 63m بالنسبة لمستوى سطح البحر تمّ في الشكل (5.3) تمثيل تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة محتوى الغلاف الجوي الكلي من بخار الماء و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام.

حيث نلاحظ أنه من خلال هذا الشكل وجود علاقة طردية بين قيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه و محتوى الغلاف الجوي الكلي من بخار الماء أي هناك تزايد لقيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه المحسوب في دراستنا و هذا مع زيادة قيمة محتوى الغلاف الجوي الكلي من بخار الماء(مثلا قيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه يمكنها أن تتزايد تقريبا حوالي من 0.37 إلى 0.415 و هذا من أجل زيادة في قيمة محتوى الغلاف الجوي الكلي من بخار الماء تقريبا من 0.2 إلى $6.5g\ cm^{-2}$) و هذا راجع لسبب الزيادة في قيم السمك البصري الناتج عن بخار الماء. أي لزايدة ظاهرتي التشتت و الامتصاص للإشعاع الشمسي من خلال المسارين شمس-أرض و أرض-قمر صناعي و بالتالي حدوث حتما تغير في قيم معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه.

إذن نستنتج من خلال هذه الدراسة أن التقدير الجيد لمعامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية يتطلب الأخذ بعين الاعتبار محتوى الغلاف الجوي الكلي من بخار الماء.



الشكل (5.3) تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة محتوى الغلاف الجوي الكلي من بخار الماء و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام.

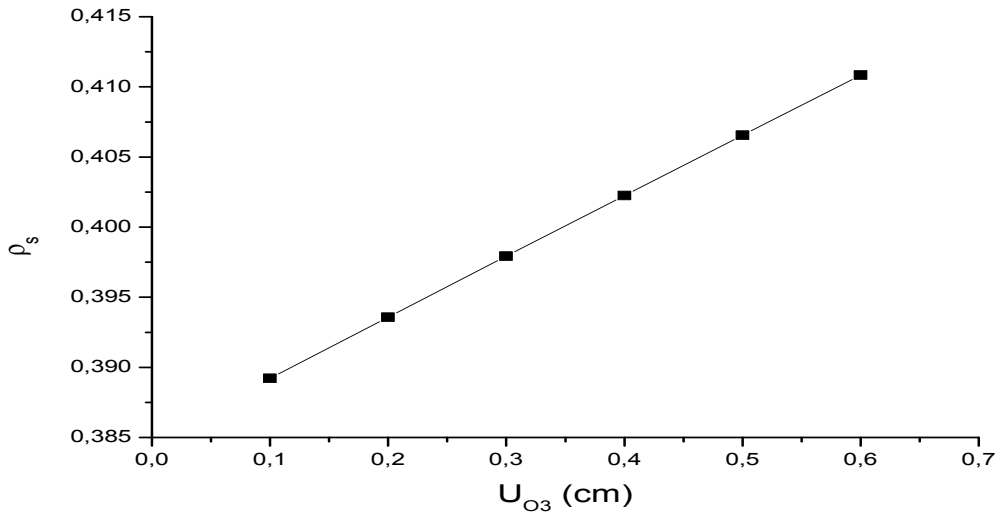
5.3.3. دراسة تأثير السمك البصري للأوزون على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه:

في هذا الجزء نريد دراسة تأثير السمك البصري للأوزون على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية. فمن أجل محتوى الغلاف الجوي الكلي من بخار الماءيساوي $2.1\ g/cm^2$و من أجل النموذج الصحراوي للهباء الجوي و من أجل معامل للرؤيا يساوي 24m و من أجل ارتفاع قدره 63m بالنسبة لمستوى سطح البحر تمّ في الشكل (6.3) تمثيل تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة السمك البصري للأوزون و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام.

حيث نلاحظ أنه من خلال هذا الشكل وجود علاقة طردية بين قيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه و قيمة السمك البصري للأوزون أي هناك تزايد لقيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه المحسوب في دراستنا و هذا مع زيادة قيمة السمك البصري للأوزون (مثلا قيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه يمكنها أن تتزايد تقريبا حوالي من 0.39 إلى 0.41و هذا من أجل زيادة في قيمة السمك البصري للأوزون تقريبا من 0.1 إلىcm 0.6) و هذا راجع لسبب الزيادة في قيم السمك البصري الناتج عن بخار الماء.

أي لزايدة ظاهرتي التشتت و الامتصاص للإشعاع الشمسي من خلال المسارين شمس-أرض و أرض-قمر صناعي و بالتالي حدوث حتما تغير في قيم معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه.

إذن نستنتج من خلال هذه الدراسة أن التقدير الجيد لمعامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية يتطلب الأخذ بعين الاعتبار السمك البصري للأوزون.



الشكل (6.3) تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة السمك البصري للأوزون و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام.

6.3.3. دراسة تأثير التوقيت العام على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه:

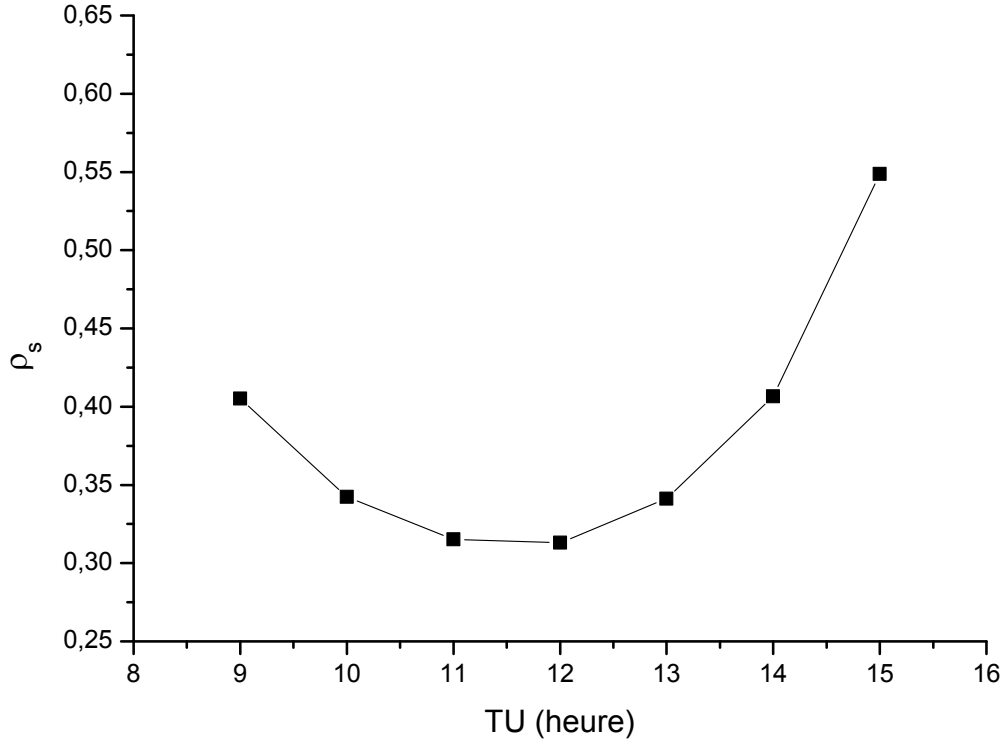
في هذا الجزء نريد دراسة تأثير التوقيت العام على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية.

فمن أجل جو من خطوط العرض الوسطى خلال الصيف و من أجل النموذج الصحراوي للهباء الجوي و من أجل معامل للرؤيا يساوي 24m و من أجل ارتفاع قدره 63m بالنسبة لمستوى سطح البحر تمّ في الشكل (7.3) تمثيل تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة التوقيت العام و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام.

حيث نلاحظ أنه من خلال هذا الشكل أن قيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه خلال النهار تتناقص تدريجيا انطلاقا من الساعة التاسعة صباحا حتى تصل إلى قيمة دنيا عند الساعة الثانية عشر زوالا ثم تبدأ في الزيادة تدريجيا حتى الساعة الثالثة مساءا.

و كذلك نفس الشيء بالنسبة للسمك البصري. كما أن التوقيت العام له تأثير مباشر على تقدير قيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه فمثلا كما هو موضح في الشكل قيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه يمكنها أن تتغير من 0.3 إلى 0.55. و هذا راجع لسبب الزيادة و النقصان في قيم السمك البصري للجو.

إذن نستنتج من خلال هذه الدراسة أن التقدير الجيد لمعامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية يتطلب الأخذ بعين الاعتبار التوقيت العام المدروس.



الشكل (7.3) تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة التوقيت العام و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام.

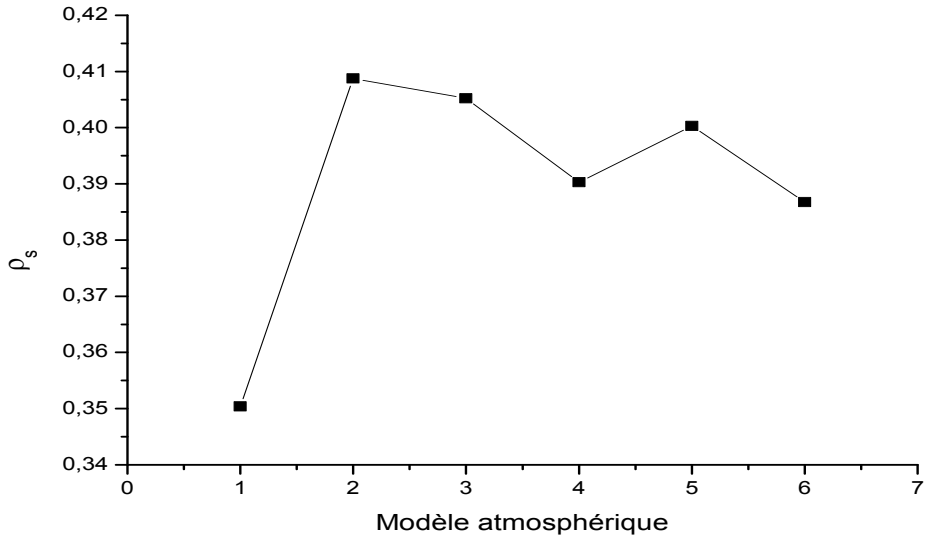
7.3.3. دراسة تأثير نوع الجو على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه:

هنا نريد دراسة تأثير نوع الجو على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية.

فمن أجل النموذج الصحراوي للهباء الجوي و من أجل معامل للرؤيا يساوي 24m و من أجل ارتفاع قدره 63m بالنسبة لمستوى سطح البحر تمّ في الشكل (8.3) تمثيل تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة نوع الجو و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام (1: لا وجود للغازات، 2: جو من النوع الاستوائي، 3: جو من نوع خطوط العرض الوسطى خلال الصيف، 4: جو من نوع خطوط العرض الوسطى خلال الشتاء، 5: جو من نوع المناطق شبه القطبية خلال الصيف، 6: جو من نوع المناطق شبه القطبية خلال الشتاء).

حيث نلاحظ أنه من خلال هذا الشكل تغير سريع لقيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه المحسوب في دراستنا من أجل كل نوع للهباء الجوي (مثلا قيمة معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه يمكنها أن تتغير تقريبا حوالي بين 0.35 إلى 0.41و هذا من أجل تغير نوع الجو من نموذج لا وجود للغازات فيه إلى نموذج من النوع الاستوائي) و هذا راجع لسبب ازدياد و نقصان قيم السمك البصري للغلاف الجوي. أي ازدياد و نقصان لظاهرتي التشتت و الامتصاص للإشعاع الشمسي من خلال المسارين شمس-أرض و أرض-قمر صناعي و بالتالي سيحدث حتما تغير في قيم معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه.

إذن نستنتج من خلال هذه الدراسة أنه لتقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية يجب القيام بعملية التصحيحات الجوية و اختيار نوع الجو بشكل مناسب.



الشكل (8.3) تغير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه بدلالة نوع الجو و ذلك في يوم 11 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت العام

(1: لا وجود للغازات، 2: جو من النوع الاستوائي، 3: جو من نوع خطوط العرض الوسطى خلال الصيف، 4: جو من نوع خطوط العرض الوسطى خلال الشتاء، 5: جو من نوع المناطق شبه القطبية خلال الصيف، 6: جو من نوع المناطق شبه القطبية خلال الشتاء).

خلاصة:

في هذا الفصل تطرقنا إلى دراسة التأثيرات المختلفة على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه و المتمثلة في كل من كمية محتوى الغلاف الجوي الكلي من بخار الماء، كمية و نوعية الهباء الجوي، ارتفاع مستوى الأرض بالنسبة لسطح البحر، كمية الأوزون في الجو، نوع الجو و كذلك التوقيت العام. حيث وجدنا أن كل هذه العوامل لها تأثير مباشر على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية و لكن وجدنا أن التوقيت العام و معامل الرؤية و نوعية الهباء الجوي لها تأثير أكبر مقارنة مع العوامل الأخرى لذا يجب استعمال القياس الدقيق لهذه المدخلات

الخـــــــــاتمة العـــامـــة

يعتبر الاستشعار عن بعد من العلوم الحديثة التي تشق طريقها بسرعة فائقة، وقد ساعد على هذا التقدم الدقة المتناهية في الحصول على المعلومات المرسلة من الأقمار الصناعية والطائرات، حيث تلعب الأقمار الصناعية دورا رئيسيا وهاما في عملية الاستشعار عن بعد.وفي هذا العمل تطرقنا إلى دراسة وتقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد الذي يهتم بدراسة الأشعة الكهرو مغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة باستعمال معطيات القمر الصناعي متيوسات- 7.

وفي هذا الإطار، قمنا بدراسة تأثيرات عوامل الأرض والجو على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من بيانات القناة المرئية الخاصة بالقمر الصناعي متيوسات -7.حيث قمنا بوصف هذه التأثيرات باستخدام المحاكات الثانية لإشارة القمر الصناعي لطيف المرئي، كما وضحنا أهمية عمليتي الامتصاص والتشتت في الغلاف الجوي، وتأثيرها على الإشعاع الشمسي المنعكس نحو الأقمار الصناعية من خلال المسارين شمس-أرض و أرض-قمر صناعي.

كما استنتجنا من خلال هذا العمل أن الإشارة الملتقطة بواسطة الأقمار المرئية للقمر الصناعي متيوسات-7 هي تمثل فيزيائيا كمية الإشعاع الشمسي المنعكس من طرف النظام أرض- جو حيث من الصعب فصل مساهمة الغلاف الجوي عن مساهمة الأرض دون تقديم افتراضات معينة.

حيث بينت لنا النتائج أن التقدير الجيد لمعامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية يتم ذلك من خل حسن تقدير لعمليتي الامتصاص والتشتت الناتج عن طبقة الأزون في الجو و كذلك الناتجة عن بخار الماء في الغلاف الجوي وكذالك الناتج عن الهباء الجوي لما لها من تأثير مباشر على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية.

كما وجدنا أن ارتفاع مستوى السطح بالنسبة لمستوى سطح البحر وزيادة معامل الرؤيا لها تأثير كذلك على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه وتبقى الأبحاث مستمرة في هذا المجال على أمل التوصل إلى دراسات أكثر دقة وتفصيل في المستقبل القريب

قائمة المصادر والمراجع

قائمة المراجع :

مراجع باللغة الأجنبية :

[1] Tourta Sabah, Etude de leffet des aerosols sur lestimation du coefficient de reflectance bidirectionnelle à l'aide de mesures satellitaires, Mémoirede Magister, Université Mentouri Constantine, Algérie(2007).

[2]- الـدكتور محمـد الـدايل،أقمار الاستشـعار عـن بعـد،العلوم والتقنية،العـدد الخـامس والعشـرون (1993).

[3] S.Sguiri, Utilisation de la télédétection pour quantifier l'influence de la Hauteur Solaire sur le Coefficient de Reflectance Bidirectionnelle, Mémoirede Magister, Université Mentouri Constantine, Algérie(2007).

[4] VermoteE, D. Tanré, J. L. Deuzé, M. Herman, J. J. Morcette, S. Y.Kotchenova, "Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum – Vector (6SV)", 6S User Guide Version 3, November 2006.

[5]- إعـداد مجموعـة مـن الأسـاتذة ،"الاستشـعار عـن بعـد "المؤسسـة العامـة للتعلـيم الفنـي والتدريب المهني ,المملكة العربية السعودية، 100 صفحة .

[6]د وسـام الـدين محمـد عبـده ، " مقدمـة عـن الاستشـعار عـن بعـد وتطبيقاتـه "، جامعـة الـدمام ، الصفحات 473، (2014) .

[7]- محمـد الخزامـي عزيـز "الاستشـعار عـن بعـد وتطبيقاتـه فـي التخطـيط العمرانـي "حوليـة كليـة الإنسانيات، جامعة قطر، العدد 16، الصفحات 353-385(1994).

[8] F. Cisco Eugenio Gonzalez, G. M. Ruiz et Ferran Marques, Manuel de télédétection spatiale, Université de Las Palmas de Gran Canaria, 2013.

[9] - د.محمـد احمـد ميـاس "أسـس الاستشـعار عـن بعـد "، دار جامعـة صـنعاء للطباعـة و النشـر، الصفحات 392، الطبعة الأولى 2013.

[10]- بهـاء فـؤاد ، مبـادئ الاستشـعار عـن بعـد ، الـزعيم للخـدمات المكتبيـة والنشـر ، القاهرة(2017) .

[11]-http//.www.aLkoon.alnomrosi.net /Solar /earth.html.

[12] R. Caloz, Télédétection satellite, Notes de cours. École Polytechnique Fédérale de Lausanne, France, 1990.

[14] O.Aissani-Modélisation du canal VISSR de METEOSAT7 pour l'estimation du rayonnement solaire global au sol, Mémoirede Magister, Université Mentouri Constantine, Algérie(2004).

[15] M. L. Belalem, "Estimation de la réflectance spectrale et NDVI par Le satellite MSG", Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah d'Ouargla, Algérie(2017)

[16] Paul M. Mather and Magaly Koch, Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction, 460 pages,2011.
[17] Atmosphere, www.nationalgeographic.org, Retrieved 16-12-2019.

[19] NorrnanO'Neill et Alain, Royer, Analyse des effets atmosphériques dans les données en télédétectiondu moyen infrarouge sur la classification des minéraux de surface en milieu aride , Université de Sherbrooke, (2000)

[20]-https //www.ipcc.ch/publication and data/ar4/are/faq-2-1.html.

[21] -د.عاطف معتمد عبد الحميد،كتاب أسس الاستشعار عن بعد ،قسم الجغرافيا- كلية الآداب ، جامعة القاهرة، 2008.

[22]-http// www.lis a. u-pec.fr

[23]-إعداد مجموعة من الأساتذة " مشروع مسح الموارد الطبيعية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية "، الهيئة العامة للاستشعار عن بعد ، سوريا ، 2010.

[24]- د. جمعه محمد داود ،"أسس وتطبيقات الاستشعار عن بعد "، القاهرة، جمهورية مصر العربية ،الصفحات 208، 2015.

[25]ـــ إعداد مجموعة من الأساتذة، الأقمار الصناعية (الجزء الأول)، العلوم و التقنية، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، الرياض، 2006.

[26] How Many types of Satellites are There?,www.worldatlas.com,Retrieved 25-12- 2019.

[27] Types of Satellites and Applications, www.omicsonline.org,23-7-2016,Retrieved 11-4-2019.Edited.

[28] P.Y. Deschamps, M.Herman, D.Tanre, Modélisation du rayonnement salaire réfléchi par l'atmosphère et la terre 0,35et4μm ,Lab. Opt. Atmosph. Lille(France), 1983.

الملخص :

يعتبر علم الاستشعار عن بعد من احدث العلوم التي توفر معلومات كثيرة عن الأرض وما يميز هذا العلم عن باقي الطرق التقليدية انه يوفر المعلومات عن المنطقة دون الحاجة إلى الوصول إليها أو ملامستها، وهذا انطلاقا من صور الأقمار الصناعية .حيث تطرقنا في هذا العمل إلى دراسة التأثيرات المختلفة على تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه انطلاقا من معطيات القمر الصناعي متيوسات- 7 والتي وجدنا أنها تتأثر بعوامل سطح الأرض والغلاف الجوي وهذا من خلال المسارين للإشعاع الشمسي شمس- ارض وارض- قمر صناعي .

كما توصلنا من خلال هذا العمل إلى تقدير معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه المقاسه بواسطة الأقمار الصناعية والذي يتأثر بالعديد من العوامل من بينها كمية بخار الماء في الجو وكمية الهباء الجوي ومعامل انعكاس سطح الأرض بالإضافة إلى معامل الرؤيا والتوقيت العام اللذان لهما تأثير اكبر مقارنة بالعوامل الأخرى .

الكلمات المفتاحية :الإشعاع الشمسي ، متيوسات-7، معامل الانعكاس ثنائي الاتجاه .

Summary :

Remote sensing is one of the latest sciences that provide a lot of information about the Earth, and what distinguishes this science from other traditional methods is that it provides information about the region without the need to access or touch it, and this is based on satellite images. In this work we dealt with the study of effects. The difference is based on the estimation of the two-way reflection coefficient based on the data of the METOSAT-7 satellite, which we found to be affected by the factors of the earth's surface and the atmosphere, and this through the two paths of solar radiation - Sun - Earth and Earth - Satellite.

We have also come through this work to estimate the two-way reflection coefficient measured by satellites, which is affected by many factors, including the amount of water vapor in the atmosphere, the amount of aerosols and the reflection coefficient of the Earth's surface in addition to the coefficient of vision and the general timing, which have a greater effect compared to other factors.

Key words: solarirradiance, MTE-7, bidirectionalreflection coefficient

6S: Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum –Vector.