

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

رقم الترتيب:
رقم التسلسل:

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي



كلية العلوم الدقيقة

قسم : الفيزياء



مذكرة تخرج مقدمة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

مجال : علوم المادة

تخصص : فيزياء أشعة

من إعداد : بن ناجي عبير

الموضوع

**تقدير الإشعاع الشمسي الكلي باستخدام صور
الأقمار الصناعية**

نوقشت يوم : ... / ... / 2018

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة

الموسم الجامعي: 2018/2017

الإهداء

اهدي هذا العمل المنواضع:

إلى روح المرابي الفاضل ومثلي في الحياة والدي الغالي أطل الله في عمره

و إلى من غمرتني حبا وحنانا صغيرة كنت وكيرة والدتي العزيزة

والى إخواني وأخواتي حبا ووفاء

و إلى اعز صديقتي لي شهر زاد

و إلى كل من ساهم في إتمام هذا البحث

و إلى كل من تخبوني وأحبهم

بن ناجي عير

شكر وعرفان

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين نبينا محمد

صلى الله عليه وسلم

أما بعد:

نود أن نشكر الله عز وجل على إتمام هذه المذكرة.

كما نتقدم بالشكر الجزيل إلى كل من كان له بصمة في مشوارنا لتصل إلى ما عليه فكلمة الشكر هذه ليست كافية للتعبير عن امتناني لهم أعني بذلك إلى جميع أساتذتي الكرام الذين بدلوا جهدهم على

تكويننا طيلة مشوارنا الجامعي، حيث لا بد من الاعتراف بالفضل لمشرفي

الأستاذ الدكتور "البي عبد القادر" الذي كان مرشدا لي، إذ ساهم في حل العديد من

المشكلات التي واجهتني، وقد أمدني بالحديث والرصين من المصادر العلمية المتخصصة في مجالي

الفيزياء الإشعاعية، فضلا عن إشرافه ومنابعته الدقيقة لخطوات البحث. وإلى السادة أعضاء لجنة

المناقشة على قبولهم لمناقشة موضوعنا وتخصيص بعض من وقتهم للاطلاع على هذا العمل، كما لا ينسى

لنا أن ننسي بالذكر إلى جميع طلبة دفعتنا الثانية ماستر فيزياء.

و أخيرا الشكر موصول إلى كل من ساعدنا من قريب أو بعيد.

بن ناجي عير

فهرس المحتويات

.....	فهرس الأشكال
.....	فهرس الجداول
.....	فهرس الرموز

المقدمة العامة

الفصل الأول: تذكير حول الاستشعار عن بعد

.....	1-1 المقدمة
.....	2-1 لمحة تاريخية
.....	3-1 مفهوم الاستشعار عن بعد
.....	4-1 مبادئ الاستشعار عن بعد
.....	5-1 مكونات عملية الاستشعار عن بعد
.....	5-1-1 مصدر الطاقة أو الإضاءة
.....	5-1-1-1 تعريف الأشعة الكهرومغناطيسية
.....	5-1-2 خصائص الأشعة الكهرومغناطيسية
.....	5-1-3 المجال الكهرومغناطيسي
.....	5-1-2 الأشعة والغلاف الجوي
.....	5-1-2-1 بنية الغلاف الجوي
.....	5-1-2-2 التركيب الكيميائي للغلاف الجوي
.....	5-1-2-3 الهباء الجوي
.....	5-1-2-4 تفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية مع الغلاف الجوي
.....	5-1-3 التفاعل مع الأهداف
.....	5-1-4 تخزين الطاقة المنعكسة من قبل الحساسات
.....	5-1-5 استقبال وبث ومعالجة البيانات على متن الأقمار الصناعية
.....	5-1-6 التفسير البصري
.....	5-1-7 التطبيق
.....	6-1 مجالات الأشعة التي تتعامل معها الأقمار الصناعية
.....	7-1 وصف صور الأقمار الصناعية (المرئيات الفضائية)
.....	الخلاصة

الفصل الثاني: طرق تقدير الإشعاع الشمسي الكلي

.....	1-2 المقدمة
.....	2-2 طبيعة الإشعاع الشمسي

.....	3-2 مكونات الإشعاع الشمسي.
.....	1-3-2 الإشعاع الشمسي المباشر
.....	2-3-2 الإشعاع الشمسي المنتشر
.....	3-3-2 الإشعاع الشمسي الكلي.
.....	4-2 الزوايا الشمسية
.....	1-4-2 زاوية ميلان الشمس
.....	2-4-2 زاوية ساعية
.....	3-4-2 زاوية ارتفاع الشمس
.....	4-4-2 زاوية سمت الرأس
.....	5-4-2 زاوية البعد الأفقي
.....	5-2 الثابت الشمسي
.....	6-2 طرق تقدير الإشعاع الشمسي الكلي.
.....	1-6-2 تقنية الهيليوسات-1
.....	2-6-2 نماذج تقدير الإشعاع الشمسي الإجمالي في حالة السماء الصافية
.....	1-2-6-2 نماذج بسيطة جدا لتحديد الإشعاع الشمسي الكلي في يوم صافي
.....	2-2-6-2 نماذج بسيطة لتقدير الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض
.....	3-2-6-2 نماذج معقدة لتقدير الإشعاع الشمسي الكلي في يوم صافي
.....	الخلاصة

الفصل الثالث: تحليل النتائج ومناقشتها

.....	1-3 معطيات الأقمار الصناعية
.....	2-3 تغيير درجة اللمعان على مستوى القمر الصناعي
.....	3-3 تغيير الإشعاع الإجمالي المحسوب باستعمال النماذج البسيطة جدا
.....	4-3 تغيير الإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال النماذج البسيطة
.....	5-3 مقارنة بين الإشعاع الشمسي الإجمالي المقاس والإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال تقنية الهيليوسات
.....	الخلاصة
.....	الخاتمة العامة
.....	قائمة المراجع

فهرس الأشكال

الصفحة	عنوان الشكل	ترتيب الشكل
	الفصل الأول	
.....	مكونات عملية الاستشعار عن بعد.	الشكل (1-1)
.....	الأشعة الكهرومغناطيسية	الشكل (2-1)
.....	الطول الموجي والتردد	الشكل (3-1)
.....	الأشعة فوق البنفسجية	الشكل (4-1)
.....	الضوء المرئي	الشكل (5-1)
.....	الأشعة تحت الحمراء	الشكل (6-1)
.....	أشعة المايكروويف (الأشعة القصيرة)	الشكل (7-1)
.....	طبقات الغلاف الجوي	الشكل (8-1)
.....	الانتثار في الغلاف الجوي	الشكل (9-1)
.....	الامتصاص في الغلاف الجوي	الشكل (10-1)
.....	نوافذ الغلاف الجوي	الشكل (11-1)
.....	صور التفاعل مع الأهداف	الشكل (12-1)
.....	طرق بث بيانات الاستشعار عن بعد	الشكل (13-1)
.....	مجالات الأشعة التي تتعامل معها الأقمار الصناعية	الشكل (14-1)
.....	الصورة الرقمية	الشكل (15-1)

الفصل الثاني

.....	مكونات الإشعاع الشمسي على سطح الأرض	الشكل (1-2)
.....	تغير زاوية ميلان الشمس كدالة لتسلسل اليوم	الشكل (2-2)
.....	زوايا الشمس المختلفة	الشكل (3-2)
.....	الثابت الشمسي خارج الغلاف الجوي	الشكل (4-2)
.....	لمحة عامة حول طريقة الهيليوسات	الشكل (5-2)
.....	نتائج النماذج الستة البسيطة جدا لحساب الإشعاع الشمسي الكلي في حالة سماء صافية معتمدة على زاوية السمات	الشكل (6-2)

الفصل الثالث

.....	صورة ملتقطة من طرف القناة المرئية للقمر الصناعي متيوسات-7 في يوم 01 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة 9:00 توقيت عام	الشكل (1-3)
.....	مناطق الدراسة مبينة داخل الصورة الملتقطة من طرف القناة المرئية للقمر الصناعي متيوسات-7 في يوم 18 سبتمبر 1999 على الساعة 11:00 توقيت عام	الشكل (2-3)

- الشكل(3-3) التغير الساعي لدرجة اللمعان لمناطق الدراسة يوم 01 سبتمبر 1999.....
- الشكل(4-3) التغير الساعي لدرجة اللمعان لمناطق الدراسة يوم 09 سبتمبر 1999.....
- الشكل(5-3) التغير الساعي لدرجة اللمعان لمناطق الدراسة يوم 18 سبتمبر 1999.....
- الشكل(6-3) التغير الساعي لدرجة اللمعان لمناطق الدراسة يوم 27 سبتمبر 1999.....
- الشكل(7-3) التغير الساعي للإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال النماذج البسيطة جدا في حالة السماء صافية لمنطقة الوادي في يوم 14 جوان 2017.....
- الشكل(8-3) التغير الساعي للإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال النماذج البسيطة جدا في حالة السماء صافية لمنطقة الوادي في يوم 02 أوت 2017.....
- الشكل(9-3) التغير الساعي للإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال النماذج البسيطة جدا في حالة السماء صافية لمنطقة الوادي في يوم 05 جانفي 2018.....
- الشكل(10-3) التغير الساعي للإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال النموذج البسيط Kasten في حالة السماء صافية لمنطقة الوادي في يوم 02 أوت 2017.....
- الشكل(11-3) التغير الساعي للإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال النموذج البسيط Perez و Ineichen في حالة السماء صافية لمنطقة الوادي في يوم 02 أوت 2017.....
- الشكل(12-3) مقارنة بين الإشعاع الشمسي الإجمالي المقاس و الإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال تقنية الهيليوسات لشهر سبتمبر من عام 1999 على الساعة 12:00 توقيت عام في منطقة تمر است.....
- الشكل(13-3) مقارنة بين الإشعاع الشمسي الإجمالي المقاس و الإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال تقنية الهيليوسات لشهر سبتمبر من عام 1999 على الساعة 15:00 توقيت عام في منطقة تمر است.....
- الشكل(14-3) مقارنة بين الإشعاع الشمسي الإجمالي المقاس و الإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال تقنية الهيليوسات لشهر سبتمبر من عام 1999 على الساعة 12:00 و 15:00 توقيت عام في منطقة تمر است.....

فهرس الجداول

الصفحة	عنوان الجدول	ترتيب الجدول
.....	أهم الأقمار الصناعية وتاريخ إطلاقها	الجدول (1-1)
.....	مناطق ووحدات الطيف الكهر ومغناطيسي	الجدول (2-1)
.....	المكونات الدائمة والمتغيرة للغلاف الجوي الأرضي	الجدول (3-1)
.....	قيم الالبدو للأسطح المختلفة	الجدول (1-2)

فهرس الرموز

الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (W/m^2).	G_{ext}
تمثل الإشعاع الإجمالي الساقط على سطح الأرض في حالة السماء صافية.	G_{clear}
هي القيمة الرقمية الناتجة عن وجود الغلاف الجوي فقط و يمكن أخذها على أنها القيمة الرقمية لبيكسل موجود على سطح البحر.	C_{atm}
هي القيمة الرقمية للبيكسل المقاسة من طرف جهاز الراديومتر المثبت على مستوى القمر الصناعي.	c
سرعة الضوء ($m.s^{-1}$).	C
يمثل الإشعاع الشمسي المباشر.	DNI
يمثل الإشعاع الشمسي المنتشر.	$Diffuse$
الثابت الشمسي وهو يساوي تقريبا ($1367 W/m^2$).	I_{sc}
الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح أفقي (W/m^2).	I_d
الإشعاع الشمسي المنتشر الساقط على سطح أفقي وحدته (W/m^2).	I_{as}
الإشعاع الشمسي الساقط على سطح أفقي و الناتج من انعكاسات متعددة بين الأرض والسماء	I_G
تمثل معامل النفاذية للأوزون الناتج عن الامتصاص.	T_0
معامل نفاذية الهباء الجوي الناتج عن الامتصاص والتشتت.	T_A
تمثل معامل النفاذية لتشتت رايلي.	T_R
النفاذية الكلية لجميع التأثيرات الجزئية باستثناء بخار الماء.	T_M
تمثل درجة حرارة نقطة الندى.	T_D
يمثل معدل الزمن بالساعات مقاسا من وقت الظهر.	t
متوسط المسافة بين الأرض والشمس والذي يسمى بالوحدة الفلكية.	r_0
المسافة بين الأرض والشمس.	r
يمثل ألبيدو الأرض.	r_g
يمثل ألبيدو الغلاف الجوي.	r_s
القيمة الصغرى لألبيدو السطح الذي يتم حسابه إحصائيا شهريا لبيكسل معطى.	ρ_{min}
القيمة الكبرى لألبيدو السطح و يتم حسابها إحصائيا شهريا لنفس البيكسل المعطى و بشكل منفصل.	ρ_{max}
الكتلة الهوائية.	M
الكتلة الهوائية المصححة بالضغط.	M'
يمثل معامل امتصاص بخار الماء.	a_w
يمثل المحتوى الكلي للغلاف الجوي من بخار الماء.	U_w
معامل تصحيح الاختلاف المركزي للمدار الأرضي حول الشمس	E_0
زاوية ميل الشمس.	δ
تسلسل اليوم في السنة.	dn
خط العرض المحلي (درجة).	φ
طول الموجي (m).	λ
التردد (s^{-1}).	ν
الكمية الكلية للأوزون في مسار مائل.	X_0
الزاوية الساعية عند زاوية ارتفاع الشمس $h = 0$.	W_s

مؤشر السحابة.	n
مؤشر الصفاء.	k_T^*
السلك البصري للهباء الجوي.	τ_A

المقدمة العامة

المقدمة العامة

إن معرفة كمية الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض على نطاق واسع يمكن استعماله في عدة تطبيقات نذكر منها مجال الطاقة الشمسية، مجال دراسة علم المناخ، مجال التنبؤ، مجال الدراسات البيئية و مجال الفلاحة و هناك مجالات أخرى كثيرة. حيث أن معرفة الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض على نطاق واسع هو ممكن فقط باستخدام معطيات الأقمار الصناعية و التي يمكنها أن توفر تغطية إقليمية آمنة في العديد من التطبيقات خاصة في علم المناخ، و قد أثبت ذلك من قبل العالم فوندرهارند أليس عام 1978م حيث أن الدراسة كانت تقتصر على مرور القمر الصناعي مرة واحدة يوميا على كل منطقة مدروسة و هذا بالنسبة للأقمار الصناعية المدارية القطبية NOAA [1].

في عام 1960م تم إطلاق أول قمر صناعي تجريبي للطقس TIROS-1 من قبل الولايات المتحدة الأمريكية و بعد عدة سنوات من التجارب تم تحسين الأقمار الصناعية تدريجيا و تكيفها بشكل أفضل حيث أنه تم استخدامها في مراقبة الأرض مع بيانات الاستشعار عن بعد لغرض الأرصاد الجوية [2]. في عام 1977م إلى غاية 1997م أطلقت وكالة الفضاء الأوروبية سلسلة متيوسات الجيل الأول، و من بينها متيوسات-1، و هو أول قمر صناعي للنظام الأوروبي للأرصاد الجوية حيث كان الغرض الرئيسي منه تحسين توقعات الطقس من خلال إعطاء خبراء الأرصاد الجوية لمحة بصرية للغطاء السحابي، بالإضافة إلى ذلك ظهرت العديد من التطبيقات الأخرى لصور الأقمار الصناعية مثل قياس مكونات الغلاف الجوي وبعض المعاملات الضوئية و الحرارية الخاصة بسطح الأرض [1،2].

إن جهاز الراديو متر المثبت على مستوى القمر الصناعي يسمح بقياس الإشعاع المنبعث أو المنعكس من سطح الأرض، هذا الإشعاع ليس فقط على المجال الشمسي بأكمله و لكن أيضا في نطاقات طيفية أصغر [3،4]. إن معرفة توزيع الإشعاع الشمسي على موقع جغرافي معين له أهمية كبيرة لتطوير أنظمة الصور الحرارية أو الضوئية لذلك ظهرت العديد من القياسات التي تسمح بمعرفة أو تقدير الإشعاع الشمسي على سطح الأرض حيث أن هذه القياسات الأرضية ليست متاحة دائما مما يتطلب استخدام نماذج لتقدير الإشعاع بدلا من القياسات كالنموذج الفيزيائي الذي بإمكانه أيضا تحقيق نتائج جيدة. في حين هناك العديد من الأبحاث التي حققت في دقة النماذج و أثبتت أنها مقبولة [5،6،7].

فكيف يمكننا إذن تقدير الإشعاع الشمسي الكلي باستخدام صور الأقمار الصناعية؟

تم تطوير العديد من الأساليب الحسابية خلال العقدين الماضيين لتقدير الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض انطلاقا من معطيات الأقمار الصناعية و من بين هذه الطرق المختلفة نجد تقنية الهيليوسات التي انتشرت في أنحاء العالم، خاصة الهيليوسات -1 باعتبارها تحسن نموذج السماء الصافية والتي تعتبر من النماذج الضرورية لتقدير مستويات الإشعاع [8،9]. إن النماذج التي تستعمل صور الأقمار الصناعية ولاسيما الأقمار الصناعية الثابتة بالنسبة للأرض مهمة في العديد من البحوث و التطبيقات الخاصة بالطاقة الشمسية، و بالتالي فإن حساب الإشعاع الشمسي الكلي الواصل إلى سطح الأرض عملية ليست بسيطة لأنه يعتمد على الكثير من المتغيرات و العوامل منها كمية الهباء الجوي المنتشرة في الغلاف الجوي [10،11].

إن هذا العمل أنجز في ثلاث فصول, الفصل الأول بعنوان تذكير حول الاستشعار عن بعد و الذي من خلاله تعرفنا على الاستشعار عن بعد مبدأه و تطوره, كذلك تعريفه و مكوناته الأساسية, أما الفصل الثاني تطرقنا إلى طريقة تقدير الإشعاع الشمسي الكلي بإستخدام صور الأقمار الصناعية حيث قدمنا تقنية الهيليوسات-1 التي تتعامل مع توهين الإشعاع الشمسي الناتج عن الغلاف الجوي و عن الغيوم بشكل منفصل و من خلال هذه التقنية أيضا تطرقنا إلى نماذج تقدير الإشعاع الشمسي الكلي في حالة السماء الصافية التي تستخدم فقط في هندسة النماذج الحسابية و من بين هذه النماذج نذكر النماذج البسيطة جدا والبسيطة والمعقدة أما الفصل الأخير عبارة عن تحليل و مناقشة النتائج المتحصل عليها حيث تمت فيه مقارنة نتائج الإشعاع الشمسي الكلي المقدره باستعمال تقنية الهيليوسات مع القياسات في الموقع نفسه.

الجزء النظري

الفصل الأول

تذكير حول الاستشعار عن بعد

1-1 المقدمة:

إذا كان الاستخدام الرشيد و المستدام للموارد الطبيعية و تحجيم التلوث و تعزيز جودة البيئة و الحياة أسس التنمية الاقتصادية للبلدان الغنية و الفقيرة على السواء فإن هذه المتطلبات تعتمد على فهم و حصر ما يقدمه المحيط البيئي للإنسان و توقع الإمكانيات المستقبلية لهذا المحيط على الاستجابة للتحديات التي تفرضها المشاكل، مثل تدهور البيئة و الاكتظاظ السكاني، و قد كان الاستشعار عن بعد و غيره من العلوم والتقنيات المكانية على رأس قائمة المقاربات المستخدمة في الإدارة البيئية و إدارة الموارد الطبيعية و التخطيط الاقتصادي و الطبيعي و مجابهة التلوث منذ سبعينيات القرن العشرين [12].

و قد وفرت التطبيقات المختلفة للاستشعار عن بعد المعلومات اللازمة لتحسين صياغة القرارات في مجالات عدة في البيئة و التخطيط و غير ذلك من المجالات و هو السبب الذي جعل من اعتماد هذه التقنية في عمليات صنع القرار و مراقبة تنفيذه [12].

2-1 لمحة تاريخية:

في عام 1960م ظهر لفظ الاستشعار عن بعد لأول مرة، حيث يوفر علم الاستشعار عن بعد معلومات كثيرة و غزيرة عن الأرض و مازال يتطور و تزداد أهميته مع زيادة إمكانية و سهولة الحصول على معلومات من مخرجاته.

كانت أول تقنية للاستشعار عن بعد هي التصوير من الطائرات و كان ذلك عام 1839م، حيث أخذت أول صورة من الجو عام 1858م على ارتفاع 80 متر لقرية فرنسية. ثم جاء اختراع الأخوين (رايت) للطائرة عام 1903م الذي ساهم في دوره في تطوير طرق التصوير.

أما استخدام الصور الجوية في المناطق العربية فكان من خلال الحرب العالمية الأولى بواسطة الغرب و ذلك بتصوير مناطق السويس و بعض مناطق مصر، و لكن كان معظمها مقتصرًا على الأغراض العسكرية و العمليات الاقتصادية.

مع بداية عصر الفضاء و الاتصالات بالأقمار الصناعية أطلقت الولايات المتحدة الأمريكية صاروخا عام 1946م لغرض الاستكشاف الفضائي على ارتفاع 120 كيلومتر، و توالت الانجازات حتى تم عام 1965م إطلاق المركبة المأهولة (جيمني3).

في منتصف عام 1972م وضع القمر الصناعي الأمريكي (ERSAT-1) الذي يعرف الآن باسم لاندسات-1 (LANDSAT-1) في مداره حول الأرض، و من أهم المجالات التي استفادت من تجارب المعمل الفضائي: الزراعة، الغابات، الطقس و المناخ، استخدام الأراضي.

سعت كل دولة إلى امتلاك سلسلة من الأقمار الصناعية لتكون هي المسيطرة على هذه التقنية [13].
الجدول (1-1) يلخص أهم الأقمار الصناعية وتاريخ إطلاقها:

جدول (1-1): أهم الأقمار الصناعية وتاريخ إطلاقها [13].

ملحوظات	تاريخ الإطلاق	اسم القمر	مالك القمر
انتهى العمل به في 1978م	1972م	LANDSAT-1	الولايات المتحدة الأمريكية
انتهى العمل به في 1983م	1975م	LANDSAT-2	الولايات المتحدة الأمريكية
انتهى العمل به في 1983م	1978م	LANDSAT-3	الولايات المتحدة الأمريكية
	1985م	RESURS-OL-1	الاتحاد السوفياتي
	1986م	SPOT-1	فرنسا
	1990م	SPOT-2	فرنسا
	1994م	RESURS-OL-3	الاتحاد السوفياتي
	1997م	IRS-1D	الهند
	1999م	LANDSAT-7	الولايات المتحدة الأمريكية
	2002م	SPOT-5	فرنسا
	2002م	NOAA-17	الولايات المتحدة الأمريكية

3-1 مفهوم الاستشعار عن بعد:

الاستشعار عن بعد هو علم و فن في نفس الوقت، أما تعريفه كعلم فهو ذلك العلم الذي يهتم بإنجاز تطبيقي لأجهزة الطاقة الكهرومغناطيسية لإمكانية الحصول بواسطتها على معلومات عن أهداف بعيدة على سطح الأرض، و دراسة إمكانية الاستفادة من تلك المعلومات في الأغراض العلمية والتطبيقية المتعددة [14].

الاستشعار عن بعد يعني رؤية الأشياء دون الاقتراب منها. حيث أنه إذا قرأ الإنسان في كتاب ما أو نظر إلى فيلم معين أو راقب بعينه هدفا ما فإنه بهذا يطبق من حيث المبدأ فكرة الاستشعار عن بعد، إذا تلعب العين عمل جهاز الاستشعار عن بعد حيث تستجيب للضوء المنعكس من الهدف الذي تنظر إليه [14].

و بذلك يمكن تعريف الاستشعار عن بعد بأنه علم يدرس الأهداف والظواهر على سطح الأرض دون الاحتكاك المباشر أو التماس الفيزيائي مع الأهداف المدروسة، و يتم هذا الأمر عن طريق استشعار و تسجيل الأشعة المنعكسة أو الصادرة عن الأهداف المدروسة [15].

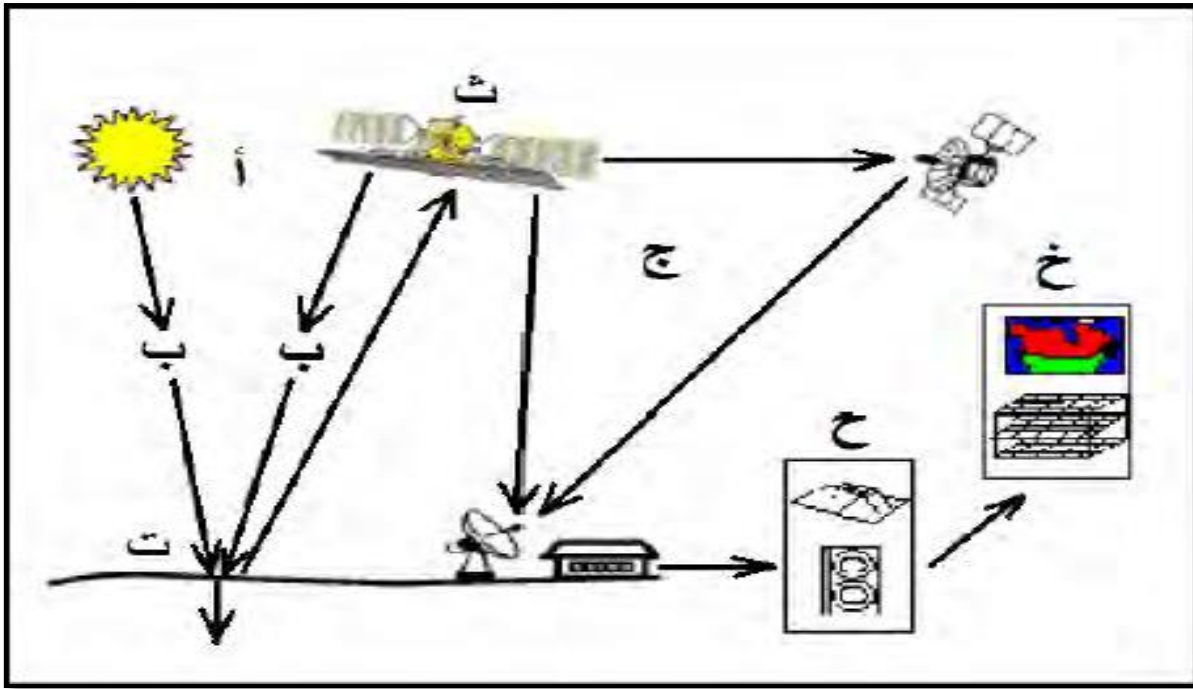
4-1 مبدأ الاستشعار عن بعد:

تعتمد تقنيات الاستشعار عن بعد على مبدأ فيزيائي بسيط و هو أن سطوح الأجسام المختلفة تعكس الأشعة الساقطة عليها بدرجات مختلفة و عليه فإن معرفة الخصائص الطيفية للأهداف الطبيعية و كيفية انعكاسها على الصور الفضائية يملك أهمية كبيرة في عملية التفسير [15].

1-5 مكونات عملية الاستشعار عن بعد:

تعتمد عملية الاستشعار عن بعد بشكل أساسي على التفاعل الحاصل بين الأشعة الساقطة و الأهداف المدروسة و لتبسيط هذه العملية فسنحدث عن نظم التصوير [16].

توجد سبعة عناصر للعملية الاستشعارية متفاعلة مع بعضها كما هي موضحة في الشكل (1-1) وهي:



الشكل (1-1): مكونات عملية الاستشعار عن بعد [16].

- أ- مصدر الطاقة أو الإضاءة.
- ب- الأشعة و الغلاف الجوي.
- ت- التفاعل مع الأهداف.
- ث- تخزين الطاقة من خلال المستشعرات.
- ج- الإرسال و الاستقبال و المعالجة.
- ح- التحليل و التفسير.
- خ- التطبيق.

1-5-1 مصدر الطاقة أو الإضاءة:

أول ما تتطلبه العملية الاستشعارية وجود مصدر إضاءة أو مصدر طاقة، بحيث تعتبر الشمس هي المصدر الرئيسي لهذه الطاقة في معظم أنواع الاستشعار عن بعد.

وفي الحقيقة هناك نوعين من المستشعرات تنقسم حسب مصدر الطاقة المستخدمة في إضاءة الأجسام المدروسة وهما [15]:

✓ مستشعرات سالبه (passive):

وهي الأجهزة الاستشعارية المستخدمة في الاستشعار عن بعد التي تقوم بقياس الطاقة المتاحة بشكل طبيعي (ويقصد بها الأشعة الشمسية المنعكسة عن الأهداف أو الأشعة المنبعثة من الأهداف ذاتها على شكل طاقة حرارية) [15].

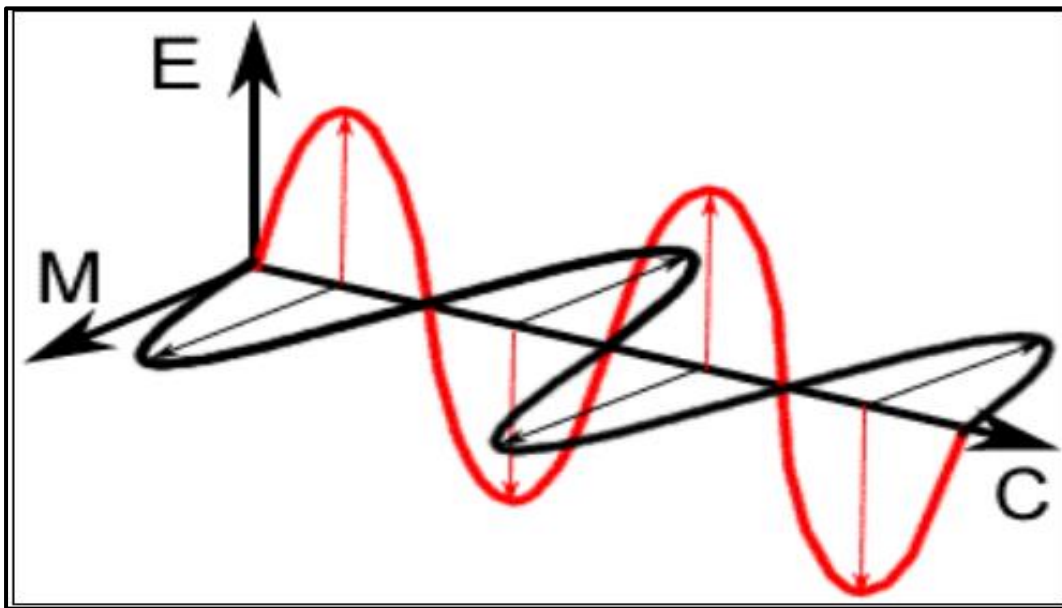
✓ مستشعرات فعالة (active):

وهي أجهزة استشعارية تقوم بقياس الطاقة المتاحة بشكل صناعي و خير مثال على هذه المستشعرات (المستشعرات الليزرية أو الرادارية) [15].

ترتكز عملية الاستشعار عن بعد على الطاقة المنعكسة من الأجسام بحيث هذه الطاقة يمكن أن تكون طاقة حرارية، مع العلم أن الطاقة المنعكسة تحدث فقط في النهار فلا توجد طاقة منعكسة في الليل، أما الطاقة المنبعثة فمن الممكن قياسها و تحسسها نهارا أو ليلا [16].

1-1-5-1 تعريف الأشعة الكهرومغناطيسية:

الأشعة الكهرومغناطيسية هي عبارة عن إشعاع يتألف من حركتين اهتزازيتين متوافقتين تتحركان في مستويين متعامدين. تتكون الأشعة الكهرومغناطيسية من مجال كهربائي و الذي يتغير في القيمة في اتجاه عمودي على اتجاه سريان الإشعاع و مجال مغناطيسي يتعامد على المجال الكهربائي (و من هنا جاء مصطلح الكهرومغناطيسية) و كلا المجالين الكهربائي و المغناطيسي يسيران بسرعة الضوء و تأخذ الرمز C كما هو موضح في الشكل (2-1).



الشكل (2-1): الأشعة الكهرومغناطيسية [15].

2-1-5-1 خصائص الأشعة الكهرومغناطيسية:

هناك خاصيتين أساسيتين للأشعة الكهرومغناطيسية لها أهمية خاصة في فهم عملية الاستشعار عن بعد وهما خاصيتي طول الموجة و التردد, [15] كما موضح في الشكل (3-1).

طول الموجة:

هو طول دورة كاملة و يمكن قياسه كمسافة بين قمتين متتاليتين و عادة ما يرمز بالحرف اللاتيني λ ويقاس طول الموجة بوحدات المتر أو أجزاء منه مثل:

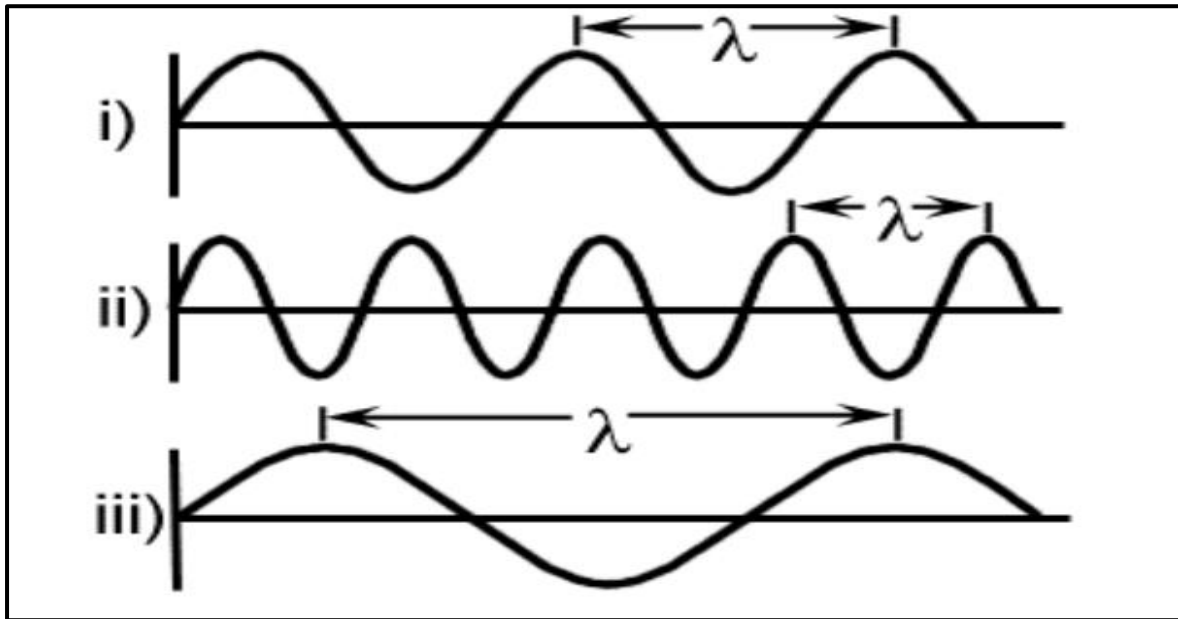
النانومتر (nm) الذي يساوي جزء من بليون 10^{-9} من المتر.

المايكرو متر (μm) الذي يساوي جزء من المليون 10^{-6} من المتر.

السنتمتر (cm) الذي يساوي جزء من مائة 10^{-2} من المتر.

التردد:

هو عدد الموجات الدورية خلال الزمن (ويعبر عنها بدورة في الثانية وتقاس عادة بالهرتز (Hz) أو احد مشتقاته) [15].



الشكل (3-1): الطول الموجي والتردد [15].

العلاقة بين طول الموجة و التردد تعبر عنها بالمعادلة التالية:

$$C = \lambda \cdot \nu \quad (1-1)$$

حيث:

C : هي سرعة الضوء في الفراغ 3×10^8 متر/الثانية.

λ : طول الموجة بالمتر.

ν : التردد (بالهرتز أي عدد الموجات في الثانية).

ومن هذه المعادلة يمكننا أن نقول إن طول الموجة والتردد لهما علاقة عكسية، فكلما زاد طول الموجة انخفض التردد و العكس بالعكس [16].

3-1-5-1 المجال الكهرومغناطيسي:

يتراوح المجال الكهرومغناطيسي أطوال الموجات القصيرة مثل أشعة جاما و الأشعة السينية x-ray، وأطوال الموجات الطويلة مثل موجات الراديو.

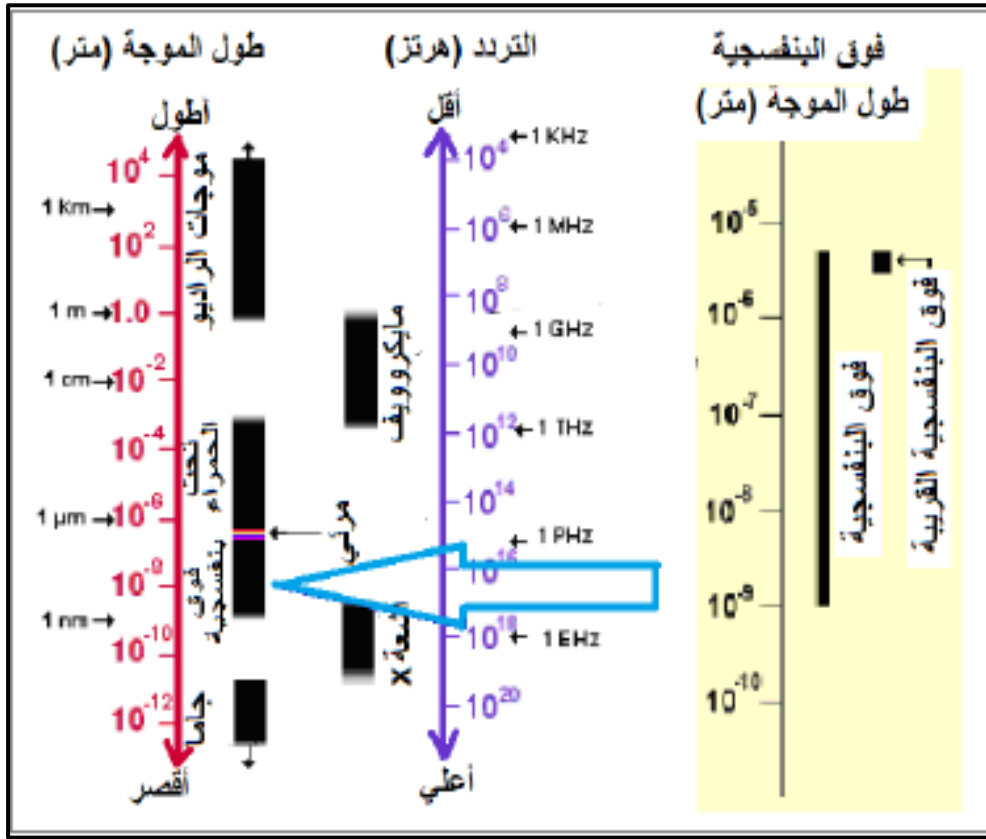
وهناك عدة مناطق في المجال الكهرومغناطيسي مفيدة للاستشعار عن بعد [16]. كما هو موضح في الجدول (2-1).

جدول (2-1): مناطق ووحدات الطيف الكهرومغناطيسي [17].

الطول الموجي			التردد	العدد الموجي
cm	μm	A^0	Hz	cm^{-1}
10^{-5}	0,1	1	3×10^{15}	100000
قريب من الأشعة تحت الحمراء ($\nu\mu$).				
4×10^{-5}	0,4	4,00	7×10^{14}	25000
مرئية				
7×10^{-5}	0,75	7,500	4×10^{14}	13333,33
قريب من الأشعة تحت الحمراء (IR)				
2×10^{-3}	20	2×10^5	15×10^{13}	500
بعيد عن الأشعة تحت الحمراء (IR)				
0,1	10^3	10^7	3×10^{11}	10
مايكروويف (MW)				

الأشعة فوق البنفسجية:

هي من أقصر أطوال الموجة مما يجعلها أكثر أهمية لبعض أنواع الاستشعار عن بعد و هذا الجزء من المجال الكهرومغناطيسي يقع مباشرة خلف الأشعة البنفسجية من الضوء المرئي [16]. كما موضح في الشكل (4-1).



الشكل (1-4): الأشعة فوق البنفسجية [16].

الضوء المرئي:

إن الذي تراه أعيننا هو جزء من المجال الكهرومغناطيسي المرئي، و من الجدير ملاحظة كم هو قليل بالمقارنة ببقية المجال الكهرومغناطيسي كما هو موضح في الشكل (1-5).

يغطي الضوء المرئي مجالاً يتراوح بين 400-700 مايكرو متر، علماً أن أطوال الموجة في مكونات الضوء المرئي هو الأحمر و اقصرها هو البنفسجي. و بالتالي يمكن تقسيم المجال المرئي إلى الأقسام التالية:

البنفسجي : 400 - 446 مايكرو متر.

الأزرق: 446-500 مايكرو متر.

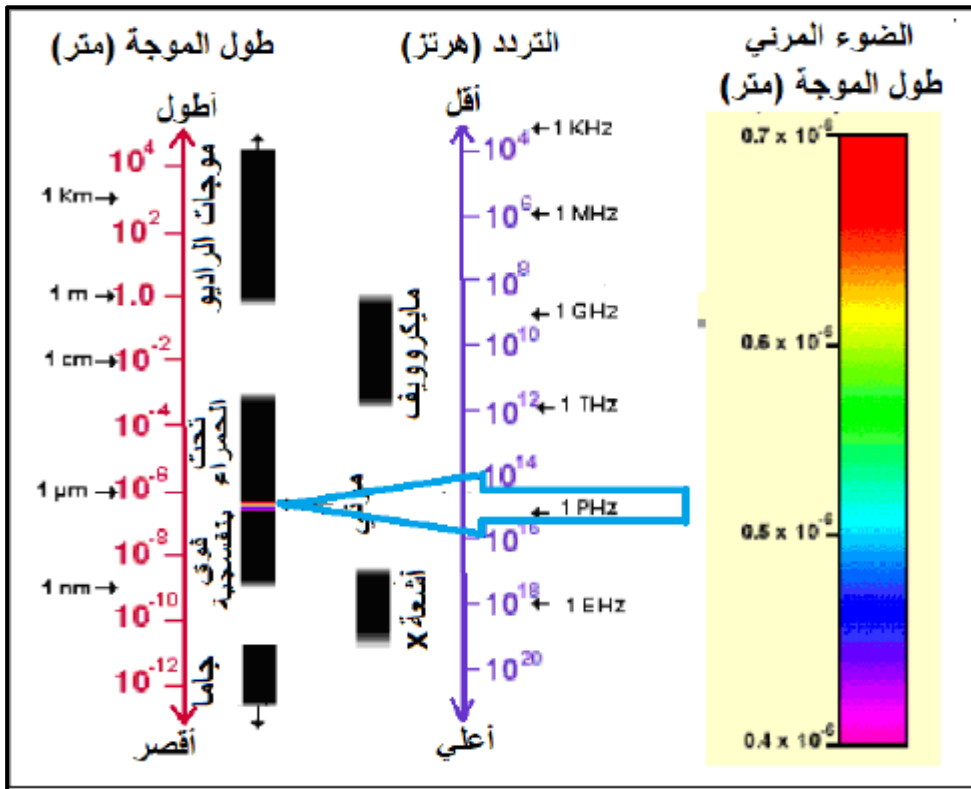
الأخضر: 500-578 مايكرو متر.

الأصفر: 578-592 مايكرو متر.

البرتقالي: 592 - 620 مايكرو متر.

الأحمر: 620 - 700 مايكرو متر.

ويعد الأزرق و الأخضر و الأحمر الألوان الأساسية في المجال المرئي و ذلك بسبب أن أي لون أساسي لا يمكن أن يتكون من الألوان الأخرى [16].



الشكل (1-5): الضوء المرئي [16].

بينما يمكن رؤية مكونات الجزء المرئي من الإشعاع الكهرومغناطيسي عندما نمرر الضوء من خلال مؤشر الذي يقسم الأشعة إلى كميات متميزة حسب طولها الموجي [16].

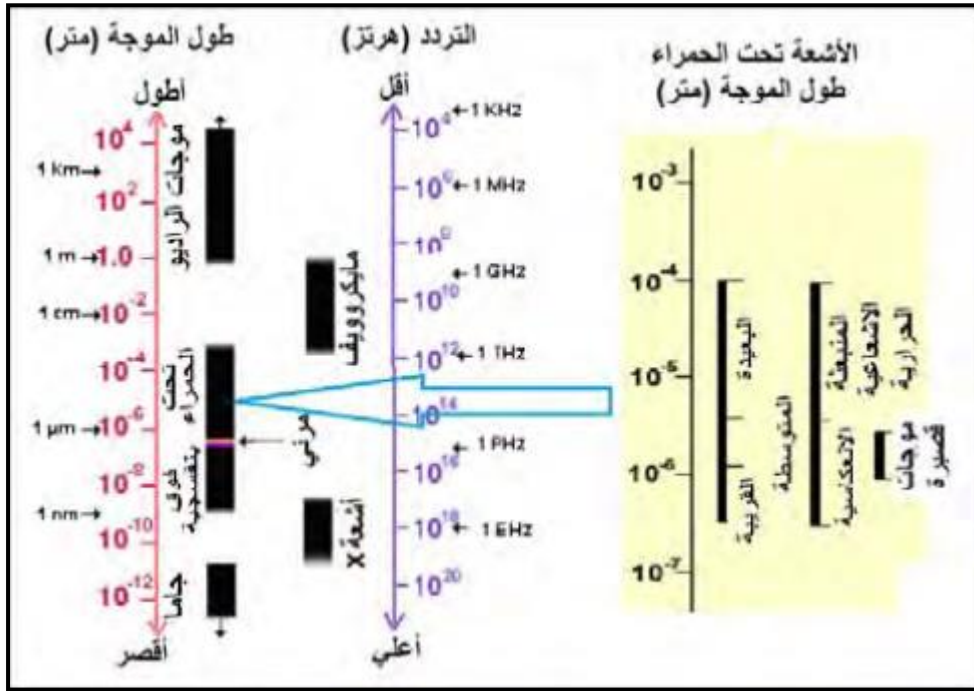
الأشعة تحت الحمراء:

وهي الجزء التالي الهام من المجال الكهرومغناطيسي بحيث تغطي أطوال موجات من 700 تقريبا إلى 100.000 مايكرو متر، أي انه أكبر منه بمائة مرة من المجال المرئي الشكل (1-6) يوضح ذلك.

يمكن تقسيم الأشعة تحت الحمراء إلى مجموعتين بناء على خصائصها الإشعاعية وهما:

الأشعة تحت الحمراء الانعكاسية و هي أشعة منعكسة تستخدم في الاستشعار عن بعد بطريقة تماثل استخدام الضوء المرئي وهي تعطي المجال 700 إلى 3000 مايكرو متر.

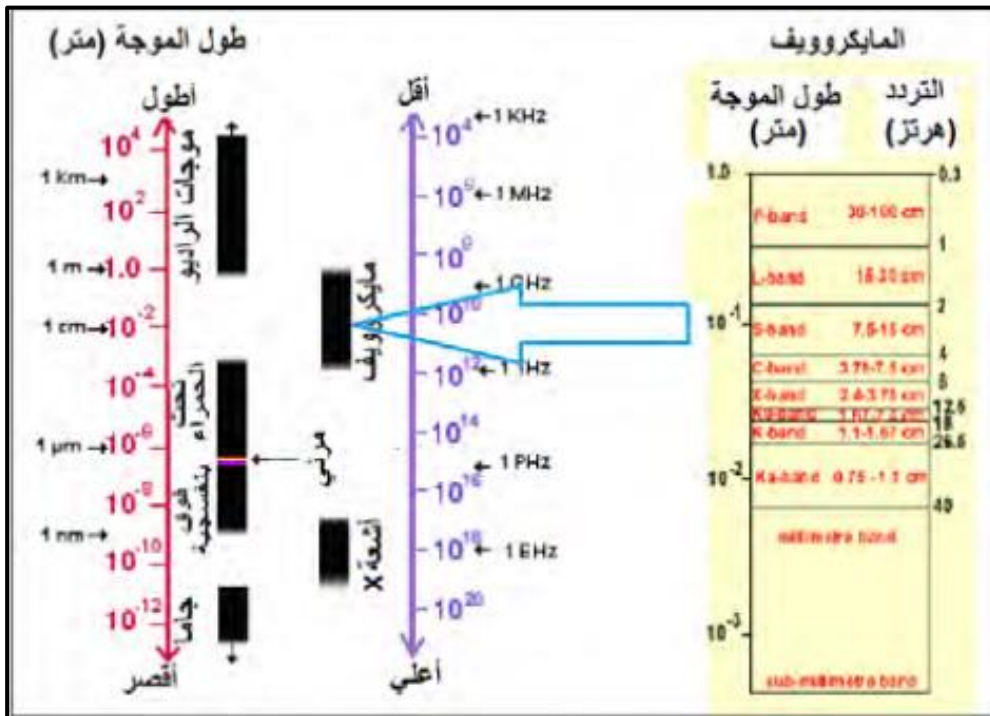
الأشعة تحت الحمراء الحرارية و هي الأشعة التي تشعها الأجسام الطبيعية على شكل حرارة فهي تختلف تماما عن الضوء المرئي و الأشعة تحت الحمراء الانعكاسية. بحيث تغطي في المجال 3 إلى 100 مايكرو متر [15،16].



الشكل (6-1): الأشعة تحت الحمراء [16].

أشعة المايكروويف:

هي عبارة على أشعة قصيرة تتراوح طول موجتها ما بين 1 ملليمتر إلى 1متر و يعتبر هذا المجال هاما للاستشعار عن بعد [16]. الشكل (7-1) يوضح ذلك.



الشكل (7-1): أشعة المايكروويف (الأشعة القصيرة) [16].

1-5-2 الأشعة والغلاف الجوي:

في نظام الاستشعار عن بعد تنتقل الأشعة من مصدر الطاقة إلى الهدف المدروس لتحتك مباشرة بالغلاف الجوي و تدخل معه في تفاعل يؤدي إلى تغير طبيعة الأشعة [15]، قبل أن نتطرق إلى تأثير الغلاف الجوي على الأشعة الكهرومغناطيسية سنتعرف أولاً على تركيبية أو بنية الغلاف الجوي و مكوناته.

1-2-5-1 بنية الغلاف الجوي:

الغلاف الجوي للأرض هو طبقة غازية تتكون من خليط من الغازات و تحيط بالكرة الأرضية و تحافظ عليها جاذبية الأرض من الانفلات إلى الفضاء الشاسع وفقاً للمرجع [18].

يقسم الغلاف الجوي للأرض إلى خمس طبقات أساسية و هي التروبوسفير و الستراتوسفير و الميزوسفير و الترموسفير و الأوزوسفير كما هو موضح في الشكل (1-8) [18].

طبقة التروبوسفير (Troposphere):

هي طبقة الغلاف الجوي الأولى فوق سطح الأرض حيث كتلة التروبوسفير تمثل ما يقارب ثلاثة أرباع مجموع كتلة الغلاف الجوي. في هذه الطبقة تحدث معظم التغيرات المناخية و تغيرات الطقس التي نعيشها في حياتنا اليومية.

كما أنه في طبقة التروبوسفير تتناقص درجة الحرارة كلما ارتفعنا نحو الأعلى، كما أننا نجد في هذه الطبقة الأكسجين و بخار الماء و ثاني أكسيد الكربون و الهباء الجوي... [18].

طبقة الستراتوسفير (stratosphere):

طبقة الستراتوسفير تقع فوق طبقة التروبوسفير، في هذه الطبقة تزداد درجة الحرارة كلما ارتفعنا نحو الأعلى، في هذه الطبقة نجد طبقة الأوزون، يتركز الأوزون حول ارتفاع 25 كيلومتر و تمتص جزيئاته أنواع خطيرة من الإشعاع الشمسي و التي تعمل على تسخين الهواء حولها [18].

طبقة الميزوسفير (Mésosphere):

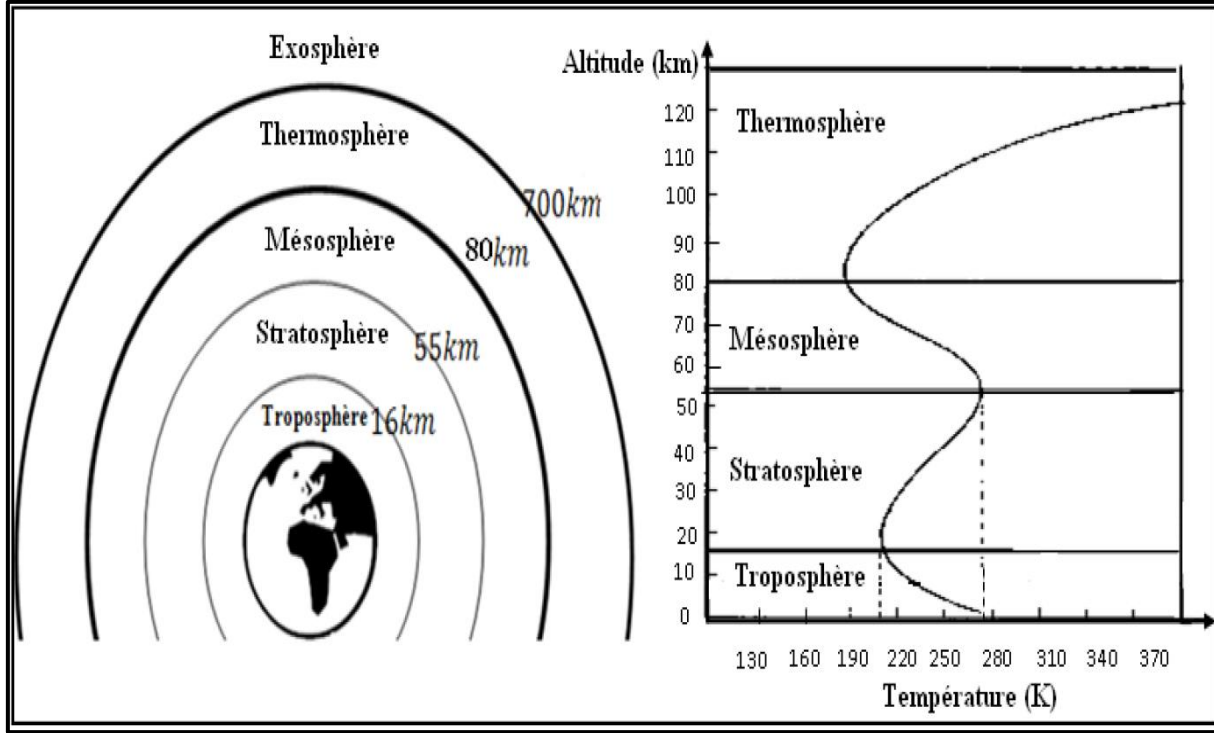
وهي الطبقة التي تعلو الستراتوسفير و التي فيها تدمر الكثير من الشهب و النيازك التي تدخل جو الأرض و فيها تتناقص درجات الحرارة كلما ارتفعنا نحو الأعلى [18].

طبقة الترموسفير (Thermosphere):

هي الطبقة الرابعة من طبقات الغلاف الجوي للأرض و تقع أعلى طبقة الميزوسفير و جزيئات الهواء هنا نادرة، بمجرد تغير في الطاقة يمكن أن يحدث تغير كبير في درجات الحرارة لهذا درجة الحرارة هنا حساسة للنشاط الشمسي [18].

طبقة الاكسوسفير (Exosphère):

هي الطبقة الأخيرة في الغلاف الجوي، و فيها يندمج الغلاف الجوي بالفضاء الخارجي إلى درجة تصبح جزيئات الهواء نادرة الوجود جدا إلى حد أنها لم تعد غير موجودة [18].



الشكل (8-1): طبقات الغلاف الجوي [19].

2-2-5-1 التركيب الكيميائي للغلاف الجوي:

يتكون الغلاف الجوي للأرض حاليا من مجموعتين من الغازات الأولى مجموعة مع تركيزات دائمة تقريبا والثانية متفاوتة التركيزات. يحتوي الغلاف الجوي أيضا على أنواع مختلفة من الهباء الجوي، والتي تكون متغيرة للغاية في الزمان و المكان و الجدول (3-1) يعرض الصيغ الكيميائية و نسبة حجم لتركيزات الغاز الدائم و المتغيرة من ناحية لوحظ أن النيتروجين و الأكسجين و الأرجون تمثل أكثر من 99.96 من الغلاف الجوي من حيث الحجم و غيرها و أن كمية بخار الماء متغير جدا في الغلاف الجوي [19].

الجدول (3-1): المكونات الدائمة والمتغيرة للغلاف الجوي الأرضي [19]

عنصر	نسبة الحجم (%)
المكونات الدائمة أو المستمرة	
الأوزون (N ₂)	78.084
الأكسجين (O ₂)	20.948
الأرغون (A _r)	0.934
ثاني أكسيد الكربون (CO ₂)	0.036
نيون (N _e)	18.18x10 ⁻⁴
الهليوم (H _e)	5.24 x10 ⁻⁴
كريبتون (k _r)	1.14 x10 ⁻⁴
اكسينون (x _e)	0.089 x10 ⁻⁴
غاز الهيدروجين (H ₂)	0.5 x10 ⁻⁴
الميثان (CH ₄)	1.7 x10 ⁻⁴
أكسيد نيترو (N ₂ O)	0.3 x10 ⁻⁴
أحادي أكسيد الكربون (CO)	0.08 x10 ⁻⁴
المكونات المتغيرة	
بخار الماء (H ₂ O)	0-0.04
الأوزون (O ₃)	0-12 x10 ⁻⁴
ثنائي أكسيد الكبريت (SO ₂)	0.001 x10 ⁻⁴
ثنائي أكسيد الازوت (NO ₂)	0.001 x10 ⁻⁴
النشادر (NH ₃)	0.004 x10 ⁻⁴
أكسيد النترريك (NO)	0.0005 x10 ⁻⁴
كبريتيد الهيدروجين (H ₂ S)	0.00005 x10 ⁻⁴

3-2-5-1 الهباء الجوي:

الهباء الجوي هو عبارة عن خليط من جسيمات دقيقة للغاية و غاز و قد تكون قطيرات سائلة أو قطعاً من مادة صلبة عالقة في الهواء [20].

بعض الهباء الجوي يتم بثه مباشرة في الغلاف الجوي في حين يتشكل جزء آخر من خلال التراكيبات الصادرة، و من هذه التراكيبات نذكر تراكيبات طبيعية و تراكيبات ناتجة عن النشاط البشري [21].

1-5-2-4 تفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية مع الغلاف الجوي:

قبل أن يصل الإشعاع المستخدم في الاستشعار عن بعد إلى سطح الأرض فإنه يمر بطبقات الغلاف الجوي و من الممكن أن تؤثر الجزيئات و الغازات الموجودة في الغلاف الجوي على هذا الإشعاع و تكون أسباب هذه التأثيرات ما يعرف بالانتثار و الامتصاص [16].

الانتثار:

يحدث الانتثار عندما توجد جزيئات كبيرة من الغازات في الغلاف الجوي مما يجعل الإشعاع الكهرومغناطيسي ينحرف أو يتشتت عن مساره الأصلي كما قمنا بتوضيحه في الشكل (1-9).

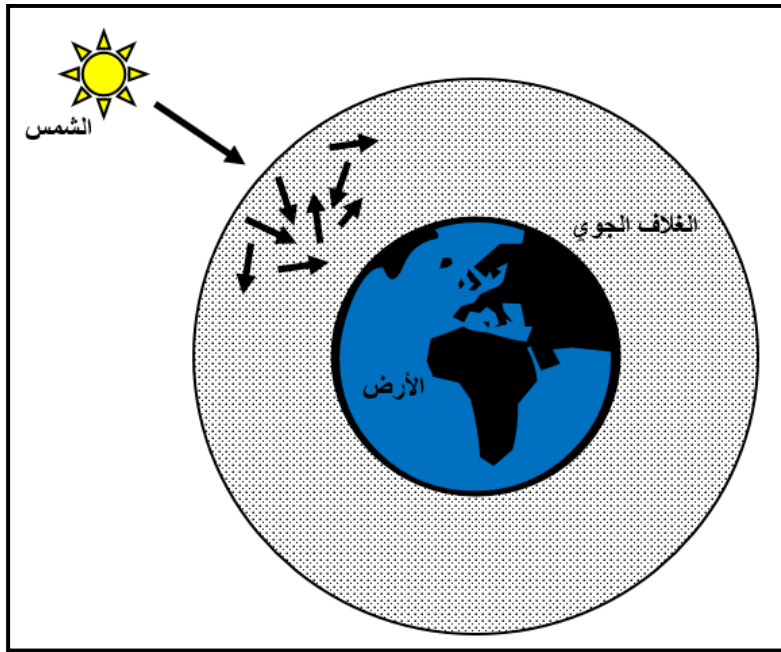
يعتمد حجم هذا الانتثار على عدة عوامل منها كمية (غزارة) الجزيئات أو الغازات في الغلاف الجوي، وطول موجة الأشعة التي تخترق الغلاف الجوي [15،16].

يمكن تميز ثلاث أنواع من الانتثار تحت تأثير الغلاف الجوي هي:

انتثار رايلي Rayleigh.

انتثار مي Mie.

انتثار عشوائي Non –selective.



الشكل (1-9): الانتثار في الغلاف الجوي.

انتثار رايلي Rayleigh:

ويحدث عندما تكون الجزيئات صغيرة بالمقارنة بطول موجة الإشعاع مثل جزيئات النتروجين والأكسجين و ذرات التراب، و يؤثر هذا النوع من الانتثار على الطاقة ذات أطوال الموجة القصيرة بدرجة

أكبر من تلك ذات أطوال الموجة الكبيرة و هو نوع الانتثار الأكبر في الطبقات العليا من الغلاف الجوي وهذا الانتثار هو السبب في رؤيتنا السماء باللون الأزرق خلال النهار.

عندما يمر ضوء الشمس بالغلاف الجوي فإن الموجات القصيرة من الضوء المرئي ستنتشر وتنتشر بدرجة أكبر من الموجات الأطول موجة [16].

انتثار مي Mie:

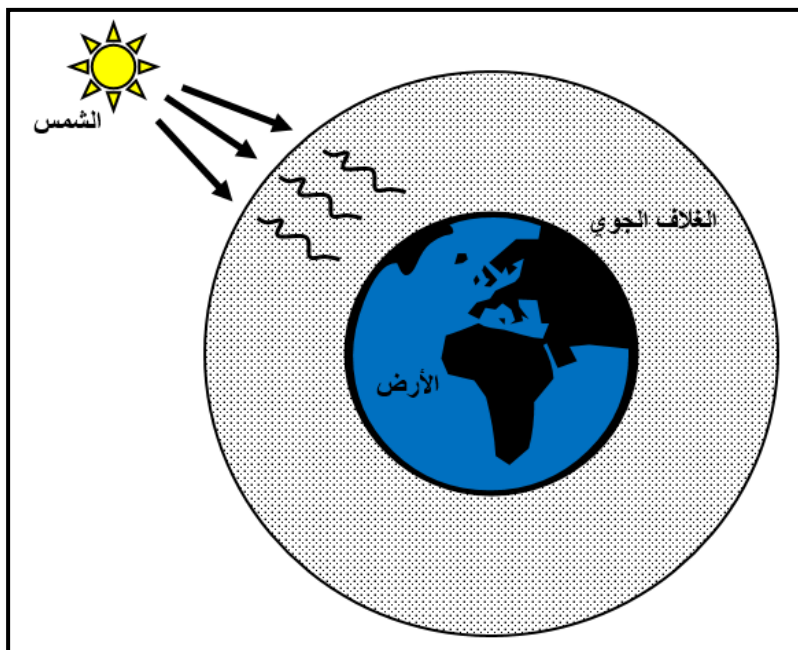
ويحدث عندما تكون الجزيئات بنفس حجم طول موجة الإشعاع، مثل جزيئات التراب و الدخان و بخار الماء. و يؤثر هذا النوع من الانتثار على الطاقة ذات أطوال الموجة الطويلة بدرجة أكبر من تلك ذات أطوال الموجة القصيرة، و من ثم فهو يحدث في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي و خاصة عندما تكون السحب معتمة أو غائمة [16].

الانتثار العشوائي Non-selective:

ويحدث عندما تكون الجزيئات أكبر من حجم موجة الإشعاع مثل جزيئات التراب الكبيرة و قطرات الماء، يؤثر 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 ستنتشر بنفس الدرجة [16].

الامتصاص:

يحدث الامتصاص بصورة مغايرة للانتثار فالامتصاص يتسبب في أن تقوم جزيئات الغلاف الجوي بامتصاص الطاقة في أطوال الموجات المختلفة كما قمنا بتوضيحه في الشكل (10-1). يعد الأوزون و ثاني أكسيد الكربون و بخار الماء العوامل الثلاثة المسببة للامتصاص [16].



الشكل (10-1): الامتصاص في الغلاف الجوي.

الأوزون:

إن الأوزون يمتص الإشعاع فوق البنفسجي الضار للإنسان و لولا وجود هذه الطبقة في الغلاف الجوي لاحترق جلد الإنسان عند التعرض لأشعة الشمس [16].

ثاني أكسيد الكربون:

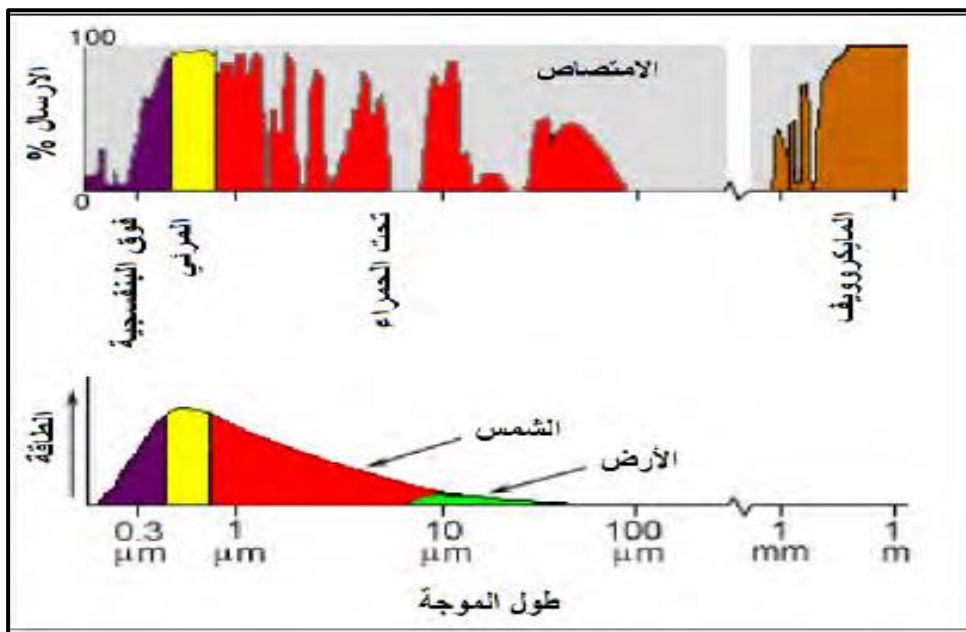
أما هذا المركب فيمتص الإشعاع بقوة في نطاق الأشعة تحت الحمراء البعيدة من مجال الطاقة الكهرومغناطيسية مما يتسبب في احتفاظ الغلاف الجوي بالحرارة وهو المؤدي لظاهرة الاحتباس الحراري [16].

بخار الماء:

يعتبر بخار الماء أهم عنصر في الغلاف الجوي بحيث يمتص الطاقة في كلا من نطاق الأشعة تحت الحمراء طويلة الموجة و أيضا الموجات القصيرة (بين 22 مايكرو متر و 1 متر) [16].

حيث أن الغازات تمتص الطاقة الكهرومغناطيسية بصور مختلفة في كل نطاق وهي تؤثر في تحديد النطاقات التي يمكن استخدامها في تطبيقات الاستشعار عن بعد، فالمناطق داخل نطاق الكهرومغناطيسية التي لا تتأثر بشدة وجود الغلاف الجوي تكون مناطق مفيدة للاستشعار عن بعد، و من ثم يطلق عليها اسم نوافذ الغلاف الجوي [16], الشكل(1-11) يوضح ذلك.

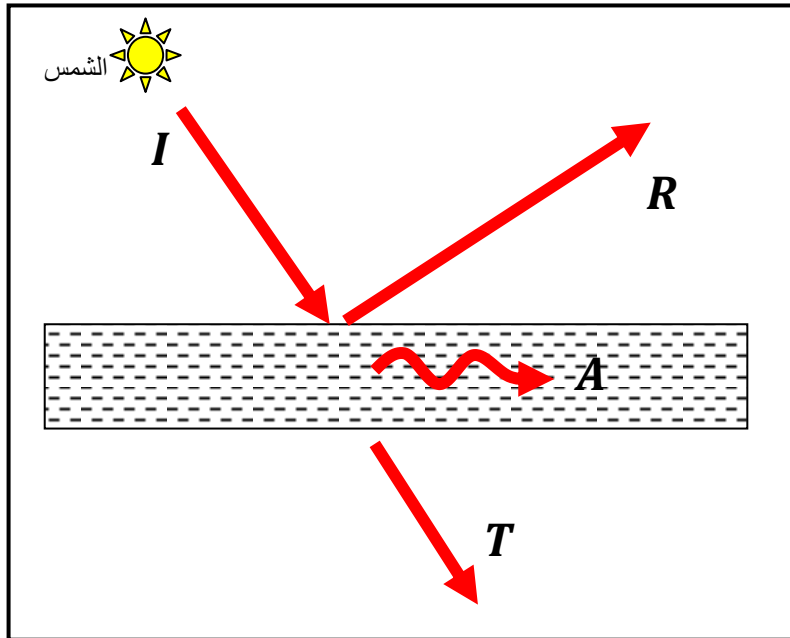
نلاحظ من خلال هذا الشكل أنه توجد إحدى النوافذ و هي في المجال المرئي و التي يكون فيه مستوى الطاقة الصادرة عن الإشعاع الشمسي أعلى ما يمكن، حيث أن الامتصاص في هذا المجال الناتج عن الإشعاع الشمسي يمكن إهماله. كما نلاحظ أن الطاقة الحرارية المنبعثة من الأرض فإنها تكون في نافذة حوالي 10 مايكرو متر في نطاق الأشعة تحت الحمراء، بينما النافذة الأكبر من أطوال الموجات بعد 1 ملليمتر تكون في نطاق الموجات القصيرة أو المايكروويف [16].



الشكل (1-11): نوافذ الغلاف الجوي [15].

3-5-1 التفاعل مع الأهداف :

إن الإشعاع الذي لا يمتص أو يتأثر في الغلاف الجوي يمكن أن يصل و يتفاعل مع الأهداف الموجودة على سطح الأرض و هنا يمكن أن نميز ثلاثة صور للتفاعل مع هذه الطاقة الساقطة, [16] كما قمنا بتوضيحه في الشكل (12-1).



الشكل (12-1): صور التفاعل مع الأهداف.

حيث:

I : الإشعاع الشمسي الوارد.

A : الإشعاع الشمسي الممتص، يقوم الهدف بامتصاص الطاقة الساقطة.

T : الإشعاع الشمسي النافذ، مرور الطاقة من خلال الهدف.

R : الإشعاع الشمسي المنعكس، عندما يعكس الهدف هذه الطاقة و يعيد توجيهها.

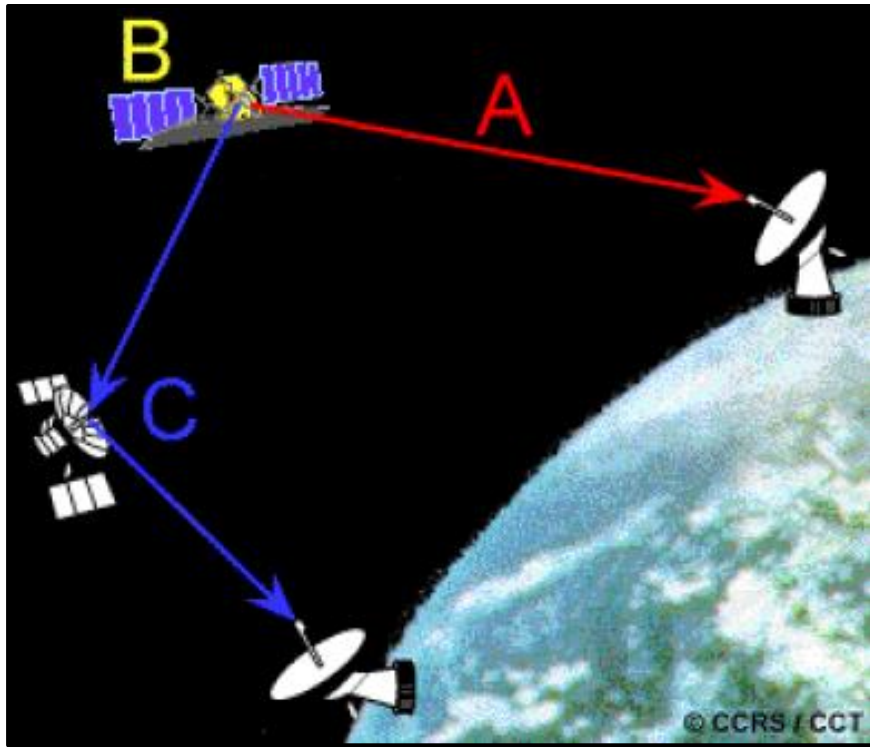
تقع الأجسام من حيث صفاتها الانعكاسية بين الانعكاس الكامل و الانتشار الكامل و هذا يعتمد على خشونة السطح مقارنة بطول موجة الأشعة الساقطة عليه فبعض الأجسام تنشر الأمواج القصيرة و تعكس الطويلة منها [15].

4-5-1 تخزين الطاقة المنعكسة من قبل الحساسات:

بعد أن يتم انعكاس أشعة الهدف المدروس أو إصدارها من قبله، تحتاج العملية الاستشعارية إلى حساس لجمع و تسجيل الأشعة الكهرومغناطيسية [15].

5-5-1 استقبال وبث ومعالجة البيانات على متن الأقمار الصناعية:

في الاستشعار عن بعد باستخدام الطائرات فإن البيانات المستشعرة يتم استرجاعها و تحليلها بمجرد هبوط الطائرة. أما بيانات الأقمار الصناعية فتحتاج للبث الرقمي إلى سطح الأرض و ذلك من خلال ثلاثة بدائل [16]. كما هو موضح في الشكل (1-13).



الشكل (1-13): طرق بث بيانات الاستشعار عن بعد [16].

A: بث البيانات مباشرة إلى محطة استقبال أرضية (RGS) إذا كانت في مجال رؤية القمر الصناعي، فإن لم تكن المحطة الأرضية في مجال رؤية القمر فيتم تخزين البيانات على متن القمر ذاته لحين بثها للمحطة الأرضية في وقت لاحق [16].

B: إرسال البيانات للمحطة الأرضية من خلال نظام للأقمار الصناعية لحمل و بث البيانات [16].

C: أي يتم نقل البيانات من قمر صناعي لحين بثها للمحطة الأرضية المناسبة [16].

1-5-6 التفسير البصري:

إن تحديد الأهداف هو مفتاح عملية التفسير و استخراج المعلومات وتشمل هذه العملية محاولة رصد الاختلافات بين الأهداف و محيطها و المقارنة بين الأهداف المختلفة من خلال رصد بعض العناصر المرئية أو البصرية، و من هذه العناصر نذكر اللون، الشكل، الحجم، النمط، النسيج، الظل، التواجد [12].

درجة اللون: هي اللعان النسبي أو اللون لهدف معين على المرئية [16].

الشكل: وهو الهيئة العامة أو تكوين الإطار الخارجي للهدف و هو عنصر هام لتمييز بين عدة أهداف [16].

الحجم: يعتمد حجم الأهداف على المرئية على مقاييس رسمها لكن بالإضافة للحجم المطلق فإن تقييم أو مقارنة حجم هدف معين بصورة نسبية مع حجم الأهداف المحيطة به على المرئية يكون عاملاً هاماً في عملية التفسير [16].

النمط: وهو التركيب المكاني للأهداف القابلة للتمييز [16].

النسيج: يمثل النسيج ترتيب و تكرار الاختلافات في درجة اللون في منطقة معينة على المرئية [16].

الظل: هو عامل مهم من عوامل التفسير البصري و يعطينا فكرة عن الارتفاعات النسبية للأهداف على المرئية، و من ثم يسهل تمييزها [16].

التواجد: يؤخذ عامل التواجد في عملية التفسير حيث يدل على العلاقة بين الأهداف المحيطة بالهدف المراد تمييزه [16].

1-5-7 التطبيق:

يمثل العنصر الأخير من عناصر عملية الاستشعار عن بعد في تطبيق المعلومات التي تتم الحصول عليها من الأهداف بهدف الفهم الأفضل و الحصول على معلومات جديدة تفيدنا في حل مشاكل معينة خاصة في الفروع العملية [15].

1-6 مجالات الأشعة التي تتعامل معها الأقمار الصناعية:

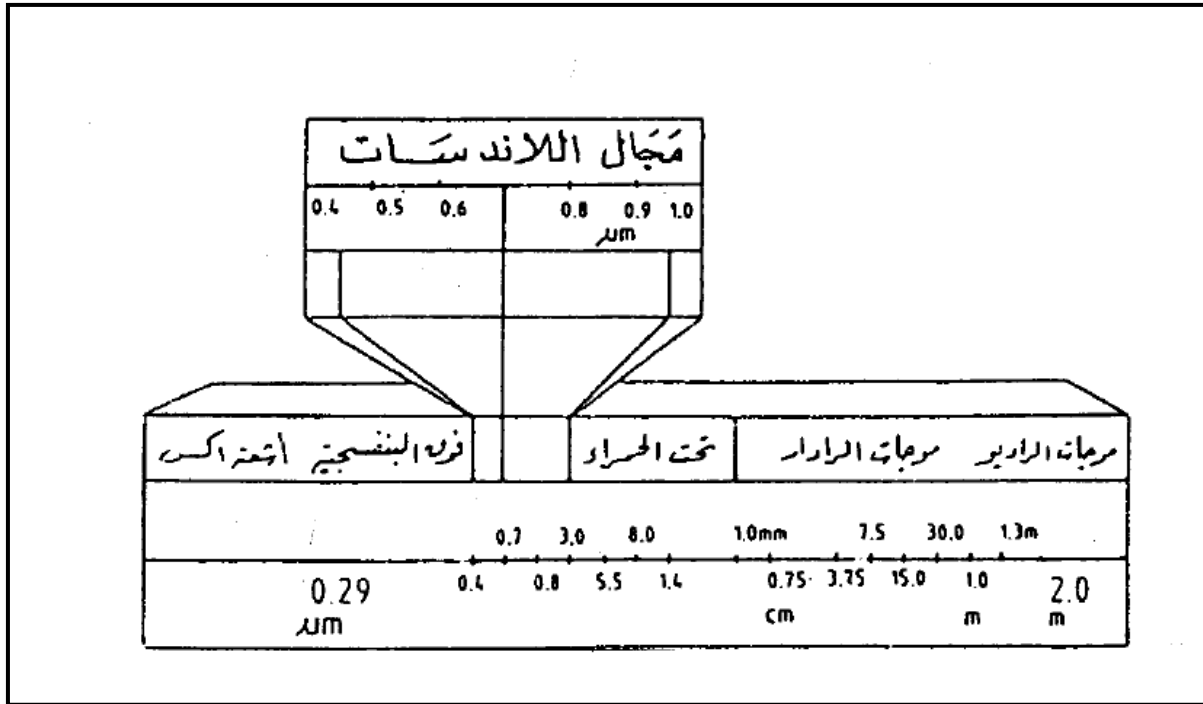
عندما تصدر الأشعة الشمسية من الفضاء الكوني يحدث تسرب الجزء الأزرق من هذه الأشعة في طبقة الغلاف الجوي المحيط بالأرض، و تستمر الأجزاء الأخرى في رحلتها إلى سطح الأرض فتعكسها الظواهر الطبيعية و البشرية إلى أجهزة الاستشعار، و هذا الجزء الذي ينعكس يتكون من الألوان الرئيسية الثلاثة الأخضر و الأحمر و اللون الواقع في مجال الأشعة تحت الحمراء التي لا يمكن رؤيته و الشكل (1-14) يوضح ذلك. هذه الألوان الثلاثة تحتل ثلاث موجات مختلفة و التي يتم تصويرها بواسطة أجهزة الاستشعار الموجودة على الأقمار الصناعية في صور ابيض واسود، و لتحويل هذه المجالات الثلاثة و التي يتم استشعارها في ابيض و اسود إلى الألوان يتم إتباع التالي:

أ - إدخال اللون الأزرق على المرئيات للحصول على المجال الأخضر.

ب- إدخال اللون الأخضر على المرئيات للحصول على المجال الأحمر.

ج- إدخال اللون الأحمر على المرئيات للحصول على المجال تحت الأحمر.

و عليه يتحصل على التركيب اللوني المسمى (صور الألوان الخطأ أو غير الطبيعية) بسبب عدم انطباق الألوان مع اللون الطبيعي للظواهرات [14].

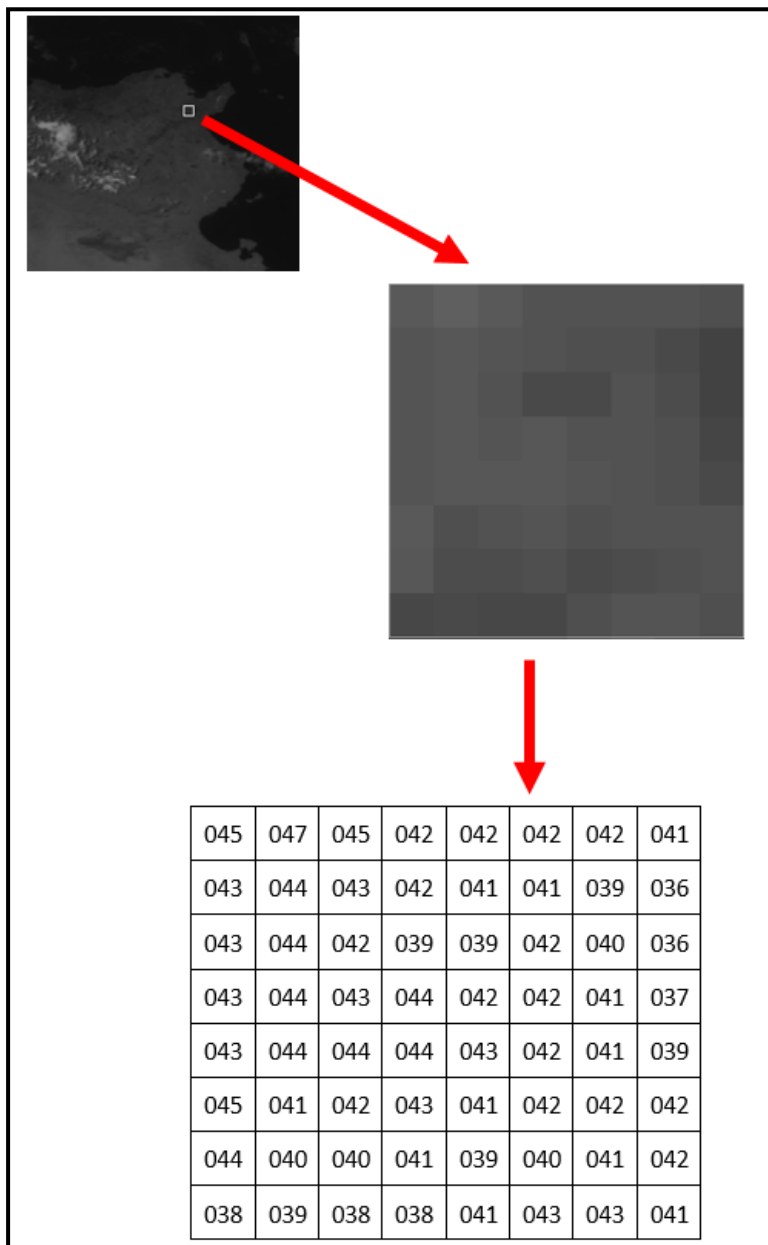


الشكل (14-1): مجالات الأشعة التي تتعامل معها الأقمار الصناعية [14].

7-1 وصف صور الأقمار الصناعية (المرئيات الفضائية):

من المهم أن نفرق بين مصطلحي الصور و المرئيات في الاستشعار عن بعد فالمرئية تعبر عن التمثيل الصوري بغض النظر عن طول الموجة أو الجهاز المستخدم في بيان و تسجيل الطاقة الكهرومغناطيسية، أما الصورة فتعود إلى نوع محدد من المرئيات و هي التي تم فيها استخدام الأفلام لبيان و تسجيل الطاقة. ومن هنا فإنه يمكننا القول أن كل الصور هي مرئيات بينما ليست كل المرئيات صوراً [15, 16].

يمكن للصورة الفوتوغرافية أن يتم تمثيلها و عرضها بشكل رقمي أيضا عن طريق تقسيمها إلى مساحات متساوية الحجم و الشكل يدعى كل منها البيكسل كما قمنا بتمثيله في الشكل (15-1) لكل خلية رقم يمثل كم الإشعاع المنعكس من مساحة سطح الأرض التي تمثلها الخلية.



الشكل (15-1): الصورة الرقمية.

الخلاصة:

قمنا في هذا الفصل بالتعرف على علم الاستشعار عن بعد، فهو ذلك العلم الذي يهتم بانجاز تطبيقي لأجهزة الطاقة الكهرومغناطسية لإمكانية الحصول بواسطتها على معلومات عن أهداف بعيدة على سطح الأرض ودراسة امكانية الإستفادة من تلك المعلومات في الأغراض العلمية و العملية، فهذا الأخير يعني بدراسة الأشعة الكهرومغناطسية المنعكسة أو المنبعثة، هنا نجد أهمية هذ الأشعة في عملية الاستشعار عن بعد حيث تمثل مصدر أساسي للطاقة التي تنطلق منها لتمر عبر الغلاف الجوي والذي يحدث على مستواه إحدى الأليتين اما آلية الانتثار التي تسمح بتشتت الأشعة عندما تصطدم بمكونات الغلاف الجوي أو آلية الامتصاص التي تعتبر من أليات تأثير الغلاف الجوي على الأشعة المارة به. بعد مرور هذه الأشعة عبر الغلاف الجوي تنعكس عن الأهداف ليتم استقبالها من طرف جهاز الاستشعار عن بعد الذي يتم على مستواه تفسير و تطبيق هذه المعلومات فهذا الأخير يتكون من الصور الرقمية التي يتم تمثيلها و عرضها بشكل رقمي عن طريق تقسيمها الى مساحات متساوية الحجم و الشكل يدعى كل منها البيسكل، لكل خلية رقم يمثل كم الإشعاع المنعكس من مساحة سطح الأرض التي تمثلها الخلية لإستخلاص المعلومات منها و بالتالي هذه المعلومات تتحول الى معرفة يمكن الإستفادة منها في كل المجالات.

الفصل الثاني

طرق تقدير الإشعاع الشمسي
الكلبي

1-2 المقدمة:

إن الإشعاع الشمسي هو مصدر الطاقة الرئيسي بالنسبة للأرض الذي يحدد معالم الطقس و المناخ بالنسبة لبقاع العالم حيث أن معرفة خواص الإشعاع الشمسي و تحديد قيمته مهمة في العديد من نماذج الإشعاع الشمسي المستخدمة محليا أو عالميا [10].

هناك عدة طرق من أجل تقدير الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح أفقي ومن أهمها طريقة الهيليوسات التي تعمل على تقدير الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض باستخدام بيانات الأقمار الصناعية و ذلك بالتعامل مع توهين الإشعاع الشمسي الناتج عن الغلاف الجوي و عن الغيوم بشكل منفصل [10،8].

2-2 طبيعة الإشعاع الشمسي:

تسمى الطاقة الإشعاعية الشمسية الساقطة لوحدة المساحة على سطح أفقي على سطح الأرض بالإشعاع الشمسي و هي عبارة عن أشعة كهرومغناطيسية يتراوح طولها الموجي بين (0.5- 4) ميكرومتر [10].

3-2 مكونات الإشعاع الشمسي:

طيف الإشعاع الشمسي على سطح الأرض يتكون من ثلاثة مكونات مختلفة [5], كما هو موضح في الشكل (1-2) و هي:

1-3-2 الإشعاع الشمسي المباشر:

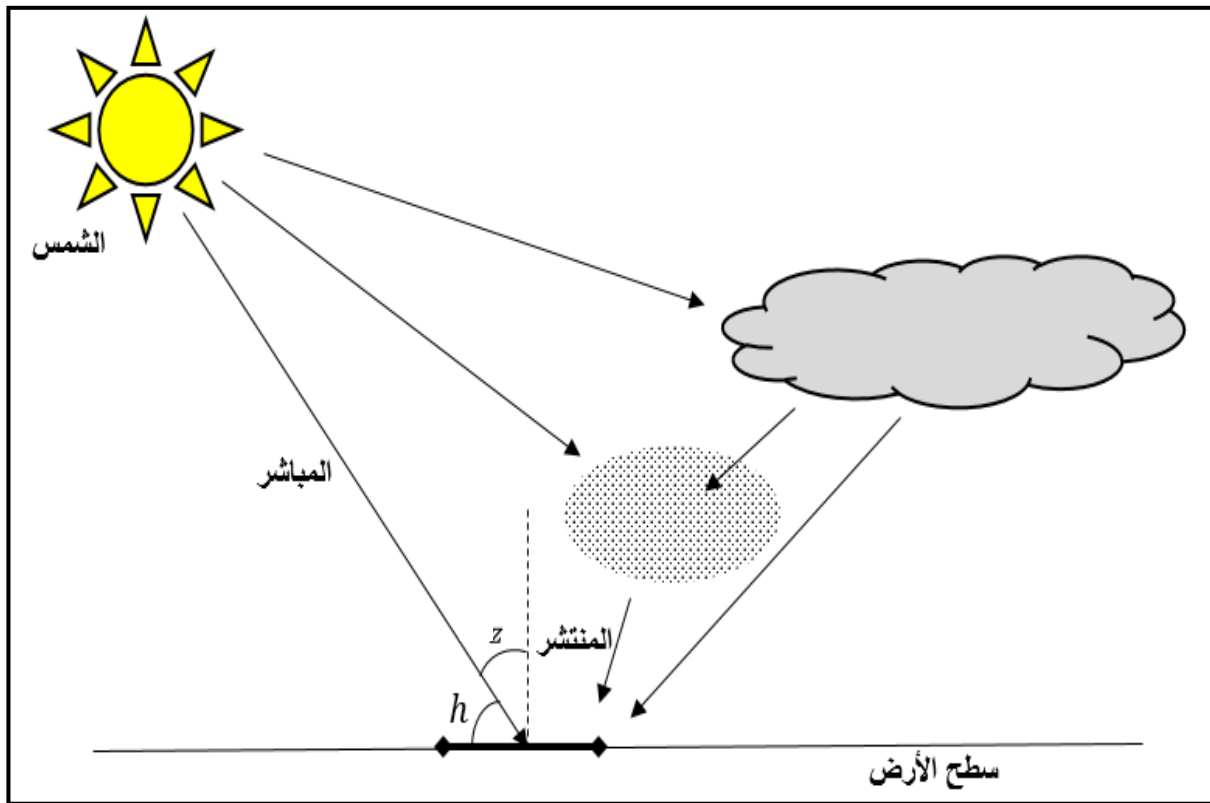
هو الإشعاع الساقط من الشمس على شكل حزمة بدون أي انتشار أو تبعثر داخل الغلاف الجوي لذلك يكون اتجاهه ثابتا لا يتغير [11].

2-3-2 الإشعاع الشمسي المنتشر:

هو الإشعاع الذي ينتشر في منتصف السماء وخارجها في حين ينعكس إشعاع آخر من البيئة الخارجية (سطح الأرض) اعتمادا على البياض المحلي (الألييدو) [5].

3-3-2 الإشعاع الشمسي الكلي:

الإشعاع الشمسي الكلي هو الإشعاع الذي يصل إلى الأرض إما مباشرة أو بعد الانتشار، ويعرف على أنه مجموع الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر [11]، لاحظ الشكل (1-2).



الشكل (1-2) : مكونات الإشعاع الشمسي على سطح الأرض .

4-2 الزوايا الشمسية :

إن معرفة اتجاه الشمس عند أي نقطة من سطح الأرض والتي تسمى بالموقع الشمسي ضرورية لأجل تحديد موقع الشمس بالنسبة للأرض [10]، الزوايا الشمسية تشمل :

1-4-2 زاوية ميلان الشمس (δ) :

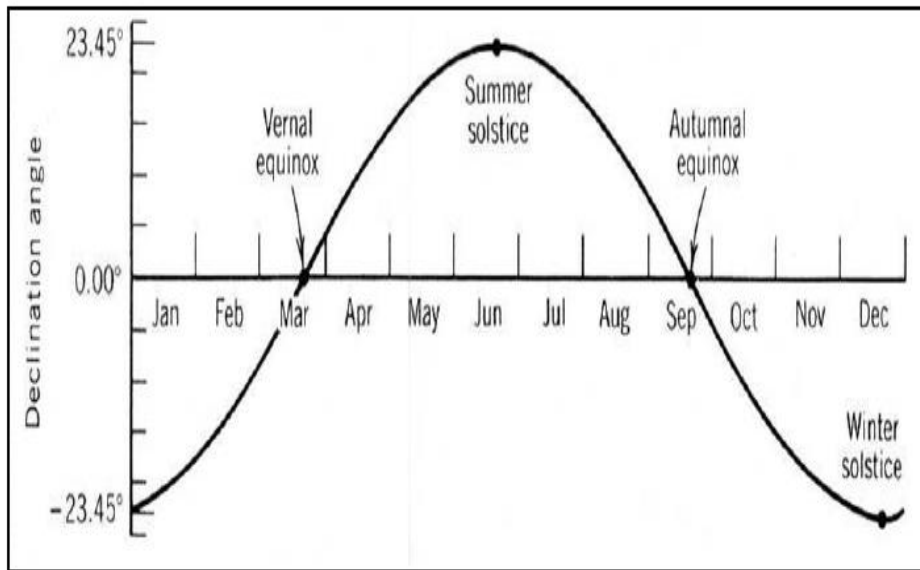
هي الزاوية التي يصنعها الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض مع دائرة خط الاستواء، حيث تتراوح قيمة هذه الزاوية بين (-23.45°) و ($+23.45^\circ$) كما في الشكل (2-2) [22].

والتي يمكن حسابها باستعمال العلاقة التالية :

$$\delta = 23.45 \text{ Sin} \left\{ \frac{360}{365} (dn + 284) \right\} \quad (1-2)$$

حيث :

dn : تسلسل اليوم في السنة.



الشكل (2-2): تغير زاوية ميلان الشمس كدالة لتسلسل اليوم [10].

2-4-2 الزاوية الساعية (ω):

هي القياس الزاوي للوقت و تساوي 15 درجة لكل ساعة، وتقاس بالنسبة إلى موقع الشمس وقت الظهر، حيث تكون موجبة قبل الظهر وسالبة بعده وصفرا عنده، يمكن استخراج قيمتها لأية ساعة من ساعات النهار من العلاقة التالية [10، 22]:

$$\omega = \frac{360}{24} (12 - t) \quad (2-2)$$

حيث:

t: يمثل معدل الزمن بالساعات مقاسا من وقت الظهر .

يمكن تحديد نقطة ما على سطح الأرض بالنسبة للإشعاع الشمسي في أي لحظة، إذا علم كل من خط العرض (ϕ) والزاوية (ω) وزاوية الميلان الشمس (δ) [22].

3-4-2 زاوية ارتفاع الشمس (h):

تمثل الارتفاع الزاوي الذي يقاس من أفق الراصد إلى موقع الشمس في السماء، بمعنى آخر هي الزاوية التي تجعل اتجاه الشمس مع الإسقاط [10].

تعتبر هذه الزاوية مهمة في تحديد كمية الإشعاع الواصل إلى سطح الأرض حيث تعطي بالعلاقة التالية [23]:

$$\sin h = \sin(\phi) \sin(\delta) + \cos(\phi) \cos(\delta) \cos(\omega) \quad (3-2)$$

مع العلم أن

φ : يمثل خط العرض المحلي .

4-4-2 زاوية سمت الرأس (Z):

هي الزاوية المحصورة بين الراصد وموقع الشمس، بمعنى آخر هي الزاوية التي يصنعها الإشعاع الشمسي مع العمود المقام على السطح الأفقي [10].

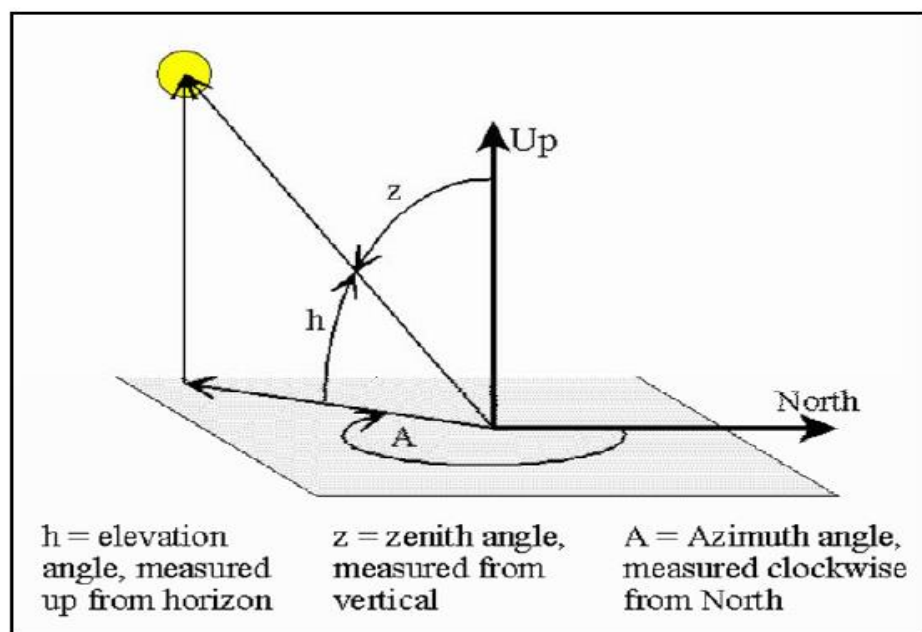
مجموع زاوية سمت وزاوية ارتفاع الشمس يساوي 90 درجة، أي أن

$$Z = 90^0 - h \quad (4-2)$$

5-4-2 زاوية البعد الأفقي للشمس (A):

هي الزاوية التي يصنعها مسقط شعاع الشمس على مستوى أفق الراصد مقاسة نسبة للشمال كما هو في الشكل (3-2)، و قيمتها تتراوح بين الصفر و 180 درجة. و يمكن حسابها باستعمال العلاقة التالية :

$$A = \cos^{-1} \left[\frac{\sin(h) \sin(\varphi) - \sin(\delta)}{\cos(h) \cos(\varphi)} \right] \quad (5-2)$$



الشكل (3-2): زوايا الشمس المختلفة [10] .

5-2 الثابت الشمسي:

تعرف كمية الطاقة الساقطة عموديا على وحدة المساحة لوحدة الزمن خارج الغلاف الجوي للأرض عند متوسط المسافة بين الشمس والأرض بالثابت الشمسي كما هو موضح في الشكل (4-2)، كما يمكن حساب

كمية الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي باستخدام الثابت الشمسي I_{SC} حسب العلاقة التقريبية التالية [10]:

$$G_{ext} = \frac{24}{\pi} I_{SC} E_0 \cos(\varphi) \cos(\delta) \left[\sin(W_S) - \frac{\pi}{180} (W_S) \cos(W_S) \right] \quad (6-2)$$

حيث:

G_{ext} : الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (W/m^2).

φ : خط العرض المحلي (درجة).

W_S : الزاوية الساعية التي يمكن حسابها من العلاقة التالية.

$$W_S = \cos^{-1}[-\tan(\varphi) \tan(\delta)] \quad (7-2)$$

حيث:

δ تمثل زاوية ميل الشمس و هي تحسب بالعلاقة (1-2)

I_{SC} : الثابت الشمسي (و هو يساوي تقريبا ($1370 W/m^2$)).

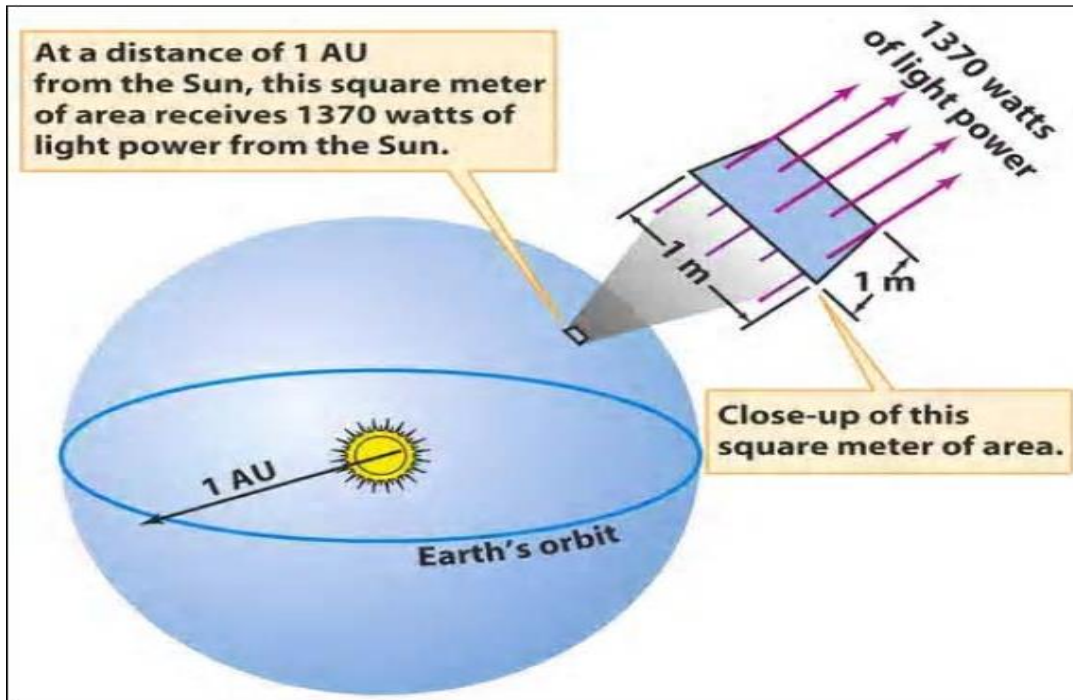
E_0 : معامل تصحيح الاختلاف المركزي للمدار الأرضي حول الشمس ويمكن حسابه من المعادلة التالية:

$$E_0 = \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 = 1 + 0.033 \cos \left(\frac{2\pi dn}{365} \right) \quad (8-2)$$

حيث :

r_0 : متوسط المسافة بين الأرض والشمس والذي يسمى بالوحدة الفلكية.

r : المسافة بين الأرض والشمس.



الشكل(2-4): الثابت الشمسي خارج الغلاف الجوي [10]

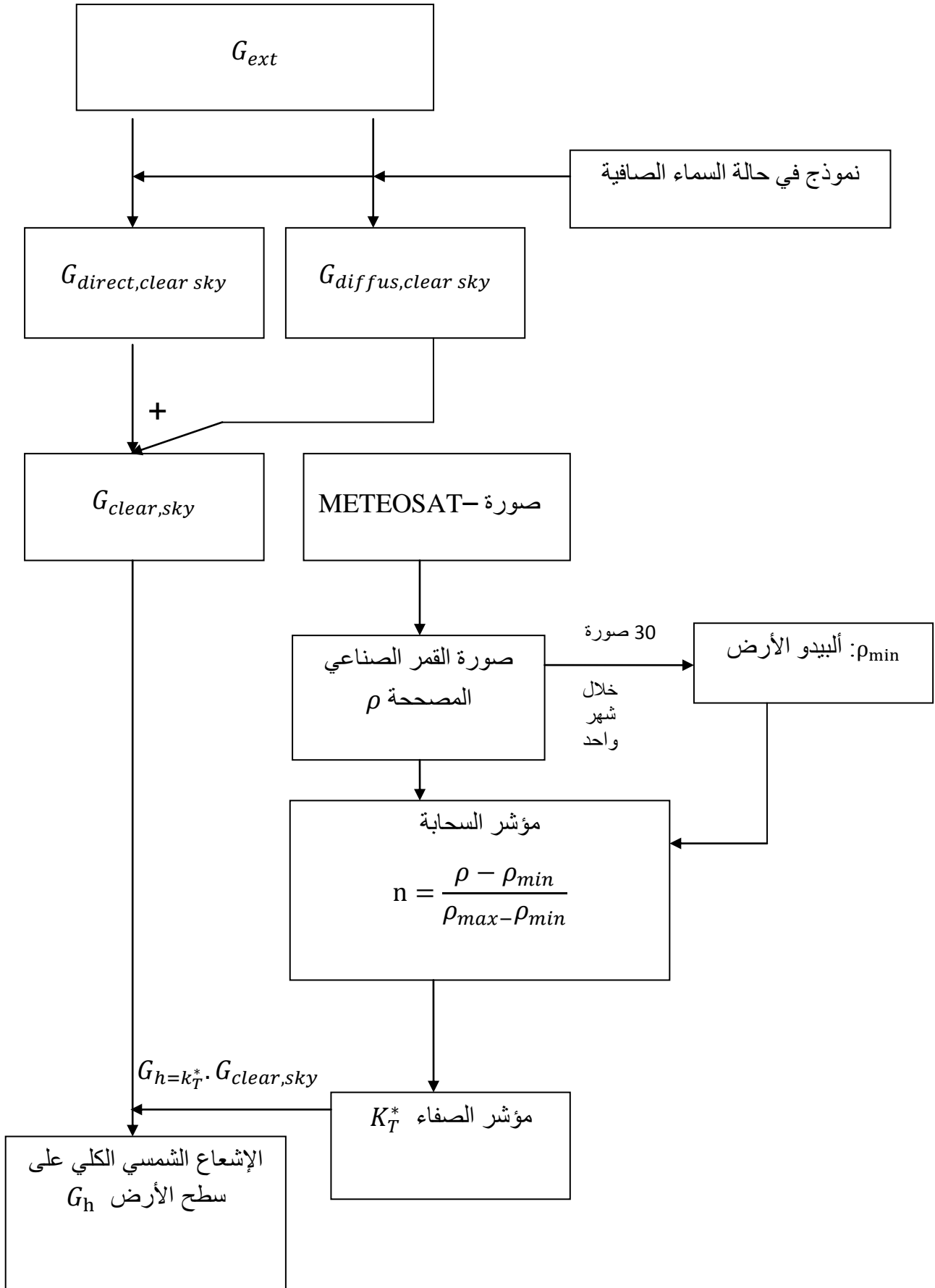
2-6 طرق تقدير الإشعاع الشمسي الكلي:

هناك عدة طرق لحساب الإشعاع الشمسي الكلي من بينها:

تقنية الهيليوسات-1 التي تطبق من أجل الأقمار الصناعية والتي تتعامل مع الغلاف الجوي و الغيوم بشكل منفصل و التي يستعمل فيها ضمناً نموذج السماء الصافية [8].

2-6-1 تقنية الهيليوسات-1:

تعتمد الفكرة العامة لطريقة الهيليوسات-1 على تقدير الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض بواسطة صور الأقمار الصناعية و ذلك بالتعامل مع توهين الإشعاع الشمسي الناتج عن الغلاف الجوي و عن الغيوم بشكل منفصل. بحيث في مرحلة أولى يتم حساب الإشعاع الشمسي في حالة السماء صافية لموقع معين و في وقت معين ثم في مرحلة ثانية يتم اشتقاق مؤشر السحابة من صور القمر الصناعي متيوسات الذي يأخذ بعين الاعتبار وجود الغيوم. هذه المرحلة الأخيرة تستخدم الحقيقة بأن معامل الانعكاس الذي يقيسه القمر الصناعي يكون متناسباً تقريباً مع كمية السحب المميزة من خلال مؤشر السحابة. مع العلم أن مؤشر السحابة مرتبط بمؤشر الصفاء. و بالتالي فإن كمية الإشعاع الشمسي الكلي المحسوب في حالة السماء صافية تتناقص بفعل انتقال الغيوم ليتم استنتاج كمية الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح أفقي أرضي و الشكل (2-5) يعطي لمحة عامة حول طريقة الهيليوسات [8].



إن السحب لها أكبر تأثير على الانتقالات الإشعاعات الجوية، حيث يمكن اشتقاق كمية السحب انطلاقاً من صور الأقمار الصناعية. كما يمكن حساب معامل الانعكاس النسبي ρ كما يلي [8]:

$$\rho = \frac{C - C_{atm}}{G_{ext}} \quad (9-2)$$

حيث :

C : هي القيمة الرقمية للبيكسل المقاسة من طرف جهاز الراديو متر المثبت على مستوى القمر الصناعي.

C_{atm} : هي القيمة الرقمية الناتجة عن وجود الغلاف الجوي فقط و يمكن أخذها على أنها القيمة الرقمية لبيكسل موجود على سطح البحر.

G_{ext} : الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي.

كخطوة ثانية يتم حساب مؤشر السحابة n الذي يعتبر كقياس للغطاء السحابي [8]، المعادلة التالية توضح ذلك:

$$n = \frac{\rho - \rho_{min}}{\rho_{max} - \rho_{min}} \quad (10-2)$$

حيث ρ_{min} توافق القيمة الصغرى لألبيدو السطح الذي يتم حسابه إحصائياً شهرياً لبيكسل معطى أما ρ_{max} فتوافق القيمة الكبرى لألبيدو السطح و يتم حسابها إحصائياً شهرياً لنفس البيكسل المعطى و بشكل منفصل.

إذن من خلال مؤشر السحاب n يمكننا حساب مؤشر الصفاء k_T^* والذي من خلاله يمكن أن نستنتج الإشعاع الإجمالي الساقط على سطح الأرض [8] و ذلك حسب العلاقة الآتية:

$$G_h = k_T^* \cdot G_{clear} \quad (11-2)$$

حيث G_{clear} تمثل الإشعاع الإجمالي الساقط على سطح الأرض في حالة السماء صافية.

مع العلم أن معامل الصفاء يمكن حسابه باستعمال علاقة ترابط بسيطة مع مؤشر السحابة لكل موقع. هذه العلاقة تعطى كما يلي [2]:

$$k_T^* = 1.2 \quad ; \quad n \leq -0.2 \quad (12-2)$$

$$k_T^* = 1 - n \quad ; \quad -0.2 \leq n \leq 0.8 \quad (13-2)$$

$$k_T^* = 2.0667 - 3.6667n + 1.6667n^2 \quad ; \quad 0.8 \leq n \leq 1.1 \quad (14-2)$$

$$k_T^* = 0.05 ; 1.1 \quad (15-2)$$

2-6-2- نماذج تقدير الإشعاع الشمسي الكلي في حالة السماء الصافية:

يعد نموذج السماء الصافية من النماذج التي تقدر بها الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض [6]، حيث يمكن تقسيم نماذج السماء الصافية إلى ثلاثة أقسام مختلفة الدقة و هي:

2-6-2-1 نماذج بسيطة جدا لتحديد الإشعاع الشمسي الكلي في يوم صافي:

كل هاته النماذج هي أساس ارتباطات تجريبية تعتمد على التعميم لموقع معين والمعالم الفلكية، ونظرا لهذا الارتباط يجب توخي الحذر عند تطبيق النماذج البسيطة جدا في مواقع أخرى من تلك التي تستخدم معايير أدق، حيث أن كل هذه النماذج تعتمد على زاوية سمت الشمس (Z). وفيما يلي قائمة لبعض النماذج البسيطة جداً [6]:

✓ نموذج (kasten–czeplak(kc) (1980):

$$G_{clear} = 910 \times \cos(Z) - 30 \quad (16-2)$$

✓ نموذج Haurwitz (1945):

$$G_{clear} = 1098 \times \cos(Z) \times \exp\left(\frac{-0.057}{\cos(Z)}\right) \quad (17-2)$$

✓ نموذج Berger–Duffie(BD) (1979):

$$G_{clear} = I_{SG} \times 0.70 \times \cos(Z) \quad (18-2)$$

✓ نموذج Robledo-Solar(RS) (2000):

$$G_{clear} = 1159.24 \times (\cos(Z))^{1.179} \times \exp(-0.0019 \times (90^0 - z)) \quad (19-2)$$

✓ نموذج Daneshyar-Paltridge-proctor(DPP) (1978)

$$DNI = 950.2 \left(1 - \exp(-0.075(90^0 - z))\right) \quad (20-2)$$

$$Diffuse = 14.29 + 21.04 \left(\frac{\pi}{2} - z \frac{\pi}{180}\right) \quad (21-2)$$

$$G_{clear} = DNI \times \cos(Z) + Diffuse \quad (22-2)$$

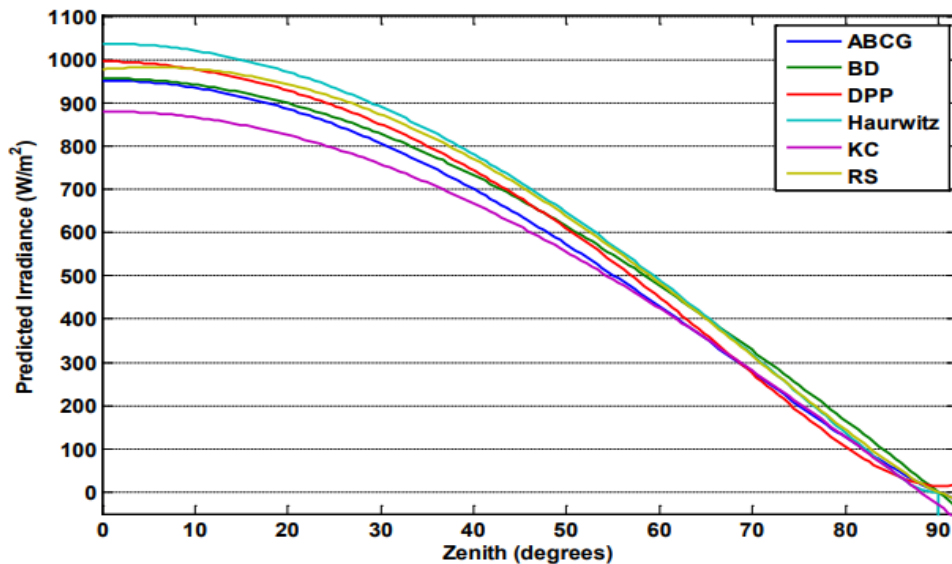
DNI: يمثل الإشعاع الشمسي المباشر.

Diffuse: يمثل الإشعاع الشمسي المنتشر.

✓ نموذج (1979) Adnot-Bourges-Campaa-Gicquel(ABCG):

$$G_{clear} = 951.39 \times (\cos(z))^{1.15} \quad (23-2)$$

الشكل (2-6) يظهر نتيجة أو حصيلة هذه النماذج الستة البسيطة السابقة التي نوقشت خلال السماء الصافية، لأن هذه النماذج تعتمد فقط على زاوية السمات [6].



الشكل (2-6): يمثل نتائج النماذج الستة البسيطة جدا لحساب الإشعاع الشمسي الكلي في حالة سماء صافية معتمدة على زاوية السمات [6].

2-2-6-2 نماذج بسيطة لتقدير الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض في يوم صافي:

النماذج البسيطة تعد أفضل من النماذج البسيطة جدا في حالة السماء الصافية و ذلك لأنها تتضمن بالإضافة إلى زاوية السمات بعض معايير حالات الغلاف الجوي مثل: الرطوبة، تبعثر الضوء، درجة الحرارة، ومن بين هذه النماذج نذكر النماذج التالية [6]:

✓ نموذج Kasten:

في هذا النموذج يأخذ بعين الاعتبار معدل ارتفاع تعكر الغلاف الجوي، المداخلات لهذا النموذج تتمثل في الكتلة الهوائية (AM)، معامل تعكر (اضطراب) لينك (TL)، وزاوية سمات الشمس (z) :

$$G_{clear} = 0.84 \times I_{SG} \times \cos(z) \times \exp\left(-0.027 \times AM \times (f_{h1} + f_{h2}(T_L - 1))\right) \quad (24-2)$$

حيث:

$$f_{h1} = \exp(-h_0/8000)$$

$$f_{h2} = \exp(-h_0/1250)$$

و $-h_0$ تمثل ارتفاع المكان عن سطح البحر.

كما قام كل من Perez و Ineichen بإضافة بعض التصحيحات والتعديلات على نموذج kasten من أجل تطوير النموذج والحصول على نتائج أدق، هذه التعديلات تظهر كالاتي [6]:

✓ نموذج Perez و Ineichen:

$$G_{clear} = c_{g1} \times I_0 \times \cos(z) \times \exp\left(-c_{g2} \times AM \times (f_{h1} + f_{h2}(T_L - 1))\right) \exp(0.01 \times AM^{1.8}) \quad (25-2)$$

حيث:

$$c_{g1} = 5.09 \times 10^{-5} \times \beta + 0.868$$

$$c_{g2} = 3.92 \times 10^{-5} \times \beta + 0.0387$$

بالنسبة لمعامل إضراب لينك يمكن حسابه باستعمال العبارة التالية [6]:

$$T_L = 2.4 + 14.6\beta_A + 0.4(1 + 2\beta_A) \ln(P_V) \quad (26-2)$$

حيث:

β_A : معامل اضطراب الجو.

$\beta_A = 0.05$: في المناطق الريفية.

$\beta_A = 0.1$: في المناطق المدنية.

$\beta_A = 0.2$: في المناطق الصناعية أو الملوثة.

P_V : يمثل الضغط الجزئي لبخار الماء (mmHg) [6].

2-3-6-2 نماذج معقدة لتقدير الإشعاع الشمسي الكلي في يوم صافي:

النماذج المعقدة تأخذ بعين الاعتبار المعايير الجوية المعممة مثل الهباء الجوي (حباب الرمل، الغبار، الدخان...)، و بخار الماء هذه أحدث نماذج للسماء الصافية عندما تفحص بدقة، ولكنها تتطلب العديد من المداخلات التي لن تكون متاحة بسهولة، فالكثير من المعايير يمكن تقديرها باستعمال قيمة جد ثابتة، لكننا بفعل ذلك سنقلل من دقة النموذج وتكون العملية شاقة لإيجاد أفضل انتظام يناسب نموذج البيانات للموقع،

حيث بيانات الأقمار الصناعية يمكن استعمالها للمساعدة في تدقيق العديد من المعايير، من بين هذه النماذج المعقدة نذكر [6]:

✓ نموذج BALL و ATWATER:

النموذج المعقد الذي نقتضه هنا تم تحقيقه من قبل Ball و ATWATER حيث أن هذا النموذج يسمح بتقدير الإشعاع الشمسي الكلي في حالة السماء صافية و هو يعطى كالاتي [24]:

$$G_{\text{clear}} = I_{\text{SG}}(\cos Z)(T_M - a_w)T_A/(1 - r_g r_s) \quad (27-2)$$

حيث:

I_{SG} : يمثل الثابت الشمسي الذي يمكن أن يأخذ القيمة (1367 W m^{-2}) .

T_M : النفاذية الكلية لجميع التأثيرات الجزيئية باستثناء بخار الماء والتي تحسب كالاتي:

$$T_M = 1.021 - 0.0824[M(949 \times 10^{-6}P + 0.051)]^{0.5} \quad (28-2)$$

a_w : يمثل معامل امتصاص بخار الماء والذي يعطى كما يلي:

$$a_w = 0.077(U_W \cdot M)^{0.3} \quad (29-2)$$

U_W : يمثل المحتوى الكلي للغلاف الجوي من بخار الماء ويمكن حسابه كالاتي [25]:

$$U_W = \exp(0.07 \times T_D - 0.075) \quad (30-2)$$

حيث:

T_D تمثل درجة حرارة نقطة الندى .

M تمثل الكتلة الهوائية والتي تحسب كالتالي :

$$M = 35/[(1224 \cos^2 z) + 1] \quad (31-2)$$

T_A : معامل نفاذية الهباء الجوي الناتج عن الامتصاص والتشتت والذي يحسب كما يلي :

$$T_A = \exp(-\tau_A M') \quad (32-2)$$

حيث τ_A يمثل السمك البصري للهباء الجوي ويمكن حسابها كالتالي [25]:

$$\tau_A = 0.1 + 0.05\omega \quad (33-2)$$

M' : الكتلة الهوائية المصححة بالضغط وتحسب كالتالي:

$$M' = P M / 1013 \quad (34-2)$$

حيث:

r_g : يمثل أليبدو الأرض.

r_s : يمثل أليبدو الغلاف الجوي (القيمة $r_s = 0.0685$ أستعملت في هذا النموذج [24]).

الجدول (1-2) يبين بعض القيم للأليبدو لأنواع مختلفة من الأسطح.

الجدول (1-2): قيم الأليبدو لبعض الأسطح [5].

نوع السطح	الأليبدو $r_g(1-0)$
منطقة البحيرة	0.02- 0.04
الغابة الصنوبرية	0.05 – 0.15
سطح البحر	0.05 -0.15
التربة الداكنة	0.05 -0.15
المحاصيل	0.15 -0.25
رمال خفيفة وجافة	0.25 -0.45
الجليد	0.30 -0.40
الثلوج	0.40 -0.90
المرآة	1

✓ نموذج HAY و DAVIES:

هذا النموذج نشر من قبل HAY و DAVIES و يسمح بتقدير الإشعاع الشمسي في حالة السماء صافية (الإشعاع الشمسي المباشر و المنتشر و كذلك الكلي) المعادلات المستخدمة في هذا النموذج كانت جزئياً نتيجة لمقارنة عدة نماذج كانت قائمة أصلاً و المعادلة (2-35) توضح ذلك [24]:

$$G_{clear} = I_d + I_{as} + I_G \quad (35-2)$$

حيث:

I_d : الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح أفقي (W/m^2) والذي يعطى كما يلي:

$$I_d = I_{SG}(\cos Z)(T_0 T_R - a_w)T_A \quad (36-2)$$

T_A : معامل نفاذية الهباء الجوي الناتج عن الامتصاص والتشتت.

T_0 : تمثل معامل النفاذية للأوزون الناتج عن الامتصاص و هو يحسب كالاتي:

$$T_0 = 1 - 0.02118X_0/(1 + 0.042X_0 + 0.000323X_0^2) \quad (37-2)$$

$$-1.082X_0/(1 + 138.6X_0)^{0.805} - 0.065X_0/[1 + (103.6X_0)^3]$$

حيث:

X_0 : الكمية الكلية للأوزون في مسار مائل والتي تعطى كما يلي:

$$X_0 = U_0 M \quad (38-2)$$

T_R : تمثل معامل النفاذية لتشتت رايلي.

I_{as} : الإشعاع الشمسي المنتشر الساقط على سطح أفقي وحدته (W/m^2) و يمكن حسابه كالاتي:

$$I_{as} = I_{SG}(\cos Z)[T_0(1 - T_R)T_A(0.5) + (T_0 T_R - a_w)(1 - T_A)w_0 B_a] \quad (39-2)$$

I_G : الإشعاع الشمسي الساقط على سطح أفقي و الناتج من انعكاسات متعددة بين الأرض والسماء الذي

يعطى كالاتي:

$$I_G = r_g r_s (I_d + I_{as}) / (1 - r_g r_s) \quad (40-2)$$

حيث:

r_g : يمثل ألبيدو الأرض.

r_s : يمثل ألبيدو الغلاف الجوي.

✓ نموذج WATT:

نموذج معقد آخر لحساب الإشعاع الشمسي (المباشر و المنتشر و الكلي) تم إنشائه من طرف WATT و يستند جزئيا على عمل Moon [24]:

$$G_{clear} = I_d + I_s \quad (41-2)$$

حيث:

I_d : يمثل الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على سطح أفقي (W/m^2) و الذي يعطى كما يلي :

$$I_d = I_{SG}(\cos Z)T_{wa}T_{as}T_0T_{ws}T_LT_U \quad (42-2)$$

المقادير $T_{wa}, T_{as}, T_0, T_{ws}, T_L, T_U$ تمثل النفاذيات الناتجة عن طبقة الهباء الجوي العليا و طبقة الهباء الجوي السفلية و التشتت من طرف بخار الماء و الامتصاص من طرف الأوزون و التشتت و الامتصاص من طرف الهواء الجاف و الامتصاص من طرف بخار الماء على التوالي [24].

$$T_{wa} = 0.93 - 0.033 \log(u_w M_2) \quad (43-2)$$

حيث:

u_w : تمثل المحتوى الكلي للغلاف الجوي من بخار الماء.

$$T_{as} = 10^{-0.045[(p/p_0)M_1]^{0.7}} \quad (44-2)$$

$$T_0 = 10^{-(0.0071+0.01U_0M_4)} \quad (45-2)$$

$$T_{ws} = 10^{-(0.0095U_wM_2)} \quad (46-2)$$

$$T_L = 10^{\tau_L M_2^{0.7}} \quad (47-2)$$

$$T_U = 10^{\tau_U M_3} \quad (48-2)$$

I_s : يمثل الإشعاع الشمسي المنتشر الساقط على سطح أفقي (W/m^2) و الذي يعطى كما يلي:

$$I_s = I_{SG} \left[0.8r_s(1 + r_g r_s)(1 + \cos z)^{0.5} + 0.5\alpha_{cs}r_g r_s \cos z + 0.5r_s \cos z \right] \quad (49-2)$$

علما أن:

$$\alpha_{cs} = (0.93 - 0.033 \log U_W) 10^{-[0.006P/1013 + 0.4(T_L + T_u)]}$$

r_g : يمثل ألبيدو الأرض.

r_s : يمثل ألبيدو الغلاف الجوي (القيمة $r_s = 0.0685$ أستعملت في هذا النموذج [24]).

الخلاصة :

قمنا في هذا الفصل بالتعرف على طريقة تقدير الإشعاع الشمسي الكلي باستخدام صور الأقمار الصناعية حيث قدمنا طريقة الهيليوسات التي تتعامل مع توهين الإشعاع الشمسي الناتج عن الغلاف الجوي وعن الغيوم بشكل منفصل، و من خلال هذه الطريقة أيضا تطرقنا إلى نماذج تقدير الإشعاع الشمسي الكلي في حالة السماء صافية حيث تم تقسيمها إلى ثلاثة أقسام و هي : نماذج بسيطة جدا وهي تعتمد على زاوية سمت الشمس فقط، نماذج بسيطة و هي تعتمد إضافة إلى زاوية السمت بعض المعايير الأخرى مثل حالات الغلاف الجوي ومكوناته، و نماذج معقدة و هي تعتمد على معايير كثيرة و من بينها كمية الهباء الجوي والمحتوى الجوي من بخار الماء.... فهو بذلك يعتبر من أدق النماذج في الحساب.

الجزء التجريبي

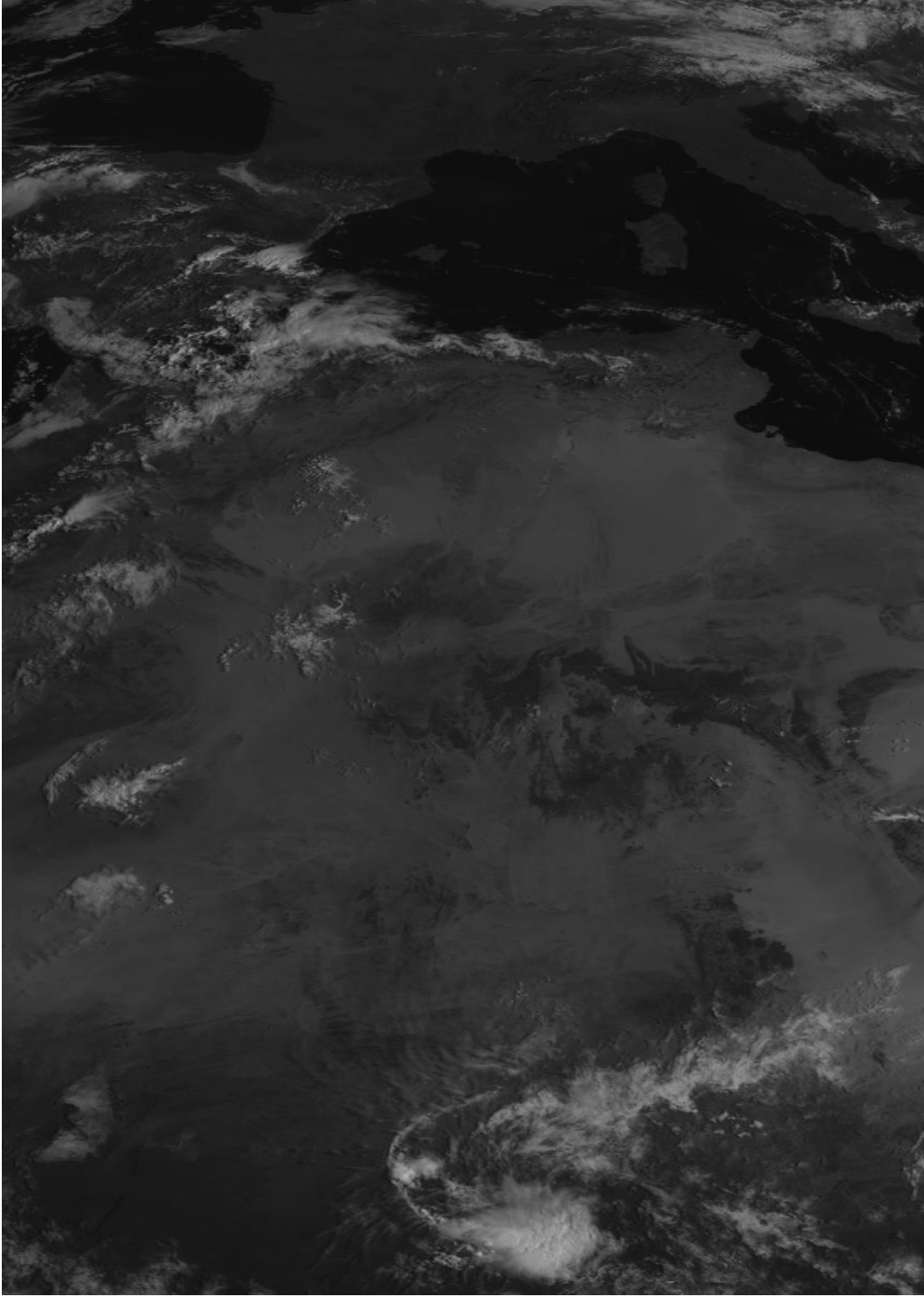
الفصل الثالث

النتائج والمناقشة

1-3 معطيات الأقمار الصناعية:

صور الأقمار الصناعية المستعملة في هذا العمل هي ملتقطة من طرف القمر الصناعي الجيومستقر متيوسات-7. هذا القمر الصناعي و أثناء التقاطه للصور من الفضاء وعلى مدار شبه دائري وعلى ارتفاع يقدر بحوالي 36000 km يدور حول محوره الأساسي و الموازي لمحور الشمال والجنوب للأرض وذلك بـ 100 دورة لكل دقيقة [19]. لقراءة هذه الصور استعملنا برنامج Bilko و كذلك برنامج McIDAS الذي يشتغل تحت نظام التشغيل Linux. إن القناة المرئية للقمر الصناعي متيوسات-7 تسمح بإعطاء قياس لبيكسل مساحته (2.5km × 2.5km) بحيث أن القيمة الرقمية لهذا القياس تتراوح بين 0 و 255 و تمثل في الصورة بمستوى رمادي بين الأبيض و الأسود.

في الشكل (1-3) قمنا بتمثيل الصورة الملتقطة من طرف القناة المرئية للقمر الصناعي متيوسات-7 في يوم 17 سبتمبر 1999 على الساعة التاسعة صباحا توقيت عام. من خلال الصورة المبينة في الشكل نلاحظ أن سطح البحر هو عاكس رديء جدا للإشعاع الشمسي بينما نلاحظ أن المناطق التي تعلوها الغيوم لها معامل انعكاس كبير للغاية للإشعاع الشمسي. نلاحظ كذلك أنه بالنسبة لسطح الأرض أن معامل الانعكاس يختلف حسب طبيعة الأرض، على سبيل المثال نلاحظ أن رمال الصحراء تتميز بمعامل انعكاس جيد للإشعاع الشمسي مقارنة بالأسطح الأخرى.



شكل 3-1: صورة ملتقطة من طرف القناة المرئية للقمر الصناعي متيوسات-7 في يوم 01 سبتمبر 1999 على الساعة 9:00 توقيت عام.

2-3-2 تغير درجة اللمعان على مستوى القمر الصناعي:

إن الإشعاع الشمسي المقاس من طرف القناة المرئية للقمر الصناعي متيوسات-7 يمثل مجموع الإشعاع الشمسي المنعكس من طرف النظام أرض-جاء، و بالتالي فان درجة اللمعان المقاسة من طرف القناة المرئية للقمر الصناعي هي تمثل في الحقيقة درجة لمعان الأرض بالإضافة إلى درجة لمعان الغلاف الجوي. حيث أن درجة اللمعان L يمكن حسابها انطلاقاً من القيم الرقمية C للبيكسل باستعمال علاقة المعايرة الخاصة بالقناة المرئية لمتيوسات-7 و هي تكتب على $L = \alpha(C - C_0)$ حيث α و C_0 ثوابت. إن هذا الإشعاع الملتقط من طرف القناة المرئية للقمر الصناعي يتعلق بعدة عوامل من بينها طبيعة سطح الأرض و كذلك حالة الغلاف الجوي.

وفيما يلي نمثل التغيرات الساعية لدرجة اللمعان لمناطق مختلفة تم اختيارها داخل الجزائر و كذلك لأيام مختلفة من شهر سبتمبر لسنة 1999.

الشكل (2-3) يبين المناطق الثلاثة المدروسة داخل الصورة الملتقطة من طرف القناة المرئية للقمر الصناعي متيوسات-7 في يوم 18 سبتمبر 1999 على الساعة 11:00 توقيت عام. حيث تم اختيارها حسب اختلاف و خصوصية كل منطقة. المنطقة 1 تقع شمال الجزائر قرب البحر (جيجل)، المنطقة 2 تقع وسط الجزائر (غرداية) و المنطقة 3 تقع جنوب الجزائر (تمنراست).

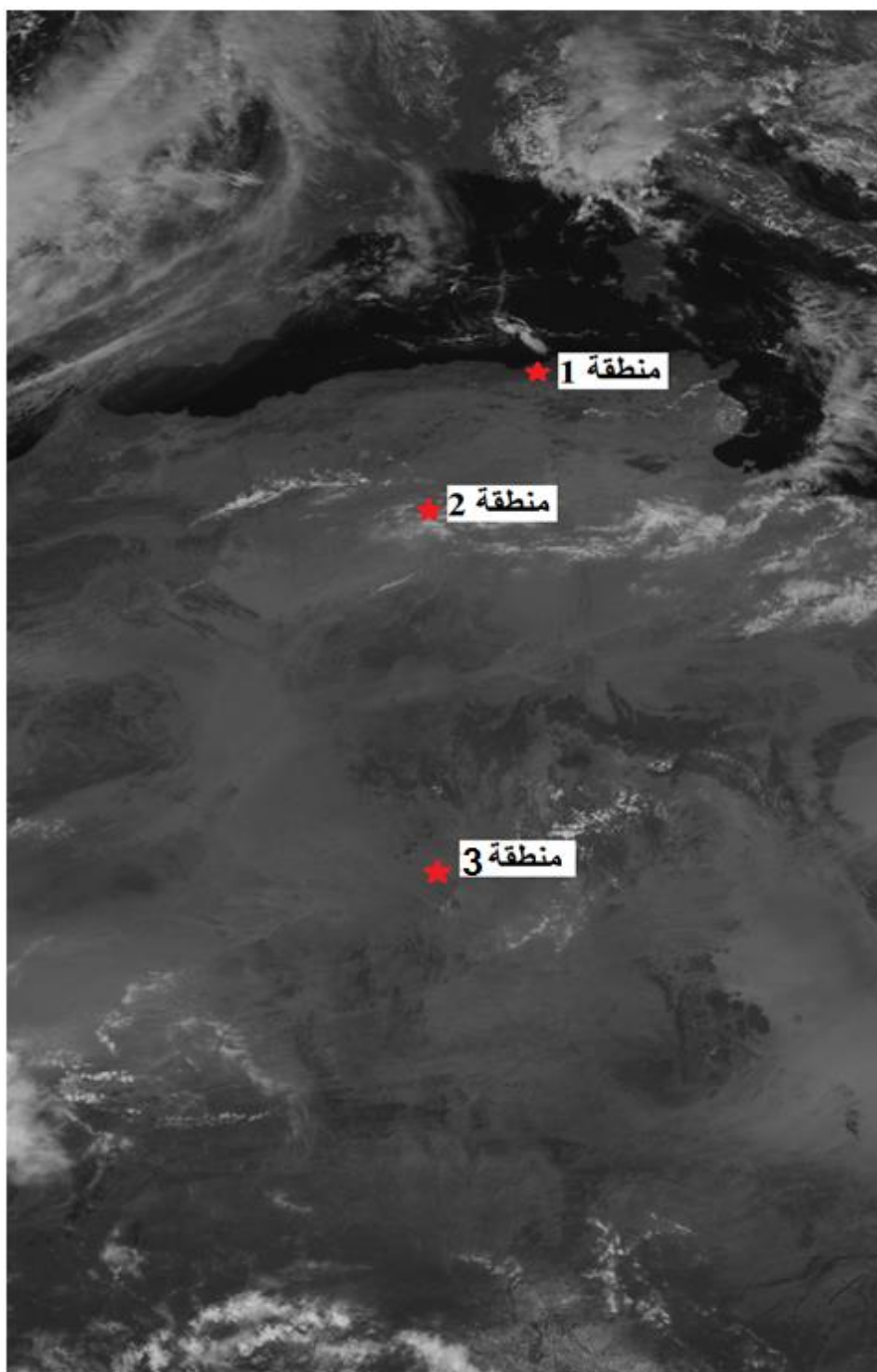
في الشكل (3-3) مثلنا التغير الساعي لدرجة اللمعان لمناطق الدراسة ليوم 01 سبتمبر 1999. في هذا الشكل نلاحظ قيم منخفضة لدرجة اللمعان في المنطقة 1 مقارنة بالمنطقتين 2 و 3 الذين نجد هنا أن لهما قيمة متقاربة.

في الشكل (4-3) مثلنا التغير الساعي لدرجة اللمعان لمناطق الدراسة ليوم 09 سبتمبر 1999. نلاحظ في هذا الشكل أن قيم درجة اللمعان للمناطق الثلاثة متقاربة، لكن هناك استثناء بالنسبة للمنطقة 1 على الساعة العاشرة صباحاً توقيت عام حيث ترتفع قيمة درجة اللمعان بشكل غير عادي لتصل ما يقارب $100 W m^{-2} sr^{-1}$ و السبب في ذلك يرجع إلى انتقال الغيوم إلى هذه المنطقة.

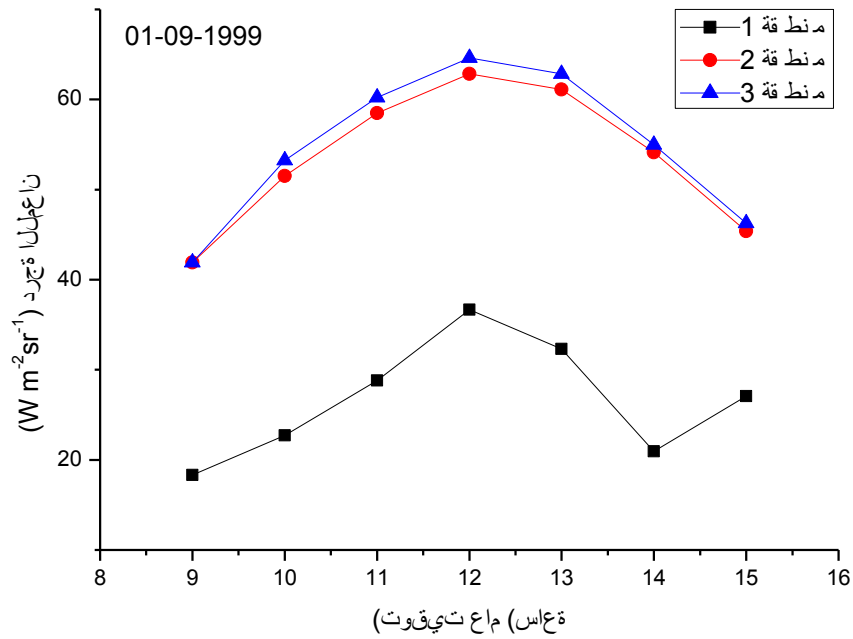
في الشكل (5-3) مثلنا التغير الساعي لدرجة اللمعان لمناطق الدراسة ليوم 18 سبتمبر 1999. نلاحظ في هذا الشكل قيم متباينة بالنسبة للمناطق الثلاثة حيث أن قيم درجة اللمعان في المنطقة 2 أكبر من قيم درجة اللمعان في المنطقة 3 وقيم هذه الأخير أكبر من قيم درجة اللمعان في المنطقة 1. كما نلاحظ أن هناك تذبذب في قيم درجة اللمعان في المنطقة 2 خلال ساعات هذا اليوم و هذا راجع إلى حركة الغيوم.

في الشكل (6-3) مثلنا التغير الساعي لدرجة اللمعان لمناطق الدراسة ليوم 27 سبتمبر 1999. نلاحظ في هذا الشكل كذلك قيم متباينة لدرجة اللمعان بالنسبة للمناطق الثلاثة، حيث أن قيم درجة اللمعان في المنطقة 3 أكبر من قيم درجة اللمعان في المنطقة 2 وقيم هذه الأخير أكبر من قيم درجة اللمعان في المنطقة 1 لكن هناك استثناء بالنسبة للمنطقة 3 على الساعة التاسعة صباحاً توقيت عام حيث كانت السماء صافية عند هذه الساعة ثم انتقلت الغيوم إلى هذه المنطقة.

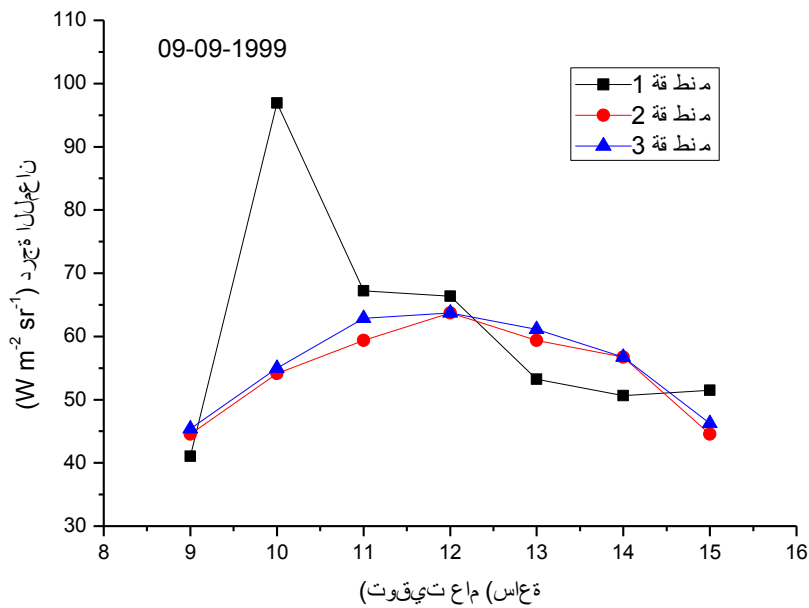
ومنه نستطيع القول إذن أن درجة اللمعان المقاسة من طرف الأقمار الصناعية لا تمثل قيمة الإشعاع الشمسي المنعكس فقط من سطح الأرض بل يدخل فيها أيضاً الإشعاع الشمسي المنعكس من طرف الغيوم، لذلك يستوجب خلال حساب الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض انطلاقاً من معطيات الأقمار الصناعية الأخذ بعين الاعتبار كمية السحب الموجودة في المنطقة المدروسة.



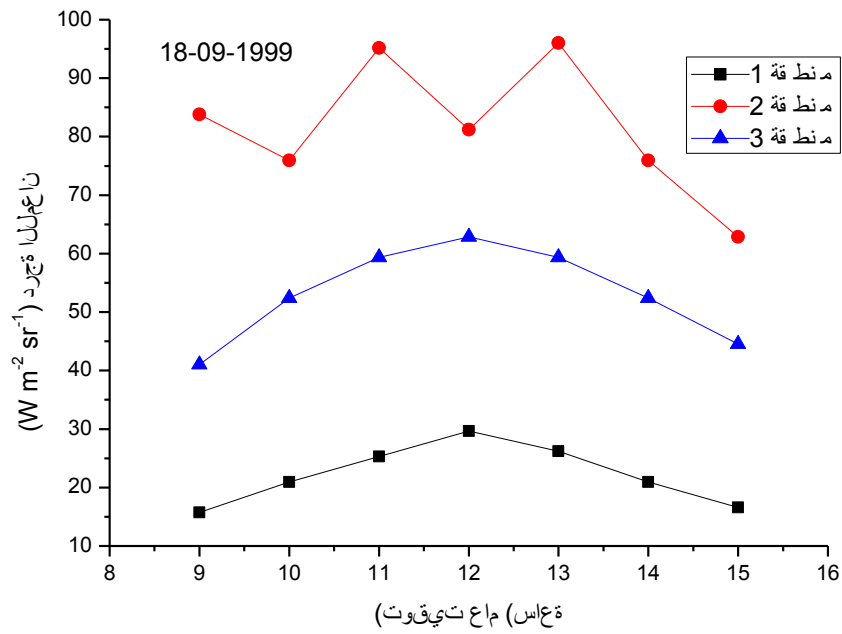
شكل 2-3: مناطق الدراسة مبينة داخل الصورة الملتقطة من طرف القناة المرئية للقمر الصناعي متيوسات-7 في يوم 18 سبتمبر 1999 على الساعة 11:00 توقيت عام.



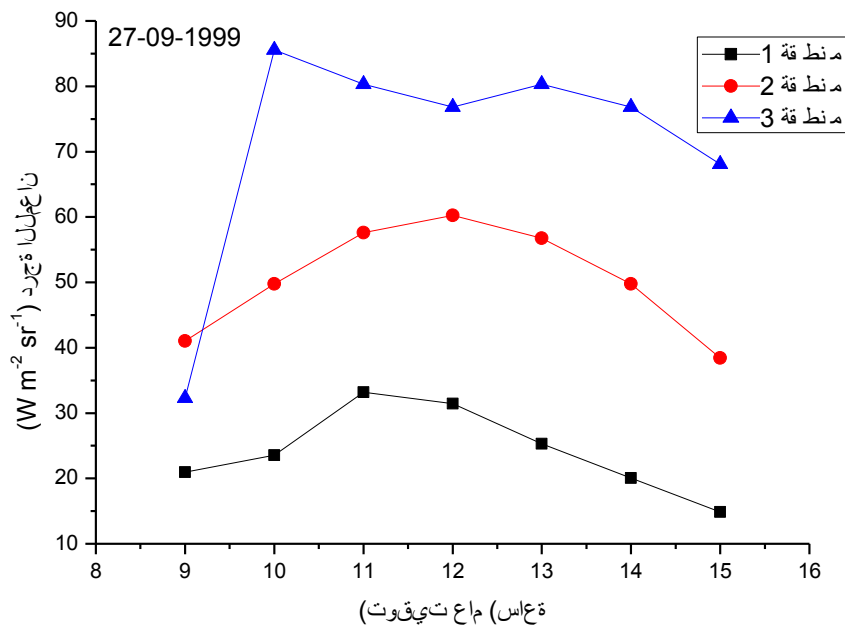
شكل 3-3: التغير الساعي لدرجة اللمعان لمناطق الدراسة ليوم 01 سبتمبر 1999.



شكل 4-3: التغير الساعي لدرجة اللمعان لمناطق الدراسة ليوم 09 سبتمبر 1999.



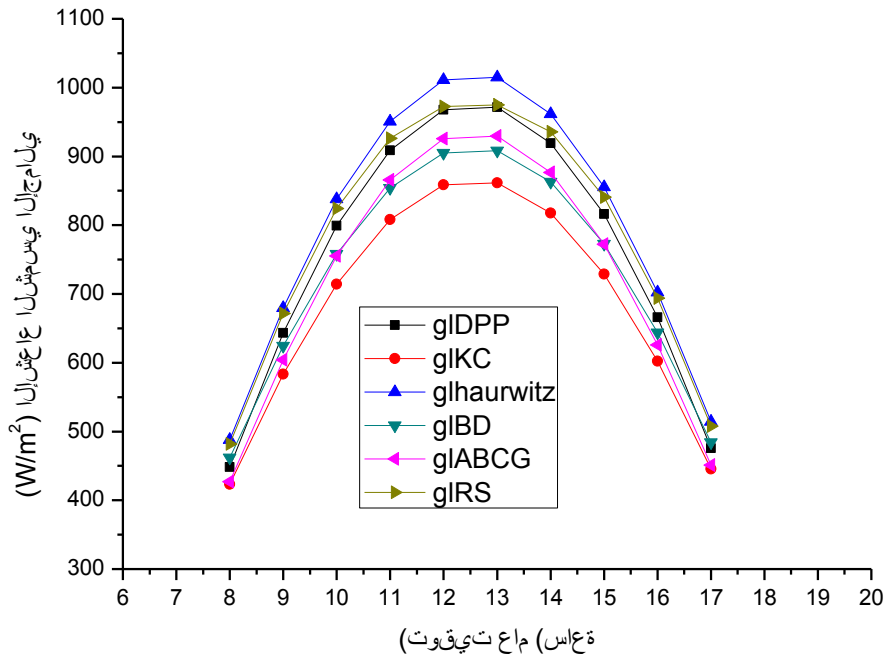
شكل 3-5: التغير الساعي لدرجة اللمعان لمناطق الدراسة ليوم 18 سبتمبر 1999.



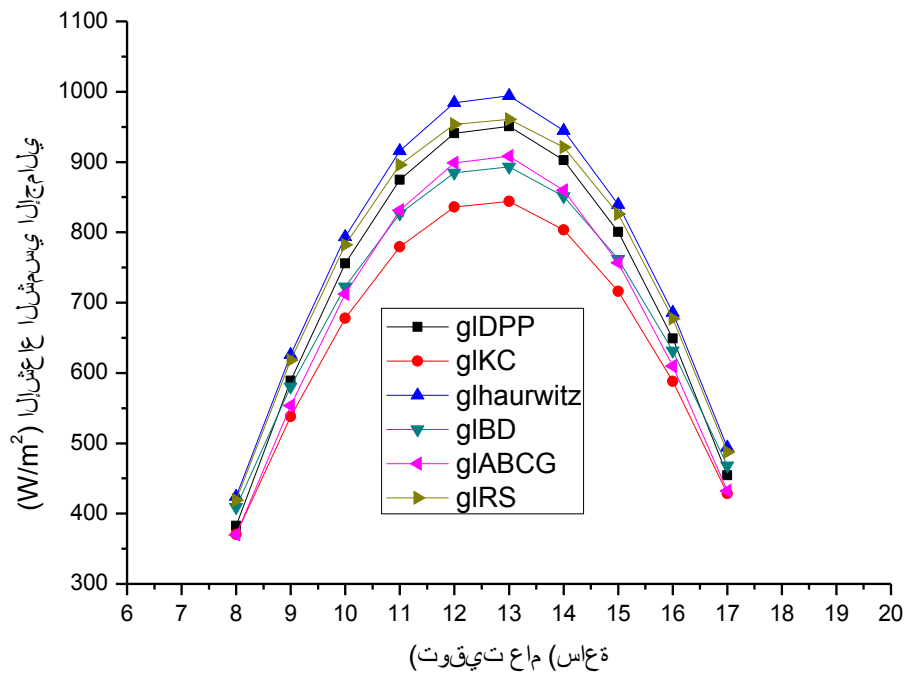
شكل 3-6: التغير الساعي لدرجة اللمعان لمناطق الدراسة ليوم 27 سبتمبر 1999.

3-3 تغير الإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال النماذج البسيطة جدا:

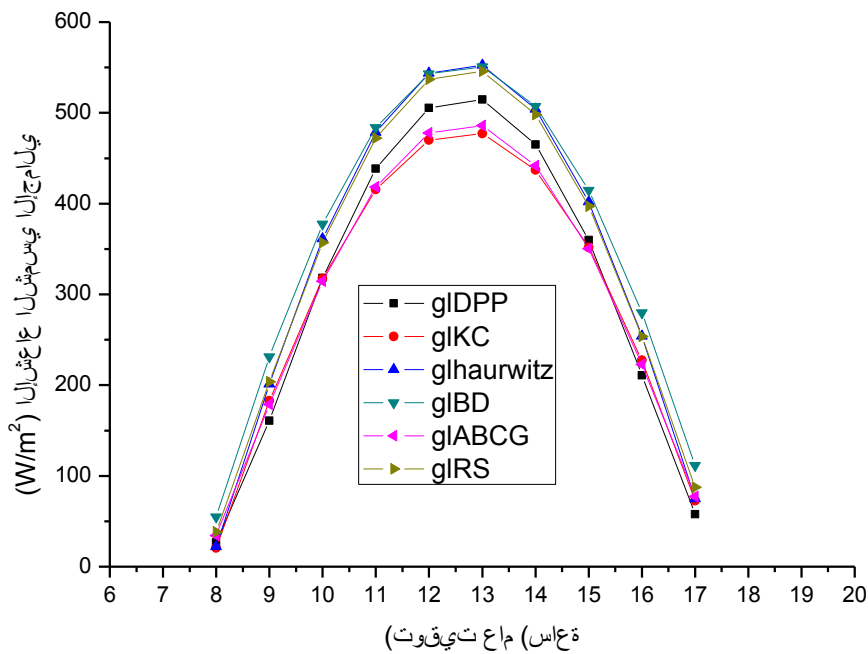
قمنا بتمثيل التغير الساعي للإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال النماذج البسيطة جدا في حالة السماء صافية لمنطقة الوادي في الأشكال (3-7), (3-8) و (3-9) وذلك أيام 14 جوان 2017, 2 أوت 2017 و 05 جانفي 2018 على الترتيب. حيث تظهر المنحنيات قريبة من بعضها البعض بمعنى لا توجد فروقات كبيرة في نتائج النماذج الحسابية. نلاحظ كذلك من خلال هذه المنحنيات ارتفاع قيم الإشعاع الشمسي الإجمالي من الثامنة صباحا إلى منتصف النهار ثم تتناقص بعد ذلك, وهذا صحيح من أجل يوم صافي بدون غيوم. كما أننا نلاحظ أيضا وجود توافق جيد بين النماذج البسيطة جدا بالإضافة إلى أن الإشعاع الشمسي مرتفع في الصيف مقارنة بالشتاء وذلك راجع لموقع الشمس بالنسبة للأرض أين يصلها أكبر ما يمكن من الإشعاع الشمسي.



شكل 3-7: التغير الساعي للإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال النماذج البسيطة جدا في حالة السماء صافية لمنطقة الوادي في يوم 14 جوان 2017.



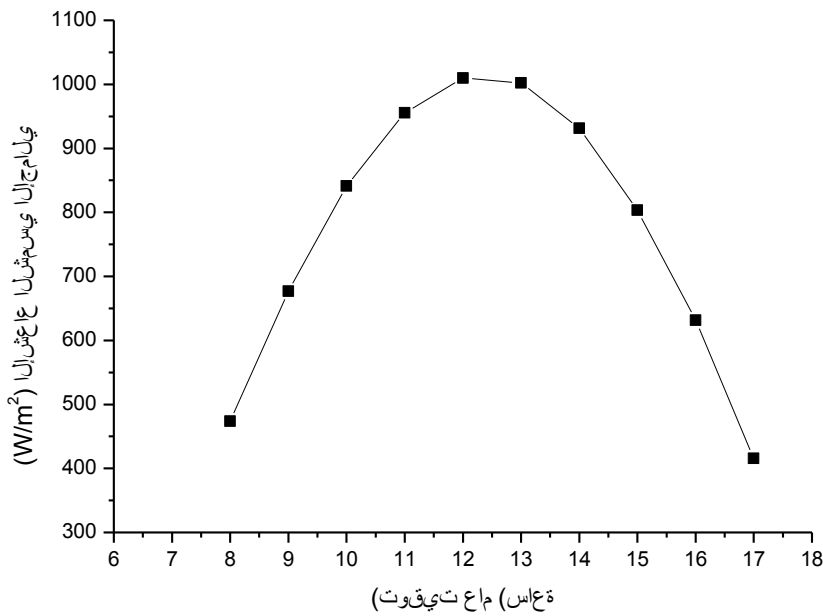
شكل 3-8: التغير الساعي للإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال النماذج البسيطة جدا في حالة السماء صافية لمنطقة الوادي في يوم 02 أوت 2017.



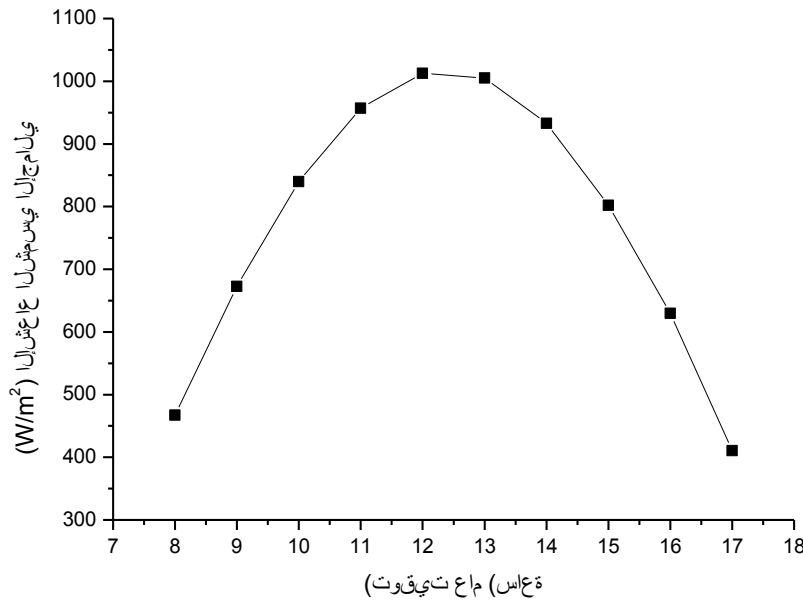
شكل 3-9: التغير الساعي للإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال النماذج البسيطة جدا في حالة السماء صافية لمنطقة الوادي في يوم 05 جانفي 2018.

3-4 تغير الإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال النماذج البسيطة:

الشكلين (10-3) و (11-3) يمثلان التغير الساعي للإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال نموذج kasten و perez و Ineichen في حالة السماء الصافية لمنطقة الوادي في يوم 2 أوت 2017 حيث نلاحظ وجود توافق بين نموذج kasten و perez و Ineichen. إن النماذج البسيطة أفضل وأدق من سابقتها أي النماذج البسيطة جدا، حيث تعود الدقة في النماذج البسيطة إلى اعتمادها إضافة إلى زاوية السم على بعض معايير حالات الغلاف الجوي المتمثلة في الرطوبة و مكونات الغلاف الجوي على عكس النماذج البسيطة جدا التي تعتمد فقط على حسابات هندسية فقط إضافة إلى زاوية السم، وعليه تكون نتائج النماذج البسيطة أدق بالتأكيد من النماذج البسيطة جدا.



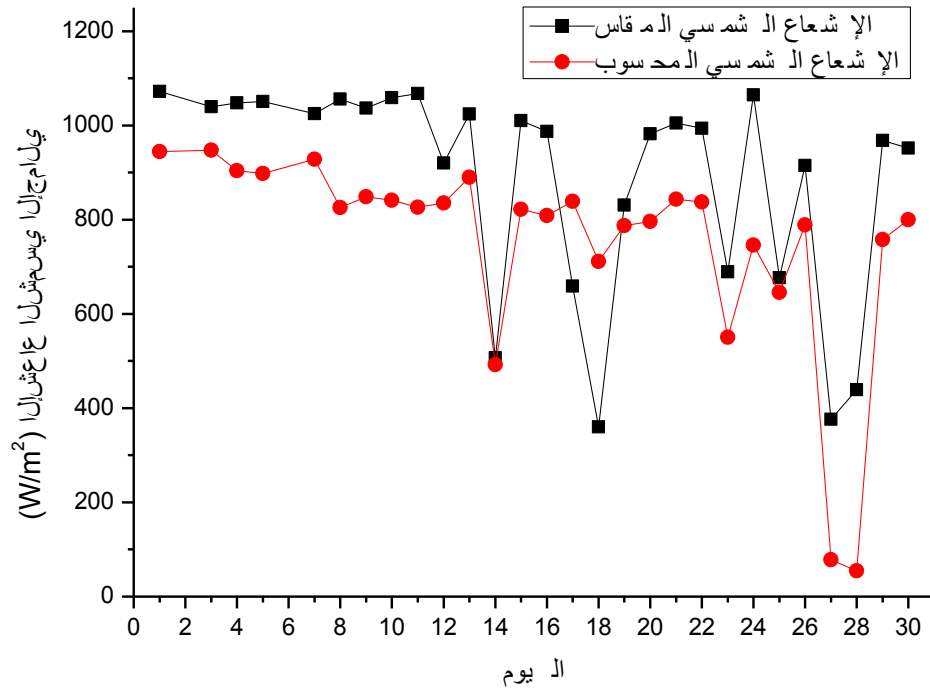
شكل 10-3: التغير الساعي للإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال النموذج البسيط Kasten في حالة السماء صافية لمنطقة الوادي في يوم 02 أوت 2017.



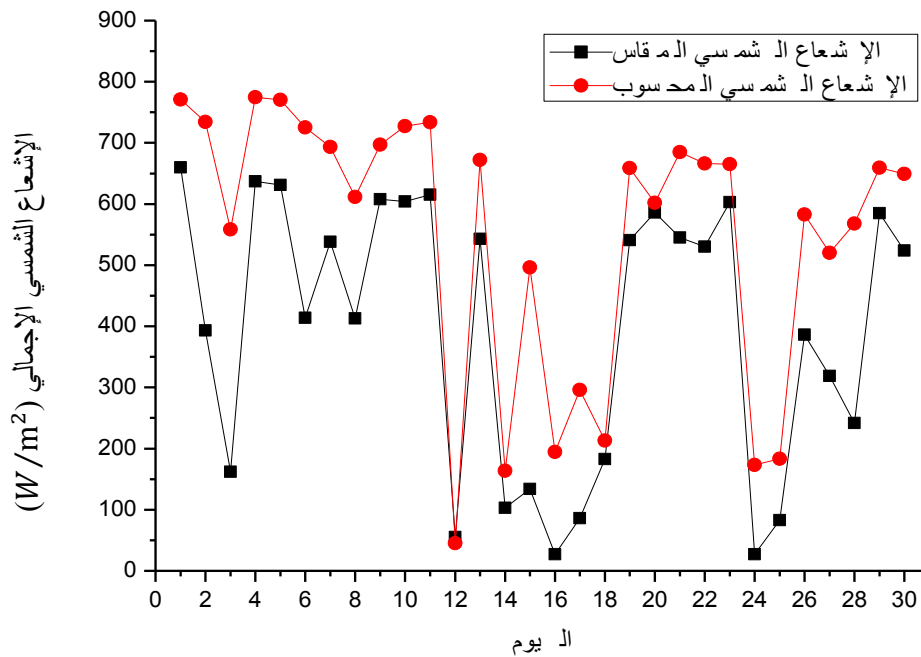
شكل 3-11: التغير الساعي للإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال النموذج البسيط Perez و Ineichen في حالة السماء صافية لمنطقة الوادي في يوم 02 أوت 2017.

5-3 مقارنة بين الإشعاع الشمسي الإجمالي المقاس والإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال تقنية الهيليوسات:

الشكلين (3-12) و (3-13) يمثلان مقارنة بين الإشعاع الشمسي الإجمالي المقاس والإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال تقنية هيليوسات لشهر سبتمبر من عام 1999 على الساعة 12:00 و 15:00 على التوالي توقيت عام في منطقة تمراس (علما أنه استخدم ضمنا داخل هذه التقنية نموذج BALL و ATWATER), حيث بينت النتائج المتحصل أن هناك توافق بين الإشعاع الإجمالي المقاس و الإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب, في حين وجد بعض الاختلاف في بعض القيم وذلك راجع إلى أن القمر الصناعي متيوسات-7 يعطي قياس في مساحة قدرها $2.5 \times 2.5 \text{ km}$ و بالتالي فإن المقارنة تبقى نسبية لأنه لا يمكن إيجاد في الموقع نفسه (الإشعاع الشمسي) يوافق هذه المساحة.



شكل 3-12: مقارنة بين الإشعاع الشمسي الإجمالي المقاس و الإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال تقنية هيليوسات لشهر سبتمبر من عام 1999 على الساعة 12:00 توقيت عام في منطقة تمراست.



شكل 3-13: مقارنة بين الإشعاع الشمسي الإجمالي المقاس و الإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال تقنية هيليوسات لشهر سبتمبر من عام 1999 على الساعة 15:00 توقيت عام في منطقة تمراست.

الشكل (3-14) يمثل مقارنة بين الإشعاع الشمسي الإجمالي المقاس والإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال تقنية هيليوسات لشهر سبتمبر من عام 1999 على الساعة 12:00 و 15:00 توقيت عام في منطقة تمراست, حيث أن الخط المتصل الظاهر في الشكل باللون الأحمر يمثل مستقيم الانحدار بالتربيعات الدنيا. نلاحظ أن نتائج المقارنة بين الإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال تقنية هيليوسات والإشعاع الإجمالي المقاس مقبولة حيث وجدنا معامل الارتباط يساوي $R = 0.83$ ووجدنا أن الخطأ النسبي المتوسط يساوي 61% و تم حسابه كالآتي:

$$E_{moy} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i(\%)}{n}$$

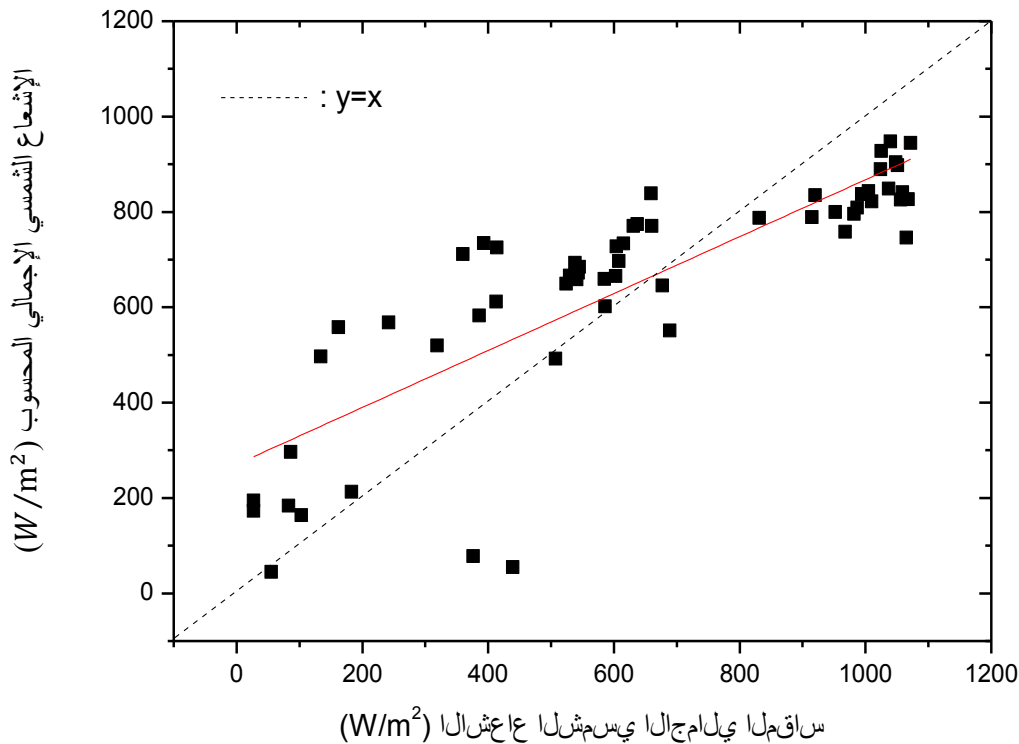
حيث n يمثل عدد العينات و $E(\%)$ يمثل الخطأ النسبي و هو يحسب كالآتي:

$$E(\%) = abs\left(\frac{V_m - V_c}{V_m}\right) \times 100$$

حيث:

V_m : قيمة الإشعاع الشمسي الإجمالي المقاسة.

V_c : قيمة الإشعاع الشمسي المحسوبة باستعمال تقنية هيليوسات.



شكل 3-14: مقارنة بين الإشعاع الشمسي الإجمالي المقاس و الإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال تقنية هيليوسات لشهر سبتمبر من عام 1999 على الساعة 12:00 و 15:00 توقيت عام في منطقة تمراست.

خلاصة:

في هذا الفصل الأخير من هذا العمل درسنا تغيرات درجة اللمعان على مستوى القمر الصناعي والتي وجدنا أنها تتأثر بالغيوم ، لذلك يستوجب خلال حساب الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض انطلاقاً من معطيات الأقمار الصناعية الأخذ بعين الاعتبار كمية السحب الموجودة.

أخيراً، تم عرض مختلف نتائج حساب الإشعاع الشمسي الإجمالي المقاس خلال السماء الصافية والمحسوب بواسطة النماذج المذكورة في الفصل الثاني أي النماذج البسيطة والبسيطة جداً، إضافة إلى ذلك قمنا بالتحقق من صحة نتائج الإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال تقنية الهيليوسات فوجدناها مقبولة جداً حيث وجدنا أن الخطأ النسبي المتوسط يقدر بـ 61% هذه المقارنة تبقى نسبية وذلك راجع إلى أن القمر الصناعي ميتوسات-7 يعطي قياس في مساحة قدرها $2.5 \times 2.5 \text{ km}$ لأنه لا يمكن إيجاد قياس في الموقع نفسه للإشعاع الشمسي يوافق هذه المساحة.

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة

أحدثت الأقمار الصناعية طفرة هائلة في المعرفة الإنسانية وذلك من خلال الكم الهائل من البيانات المستحصلة عن الكرة الأرضية سواءً كانت على سطح الأرض أو على الغلاف الجوي، هذا العمل عرض فيه بعض الطرق من أجل تقدير الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض عن طريق الاستشعار عن بعد الذي بدوره يهتم بدراسة الأشعة الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة باستعمال معطيات القمر الصناعي متبوسات -7، هنا نجد أهمية هذه الأشعة التي تعتبر المصدر الأساسي للطاقة التي تنطلق منها لتمر عبر الغلاف الجوي. توصلنا في هذا العمل إلى أن درجة اللمعان المقاسة من طرف الأقمار الصناعية لا تمثل قيمة الإشعاع الشمسي المنعكس فقط من سطح الأرض بل يدخل فيها أيضا الإشعاع الشمسي المنعكس من طرف الغيوم.

في هذا الإطار، قمنا في هذا العمل بعرض تقنية الهيليوسات التي تطبق من أجل الأقمار الصناعية و التي تتعامل مع توهين الإشعاع الشمسي الناتج عن الغلاف الجوي والغيوم بشكل منفصل و التي يستعمل فيها ضمنا نماذج السماء الصافية التي تعتبر من النماذج الأساسية لتقدير مستويات الإشعاع. إن هذه النماذج التي تسمح بتقدير الإشعاع الشمسي الكلي في حالة السماء الصافية و التي تم تقسيمها إلى ثلاثة أقسام هي: نماذج بسيطة جدا و هي تعتمد على زاوية سمت الشمس فقط، نماذج بسيطة و هي تعتمد إضافة إلى زاوية سمت بعض المعايير الأخرى مثل حالات الغلاف الجوي ومكوناته، و نماذج معقدة و هي تعتمد على معايير كثيرة و من بينها كمية الهباء الجوي و المحتوى الجوي من بخار الماء....، فهو بذلك يعتبر من أدق النماذج في الحساب.

تم التحقق في هذا العمل من صحة نتائج الإشعاع الشمسي الإجمالي المحسوب باستعمال تقنية الهيليوسات فوجدناها مقبولة بالمقارنة مع القياسات عند الموقع نفسه، إن هذه المقارنة تبقى نسبية وذلك لوجود اختلافات ناتجة عن عدة أسباب من بينها مساحة البيكسل الملتقطة عبر القمر الصناعي والتي تكون كبيرة مقارنة بمساحة القياسات في الموقع نفسه. حتى الآن تبقى الأبحاث مستمرة في هذا المجال على أمل التوصل إلى نتائج أكثر قبولا في المستقبل القريب.

قائمة المراجع

قائمة المراجع

✓ المراجع باللغة الأجنبية:

- [1] Catherine gautier, georges diak , serge masse "A Simple physical Model to Estimate Incident solar Radiation at the surface from GOES Satellite Data", journal of Applied meteorology, vol.19, 1005-1012 , (1980).
- [2] Knut- Frode Dagestad " Estimating global radiation at ground level from statellite images" Doctoral thesis, University of Bergen, (2005).
- [3] Z. L. Li , "L emissivite spectrale en télédétection infrarouge thermique Mesure relative, Analyse spectrale et Impacts sur la détermination de la température de surface" , thèse de doctorat ,Univ Louis pasteur de Strasbourgs, p. 162, France (1990).
- [4] Olivier Marloie, Frédéric Baret, jean- François Hanocq "Estimation de rayonnements d'origine solaire reçus à la surface terrestre grâce au modèle 6S de transfert radiatif dans l'atmosphère et des mesures d'un photomètre solaire" le cahier des techniques de l'Inra, Numéro spécial 2008, 135-144, (2008).
- [5] Benbouza Naima, "Etude du rayonnement solaire dans la région de Batna", Mémoire de Magister , Université de Batna, Algérie (2008).
- [6] Matthew J. Reno, clifford W. Hansen , Joshua S. Stein" Global Horizontal Irradiance Clear Sky, Models: Implementation and Analysis", Sandia Report, Sand 2012-2389, p.68, (2012).
- [7] D.Renaut, les satellites Météorologique, La Météorologie, N⁰45, 34-35 (2004).
- [8] Annette Hammer, Detlev Heinemann, carsten Hoyer, Rolf kuhlemann, Elk Lorenz ,Richard Muller, Hans Georg Beyer, " solar energy assessment using remote sensing technologies", Remote sensing of Environment , p. 423-432 (2003).
- [9] Armel oumbe " Exploitation des nouvelles capacités d'observation de la terre pour évaluer le rayonnement solaire incident au sol ",Ecole nationale supérieure des mines de paris, p.128, France (2009).

- [17] W.paul Menzel " Remote sensing Applications with meteorological satellites", NOAA satellite and information service, univ of winsconsin Madison, WI, P.307, (2006).
- [19] Abdelkader Labbi, "synergie des observations météorologique et l'imagerie satellitaire pour l'estimation de la température de surface" thèse de doctorat , Univ Mentouri- Constantine 1 , p. 28-104, Algérie (2016).
- [20] T.Sabah, "Etude de l'effet de aérosols sur l'estimation du coefficient de reflectance bidirectionnelle à laide de mesures satellitaires", Mémoire de magister, Univ de Constantine, Algérie (2007).
- [23] R. yaiche "Logiciel de calcul des paramètres astronomiques à l'usage des installations solaires" Revue des Energies Renouvelables, IRCESD -07, P.343-348 Tlemcen, (2007).
- [24] Richard E, Bird Roland L, Hulstrom ,"A simplified clear sky Model for Direct and Diffuse Insolation on Horizontal surfaces", Solar Energy Research Institute, SERI / TR-642-761, (1981).
- [25] Linda Hagen , "Measured, Modelled and satellite derived solar radiation in Scandinavia", Master s thesis in meteorology ,university of Bergen ,p.84, (2011).

✓ المراجع باللغة العربية:

- [10] مصطفى احمد محمد مجيد، "العلاقة المتداخلة بين الإشعاع الشمسي والغيوم في مدينة الموصل"، مذكرة ماجستير، جامعة الموصل ، العراق، الصفحات 85، (2008).
- [11] نبيل شهيد، "حساب الإشعاع الشمسي الساعي بمساعدة الحاسوب"، الطاقة والحياة العدد21، الصفحات 62-71، (2006).
- [12] د. وسام الدين محمد عبده، "مقدمة عن الاستشعار عن بعد وتطبيقاته"، جامعة الدمام، الصفحات 473، (2014).
- [13] إعداد مجموعة من الأساتذة، "الاستشعار عن بعد"، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، المملكة العربية السعودية، الصفحات 2-8.
- [14] محمد الخزامي عزيز "الاستشعار عن بعد وتطبيقاته في التخطيط العمراني" ، حولية كلية الإنسانيات، جامعة قطر، العدد16، الصفحات 353-385، (1994).
- [15] إعداد مجموعة من الأساتذة "مشروع مسح الموارد الطبيعية والزراعية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية"، الهيئة العامة للاستشعار عن بعد ، سوريا، الصفحات4-21، (2010).

قائمة المراجع

[16] د. جمعة محمد داود, "أسس وتطبيقات الاستشعار عن بعد " ، القاهرة، جمهورية مصر العربية، الصفحات 208، (2015).

[22] العاتي مختار، " المساهمة في تحسين مجفف شمسي للمحاصيل الزراعية"، مذكرة ماجستير، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر، الصفحات 96.

✓ مواقع الكترونية:

[18] [https //www.alkoon.alnomrosi.net/solar/earth.html](https://www.alkoon.alnomrosi.net/solar/earth.html).

[21] [https //www.ipcc.ch/publication and data/ar4/ar/faq-2-1.html](https://www.ipcc.ch/publication_and_data/ar4/ar/faq-2-1.html).

المخلص

إن تقدير الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح الأرض انطلاقاً من صور الأقمار الصناعية يتوقف على الإشارة الملتقطة على مستوى هذه الأقمار الصناعية. حيث تطرقنا في هذا العمل إلى دراسة تغيرات درجة اللمعان على مستوى القمر الصناعي متيوسات-7 والتي وجدنا أنها تتأثر بالغيوم، لذلك يستوجب خلال حساب الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض انطلاقاً من معطيات الأقمار الصناعية الأخذ بعين الاعتبار كمية السحب الموجودة. عرضنا في هذا العمل عدة طرق مقترحة لتقدير الإشعاع الكلي من بينها تقنية الهيليوسات-1 التي تطبق من أجل الأقمار الصناعية والتي تتعامل مع الغلاف الجوي و الغيوم بشكل منفصل و التي يستعمل فيها ضمناً نموذج السماء الصافية الذي بدوره ينقسم إلى ثلاث نماذج مختلفة الدقة.

الكلمات المفتاحية: الإشعاع الشمسي الكلي، متيوسات-7، درجة اللمعان، الهيليوسات-1، نموذج السماء الصافية.

RESUME:

L'estimation du rayonnement solaire total tombant à la surface de la Terre à partir d'images satellites dépend du signal pris au niveau de ces satellites. Dans ce travail, nous avons étudié les changements dans le degré de luminance au niveau du satellite Meteosat-7, que nous avons trouvé affecté par les nuages, il est donc nécessaire de calculer la quantité de nuages qui existent à la surface de la Terre. Dans ce travail, nous avons présenté plusieurs méthodes proposées pour estimer le rayonnement total, y compris l'héliosat-1, qui s'applique aux satellites qui traitent séparément l'atmosphère et les nuages et utilise implicitement le modèle du ciel clair, divisé en trois modèles de précision différents.

Mots-clés: Rayonnement solaire global, Meteosat-7, Luminance, Heliosat-1, Modèle de ciel clair.