السلوك الطيفي للمعالم الارضية في مناطق الطيف الكهرومغناطيسي

كرم جاسم محمد عمار عبد جاسم

وزارة العلوم والتكنولوجيا\ دائرة الفضاء والاتصالات– مركز التحسس النائي

بغداد– العراق

الخلاصـة

يهدف هذا البحث الى دراسة البصمات الطيفية في مناطق الطيف الكهرومغناطيسي وباستخدام جهاز السبكتروراديوميتر نوع Field Spec 3 من شركة ASD الامريكية والذي صمم للعمل في مديات قريبة ومشابهة لتلك المديات المعتمدة من خلال الصور الفضائية .ان جهاز السبكتروراديوميتر صمم للعمل ضمن المديات (المنطقة المرئية ، تحت الحمراء المنعكسة ، تحت الحمراء الاولى وتحت الحمراء الثانية) ومن خلال استخدام الجهاز لأخذ بصمات طيفية لبعض المعالم الارضية والتي تمثل الاصناف الرئيسية في الغطاء الارضي مثلا (التربة، النباتي، الاسمنت، الاسفلت والمياه). أوضحت الدراسة أن كثيراً من معالم سطح الأرض التي هي قيد البحث في هذا البحث يمكن تمييزها ودراستها بالاعتماد على خصائصها الطيفية كما هو الحال في تميز كلا من النبات والماء والتربة. كما أوضحت أيضاً أن بعض المعالم التي هي قيد البحث لا يمكن فصلها طيفياً كما هو الحال للتمييز بين الكونكريت والاسفلت وهكذا فإن استخدام منحنيات السلوك الطيفي لجهاز السبكتروراديوميتر يتطلب معرفة وفهم الخصائص الطيفية للمعالم.

الكلمات المفتاحية: السبكتروراديوميتر، البصمات الطيفية والغطاء الأرضي.

Spectral Behavior of Land Features in Electromagnetic Spectrum Regions

Karam Jasim Mohamed **Ammar Abd Jasim**

Ministry of Science and Technology/ Space and Communication Directorate - Remote Sensing Research Center

Baghdad-Iraq

E_mail: Karamjasim1978@yahoo.com

Abstract

This research aims to study the spectral signature in the regions of the electromagnetic spectrum by using a Spectroradiometer device type FieldSpec3 which produced by American ASD company. Spectroradiometer device was designed to work in ranges similar and close to those ranges adopted by the satellite images. The FieldSpec3 Spectroradiometer device designed to work within ranges (the visible region, near infrared, shortwave infrared 1, shortwave infrared 2). Through this study the Spectroradiometer device will be used to measure the spectral signatures of some of landmarks that represent the major varieties of land cover (e.g., soil, vegetation, cement, asphalt, water). This study showed that many of features of land surface in this research can be recognized depend on its spectral characteristics such as in case of recognition between concrete and asphalt etc. Thus, using spectral curves behavior by Spectroradiometer device need to understand the spectral characteristics of features.

Keywords: Spectroradiometer, Spectral Signature and land Cove.

المقدمــة

ان موضوع استخدام البصمة الطيفية باستخدام جهاز السبكتروراديوميتر هو مهم لتأكيد الانعكاسية الطيفية لمنطقه ما او لمكشف معين وهو مهم جدا في تحديد البصمة الطيفية لأنواع مختلفة من الاغطية الارضية وكذلك انواع الصخور والترب وغيرها والعوامل المؤثرة عليها مثل الرطوبة والغطاء النباتي. ان من اهم مبادئ التحسس النائي هو دراسة رد فعل الضوء مع مادة معينة من أجل معرفة نوع، تكوين، خصائص، وسلوك تلك المواد التي تجري دراستها. هناك ثلاثة ردود فعل أساسية لسلوك تلك المادة مع الضوء حيث يمكن للضوء أن ينعكس، يتشتت، أو يمتص من خلال تلك المواد. جهاز السبكتروراديوميتر او ما يمكن تسميته بالمقياس الطيفي يقوم بتسجيل التفاعلات المختلفة بين الضوء والمادة عبر جزء من الطيف الكهرومغناطيسي. يتضمن هذا البحث استخدام جهاز السبكتروراديومتر Spectroradiometer نوع FieldSpec3 لتمييز الخصائص الطيفية لبعض المعالم والاغطية الارضية مثل النبات والماء والاسفلت والكونكريت .... الخ وتطوير مكتبة طيفية متكاملة وتحليل هذه البصمات وبالتالي الاستفادة من هذه البصمات للكشف عن التباين داخل هذه الأنواع وربما بين الأنواع نفسها. يفضل البعض استخدام هذا الجهاز لقربة من الارض وبتالي يتم تسجيل قراءه دقيقة بالمقارنة مع صور الاقمار الصناعية التي يتشتت جزء كبير من الامواج قبل وصولها الى الارض وقبل ان تسجل من خلال المتحسسات الموجودة على الاقمار الصناعية. وبالتالي يمكن استخدام هذه البصمات بشكل دقيق لمقارنتها مع الانعكاسية الطيفية لنفس المواد داخل المرئية الفضائية حيث يعمل الجهاز بمدى طيف قريب او مماثل للمدى المستخدم من خلال الصور الفضائية.

يهدف البحث الى دراسة خصائص الانعكاسية الطيفية للأغطية الارضية مثلا (التربة النبات، المياه، الاسفلت والكونكريت) ومعرفة قدرة جهاز السبكتروراديوميتر على التمييز بين هذه الانواع المختلفة من خلال بصمة طيفية مميزة لكل نوع وبالتالي الاستفادة من هذه الدراسة في تفسير الصور الفضائية لتحديد انواع الاغطية الرئيسية ومعرفة وتفسير سلوك كل من هذه المواد.

المواد وطرائق العمل

يتضمن هذا البحث مقدمة عن جهاز قياس الانعكاسية الطيفية او ما يسمى بجهــاز السبكتروراديوميتر نوع FieldSpec3 من انتاج شركة ASD الأمريكية واهم الاسس التي يعمل عليها الجهاز. ومن ثم استخدام الجهاز لأخذ بصمات طيفية لبعض المعالم الارضية والتي تمثل الاصناف الرئيسية في الغطاء الارضي مثلا (التربة، الغطاء النباتي، الاسمنت، الاسفلت والمياه) من منطقة الجادرية في بغداد ومن ثم تفسير وتحليل هذه البصمات واجراء المقارنات الرئيسية وبالتالي اعداد مكتبة رقمية جاهزة التي يمكن ان تكون اساس في دراسة وتحليل الصور الفضائية اما المواد المستخدمة فهي اولا مصدر طاقة وقد يكون ضوء الشمس او بالمختبر ضوء اصطناعي كانواع خاصة من المصابيح وجهاز السبكتروراديوميتر واخيرا العينة المراد فحصها وقد تكون قطعة من حجر او تربة او نبات.

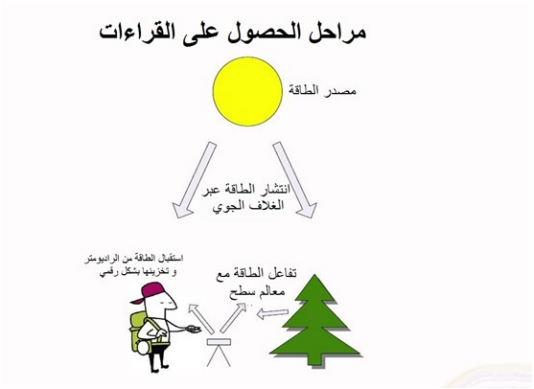
مقدمة عن جهاز السبكتروراديوميتر

جهاز السبكتروراديوميتر هو جهاز استشعاري يعتمد على حساب نسبة انعكاس الضوء عن المظاهر الأرضية إلى الطاقة الكلية الساقطة من الشمس في مجال الضوء المرئي وتحت الأحمر القريب. كما ويعرف هذا الجهاز بانه جهاز استشعاري يمتلك متحسسات متعددة الاطياف قادرة على تسجيل تفاعلات الضوء مع المواد على أجزاء من الضوء المرئي (Visible) والأشعة تحت الحمراء والقريبة (Infrared and Near Infrared) من الطيف الكهرومغناطيسي. وهناك تعاريف متعددة يمكن العثور

عليها في الأجهزة التحليلية الطيفية (Analytical Spectral Devices) من شركة (ASD) والدليل المرجعي التقني (Technical guide، 2007) و(Rajendran واخرون، 2009). تختلف تسمية هذا الجهاز باختلاف مصدر الطاقة المستخدمة فإن كان المصدر اصطناعياً فيدعى سبكترومیتر (Spectrometer) ويستخدم هذا الجهاز في المختبر فقط حيث يستخدم أنواع خاصة من المصابيح باستطالات معروفة وثابتة لتزويد الأجسام المدروسة بالطاقة اللازمة ومن ثم قياس الطاقة المنعكسة من هذه الأجسام. أما الأجهزة التي تعتمد على الطاقة الشمسية كمصدر للطاقة فتسمى بالردايوميتر (Radiometer) وهذه الأجهزة لا تستخدم إلا في الحقل. وهناك نوع ثالث من الأجهزة والتي يمكن بها استخدام الطاقة الشمسية أو الطاقة الاصطناعية فتدعى السبكتروراديومیتر (Spectroradiometer) وهذا النوع من الأجهزة يستخدم في الحقل والمختبر معاً حيث تضاف قطعة خاصة تحتوي على مصدر الطاقة الاصطناعية في حال استخدامه في المختبر كما ويمكن استخدام هذه القطعة في الحقل ايضا.

شكل (1) جهاز السبكتروراديومیتر FieldSpec

جهاز السبكتروراديومیتر المستخدم في هذه الدراسة هو جهاز من نوع FieldSpec من انتاج شركة ASD الامريكية (شكل 1) ويعتبر من أحدث الاجهزة عالميا حيث يسجل قيم الانعكاس الطيفي خلال الطول الموجي 350–2500 نانومتر (النانوميتر هي وحدة لقياس الأطوال، تستعمل لقياس الأطوال القصيرة جدا ومقدارها 10^{-9} من المتر)، مع دقة طيفية 3 نانومتر للطول الموجي (350–1000) نانومتر و10 نانومتر للطول الموجي (1000–2500) نانومتر.



شكل (2) مراحل الحصول على القراءات.

مبدأ عمل جهاز السبكتروراديومیتر

إن مبدأ عمل السبكتروراديومیتر يعتمد بشكل أساسي على قياس وتخزين الطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة من الأجسام المدروسة حيث يحصل الجهاز على معطيات تدل على الأسلوب الذي تصدر به سطوع معالم الأرض المختلفة الطاقة الكهرومغناطيسية وتعكسها ويتم تحليل هذه المعطيات للحصول على معلومات عن الموارد قيد البحث. والمرحلتان الأساسيتان في العملية هما الحصول على المعطيات وتحليل المعطيات وتتألف مرحلة الحصول على المعطيات من العناصر التالية شكل (2)

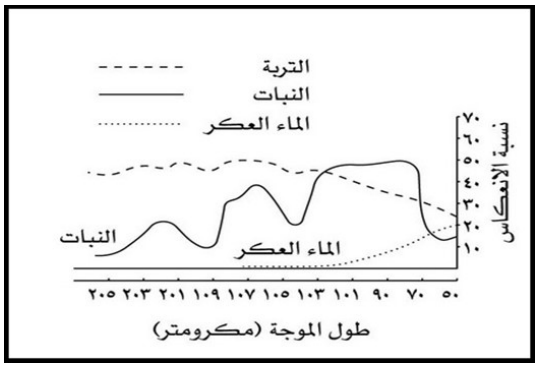
- مصادر الطاقة.
- انتشار الطاقة عبر الغلاف الجوي.
- تفاعل الطاقة مع معالم سطح الأرض.
- استقبال الطاقة من الردايوميتر وتخزينها بشكل رقمي.

وباختصار يستخدم الجهاز لتسجيل التغير في أسلوب إصدار معالم سطح الأرض للطاقة الكهرومغناطيسية وعكسها لها (مفيد، 2019). ويفضل البعض استخدام هذا الجهاز لقربة من الارض وبتالي يتم تسجيل قراءه دقيقة بالمقارنة مع الاقمار الصناعية التي يتشتت جزء كبير من الامواق قبل ان تسجل. أما

تحليل المعطيات فيتضمن دراسة المعطيات باستخدام الحاسوب لتحليل المعطيات الرقمية ودراسة البصمات الطيفية الناتجة.

البصمة الطيفية

يعد السلوك الطيفي للأغطية الارضية المختلفة ومكوناتها الاساس الموجه لمعلومات الاستشعار عن بعد، اذ أشار (Shepherd، 2002)، ان الانعكاسية كدالة للطول الموجي تعطي معالم اساسية خاصة للمواد المختلفة يطلق عليها البصمة الطيفية Signature Spectral والتي يتم من خلالها توصيف ومعرفة المواد، اذ يمكن التمييز من خلال شكل المنحنى وظهور او غياب مناطق حزم الامتصاص. لذلك يمكن تعريف البصمة الطيفية بانها نمط او سلوك المعالم الارضية تجاه الطيف الكهرومغناطيسي من ناحية الامتصاص او الانعكاس ويتم تمثيلها على شكل منحنى بياني يعكس كمية الطاقة المنعكسة او الممتصة من خلال ذلك المعلم (Khalaf، 2019).



شكل (3) البصمة الطيفية لبعض المعالم الأرضية (عبد الرحيم وأحمد، 2012).

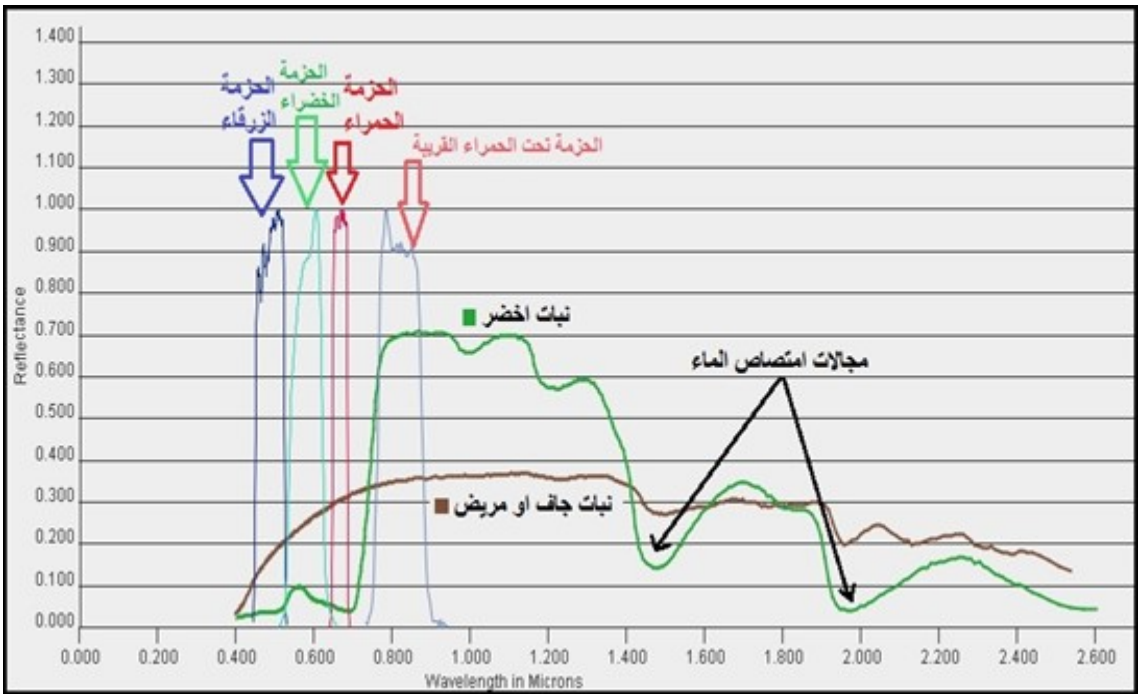
شكل (3) يمثل نموذج لبصمات طيفية لكلا من التربة والنبات والماء. يعتمد عمل جهاز الردايوميتر اساسا على أن كل الأجسام في درجة حرارة أعلى من الصفر المطلق تنبعث منها موجات كهرومغناطيسية لذلك تمثل البصمة الطيفية للمعالم الارضية صفة تجميعية مشتقة من السلوك الطيفي الداخلي لمكونات تلك المعالم ويعتمد اساسا على خواصها الفيزيائية والكيمياوية وتفاعلها مع الطيف الكهرومغناطيسي. كما وتختلف قيمة الانعكاسية باختلاف الاطوال الموجية للأشعة الكهرومغناطيسية المستخدمة، ولهذا برز مفهوم الاستشعار عن بعد في دراسة الخواص الطبيعية للأجسام دون ملامستها من خلال الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة او المنبعثة منها. يعتمد استخدام جهاز الردايوميتر لمعرفة السلوك الطيفي للمواد المختلفة على كل الاسس التي تعتمد عليها عملية الاستشعار عن بعد وهي

مصدر الطاقة

يحتاج جهاز الردايوميتر الى مصدر يبعث الطاقة عن طريق الاشعاع فيكون بمثابة مركز لأرسال الموجات والاشعة الكهرومغناطيسية للهدف موضع الدراسة. يمكن ان يكون مصدر الطاقة طبيعيا كأشعة الشمس او اصطناعيا كأنواع خاصة من المصابيح باستطالات معروفة وثابتة شكل (4).

وسط مرور الطاقة

يعتمد تشتيت الغلاف الجوي وامتصاصه على الطول الموجي ويكون التشتيت هو الغالب. وكذلك وجود الضباب او الغيوم او ارتفاع نسبة الرطوبة في الجو يكون تأثيره اقوى على الموجات الضوئية الواصلة الى الهدف قيد الدراسة وخصوصا الموجات ذات الطول الموجي القصير. يتأثر عمل جهاز الردايوميتر بهذه الظروف عندما يكون مصدر الطاقة من الشمس ولذلك يمكن التخلص من كل هذه التأثيرات باستخدام مصدر طاقة اصطناعي واخذ البصمات الطيفية للمواد المختلفة. شكل (4) يوضح عمل جهاز السبكترورراديوميتر باستخدام مصدر طاقة طبيعي (اشعة الشمس) ومصدر طاقة اصطناعي متمثل بمصباح مدمج مع اداة قياس البصمة الطيفية.



شكل (4) منحنيات الانعكاسية المثالية لنبات اخضر وجاف (USGS، 2018).

الهدف

هو الأرض وما عليها من معالم (ماء – نبات – تربة – معالم – او مظاهر) فبمجرد ان تأخذ الموجات طريقها الى الهدف خلال الوسط فأنها تتفاعل معه بثلاث طرق يتوقف ذلك على طبيعة وخصائص الهدف موضع الدراسة. اهم هذه التفاعلات:

الامتصاص: يقوم الجسم بامتصاص الاشعة داخلة.

الاختراق: تمر الاشعة خلال الاجسام.

الانعكاس: يقوم الجسم بعكس الاشعة الى الغلاف الجوي.

الانتشار: وهذا يتم عندما يكون السطح خشن وبذلك ترتد الاشعة في جميع الاتجاهات.

المستشعر

تستقبل المستشعرات الاشعة المنعكسة من تفاعل الموجات بالهدف وتسجيلها لذلك لابد من اختيار الجهاز المناسب للصفة المراد قياسها والطول الموجي للأشعة المنعكسة. تستطيع المستشعرات بجهاز السبكترورراديوميتر المستخدم في هذه الدراسة ان تسجل قيم الانعكاس الطيفي خلال الطول الموجي (350–2500) نانومتر.

الاشعة

هي الاشعة التي يستلمها المستشعر وتتحول طاقة كل شعاع منعكس من الهدف الى طاقة مغناطيسية ثم الى طاقة كهربائية فتتحدد قيم الانعكاس.

ترجمة وتحليل البصمة

تضمن تمثيل قيم الانعكاس الناتجة من كل هدف على شكل منحني وتحليلها ومعرفة سلوك الاهداف تجاه الطيف الكهرومغناطيسي. وبالتالي يمكن استخدام النتائج في المساعدة على التعرف على سلوك الهدف او حل مشكلة معينة.

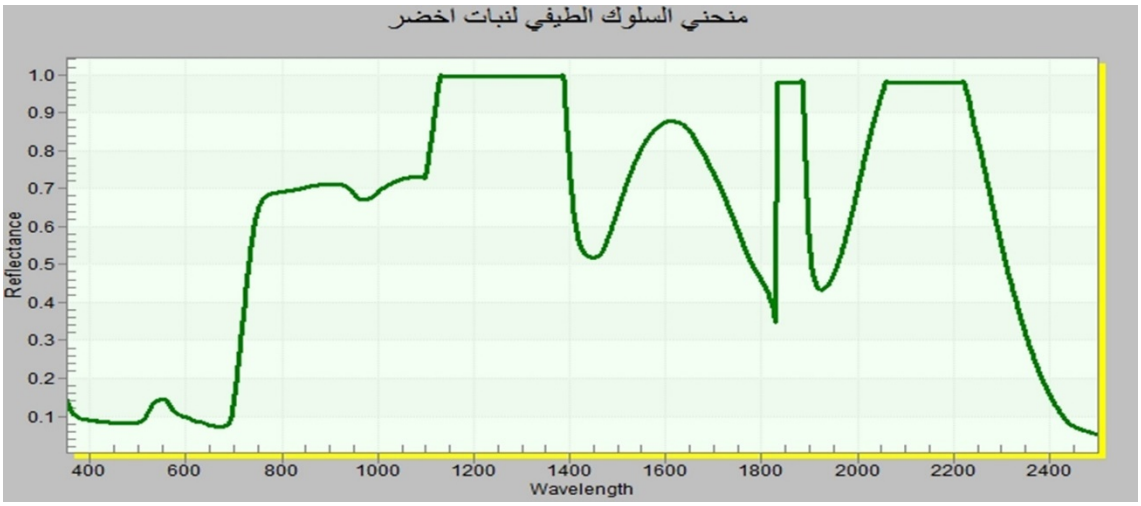
النتائج والمناقشــة

استخدم جهاز السبكتروراديوميتر نوع FieldSpec 3 لأخذ البصمات الطيفية لمجموعة من الاغطية الارضية. ومن اهم هذه الاغطية:

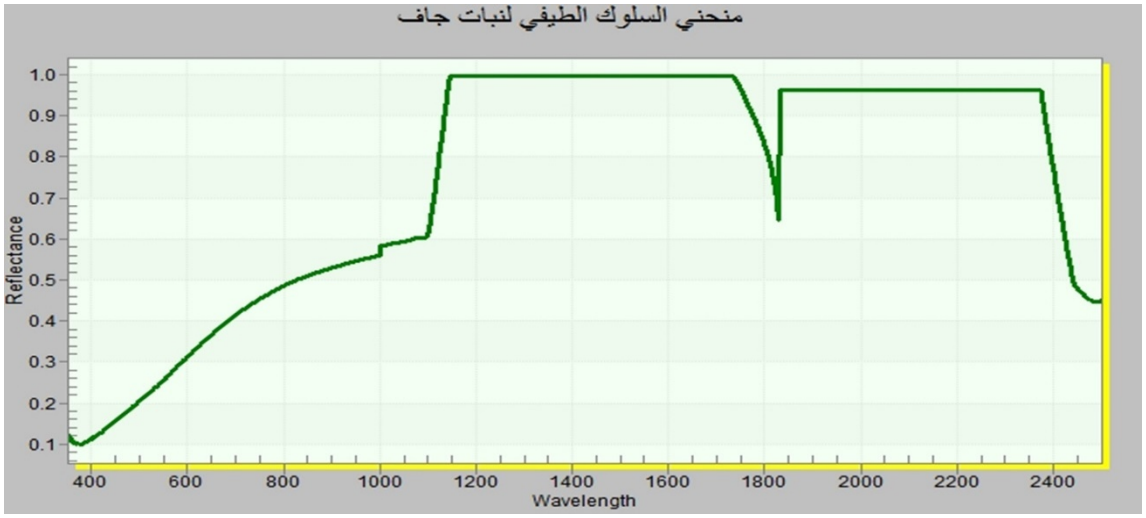
1.الغطاء النباتي

من الشكل (4) نلاحظ ان المنحنيات الانعكاسية الطيفية للغطاء النباتي تبدي دوماً وتقريباً شكل مرتفعات وانخفاضات Peak and Valley وتتوافق المنخفضات خصوصا في الجزء المرئي من الطيف المرئي مع اصبغه اوراق النبات لاحتوائها على مادة الكلوروفيل Chlorophyll والذي يمتص بشدة طاقة المجالات التي تتركز موجتها 450–530 نانوميتر والذي يمثل الحزمة الزرقاء من الطيف المرئي والمجال من 590–690 والذي يمثل الحزمة الحمراء من الطيف المرئي حيث يمتص النبات معظم هذين المجالين لاستخدمها بعملية البناء الضوئي اما الحزمة الخضراء والتي تكون طاقتها ما بين 530–590 نانوميتر والتي تنعكس من النبات مما يساعدنا على رؤية الغطاء النباتي باللون الاخضر. اذن فالأوراق النباتية تمتص بشدة الطاقة الزرقاء والحمراء وتعكس بشدة الطاقة الخضراء فإذا تعرض نبات ما لمرض ما يعوق نموه الطبيعي وإنتاجيته فإن ذلك قد يؤدي إلى خفض إنتاج الكلوروفيل أو وقفه وتكون النتيجة انخفاضاً في امتصاص الكلوروفيل في مجالات الأشعة الحمراء والزرقاء وغالباً ما تزداد انعكاسية المدى الأحمر بحيث تتحول معها رؤيتنا للنبات إلى اللون الأصفر وهو مزيج من الأخضر والأحمر وكما نلاحظ في المنحنى الانعكاسي للأعشاب الجافة في الشكل (4). فإذا انتقلنا من الجزء المرئي إلى الجزء تحت الأحمر القريب في حدود 700 نانوميتر فإننا نلاحظ ازدياد انعكاسية الغطاء النباتي ازدياداً كبيراً وفي المدى 700–1300 نانوميتر حيث تعكس ورقة النبات ما بين 40–50% من الطاقة التي الواردة اليها. ومعظم الطاقة الباقية تنفذ لأن الامتصاص في هذه المنطقة من الطيف يكون في حده الأدنى (أقل من 5%) وتتولد انعكاسية النبات في المدى 700– 1300 نانوميتر بصورة رئيسية عن البنية الداخلية لأوراق النبات. ونظراً لأن هذه البنية تتغير تغيراً كبيراً بين الأنواع النباتية فإن قياسات الانعكاسية في هذا المدى تسمح لنا في الغالب بتمييز الأنواع ولو بدت متشابهة في الموجات المرئية وبشكل مماثل فإن كثيرا من الأمراض او حتى موجات الجفاف التي تتعرض لها النباتات تغير الانعكاسية في هذه المنطقة، لذلك فإن الراديومترات والمستشعرات التي تعمل في هذا المدى غالباً ما تستخدم للكشف عن الأمراض التي تصيب النبات (Sabri، 2019). وتؤثر الطبقات المتعددة من أوراق الغطاء النباتي بشكل كبير على النفاذية والانعكاسية ولذلك فإن انعكاسية الأشعة تحت الحمراء القريبة تزداد كلما ازداد عدد طبقات الأوراق في الغطاء النباتي وتصل هذه الانعكاسية إلى حدها الأعظمي عندما يصبح عدد الطبقات ثماني طبقات تقريباً. أما في الموجات ذات الأطوال الاكثر من 1300 نانوميتر فإن الطاقة التي تسقط على النباتات يجري امتصاصها أو انعكاسها في حين أن نفاذيتها للطاقة تكون بين قليلة ومعدومة، ويحدث انخفاض في الانعكاسية عند الموجات ذات الأطوال بحدود 1500 و1900 نانوميتر لأن الماء في الورقة النباتية يمتص الطاقة بشدة في هذه الموجات لذلك تسمى هذه الموجات من الطيف مجالات امتصاص الماء بينما نلاحظ ذرى (مرتفعات) الانعكاسية في الموجات التي أطوالها نحو 1600 و2200 نانوميتر بين مجالات الامتصاص. كما يلاحظ أن انعكاسية الأوراق في المدى بعد 1300 نانوميتر تتناسب عكسياً تقريباً مع مجموع كميات الماء الموجودة في الورقة وهذا المجموع هو تابع إلى سماكة الورقة ومحتواها من الرطوبة شكل (4) يبين منحني الانعكاسية الطيفية المثالية لنبات اخضر واخر جاف من مكتبة المسج الجيولوجي الامريكي (USGS، 2018). في هذه الدراسة تم اخذ نوعين من البصمات للنبات وشملت بصمة طيفية لنبات اخضر وكما موضح

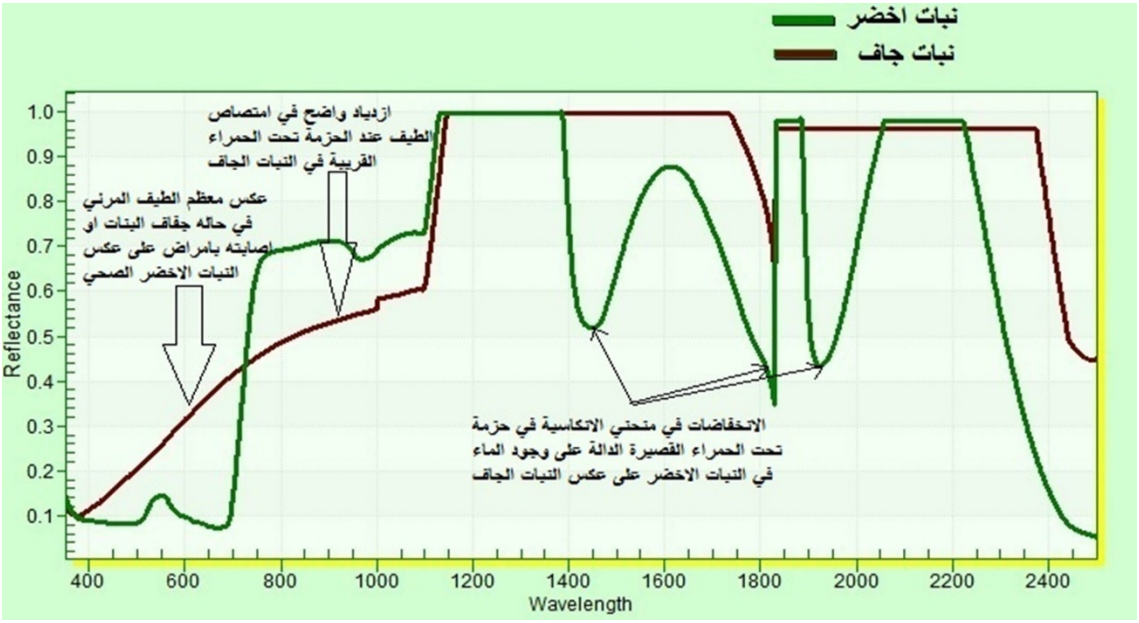
في الشكل (5) واخرى لبنات جاف كما موضح في الشكل (6). ان الشكل (5) يمثل الانعكاسية الطيفية لنبات اخضر ونلاحظ هنا ان الانعكاسية للنبات تكون منخفضة في حزمة الطيف المرئي وخصوصا في الحزمتين الزرقاء والحمراء بسبب استخدامهما في عملية البناء الضوئي من قبل مادة الكلوروفيل تزداد الانعكاسية في الحزمة الخضراء لتعطي النبات اللون الاخضر وتزداد الانعكاسية عند المدى الطيفي 700 نانوميتر لتصل الى مستوى عالي في حزمة الاشعة تحت الحمراء لتعكس صحة النبات وكفاءة عملية البناء الضوئي. ثم تكون هناك انخفاضات متعددة في حزمة الاشعة تحت الحمراء المتوسطة والطويلة بسبب وجود نسبة من المياه في اوراق النبات إذا تظهر هنالك بعض الانخفاضات في منحني الانعكاسية وخصوصا عند المدى الطيفي الذي بحدود 1500 و1900 نانوميتر. بينما يمثل الشكل (6) منحني الانعكاسية الطيفية للنبات الجاف والمعروف ان منحني الانعكاسية للنبات الصحي غير الجاف يكون اقل انعكاسية في الطيف المرئي وخصوصا في الحزمتين الزرقاء والحمراء بسبب امتصاصهما من قبل مادة الكلوروفيل في اوراق النبات لأجراء عملية البناء الضوئي.



شكل (5) منحني السلوك الطيفي لنبات اخضر.



شكل (6) المنحني الطيفي لنبات جاف.



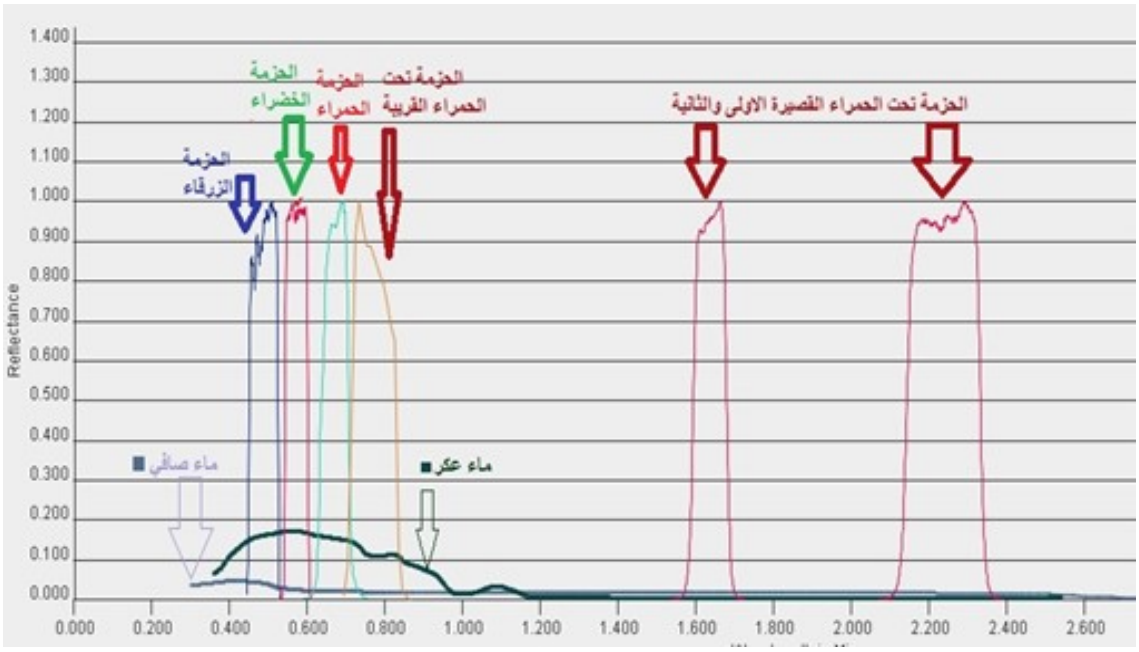
شكل (7) مقارنة في منحني الانعكاسية الطيفية لنبات اخضر واخر جاف.

وبما ان النبات جاف فهو لا يحتوي على مادة الكلوروفيل فلذلك لا يمتص هاتين الحزمتين وبالتالي تزداد الانعكاسية فيهما وكما نلاحظ من الشكل اعلاه بينما تقل انعكاسية النبات في حزمة الاشعة تحت الحمراء القريبة بشكل ملحوظ لتدل على قلة كفاءة النبات او اصابته او جفافه لنلاحظ تناقص في بعض الانخفاضات الدالة على وجود الماء في النبات وخصوصا في الحمراء القصيرة مما يسبب انعكاس معظم هذه الحزمة بسبب قلة المياه الموجود النبات. الشكل (7) يدل على ان هناك دقة عالية لجهاز السبكتروراديوميتر في تميز البصمة الطيفية للنباتات الخضراء او الجافة.

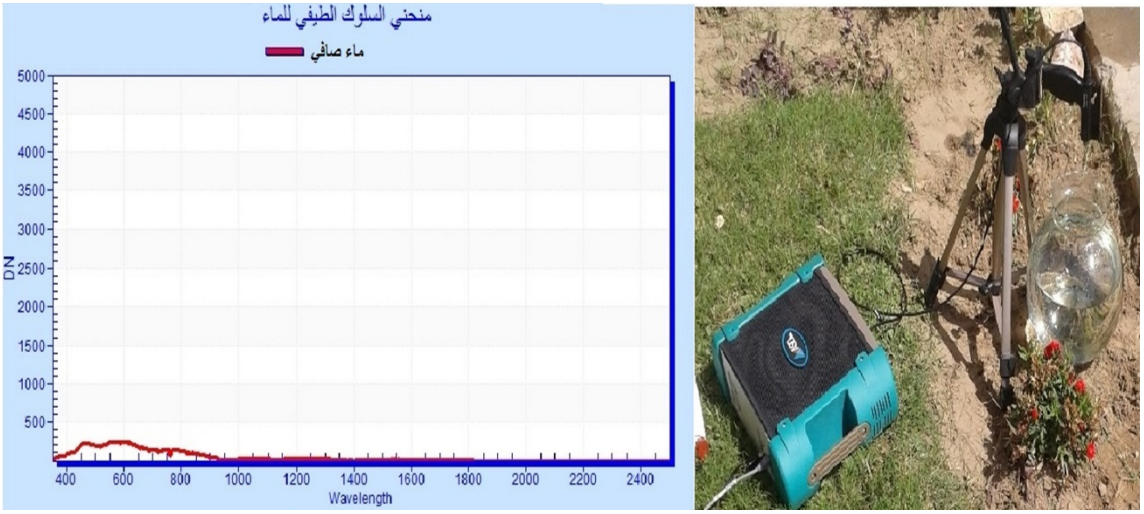
2. المياه

إن أكثر الخصائص أثراً في الانعكاسية الطيفية للماء هو امتصاص الطاقة في الموجات تحت الحمراء القريبة والقصيرة. وباختصار يمتص الماء الطاقة في هذه الموجات سواء أكان الماء حراً (مثل البحيرات أو جداول الماء) أو كان مرتبطاً داخل النباتات أو في التربة لذا يتم تحديد مواقع المسطحات المائية بمعطيات الاستشعار عن بعد بسهولة أكبر بالموجات تحت الحمراء القريبة بسبب خاصية امتصاصها لهذه الموجات ومع ذلك فإننا لا نجد صعوبة في تمييز الظروف المختلفة للمسطحات المائية في الموجات المرئية والواقع أن تفاعل الطاقة مع الماء في هذه الموجات معقد جداُ يعتمد على عدد من العوامل يرتبط بعضها ببعض فالانعكاس من كتلة مائية مثلاً يمكن أن ينشأ من التفاعل مع سطح الماء (انعكاس أملس) أو ينشأ من المواد العالقة في الماء وهو السبب الاكثر فاعلية في التمييز أو التفاعل مع قعر الكتلة المائية لذا فخصائص الانعكاسية لكتلة مائية حتى في المياه العميقة يمكن أن يكون تأثير القعر فيه مهملاً وليس مرتبطاً بالماء الحر فقط وإنما بالمواد العالقة في الماء ايضا (عبدالرحمن جلال، 2011). فالماء الصافي يمتص كمية قليلة نسبياً من الطاقة ذات الموجات التي يقل طولها عن نحو 600 نانوميتر وتتميز هذه الموجات بانعكاسية عالية يصل حدها الأقصى في الجزء الأزرق– الأخضر من الطيف إلا أن اعتكار الماء (بسبب وجود مواد عضوية أو غير عضوية) يغير النفاذية إلى حد بعيد، وبالتالي الانعكاسية. فالمياه التي تحتوي على كميات كبيرة من المواد العالقة المتولدة مثلا عن انجراف التربة تتمتع عادة بانعكاسية في مجال

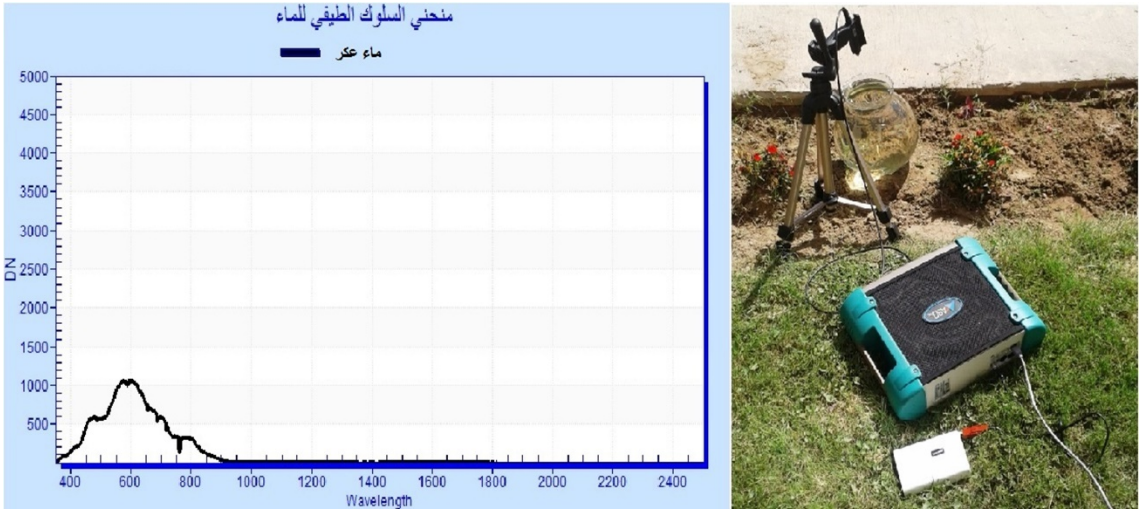
الطيف المرئي أعلى بكثير من انعكاسية المياه الأخرى الصافية الموجودة في المنطقة الجغرافية نفسها. وكذلك تتغير انعكاسية المياه حسب تركيز الكلوروفيل الموجود فيه فازدياد تركيز الكلوروفيل يقلل من انعكاسية المياه في الموجات الزرق ويزيدها في الموجات الخضراء. لذلك استخدمت معطيات الانعكاسية في العديد من الدراسات لتحديد وجود أو فقدان الصبغات العضوية في غطاء نباتي مستنقعي في المناطق المنخفضة واستخدمت أيضا للتحري بعض الملوثات مثل النفط وبعض النفايات الصناعية. وهناك الكثير من خصائص الماء الهامة مثل تركيز الأكسجين المنحل فيه ودرجة الأس الهيدروجيني وتركيز أملاحه وهي خصائص لا يمكن ملاحظتها مباشرة من خلال تغير انعكاسية الماء ومع ذلك فإن مثل هذه المتغيرات لها علاقة أحياناً بالانعكاسية (بشكل غير مباشر) وباختصار هناك علاقات متبادلة كثيرة ومعقدة بين الانعكاسية الطيفية للماء وبعض مزاياه الخاصة لذلك يجب استخدام معطيات مرجعية مناسبة لتفسير قياسات انعكاسية الماء بشكل صحيح وكما موضح في الشكل (8) الذي يبين منحني الانعكاسية الطيفية المثالية لمياه صافية واخرى عكرة. في هذه الدراسة تم اخذ نوعين من البصمات الطيفية للمياه وشملت بصمة طيفية للمياه الصافية وكما موضح في الشكل (9) وبصمة طيفية اخرى لمياه عكره كما موضح في الشكل (10). بينما الشكل (11) يبين مقارنة بين البصمة الطيفية للماء الصافي والعكر على نفس المنحني الطيفي. من الشكل (9) نلاحظ ان هناك انعكاسية قليلة جدا في الحزمة المرئية لتنخفض بعدها في الحزمة تحت الحمراء القريبة لتصل الى الصفر مما يدل على نفاذية كافة الموجات عكس المياه العكرة إذا تزداد الانعكاسية في كلا من الطيف المرئي وتحت الحمراء القريبة كما في الشكل (10). اما في الشكل (11) فيوضح تأثير العوالق او عكوره المياه على زيادة الانعكاسية لكل من الحزمة المرئية او الحزمة تحت الحمراء القريبة. ويكون تميزها واضحا عند الحزمة الزرقاء–الخضراء (475–625) نانوميتر لتصل الى اعلى حد من الانعكاسية.



شكل (8) منحنيات الانعكاسية المثالية للمياه العكرة والصافية.



شكل (9) سلوك المنحنى الطيفي للماء صافي.



شكل (10) سلوك المنحنى الطيفي للماء عكر.

شكل (11) مقارنة في منحني الانعكاسية الطيفية لماء صافي وماء عكر.

3. التربة

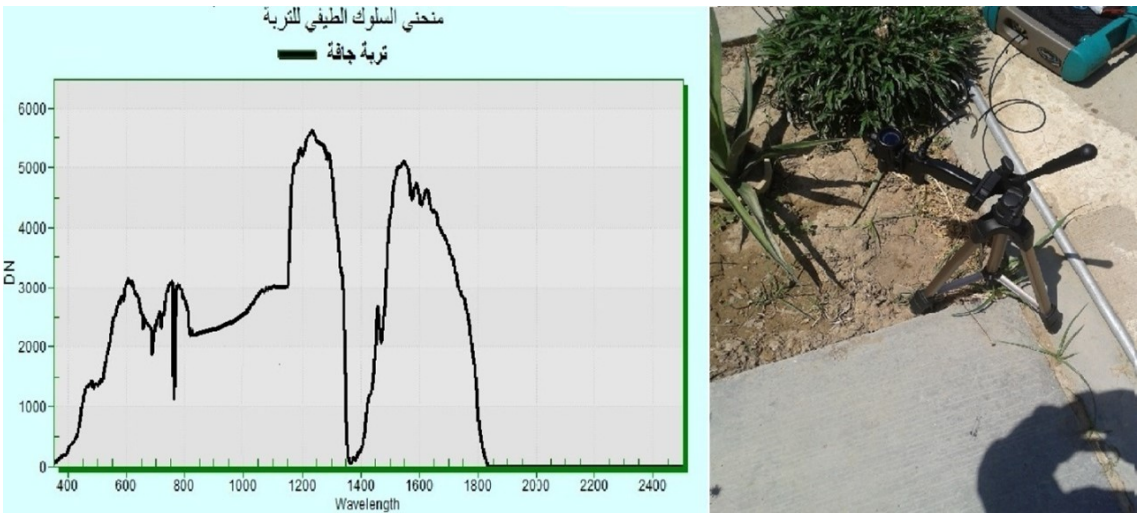
يتأثر سلوك المنحني الانعكاسي الطيفي للتربة بالعديد من العوامل المؤثرة والتي من اهمها:

1. الرطوبة والمحتوى المائي للتربة.
2. التركيب الميكانيكي (نسبة ما فيها من الرمل والسلت والطين)
3. خشونة السطح ووجود أكسيد الحديد
4. محتوى التربة من المادة العضوية

تتعقد هذه العوامل وتختلف وتتداخل بعضها ببعض فوجود الرطوبة في التربة مثلاً يقلل من انعكاسيتها وكما هو الحال في الغطاء النباتي (امام، 2011) يكون هذا التأثير عظيما في مجالات امتصاص الماء في نحو 1400 و1900 نانوميتر والمعروف أن رطوبة التربة مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالتركيب الميكانيكي، فالترب الرملية الخشنة تكون شديدة الارتشاح ويؤدي هذا إلى انخفاض محتواها من الرطوبة وهي لذلك تتمتع بانعكاسية عالية نسبياً أما الترب الثقيلة ضعيفة الارتشاح فتكون انعكاسيتها منخفضة ومع ذلك تبدي التربة نفسها عند اختفاء الماء عكس ذلك أي تبدو الترب الخفيفة أشد قتوماً من الترب الثقيلة. لذلك فإن خصائص انعكاسية التربة تكون ثابتة فقط في بعض الظروف الخاصة. إن وجود أكسيد الحديد يقلل كثيراً من انعكاسية التربة في الموجات المرئية على الأقل وعلى كل حال على محلل البصمات الطيفية للتربة أن يكون ملماً بالخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة. في هذه الدراسة اخذ نوعين من البصمات الطيفية لتربة متماثلة في جميع صفاتها الفيزيائية والكيمياوية ما عدا اختلافها في المحتوى المائي حيث مثلت البصمة الاولى تربة جافة شكل (12) والثانية التربة الرطبة شكل (13). بينما مثل الشكل (14) مقارنة بين السلوك الطيفي لكل من التربة الجافة والرطبة. من الاشكال السابقة نلاحظ تأثير المحتوى المائي للتربة على اختلاف السلوك الطيفي حيث انخفض مستوى انعكاس الموجات ضمن الحزمة المرئية مع الحفاظ على نفس شكل البصمة بينما كان تأثير الماء واضحا على السلوك الطيفي ضمن الحزمة تحت الحمراء القريبة وتحت الحمراء القصيرة حيث كانت النفاذية او التفاعل عالي جدا ضمن هذين الحزمتين. ونلاحظ كذلك ان الانخفاض عند المدى الطيف 1400 نانوميتر الدال على المحتوى المائي لهذه التربة في كلا البصمتين.

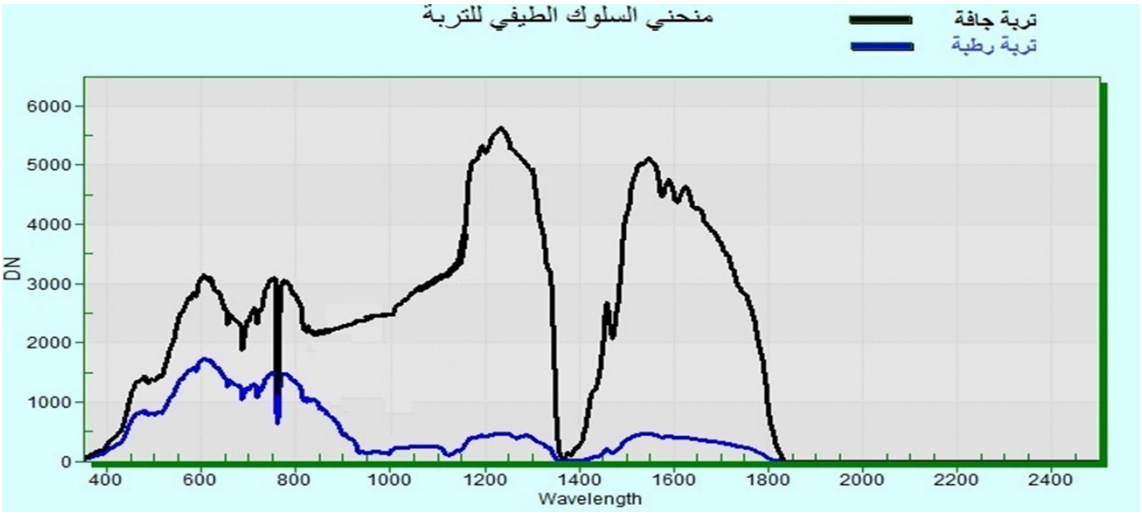
4. الكونكريت والاسفلت

يعتمد المنحني الانعكاسي الطيفي للأجسام الصلبة كالكونكريت والاسفلت على عاملين اساسين وهما الشكل الهندسي للجسم والمحتوى المائي.



شكل (12) سلوك المنحنى الطيفي للتربة الجافة.

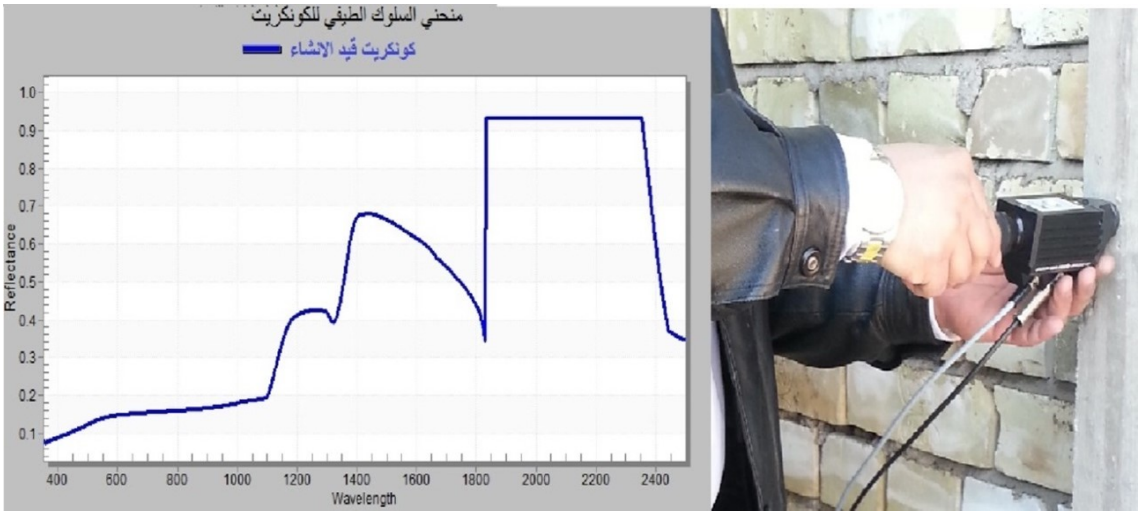
شكل (13) سلوك المنحنى الطيفي للتربة الرطبة.



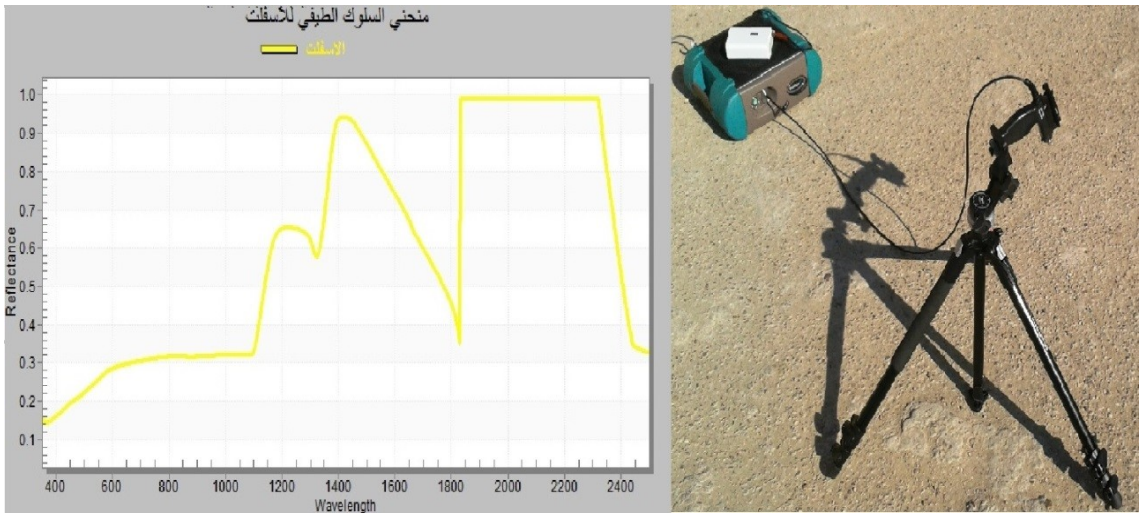
شكل (14) مقارنة في منحني الانعكاسية الطيفية لتربة جافة وتربة رطبة.

والمقصود بالشكل الهندسي للجسم بالدرجة الأولى خشونة سطح الجسم فالعواكس الملساء او الاجسام التي تمتلك سطوح ملساء هي سطوح مستوية كالمرآة تتساوى فيها زاويتا الورود والانعكاس للأشعة على عكس السطوح الخشنة التي تعكس وتشتت معظم الأشعة في جميع الاتجاهات ومعظم السطوح الأرضية ليست سطوح ملساء بشكل مطلق كما أنها ليست سطوحاً خشنة وإنما هي سطوح متوسطة بين هذين الحدين الأعظمين مما يتيح لنا درجة كبيرة من القدرة على التميز الطيفي بين مختلف انواع هذه السطوح. اما المحتوى المائي فيعتبر من اهم العوامل التميزية للخصائص الطيفية وذلك من خلال تأثيره على كمية الاشعة المنعكسة والنافذة خلال الاجسام المختلفة (Farooq، 2020) في هذه الدراسة قيست البصمات الطيفية لنموذجين من الكونكريت حيث مثلت البصمة الاولى كونكريت قديم الانشاء كما في الشكل (15) بينما مثلت البصمة الثانية لكونكريت قيد الانشاء كما في الشكل (16). فضلا عن ذلك قيست بصمة طيفية للإسفلت كما في الشكل (17) وتم المقارنة بين هذه البصمات الثلاث بمنحني انعكاسي طيفي واحد كما موضح في الشكل (16).

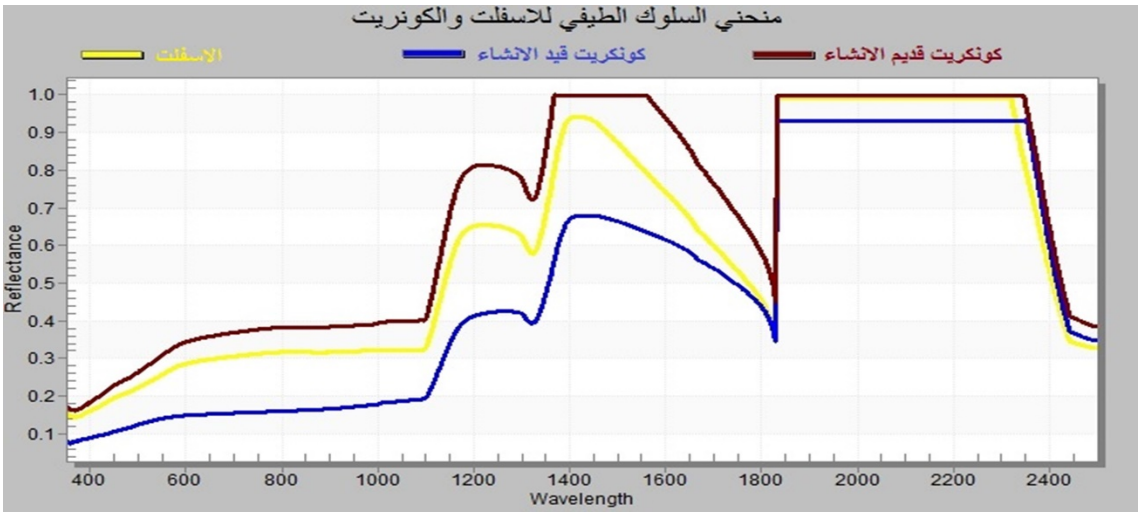
شكل (15) سلوك المنحنى الطيفي للكونكريت قديم الانشاء.



شكل (16) سلوك المنحنى الطيفي للكونكريت قيد الانشاء.



شكل (17) سلوك المنحنى الطيفي للأسفلت.



شكل (18) مقارنة في منحني الانعكاسية الطيفية للكونكريت والاسفلت.

من المعروف ان الانعكاسية الطيفية لكلا من الكونكريت والاسفلت تأخذ بالزيادة مع ازدياد الطول الموجي للأشعة الساقطة اي تتدرج بالازدياد من الطيف المرئي باتجاه الاشعة تحت الحمراء القصيرة وكما نلاحظ تأثير خشونة السطح والمحتوى المائي على مستوى الانعكاسية لكل من النماذج الثلاث حيث كان تأثير خشونة السطح واضحا في بصمة الكونكريت قيد الانشاء مما ساعد على تشتت الاشعة وانخفاض مستوى الانعكاسية اقل من البصمة الطيفية للكونكريت قديم الانشاء والاسفلت لهذه البصمة مضافا لها ارتفاع محتواها من الماء، كان العامل الثاني له الاثر في انخفاض مستوى الانعكاس لهذ البصمة حيث ساعدت على امتصاص او نفاذيـة كميـة اكبر من الاشعة و يبين الشكل (18) ان للإسفلت بصمة مشابه للكونكريت بكلا نوعيـه مما يدل على صعوبـة الفصل بين الكـونكـريت والاسفلـت.

الاستنتاجات

1. إن نسب الطاقة المنعكسة والممتصة والنافذة تختلف باختلاف معالم سطح الأرض وتعتمد على طبيعة مادتها وحالتها وهذه الاختلافات تعطي القدرة على تمييز المعالم المختلفة.

2. من خلال مناقشة خصائص الانعكاسية الطيفية في كل من الغطاء النباتي والتربة والماء والكونكريت والاسفلت يجب أن ندرك إن هذه الأنماط الواسعة من المعالم الارضية يمكن التمييز بينها عامة من خلال خصائصها الطيفية إلا أن درجة التمييز بين هذه الأنماط لها علاقة بأطوال موجات الطيف المستخدمة فالماء والغطاء النباتي مثلاً يتساويان تقريباً في الانعكاسية ضمن الموجات المرئية إلا أن هذين المعلمين يسهل التمييز بينهما دائماً في الموجات تحت الحمراء القريبة.

3. أوضحت الدراسة أن كثيراً من معالم سطح الأرض التي هي قيد البحث في هذه الدراسة يمكن تمييزها ودراستها بالاعتماد على خصائصها الطيفية كما هو الحال في تميز كلا من النبات والماء والتربة. كما أوضحت أيضاً أن بعض المعالم التي هي قيد البحث لا يمكن فصلها طيفياً كما هو الحال للتمييز بين الكونكريت والاسفلت وهكذا فإن استخدام منحنيات السلوك الطيفي لجهاز السبكتروراديوميتر يتطلب معرفة وفهم الخصائص الطيفية للمعالم التي هي قيد البحث ولابد إضافة إلى ذلك من معرفة العوامل التي تؤثر في هذه الخصائص.

المصـادر

امام، ابراهيم. (2011)، الاستشعار عن بعد وتطبيقاته، ورشة عمل، الاكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري، جامعة الدول العربية، القاهرة، مصر، 5-2011/7/7.

عبد الرحمن جلال. (2011)، ورشة عمل الاستشعار عن بعد وتطبيقاته بالتعاون مع الأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري – جامعة الدول العربية.

عبد الرحيم، لولو وأحمد، عمر يوسف. (2012)، الاستشعار عن بعد، كتاب، دمشق، سوريا، https://www.marefa.org.

مفيد، مفيد (2019). جهاز الراديوميتر وانواعه، https://emufeed.com/ar/article.

Farooq, S. (2020). Spectral Reflectance of Land Covers, Geol-amu.org. http://www.geol-amu.org/notes/

Khalaf, A. G. (2019). Geospatial Modelling of Drought in Middle Euphrates Region of Iraq Based on Remote Sensing and GIS Techniques, PhD Thesis, Civil Engineering Department, University of Technology, Iraq.

Rajendran S.; Aravindan S.; Rajakumar T. J.; Sivakumar R. and Mohan K.R.M. (2009). Hyperspectral Remote Sensing and Spectral Signature Applications, New India Publishing Agency, New Delhi, India.

Sabri, S. (2019). Civil and Architectural Technology Department Forum, Tabuk College of Technology.

Shepherd, K. D., and M. G. Walsh. (2002). Development of Reflectance Spectral Libraries for Characterization of Soil Properties. Soil Sci. Soc. Am. J., 66, 988-998.

Technical Guide 4th Ed, (2007). Analytical Spectral Devices, Inc., Boulder.

USGS, (2018). United State Geological Survey,https://www.usgs.gov/labs/spectroscopy-lab/science/spectral-library.