

التحليل الطيفي لنماذج الترب في مواقع التلوث البيئي في محافظة نينوى باستخدام تقنيات التحسس النائي

فائزة حميدي جاسم
قسم علوم الأرض
كلية العلوم/ جامعة الموصل

حكمت صبحي الداغستاني
مركز التحسس النائي
جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2019/10/19 ، تاريخ القبول 2020/5/2)

الملخص

تشير نتائج تحليل وتفسير المرئيات الفضائية المتعاقبة زمنيا للفترة مابين (1987-2007) في محافظة نينوى إلى وجود شذوذ طيفي محلي في بعض المناطق مما يعكس تغيرا واضحا في نمط الانعكاسية الطيفية فيها. تمت دراسة خصائص الانعكاسية الطيفية باستخدام جهاز التحليل الطيفي (ASD)، لنماذج مختارة من الترب المأخوذة حقليا من بعض المواقع في المحافظة، والتي أعطت شذوذا طيفيا في نمط منحنياتها الطيفية مقارنة مع مواقع أخرى غير متأثرة، والتي ساعدت في معرفة وتحديد مناطق التلوث وتصنيفها. تم تصنيف مناطق الشذوذ الطيفي أعلاه بالاعتماد على المقارنة الطيفية لهذه النماذج مع المعلومات الحقلية، إذ تم تحديدها على خارطة جيوبئية أعدت لهذا الغرض بمقياس 1/50000. شملت هذه الخارطة الغرضية توزيع الأصناف البيئية بالاعتماد على مصادر تلوثها ومنها مناطق التلوث الإشعاعي والبيئي والصناعي وأخرى ذات نشاط عسكري.

الكلمات الدالة: مرئيات فضائية، محافظة نينوى، الانعكاسية الطيفية، خارطة جيوبئية، تلوث.

Spectral analysis of soil samples in environmental pollution sites in Nineveh province, using remote sensing techniques

Hekmat S. AL-Daghastani

Remote Sensing Center

Mosul University

Fa'aza H. Jasim

Department of Geology

College of Science/ Mosul University

ABSTRACT

The results of the analysis and interpretation of multi-date satellite images for the period between (1987-2007) in the Nineveh's province to the presence of local spectral anomalies in some areas, reflect a clear change in the pattern of spectral using reflectivity. Analyses of spectral reflectivity using Analytical Spectral Devise (ASD) field Spectro Radiometer for selected samples of soils that have been taken by field work

from some sites in the province. They gave spectral anomaly in their profile patterns, compared with other unaffected sites, which have been useful in determining and locating the pollution sites and its classification.

Classification of the above pollution sites has been accomplished depending on the comparison of spectral signature of these samples with the field informations. These classes are shown on Geoenvironmental thematic map prepared at scale of 1:50000. This map includes areas of radioactive contamination and environmental, industrial and other of military activity.

Keywords: satellite images, Nineveh's province, spectral reflectivity, Geoenvironmental thematic map, contamination.

المقدمة

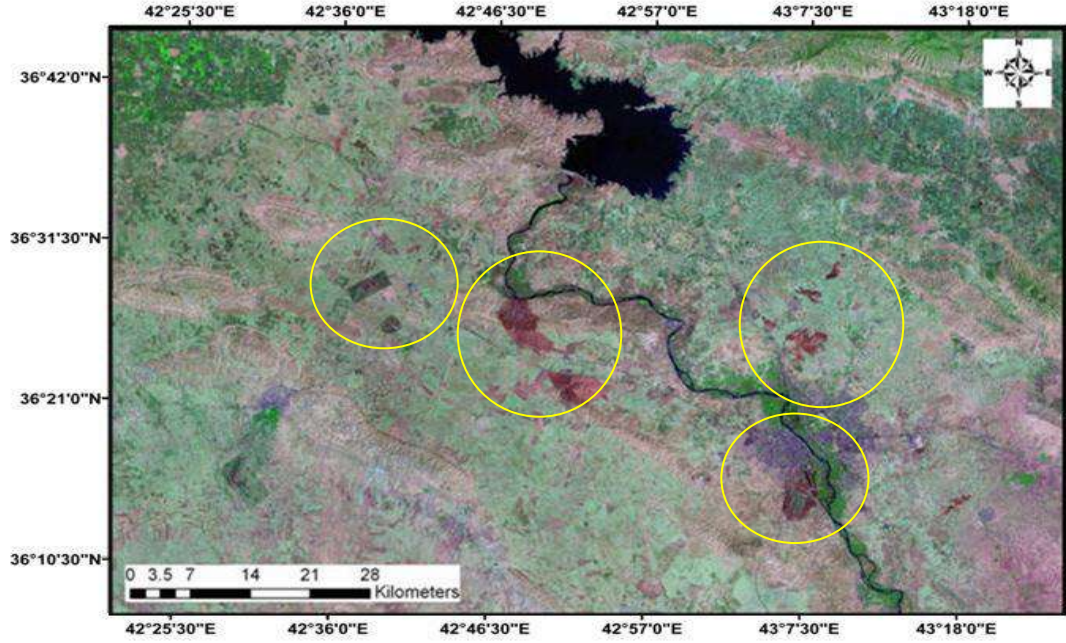
تسلط تقنيات التحسس النائي الحديثة الضوء على كثير من القضايا البيئية التي تؤثر بصورة مباشرة في حياة الإنسان على سطح الأرض من خلال إحداث الضرر المباشر أو غير المباشر بالبيئة المحيطة بها (Sabins, 1999). تساهم هذه التقنيات الحديثة في استغلال الوقت وتوفير الجهد في إيجاد حدود ومواقع المشكلة وإدراج الطول المناسبة لها بما يتناسب مع التأثيرات الناجمة عنها، ومن هذه التقنيات المتوفرة في مركز التحسس النائي بجامعة الموصل جهاز التحليل الطيفي، (ASD) والذي يعمل على تحليل البصمة الطيفية لنماذج الترب والنبات والصخور حقلياً ومختبرياً. تساهم نتائج التحليلات هذه في مقارنة المنحنيات الناتجة للترب الملوثة مع أخرى سليمة تعطي منحنيً مثالياً لنوعها، ومن ثم دراسة سبب تغير شكل المنحنى وانعكاساته على المرئيات الفضائية الملتقطة بفترات زمنية متباينة.

أظهرت سلسلة المرئيات الفضائية الملتقطة بواسطة القمر الاصطناعي لاندسات جدول رقم (1) شذوذاً طيفياً في مناطق واقعة ضمن محافظة نينوى، وعند مقارنتها مع مرئيات أخرى لسنتين سابقة لوحظ انعدام هذا الشذوذ (الداغستاني وآخرون، 2004). تم تفسير هذه المرئيات تفسيراً بصرياً ورقمياً بالإضافة إلى جلب نماذج حقلية من هذه المواقع لتحديد نوع وسبب هذا الشذوذ الطيفي.

تهدف الدراسة الحالية إلى استخدام الوسائل الحديثة والمتطورة لتقنيات التحسس النائي كهجهاز التحليل الطيفي والبرامجيات الحديثة المرافقة لها في الكشف عن مناطق التلوث البيئي في محافظة نينوى وتثبيتها على خارطة جيوبئية غرضية حديثة، إلى جانب تقديم المعالجات والطول المناسبة للحد من مخاطر هذا التلوث.

الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في محافظة نينوى (شمال غربي العراق) والتي تتألف من عدة مواقع متأثرة بظاهرة الشذوذ الطيفي بين خطي طول (18° 43') (36° 42') شرقاً ودائرتي عرض (21° 36') (42° 36') شمالاً كما موضح في جزء من المرئية المستقطعة من البيان الفضائي الملتقط من القمر الاصطناعي لاندسات (الشكل 1).



الشكل 1: يوضح منطقة الدراسة ومناطق الشذوذ الطيفي فيها والمتمثلة باللون القهوائي لمرئية ملتقطة عام 2001.

أسلوب العمل

- (1) اقتصاص منطقة الدراسة من المرئيات الفضائية التي تحتوي الشذوذ الطيفي وذلك باستخدام برنامج ايرداس ERDAS v. 9.1 وإجراء عمليات التحسين عليها (الجدول 1).
- (2) تفسير المرئيات بصريا باستخدام عناصر تفسير معطيات التحسس النائي الأساسية، حيث تستخدم هذه العناصر في معرفة وتحديد الظواهر الأرضية وتساعد المفسر على فصل وتصنيف الوحدات الجيوبئية عن بعضها البعض.
- (3) تحليل نماذج الترب الحقلية طيفيا باستخدام جهاز التحليل الطيفي (ASD) وعرض النتائج بشكل منحنيات طيفية ومن ثم المقارنة بينها.

الجدول 1: يوضح تفاصيل المرئيات المستخدمة في الدراسة.

نوع المتحسس	الصف/المسار	الحزم الطيفية المستخدمة	تاريخ المرئية
TM	170/35	7,4,2	1987
TM	170/35	5,4,3	1988
TM	170/35	7,4,1	2001
TM	170/35	5,4,3	2004
ETM	170/35	3,2,1	2007

أسلوب تفسير وتحليل معطيات التحسس النائي

أولاً: التفسير البصري

يعد التفسير البصري احد اهم أصول استخدام تقنيات التحسس النائي و الأساس في عملية التفسير اليدوي للصور الجوية والمرئيات الفضائية، ويعتمد على مبدأ تحليل وتفسير أشكال سطح الأرض باستخدام عناصر التفسير (الشكل، الحجم، الدكامة، النمط، الموقع، الظلال، النسيج،.....الخ)، وتكوين خرائط متعددة الأغراض بما يتناسب مع حاجة المستفيد (Lillesand and Kiefer, 2004).

يتم الفصل بين الوحدات الجيومورفولوجية بواسطة رموز معتمدة عالمياً ومتوفرة في نظام المسح الجيومورفولوجي الخاص بالمعهد الدولي لمسوحات الفضاء وعلوم الأرض (ITC). وهي رموز تسهل فهم الخارطة وتحويل المرئية من مرئية فضائية ذات صفة معينة غير مفسرة إلى خارطة غرضية مفسرة تحمل رموزاً وأشكالاً وحدود وحدات أرضية مصنفة حسب المنشأ التكويني لها (Verstappen and Van Zuidam, 1975).

تشكل المظاهر الأرضية لعناصر أشكال سطح الأرض والتي تظهر على معطيات التحسس النائي عاملاً أساسياً في استخدام المنهج المورفولوجي في وصف أشكال سطح الأرض وتحليلها وتصنيفها تمهيداً لتمثيلها على خرائط غرضية. هذه الخرائط هي عبارة عن تمثيل لمظاهر أشكال سطح الأرض من خلال توضيحها لعدة عناصر كالشكل الخاص بهذا السطح (المورفومتري) وطبيعة مكونات المواد فيه (البنية الجيولوجية) وتأثير العامل الجيومورفولوجي السائد في المنطقة والتربة والحياة النباتية (الفلورا) فضلاً عن معرفة نشأتها وتطورها الجيومورفولوجي (الداغستاني، 2004).

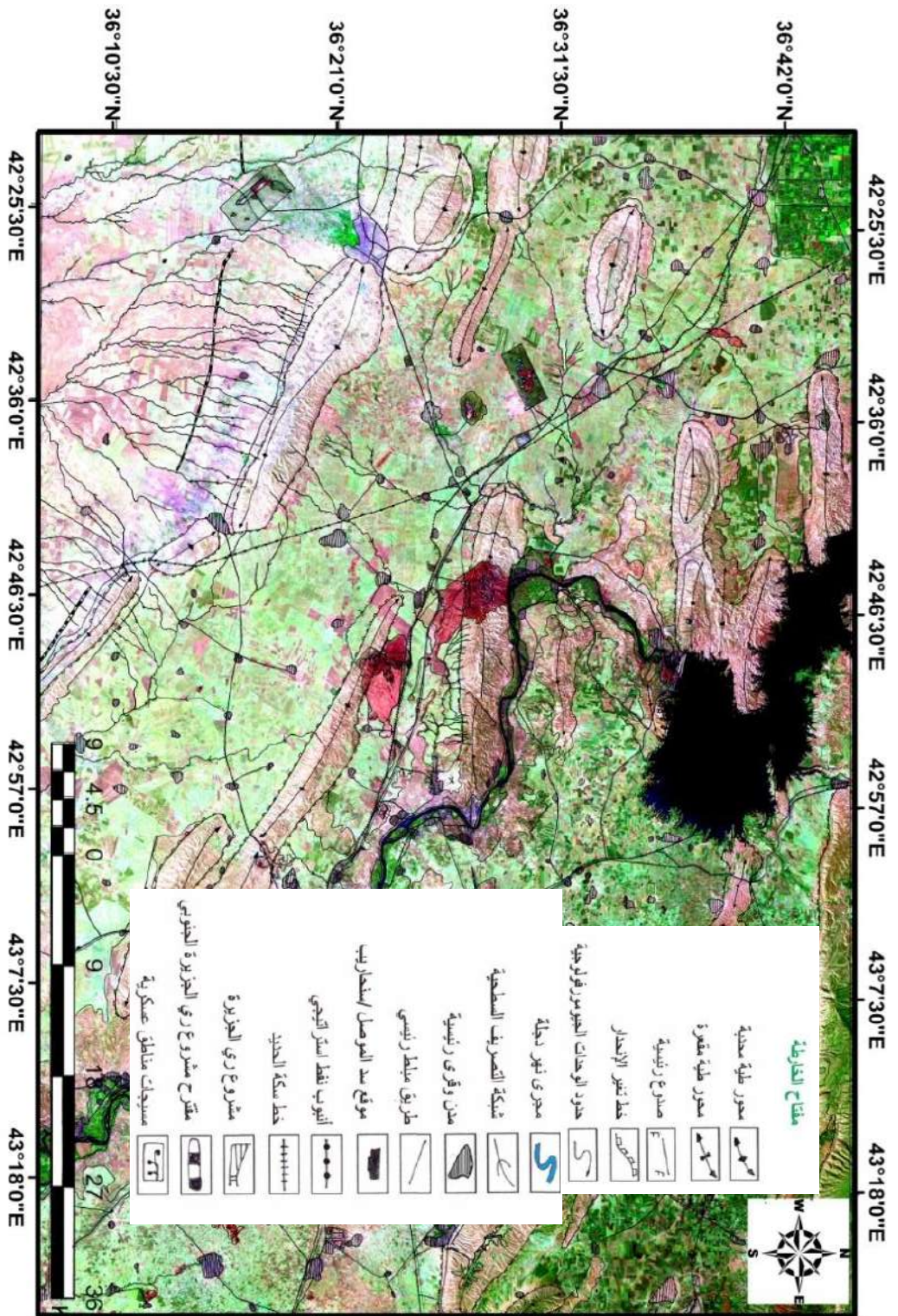
يوضح الشكل (2) التفسير البصري للمرئية من خلال إبراز المعالم المكونة لسطح الأرض في المنطقة واستخدامات الأراضي فيها، إذ يمكن ملاحظة بحيرة سد الموصل والمناطق الجبلية المنتشرة، وكذلك مركز مدينة الموصل. إما المناطق الملوثة فأنها ذات شكل وانعكاسية مميزة على سبيل المثال موقع مخازن العتاد الواقعة ضمن تركيب علان، وموقع الريحانية (أحد مواقع تخصيب اليورانيوم التابع للصناعات العسكرية) في تركيب عطشان والمناطق العسكرية كمشروع 1101 ومطاري الموصل وتلعفر غربي محافظة نينوى، الى جانب مناطق اخرى لها نفس الشذوذ الطيفي ولكن لا تعكس مناطق ذات استخدامات عسكرية كما هي مصنفة في الخارطة البيئية النهائية (الشكل 8).

ثانياً: التحليل الرقمي

تم استخدام برنامج ايرداس (ERDAS) في اجراء عمليات المعالجة الرقمية على المرئيات المستقطعة التي تحوي منطقة الدراسة، وهو يعد احد اهم البرامج الرائدة والمستخدمه عالمياً في مجال تفسير وتحليل معطيات التحسس النائي. يدمج برنامج ERDAS Imagine v. 9.1 بين معالجة المرئيات الفضائية ونظم المعلومات الجغرافية، وتتضمن وظائف هذا النظام استيراد وتصدير ومعاينة وتعديل وتحليل البيانات الخوية او المساحية (Raster data) والبيانات الموجهة (Vector data).

إن المرئيات الفضائية هي تمثيل رقمي لعناصر سطح الأرض، إذ تخزن بيانات المرئية على شكل وحدات صورية (pixel)، وشدة كل وحدة صورية منها توافق متوسط المعان او الإشعاعية المقاسة الكترونياً فوق مساحة الأرض الممثلة لكل وحدة صورية. وتتألف هذه البيانات من أرقام (DN) تحمل معدل كثافة الانعكاسية المقاسة لكل وحدة صورية حقلية، وعند عرضها على شاشة الحاسوب تظهر كمرئية. ان كل رقم في ملف المرئية هو قيمة

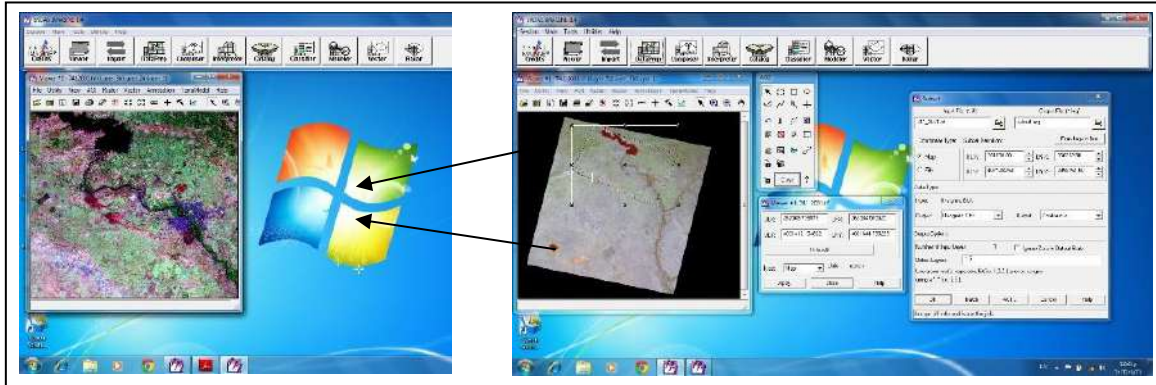
ملف البيانات، فعند تطبيق عمليات المعالجة والتحسين على المرئية يتم التعامل مع القيم الرقمية لعنصر الصورة (Sabins, 1987).



الشكل 2: خريطة التفسير الجوي لمنطقة الراسنة.

تطبيق البرنامج على المرئية:

- 1- إحصار وعرض المرئية: يوجد في واجهة البرنامج (الشكل 3) نافذة عرض (Viewer)، تتيح هذه النافذة للمستخدم عرض المرئية المخزونة بامتداد img، إذ تحوي هذه النافذة على العديد من القوائم والأوامر التي تستخدم لعملية فتح وحفظ وإجراء عمليات التحسين والتصنيف العديدة على المرئية.
- 2- اقتصاص منطقة الدراسة: لكي يكون من السهل استخدام عمليات المعالجة والتحسين على المرئية يفضل اقتصاص منطقة الدراسة من المرئية الأصلية، إذ يوضح الشكل (3) عملية عرض واقتصاص وتحسين منطقة الدراسة.



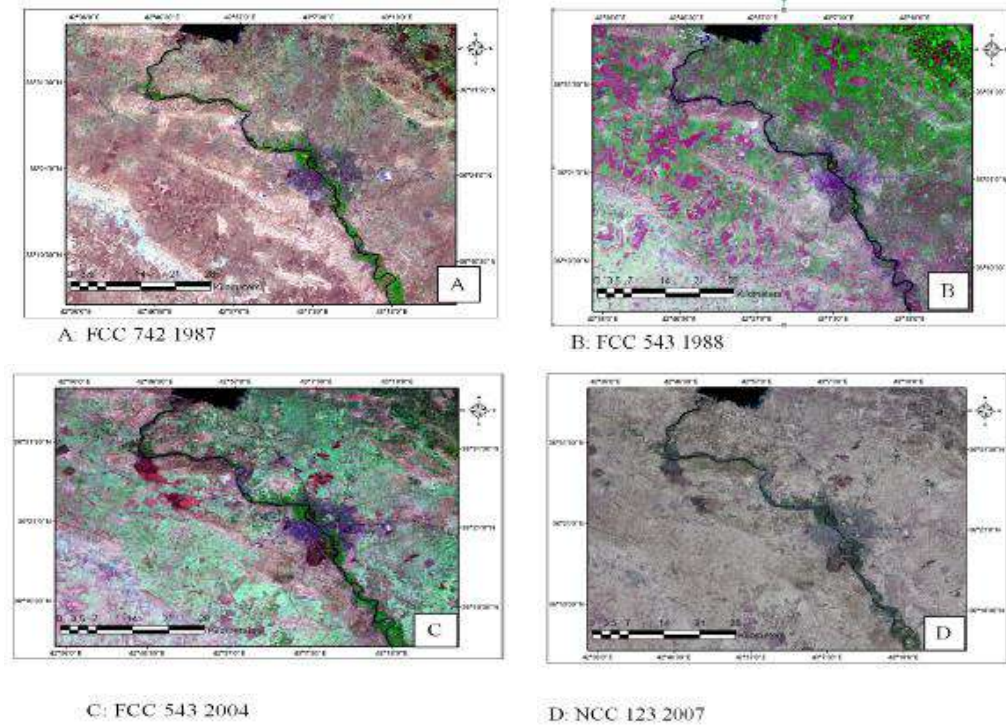
الشكل 3: يوضح عملية احضار واقتصاص منطقة الدراسة

3- تحسين وتصنيف منطقة الدراسة

ان مفهوم تحسين المرئية هي عملية جعل المرئية اكثر قابلية للتفسير من اجل تطبيق محدد، وهناك عدة طرائق يمكن استخدامها في عملية التحسين (Faust, 1989). وان الهدف الاساسي من عمليات التحسين هو ابراز حدة التباين بين الظواهر الأرضية وذلك ليسهل تمييزها وبالتالي تفسيرها بصريا ورقميا، ويمكن تطبيق عمليات التحسين على المرئية كاملة او على جزء منها. وهنا قمنا باقتطاع الجزء الذي يضم منطقة الدراسة من المرئية الاصلية وتطبيق عمليات التحسين عليها، ومن هذه الطرائق:

طريقة إنتاج المرئية الملونة: تعد هذه الطريقة من الطرائق السريعة لتسهيل عملية التمييز بين الظواهر الأرضية وإنتاج مرئية ملونة، وذلك لان الإنسان قادر على تمييز عدد محدد من تدرجات الرمادي (Curran, 1985). يمكن إنتاج مرئيات ملونة بألوان طبيعية اي ان الغطاء الأرضي يظهر بالمرئية بألوانه الحقيقية الموجودة على الأرض Natural color composite (شكل 4-D)، وكذلك يمكن إنتاج مرئيات ملونة بألوان كاذبة او مزيفة False Color Composite FCC وذلك بدمج ثلاث نطاقات طيفية كما في الدراسة الحالية (شكل 4_A,B,C,D).

أن الفائدة الكامنة من استخدام هذه الطريقة هي التوصل الى أن ظاهرة الشذوذ الطيفي غير موجودة في المرئيات (1987-1988) (الشكل A,B/4) مقارنة بالمرئيات (2004-2007)، والتي أظهرت الشذوذ بشكل واضح كما في الشكل (C,D/4).



الشكل 4: مرئيات فضائية محسنة متعاقبة زمنيا لمحافظة نينوى

ثالثا: التحليل الطيفي للنماذج

تم استخدام جهاز التحليل الطيفي (ASD) لإعداد منحنيات الانعكاسية الطيفية للأجسام المختلفة (Spectral reflectance curve)، حيث يستخدم مقياس الطيف الراديوميترى لهذا الجهاز بالمدى الموجي الواسع (2500-350) نانومتر، اذ يتم الحصول على قياسات الانعكاسية الطيفية على ثلاث مراحل:

يوجه الجهاز في المرحلة الأولى الى لوحة المعايرة (Calibration panel) ذات انعكاسية مستقرة معروفة ويستخدم هنا التشعيع (Irradiance) الوارد الى موقع القياس. بينما يوجه الجهاز في المرحلة الثانية فوق الهدف المراد دراسته ويقاس الإشعاع المنعكس عن الجسم. وأخيرا تحسب في المرحلة الثالثة الانعكاسية الطيفية للجسم على شكل نسبة بين قياس الطاقة المنعكسة في كل من مجالات الملاحظة الطيفية وبين الشعاع الكلي المقاس في كل طيف. يمثل الشكل (5) صورة الجهاز المستخدم.



الشكل 5: يوضح طريقة فحص نماذج الترب

وفيما يأتي نتائج التحليل الطيفي لنماذج التربة المأخوذة من المواقع التي ظهرت بشكل شذوذ طيفي في المرئية الفضائية الملتقطة عام 2001 (الجدول 2). تم فحص النماذج بصورة مبدئية بواسطة جهاز عداد كايكر والذي يتم استخدامه من قبل الفرق التابعة لوزارة البيئة عند الذهاب الى المواقع المدمرة.

ولاً: موقع مخازن علان

يمكن ملاحظة التغير في قيمة الانعكاسية للنماذج التي اعطت انعكاسية واطئة للنماذج المأخوذة من داخل المخازن المدمرة. ساهمت هذه العملية في تحديد النماذج المتأثرة بالإشعاع من تلك السليمة، فقد بينت نتائج التحليل الطيفي للنماذج المأخوذة من داخل بناية كل مخزن من مخازن العتاد في بادوش والمتمثلة بالنماذج (S3,S5,S11) (الشكل A-6) انها قيما منخفضة للانعكاسية تتراوح ما بين (30-50)% والتي تعد متأثرة بالإشعاع. اما النماذج (S19,S7) (الشكل C-6) فقد اظهرت قيما متوسطة للانعكاسية تتراوح ما بين (50-65)%. وعند مقارنة نتائج منحنيات النماذج المأخوذة من داخل الموقع المسيج، على سبيل المثال النموذج S1 المأخوذ من محيط المبنى المدمر، فقد اظهر انعكاسية عالية تصل الى 80%. يمكن ملاحظة الفرق الواضح في قيم الانعكاسية، إذ ينطبق هذا على بقية النماذج، فالنموذجان (S4, S20) هما المتأثران لكونهما يحملان انعكاسية منخفضة، اما النماذج (S16,S18) (الشكل B-6) فهما مثال للنماذج غير المتأثرة، اذ كانت انعكاسيتهما عالية جدا. نلاحظ تناسب قيمة الانعكاسية عكسيا مع تأثر التربة بالتلوث الاشعاعي الناتج عن قصف المنطقة في الحرب عام 1991، ويتغير مقدار التأثير مكانيا تبعا لموقع اخذ النموذج (الشكل D-6).

ثانياً: موقع منطقة اسكي موصل

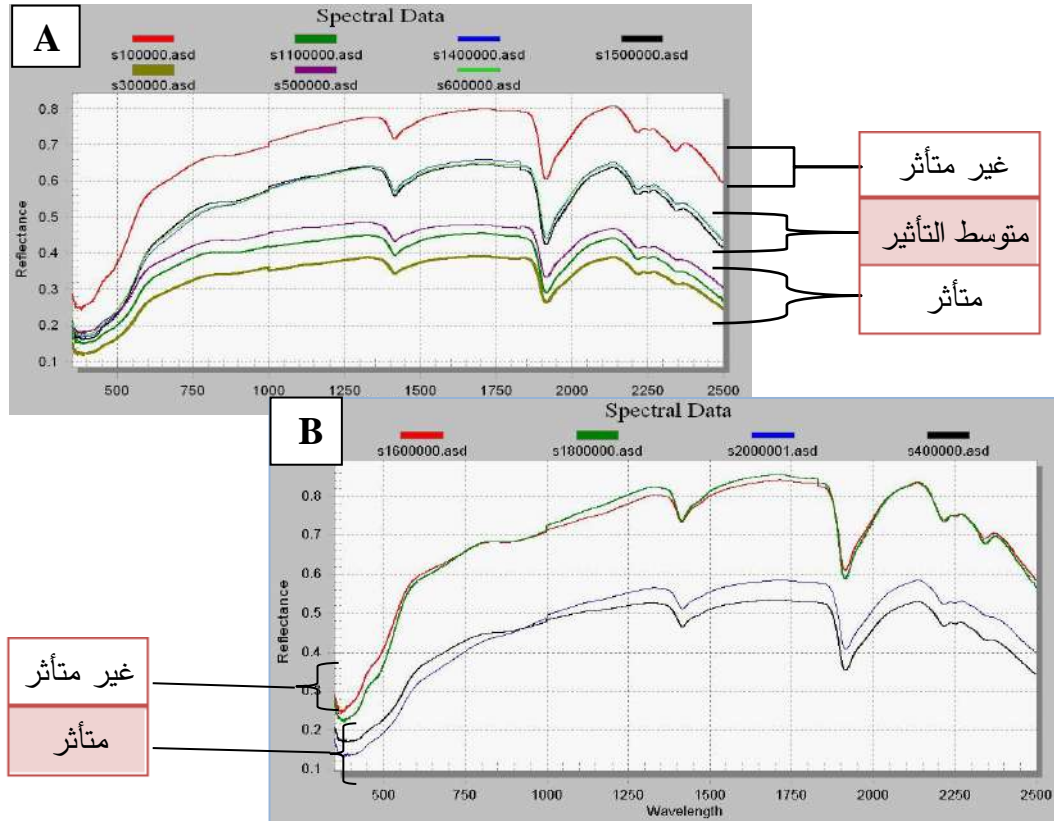
تمثل النماذج المأخوذة من منطقة اسكي موصل نماذج غير متضررة بالقصف، وبالتالي فهي خالية من التلوث الاشعاعي، وان التغير في مقدار قيمة الانعكاسية هنا ناتج عن تغير نوع التربة. فالنموذجان (S22,S24) مأخوذان بالقرب من اراضٍ زراعية، اما النموذج (S23) والذي اخذ بالقرب من وادي المر فإنه يحتمل احتوائه على ملوثات نهريّة (الشكل F-7)، حيث لوحظ وجود طبقة من النفط فوق سطح الماء الى جانب جلب كميات كبيرة من الملوثات اثناء موسم الفيضان والتي غطت سطح السهل الفيضي لهذه المنطقة.

ثالثاً: منطقة سادة وبعويزة

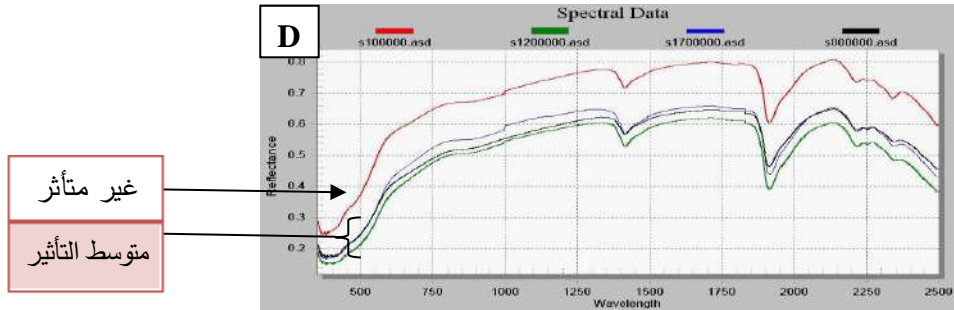
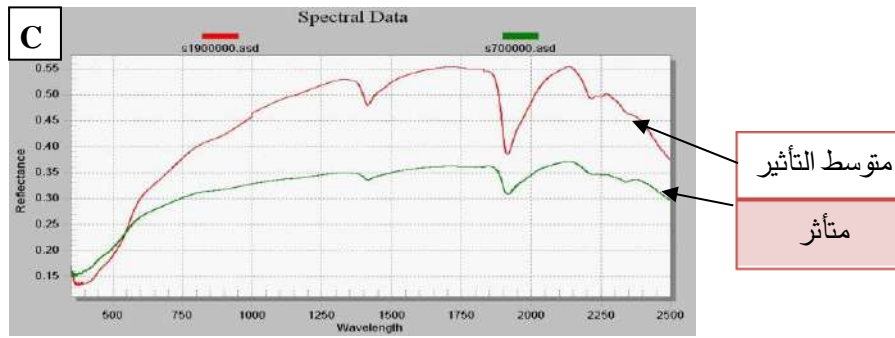
للمقارنة بين نتائج المنحنيات تمت زيارة الجهة الشرقية لمدينة الموصل ابتداءً من منطقة سادة وبعويزة وصولاً الى تكليف والى منطقة النوران وبعشيقية، إذ تعد هذه المناطق غير ملوثة اشعاعياً، غير انه وجد هناك تلوث بيئي ناتج عن رمي مياه الصرف الصحي والمتمثلة بالنموذج (SS2) (الشكل G-7).

الجدول 2: يبين مواقع أخذ النماذج

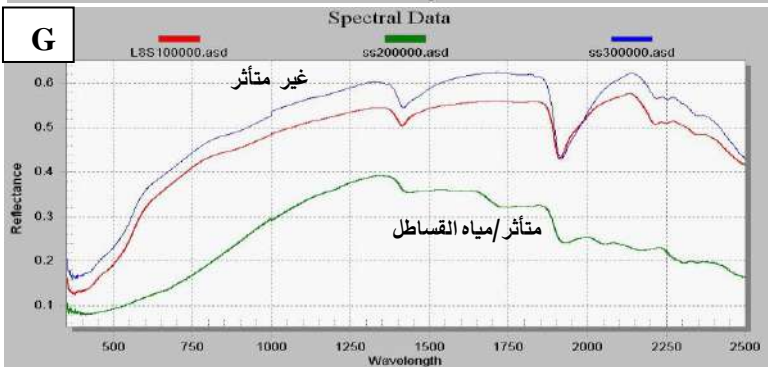
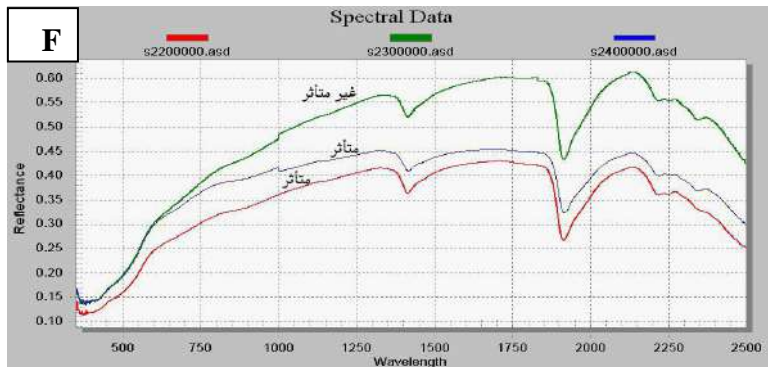
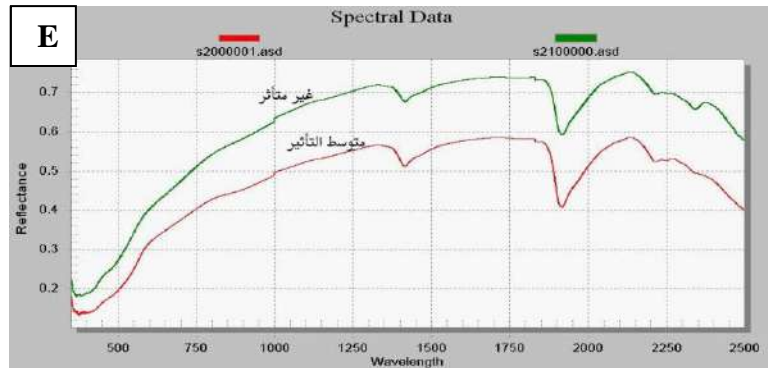
رقم الشكل	رقم النموذج	موقع النموذج	ت
6-A	S1,S3,S5,S6,S11, S14,S15	النماذج المأخوذة من ارضية المخازن المدمرة	1
6-B	S2,S4,S16,S18	النماذج المأخوذة من اسفل المناطق المحيطة بالمخزن	2
6-C	S7,S19	النماذج المأخوذة من الجوانب العليا للمخازن	3
6-D	S1,S8,S12,S17	النماذج المأخوذة من محيط المخازن	4
7-E	S20,S21	النماذج المأخوذة خارج موقع المخازن/ زراعية	5
7-F	S22,S23,S24	النماذج المأخوذة من منطقة اسكي موصل/ زراعية	6
7-G	L8S1	النموذج المأخوذ من طريق سادة (غير متأثر)/ زراعية	7
7-G	SS2	النموذج المأخوذ من طريق سادة(متأثر بالتلوث البيئي)	8
7-G	SS3	النموذج المأخوذ من منطقة النوران، غير متأثر/ زراعية	9



الشكل 6: يوضح نتائج التحليل الطيفي لنماذج الترب المأخوذة من مخزن العتاد في جبل علان.



تابع للشكل (6)



الشكل 7: يوضح نتائج التحليل الطيفي لنماذج التربة المأخوذة من عدة مواقع ضمن منطقة الدراسة.

فيزيوجرافية منطقة الدراسة

تتكون منطقة الدراسة من سلسلة من التراكيب الجيولوجية المحدبة (Anticlinal structural zone) المحيطة بمدينة الموصل، إذ تمتد من تركيب بعشيقية في الشمال الشرقي والى تركيب قند في الشمال وصولاً لبحيرة سد الموصل ومجرى نهر دجلة حيث تفصل البحيرة والنهر ما بين المناطق الجبلية الشرقية والطيّات الواقعة بالقرب من البحيرة غرباً. ثم تبدأ الأرض بالانبساط وتغطيها التربة الخصبة التي تستغل للزراعة الديمية والاروائية مثل مشروع ري الجزيرة الشمالي (الشكل 1). تمتد مجموعة أخرى من التراكيب الجيولوجية غرب نهر دجلة مثل تركيب بطمة وعلان وعطشان وشيخ ابراهيم (Al-Daghastani, 2008).

ساهمت سلسلة التراكيب الجيولوجية هذه في تكوين منابع أحواض التصريف السطحية ومنها وادي بادوش من خلال شبكة أنماط التصريف التي تشكلت على سفوحها (تركيب علان، عطشان، شيخ إبراهيم). ومن ثم جريانها ضمن محور الطية المقعرة المحصورة بين هذه التراكيب الثلاثة لحين وصولها إلى نهر دجلة قرب قسبة بادوش. تساعد طبيعة الانحدار ووجود أنماط التصريف وطبيعة التربة الهشة على نقل المواد الملوثة الموجودة فيها (مخازن بادوش للعتاد وموقع الريحانية) لتنتقلها إلى المناطق الأقل انحداراً حيث تساهم عمليات التعرية وهطول الأمطار على جرف هذه المواد إلى الأراضي السليمة والتربة غير الملوثة مما يساعد على انتشار التلوث في المنطقة (Al-Daghastani, 2013).

يحيط بهذه التراكيب المحدبة نطاق من السهول التجميعية والتعرؤية (Accumulation/Erosion plains). إذ تم فصل هذه الوحدة بالاعتماد على التغير المفاجئ والسريع في درجة الانحدار للتراكيب الجيولوجية المحدبة (Break of slope) إلى جانب اختلاف درجة الدكانة والنمط وكذلك اختلاف التعرية التفاضلية بين التكاوين الجيولوجية. تمتاز هذه الوحدة باحتوائها على أراضٍ خصبة صالحة للزراعة تتميز بأشكالها المنتظمة حيث تتكون تربة هذه المنطقة من ترسبات حديثة ناتجة عن عمليات التعرية والترسيب لمكاشف الصخور المنتشرة في مناطق المرتفعات التركيبية وذلك بواسطة عدة عوامل منها التعرية التفاضلية والجريان السطحي.

بالاعتماد على نتائج التفسير البصري والرقمي ونتائج التوقيع الطيفي لنماذج الترب في مناطق متفرقة في محافظة نينوى تم التوصل إلى تصنيف مناطق الشذوذ الطيفي واستخدامات الأرض في خريطة غرضية بمقياس 50000/1 أعدت لهذا الغرض.

تصنيف مناطق التلوث البيئي

تم تصنيف مناطق التلوث في منطقة الدراسة حسب نوع التلوث إلى:

1. مواقع مناطق التلوث الإشعاعي: تمت زيارة مواقع مخزن العتاد في تركيب علان بتاريخ (2013/3/9) وهي مقر لأحد الافواج العسكرية التابعة للجيش العراقي حالياً، والتي تم استهدافها من قبل القوات الامريكية في اثناء الحرب على العراق عام 1991 (الشكل 9)، إذ يعتقد بأنها قد قصفت بأسلحة تحتوي على مواد محرمة دولياً كاليورانيوم المنضب (Depleted Uranium) (Al-Azzawi, 2006). تشير الفحوصات المختبرية لنماذج الترب ومنحنيات التحليل الطيفي إلى زيادة في نسبة الانعكاسية للنماذج المأخوذة في داخل المواقع المدمرة ضمن المدى الطيفي للقناة السابعة والتي تستخدم في الكشف عن المعادن (Jensen, 1986; Lillesand and Kiefer, 2004).



الشكل 9: يوضح أحد المخزن المدمرة في تركيب علان.

لم نتمكن من زيارة موقع الريحانية لأسباب أمنية. تم تدمير مصنع الريحانية الواقع ضمن جبل عطشان في عام 1991 أيضاً والذي يبعد 30 km غربي مدينة الموصل والذي يعد أحد أهم المواقع المصممة لاستلام مادة اليورانيوم والتي تعرف بالـ (Yellowcake) وإنتاج اوكسيد اليورانيوم UO_2 وتتراكلورايد اليورانيوم $UC14$. وكان المصنع يحوي ثلاثة مواقع لمعاملة اليورانيوم تدعى مصنع UO_2 (الموقع 000)، ومصنع $UC14$ (الموقع 400)، وثلاثة احواض كونكريتية كبيرة لخزن النفايات () <http://www.iraqwatch.org/un/IAEA/iaea-18.htm>, (accessed at: 2nd/July/2011). ونتيجة لقصف المصنع وعدم السيطرة على المواد الملوثة ظهر الموقع بانعكاسية مشابهة تماماً لموقع مخازن بادوش (الشكل 2) (الداغستاني وآخرون، 2004).

صدر تقرير عن مركز الوقاية من الاشعاع التابع لوزارة البيئة بتاريخ (2004/7/3) يظهر المستويات المرتفعة للإشعاع في موقع الجزيرة مبينة بالجدول (3). تم قياس نسب الإشعاع لهذا الموقع المدمر من قبل قوات الاحتلال.

الجدول 3: قياسات فرق وزارة العلوم والتكنولوجيا/دائرة المواد الخطرة وبحوث البيئة.

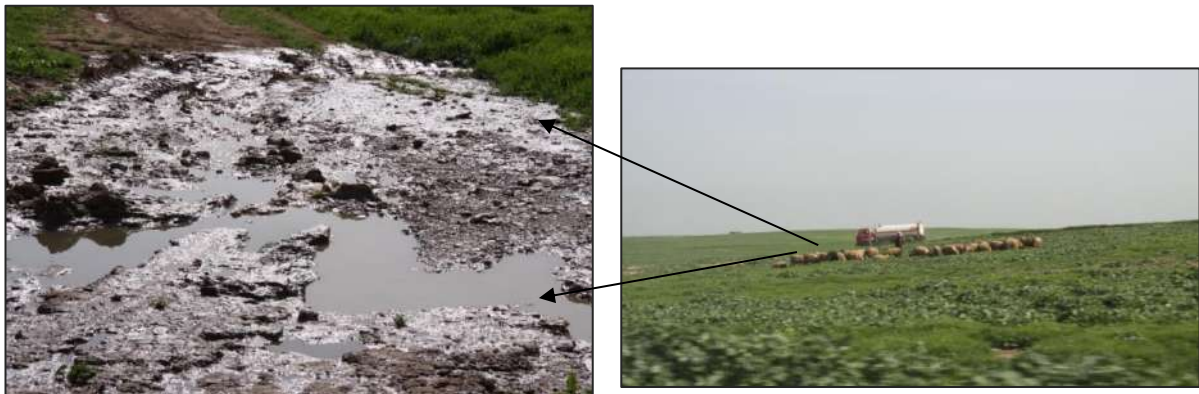
الملاحظات	قياسات جهاز Seintrex c/sec	قياسات جهاز Wallac mr/h	احداثيات الموقع
منطقة دخول وخروج/البوابة الرئيسية. الجزيرة/الريحانية	75-50	اقل من 0.05	X=05090 Y=29350
موقع UCL4/400. الجزيرة (منطقة ملوثة)	3000-2000	1-6	X=05088 Y=29401
خلف الجدار الكونكريتي	250-100	0.3-0.1	الاحواض الكونكريتية

*ملاحظة: اعلى حد مسموح به لتعرض السكان هو $(0.1 \text{ mr/h} = 0.1 \times 10^{-2} \text{ msv/h})$.
msv: millisievert
mr: milliradian

2-مواقع مناطق التلوث البيئي (نفايات المياه الثقيلة): تحتوي مياه الصرف الصحي على العناصر الثقيلة والتي يمكن ان تدخل الى جسم الإنسان ضمن الدورة الطبيعية المعروفة (تربة- نبات- حيوان- إنسان- تربة). أن تركيزها العالي في التربة يسهل امتصاص اجزاء منها من قبل النباتات (الحنطة والشعير مثلاً)، وبالتالي احتمال انتقالها الى الحيوان أو الإنسان. وسهلت عمليات تحليل الانسجة الحية المختلفة الى الاستنتاج أنه كلما زادت

كمية المعادن الثقيلة في التربة كلما ازدادت كمية تلك المواد في النبات من خلال امتصاصها من التربة (FAO, 1995). ان السمة المميزة للمعادن الثقيلة هي قدرتها على تحطيم حلقات الدورة الطبيعية عندما تدخل اليها، مما يؤدي الى انهيار الحلقات البيئية نتيجة للسمية المتزايدة. وتعتبر العناصر الآتية من بين أكثر مواد التلوث والتسمم وهي حسب تركيبها الكيمياوي Cl, F, Al, Cr, Se, Ni, Cd, Hg, Pb, Sr, As (خنوش، 2000).

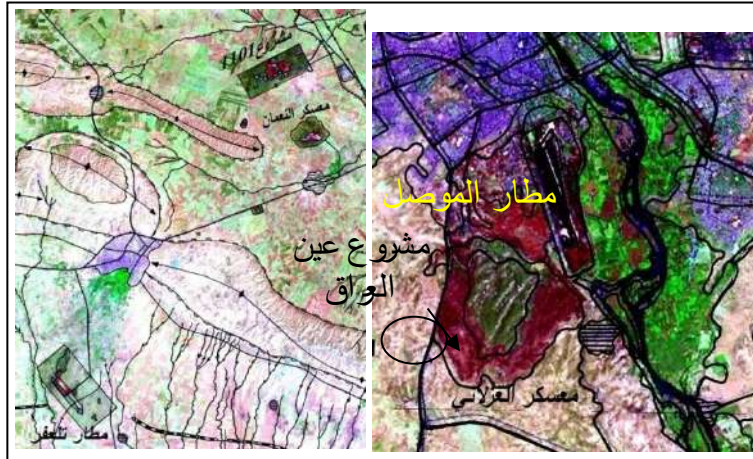
عند زيارة بعض المواقع حقليا في منطقة سادة وبعويزة قرب تكليف بتاريخ (2013/3/14) وفحص النماذج المأخوذة منها تبين احتواؤها على ملوثات ناتجة عن طرح المياه الثقيلة (مياه الصرف الصحي الثقيلة) بأسلوب عشوائي يعكس فقدان الرقابة البيئية من قبل مديرية بيئة نينوى بسبب الوضع الامني الراهن في المحافظة. وبسبب كون هذه المناطق غير مهياة ولا مخصصة رسميا كمواقع للطمر الصحي لهذه المخلفات بل يتم رميها على السطح وبالقرب من أراضٍ تستخدم لزراعة الحنطة والشعير او الرعي (الشكل 10). وعندما يقوم الفلاحون بحرث هذه الأراضي في موسم التحضير للزراعة تؤدي عمليات الحرث إلى قلب التربة فتتداخل المخلفات مع التربة ولذلك لا نجد هذا الشذوذ في المرثيات المأخوذة في فترات زمنية لا تتناسب مع وقت رميها، علما بأن المرثية الملتقطة عام 2001 (الشكل 1) أعطت شذوذا مشابها لمواقع التلوث الإشعاعي، الأمر الذي جعلنا نبحث عن اسباب مواقع هذا الشذوذ الطيفي في المرثيات والذي تبين جليا بأنها مواقع سكب نفايات المياه الثقيلة والذي اظهر توقيعا طيفيا مخالفا للترب الزراعية القريبة من هذه المواقع في هذه الدراسة (الشكل 10) .



الشكل 10: يوضح سكب مياه النفايات الثقيلة فوق الأراضي الزراعية قرب تكليف

3- مواقع ملوثة في المناطق العسكرية: تميزت مواقع هذا الصنف بشذوذ طيفي والناتج عن قصف هذه المواقع بالصواريخ، وهي حالة مشابهة لما هو موجود في مواقع التلوث الإشعاعي، ولكن لم نستطيع زيارتها واخذ النماذج منها لأسباب أمنية. تشمل مواقع هذا الصنف كلا من مطار الموصل وتلعفر ومشروع 1101 العسكري وكذلك معسكر النعمان. تميزت هذه المواقع بانعكاسية متماثلة تقريبا وشاذة بنفس الوقت عن المناطق التي ظهرت على المرثية الفضائية، اذ ساعد في تحديدها أشكالها المنتظمة كونها مواقع عسكرية محمية ومسيجة تختلف عما يحيطها (الشكل 11). ونلاحظ أيضا أنه في داخل كل موقع من هذه المواقع لون مميز يختلف عن خارجه وهذا الاختلاف ناتج عن طبيعة استعمال الموقع والوحدات البنائية له الى جانب مواقع مميزة تمثل مواقع القصف بالصواريخ داخل هذه المسيجات أثناء الحرب عام 1991 والحروب اللاحقة. وينكر هنا

فائدة تقنية التحسس النائي في مراقبة هذه المواقع العسكرية والمطارات عن بُعد وإمكانية تحديد مواقعها ونشاطاتها وهو ما تقوم به الدول المتقدمة وكذلك مفهوم التجسس على نشاطات هذه المواقع والتي قامت بتحديد موقع هذه المناطق جغرافيا وقصفها في الحروب التي خاضتها ضد العراق.



الشكل 11: نماذج مقطعة تبين المواقع الملوثة في المناطق العسكرية

إن المنشآت الحكومية (مشروع 1101) مثلا التي تقع في غرب منطقة الدراسة قرب منطقة الكسك على طريق موصل- ربيعة وهي منشآت عسكرية تم بناؤها في اواخر الثمانينات من قبل الشركات اليوغسلافية، وتميزت بأشكالها الهندسية وسعة مساحتها ونمطها الذي ظهرت به، إضافة إلى اللون الأزرق الفاتح الذي ظهر في المرئية نتيجة لانعكاسات الأبنية الكونكريتية فيها عن المناطق غير المستخدمة للبناء. تظهر المرئيات ان قسما من هذه الابنية قد تم قصفها وظهرت بنفس لون الشذوذ الطيفي للمناطق العسكرية الاخرى.

4- موقع عداية لطمر النفايات: ان النفايات الصلبة والملوثة الناتجة عن مصنع الريحانية المدمر تم نقلها ودفنت في موقع قريب من قرية عداية التي تبعد حوالي 23 km عن موقع الريحانية من قبل الجهات الحكومية آنذاك، وبإشراف من قبل لجان التفيتش التابعة للأمم المتحدة لاحقاً. بعد احداث عام 2003 ونتيجة لأعمال التخريب والعبث والسرقة للمواد الملوثة باليورانيوم وسرقة بعض الاجهزة والمعدات المطمورة الى مناطق غير معلومة من قبل بعض الجهلاء مما أدى الى انتشار ظاهرة التلوث الاشعاعي بالمنطقة (Ali, 2011). وبسبب الطوق الامني الكبير على المنطقة كان من الصعب جدا الذهاب الى القرية بغية الحصول على النماذج والعينات لغرض اجراء الفحوصات المختبرية عليها بسبب عدم حصولنا على الموافقات الامنية لدخول الموقع. بالرغم من صغر مساحة المنطقة (موقع طمر عداية)، إلا انها ظهرت على المرئية الفضائية لعام (2007) من خلال الوحدات الصورية المعبرة عنها بانعكاسية مميزة تدل على وجود شذوذ طيفي ناتج عن تأثير التلوث الاشعاعي في المنطقة. ولكون هذا الموقع قد أنشئ بعد عمليات القصف على موقع الريحانية ليكون موقعا مخصصا لطمر النفايات الخطرة، نرى أن هذا الشذوذ لم يظهر اطلاقا في المرئيات الفضائية قبل احداث 2003.

الاستنتاجات والتوصيات

ساهمت عمليات التفسير البصري والرقمي والتحليل الطيفي لمعطيات التحسس النائي في إعداد الخارطة الجيوبئية الخاصة بمنطقة الدراسة والتي ساعدت في معرفة وتحديد مناطق التلوث وتصنيفها، إذ أصبحت هذه الخارطة مرجعا حديثا وهاما للحالة البيئية في محافظة نينوى ولتمتذي القرار في وزارة البيئة.

أعطت منحنيات التوقيع الطيفي للنماذج الحقلية فكرة عن المواقع التي تزداد فيها نسبة وجود اليورانيوم المنضب من خلال تغير المنحنى ضمن الطول الموجي الواقع في حدود المدى الطيفي للقناة السابعة كما في موقع بادوش، بينما اختلف التوقيع الطيفي للنماذج الحقلية المأخوذة من موقع رمي نفايات المياه الثقيلة والتي كانت منتشرة في عموم سهل نينوى. اثبت التحليل الطيفي أيضا بان المناطق غير الملوثة مثل النماذج المأخوذة من مواقع النوران وبعشيقه ونموذج أسكي موصل قد أعطى منحنيات اعتيادية مطابقة للمنحنيات القياسية للتربة.

أصبح من الضروري متابعة التغير الحاصل في درجة الدكانة (الشذوذ الطيفي) الموجود في التعاقب الزمني للمرئيات الفضائية ومحاولة السيطرة على مصادر التلوث ضمن الإمكانيات المتاحة. فيمكن السيطرة على التلوث البيئي على سبيل المثال من خلال تهيئة وتوفير أماكن خاصة لرمي المياه الثقيلة وتجنب رميها فوق الأراضي الزراعية، ومحاسبة المقصرين في ذلك. أما فيما يخص التلوث الإشعاعي، فأثبتت الدراسات التي قُدمت في ورشة العمل المتخصصة في مجال طمر النفايات مدى خطورتها وتأثيراتها على الصحة والبيئة للفترة من (15-17)/2011/11 في جامعة لوليو التكنولوجية (السويد)

<http://www.Itu.se/research/subjects/GeotechnicalEngineering/Konferenser/Landfill-workshop-2011/Final-Schedule>.

وأن أهم طرائق المعالجة هي باستخدام طريقة الطمر (Landfill) باستخدام الطين والذي يتوفر بنقاوة عالية في العراق وضمن المواصفات العالمية المتبعة في مثل هذه الكوارث البيئية.

المصادر العربية

الداغستاني، حكمت صبحي، 2004. مبادئ التحسس النائي وتفسير المرئيات. دار ابن الاثير للطباعة والنشر، جامعة الموصل، 562 صفحة.

الداغستاني، حكمت صبحي، البناء، ريان غازي، والديوه جي، بسام محمد، 2004. دراسة ظاهرة الشذوذ الطيفي في تركيبي علان وعطشان شمال غرب العراق باستخدام معطيات التحسس النائي. المجلة العراقية لعلوم الأرض، المجلد 5، العدد 1، ص 77-87.

حنوش، علي حنوش، 2000. العراق: ومشكلات الحاضر وخيارات المستقبل، دراسة تحليلية عن مستويات تلوث البيئة الطبيعية والبيئة الاجتماعية. الطبعة الأولى، دار الكنوز الأدبية، بيروت-لبنان، 251 صفحة.

المصادر الأجنبية

Al- Azzawi, Souad N., 2006. Depleted Uranium Radioactive Contamination in Iraq. An Overview, Mamoun University for Science and Technology, <http://www.brussellstribunal.org/pdf/DU.Azzawi.pdf>.

- Al-Daghastani, H. S., 2013. Using Reflection Anomalies to Detect Radioactive Contaminations in Nineveh Governorate Northern Iraq, International Journal of Enhanced Research In Science Technology and Engineering, Vol. 2 ISSUE 2, pp.1-7.
- Al-Daghastani, H. S., 2008. Land Use and Land Cover of Nineveh Governorate Using Remote Sensing Data, Iraq Journal of Erath Sciences, Vol. 8, No: 2 pp.17-26.
- Ali, S. H., 2012, Utilities of GIS and Remote Sensing Data in the Spatial Analysis of the Radioactive Contamination Site in Nineveh Province, International Journal of Enhanced Research In Science Technology and Engineering, Vol. 1 ISSUE 3, pp.1-11.
- Curran, P. J., 1985. Principles of Remote Sensing, Longman, London.
- Faust, Nickolas I., 1989. Image Enhancement, Vol. 20, Supplement 5 of Encyclopedia of Computer Science and Technology edited by Allen Kent and James G. Williams, New York, Marcel Dekker, Inc.
- FAO 1995. Food and Agriculture Year Book, Rome, Vol. 49.
- <http://www.iraqwatch.org/un/IAEA/iaea-18.htm>, accessed at: 2nd/July/2011.
- [http://www.Itu.se/research/subjects/Geotechnicalnicalengineering/Konferenser/Land fill workshop-2011/Final-Schedule](http://www.Itu.se/research/subjects/Geotechnicalnicalengineering/Konferenser/Landfill%20workshop-2011/Final-Schedule).
- Jensen, J. R., 1986. Introductory Digital Image Processing. A Remote Perspective, Prentice – Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Lillesand, T., Kiefer, R., and Chipman, J., 2004. Remote Sensing and Image Interpretation, 5thed.New York, John Wiley and Sons.
- Sabins, F. F., JR, 1987. Remote Sensing Introduction, W. H. Freeman and Principles and Company Sanfrancisco.
- Verstappen, H. Th. and Van Zuidam, R. A., 1975. Use of Aerial Photographs in Geomorphology. International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, Netherlands.