Iraqi Journal of Science

التنبؤ عن غيض الماء والايصالية المائية للتربة في وسط السهل الرسوبي باستخدام تقانات الاستشعار عن بعد.

اياد حميد عباس*[1]، احمد صالح محيميد[2]

[1]المركزالوطني لإدارة الموارد المائية / وزارة الموارد المائية، [2]قسم علوم التربة والموارد المائية، كلية الزراعة / جامعة بغداد

الخلاصة

لقد أشارت الدراسات التي أجريت في غضون العقدين الماضيين الى أهمية متعاظمة لمعاونة تقانات الاستشعار عن بعد في التنبؤ عن صفات التربة، أذ عدت بديلاً مناسباً وبأقل كلفة لعدد من الطرائق الاخرى المستعملة لقياس صفات التربة (10).

تهدف هذه الدراسة الى التوصل إلى بناء نماذج إحصائية تمكن من التنبؤ عن صفتي غيض الماء والايصالية المائية المشبعة للتربة باستخدام تقانات الاستشعار عن بعد. لقد جرى اختبار العلاقة بين البيانات الاستشعارية للقمر الصناعي لاندسات (للمتحسس+ETM) مع هاتين الصفتين في عشر وحدات ترب منتخبة في منطقة تقع شمال مدينة الكوت تتمثل فيها حالة التباين في الصفات الجيومورفولوجية وصفات التربة العامة. بينت النتائج وجود علاقات مهمة إحصائيا تربط قيم غيض الماء في الطبقة السطحية من التربة بالبيانات الاستشعارية، إذ بلغ معامل تحديد هذه العلاقة R^2 (0.9)، والذي يعني إمكانية التنبؤ عن هذه الصفة باستخدام تقانات الاستشعار عن بعد. في حين لم يلاحظ وجود علاقة ارتباط إحصائية بين قيم الايصالية المائية المشبعة للتربة مع البينات الاستشعارية في طبقة التربة عند العمق 25 – 50 سم، والذي يدل على ضعف ارتباط هذا النوع من البيانات الاستشعارية مع ازدياد عمق التربة.

Prediction of Infiltration and Saturated Hydraulic Conductivity of the Soils in the Iraqi Central Alluvial Plain Using Remote Sensing Technique.

Ayad H. Abbas*[1], Ahmed S. Muhaimeed[2]

[1]National Center for Water Resources / Ministry of Water Resources

[2]Dept. of Soil & Water Resources / College of Agric. Univ. of Baghdad, Baghdad, Iraq.

Abstract

Studies within the last two decades have pointed out the importance of remote sensing techniques to deduct soil properties. These techniques showed promising results as a suitable alternative with lowest cost in compare with other methods used to measure soil characteristics (10). The aim of this study is to test the relationship between landsat (ETM + sensor) data and infiltration rate and saturated hydraulic conductivity of soils with ten different selected soil units. These soils which have variations in geomorphology and soil characteristics are located at the north of Kut city (Middle part of Iraq to the left of Tigris river). Statistical Analyses were performed and statistical models were built up to predict the two soil characteristics using remote sensing techniques. The results showed the statistically significance of the relations between the soil water infiltration rate values and the remote sensing data for the soil surface layer, with determination coefficient (R2) of 0.9 . while the saturated hydraulic conductivity for the soil layer at depth 25-50 cm, showed weak correlation .These results demonstrate the weak relation between ETM + sensor data and soil data with depth .

المقدمة

ان الاستغلال الامثل للموارد الأرضية والمائية ورفع كفاءة الوحدة المستثمرة فيها، يستلزم الالمام بالعلاقات المائية للتربة بمعاييرها المختلفة والذي يسهم في دقة وسهولة توصيف وحدات الترب فتكون مرشداً مهماً في تخطيط عملية إضافة الماء للمشاريع الزراعية، سواء كان للري او لمتطلبات الغسل, فضلا عن معرفة دور الماء في المنظومة البيئية.

نتيجة لارتباط صفات التربة الطيفية بمكونات التربة وظروفها المختلفة, فقد برز الاهتمام بتفاعلات الطاقة الكهرومغناطيسية مع مواد الترب لغرض الاستدلال عن صفات وظروف التربة. لقد أفرزت التطورات الكبيرة في تفاعلات الاستشعار عن بعد إمكانية الحصول على معلومات كمية ووصفية عن حالة التربة مما يفيد في إسناد الفعاليات الميدانية لدراسات التربة بوساطة المرئيات متعددة الأطياف Multispectral Images لمساحات شاسعة مما يقلل من الكلف والجهد والوقت اللازم لإنجاز هذه الدراسات فضلاً عن زيادة دقتها والتعرف على ألاماكن التي يصعب الوصول إليها. ونظراً لتأثير صفتي غيض الماء والايصالية المائية للتربة في كثير من التطبيقات العملية لإضافة الماء التربة وكيفية التعامل مع الماء الفائض فيها بالإضافة إلى اتخاذ القرار بشأن نوع صيانة التربة الملائم. لما تقدم فقد توجهت هذه الدراسة إلى إيجاد نماذج إحصائية تربط العلاقة بين هاتين الصفتين مع البيانات الطيفية للمتحسس +ETM لملاحظة إمكانية التنبؤ عنهما وبالتالي معرفة التوزيع المكاني لقيمها في وحدات الترب المختلفة من خلال معطيات الاستشعار عن بعد.

لاحظ (9) ان هناك إمكانية في ربط الصفات الطيفية للتربة مع الصفات الهيدروليكية كغيض وحفظ الماء في التربة. وجد (3) ان الانعكاسية الطيفية لتربتين أحداهما ناعمة وأخرى خشنة قد أعطت أعلى ارتباط معنوي مع معدل غيض الماء عند الطول الموجي 1700 نانومتر، وقد ذكروا ان هناك حاجة لدراسات اكثر في هذا المضمار بظروف الحقل الطبيعية لبناء برامج صيانة التربة وترسيم خرائط المناطق القابلة للتدهور.

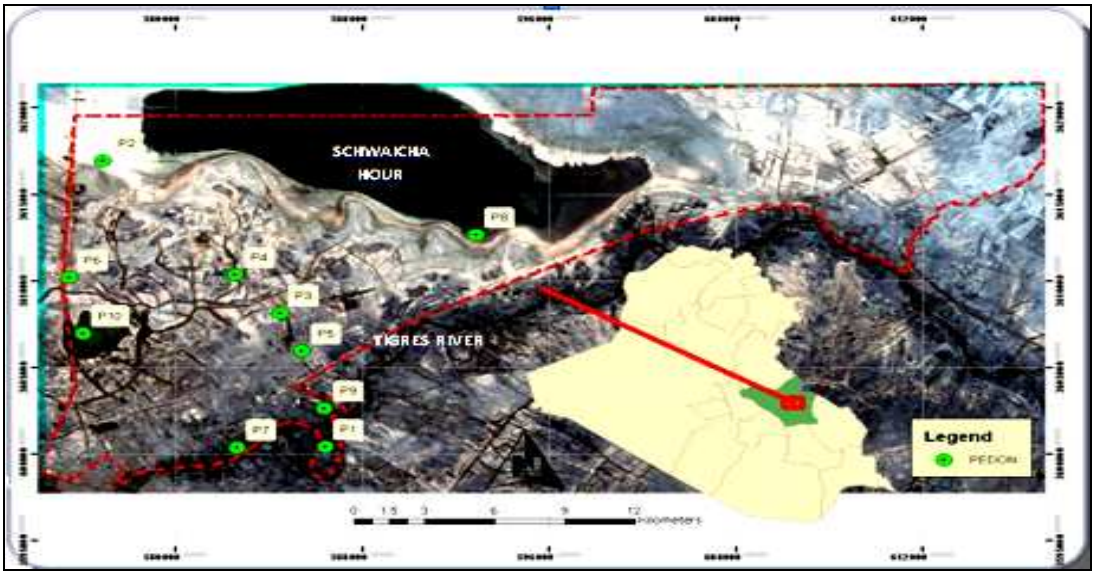
أشار (2) ان بالامكان استعمال الانعكاسية الطيفية للأطوال الموجية 0.4 – 2.5 مايكرومتر للاستدلال على التغايرات في سرعة الغيض فيها.

ذكر (4) أن هناك أهمية للتحليل المكاني لقياسات غيض الماء الثابت نظراً لتأثيرات سعة الغيض في تطبيقات كثيرة، وقد أوضحت نتائج دراستهم الحاجة إلى أهمية أجراء دراسات للتغاير المكاني للصفات الهيدروليكية للتربة.

تمكن (6) من التنبؤ عن الصفات الهيدروليكية للتربة التي شملت معايير حفظ الماء والايصالية المائية المشبعة للتربة من خلال قياس الصفات الطيفية، اذ عدوها مفضلة على الطرق المباشرة المكلفة للجهد والمال والوقت ولا سيما في المساحات الواسعة.

المواد وطرائق العمل

يوضح الشكل (1) المرئية الفضائية لموقع منطقة الدراسة والمواقع المنتخبة في مشروع شمال الكوت لغرض تمثيل وحدات الترب المختلفة السائدة هناك والتي تتضمن حالة التباين في مكونات التربة .



شكل 1– موقع منطقة الدراسة .

تم إجراء تقديرات التحريات الهيدرولوجية للتربة باعتماد الطرائق المذكورة في (8). وقد اختيرت عشرة مواقع لتنفيذ هذه التحريات, تتمثل فيها أغلب حالات التغاير اعتمادا" على التشخيص البصري للصور الجوية والمرئيات الفضائية الخاصة بالمنطقة، فضلاً عن الفحوصات الأولية من خلال تنفيذ الحفر المثقبية وبما يضمن إشغالها لأهم الوحدات الجيومورفولوجية التي تسود في السهل الرسوبي. قدرت الايصالية المائية للعمق 25–50 سم من التربة, اذ استخدمت طريقة الحفرة المعكوسة Inversed Auger hole method وذلك لانخفاض منسوب الماء الأرضي لأكثر من 2 متر في مواقع الدراسة ، تم تقدير قيم غيض الماء في التربة باستخدام طريقة الاسطوانات المزدوجة Double Rings Method وبأربعة مكررات لكل موقع . تم إيجاد قيمة معدل الغيض الأساسي التي استعملت فيما بعد في أيجاد العلاقة مع البيانات الطيفية.

استخدمت الصور الجوية للمسارين 4/ (2 H) V –38– I و 2/ 2 L – W – 38 – I من إنتاج شركة KLM التي التقطت عام 1962 والتي مصدرها الهيأة العامة للمساحة في وزارة الموارد المائية، اذ تمت الإفادة منها في التحضير للعمل الحقلي وتمييز الوحدات الجيومورفولوجية. كما استعملت مرئية فضائية للتابع Landsat 7 المتحسس +ETM للمسار 167 والصف 37 والملتقطة بتاريخ 2009/1/21 كمصدر للبيانات الطيفية والمتمثلة بتسع حزم. جرى إسقاط الإحداثيات الجغرافية بنظام UTM من خلال جهاز تحديد المواقع GPS بشكل إحداثيات X , Y . استخلصت قيم شدة الانعكاسية بصيغة العدد الثنائي Digital Number لمواقع الدراسة والتي تمثلت في قيمة عنصر الصورة Pixel الذي يقع فيه الموقع، اذ تم استخدام برنامجي ArcGIS و ERDAS لهذا الغرض استخدم برنامج Minitab النسخة، 1996 في إجراء التحليل الإحصائي لارتباط البيانات الطيفية المتمثلة بتسع حزم للمتحسس +ETM (B1 و B2 و B3 و B4 و B5 و B61 و B62 و B7 و B8) ، فضلاً عن خمسة معايير لنسب الدلائل الطيفية Spectral Indices ،(جدول 1) بهدف إيجاد الصفات الطيفية التي تربطها علاقات مهمة مع صفتي غيض الماء والايصالية المائية للتربة من خلال إجراء تحليل الانحدار الخطي المتعدد Multiple regression Stepwise بين المتغيرات المستقلة Independent Variables (الصفات الطيفية) والمتغيرات المعتمدة Dependent Variables (صفتي غيض الماء والايصالية المائية) استناداً لما ذكره (7)، ومن ثم جرى انتخاب الصفات الطيفية ذات التأثير المهم في البرنامج لغرض بناء النماذج الإحصائية التي تفيد في عملية التنبؤ. جرى بعد ذلك تقويماً للنماذج الناتجة لمعرفة حالة التطابق بين القيم المتنبأ بها والمقاسة لهاتين الصفتين.

جدول 1– معايير نسب الدلائل الطيفية المستعملة في البحث.

اسم المعيار	الرمز المتداول	النسبة الطيفية للمتحسس + ETM
دليل السطوع Brightness Index	BIN	B2–B3–B4
دليل الغطاء النباتي Vegetation Index	VIN & NDVI	B4-B3 / B4–B3
دليل النسبة البسيطة Ratio Index(Simple Ratio)	RIN,(SR),(SVIs)	B4 / B3
دليل الظل Shadow Index	SI	$\sqrt[3]{(256-B1)\times(256-B2)\times(256-B3)}$
دليل التربة الجرداء Bare soil index	BI	$\frac{(B5-B3)-(B1-B4)}{100-100\times(B5-B3)-(B1-B4)}$

النتائج والمناقشة

معدل الغيض الأساسي Basic Infiltration Rate

أوضحت القياسات الحقلية ان هناك مدى واسعاً لقيم معدل غيض الماء الأساسي في منطقة الدراسة (الجدول 2)، اذ تراوحت أصناف معدل الغيض بين البطيء جداً والسريع جداً حسب التصنيف المتبع في تحريات التربة الهيدرولوجية في العراق (1).

جدول2– قيم معدلات الغيض الأساسي في مواقع بدونات الدراسة.

رقم البدون	معدل الغيض الاساسي (سم.ساعة$^{-1}$)	صنف الغيض
1	0.87	متوسطة البطء
2	3.35	متوسطة
3	0.05	بطيئة جدا
4	0.36	بطيئة
5	0.22	بطيئة
6	0.09	بطيئة جدا
7	6.00	متوسطة
8	24.00	سريعة
9	1.70	متوسطة البطء
10	0.21	بطيئة

يبين الجدول (3) نتائج العلاقات الإحصائية لمراحل الانحدار الخطي المتعدد بين الصفات الطيفية من جهة وصفة غيض الماء والايصالية المائية للتربة.

الجدول 3- العلاقات الإحصائية لمراحل الانحدار الخطي المتعدد بين الصفات الطيفية ومعدل الغيض الأساسي.

Response is Y1 (Inf. on 15 predictors, with N = 10

Step	1	2	3	4	5	6	7
Constant	-34.43	-36.85	-40.01	-68.66	-226.60	-216.30	-232.90
B4	0.587	0.411	0.398	-0.096	-2.901	-2.701	-2.923
T-Value	7.85	3.54	3.80	-0.18	-2.95	-2.97	-3.29
B2		0.29	0.31	1.07	4.62	4.51	4.91
T-Value		1.83	2.15	1.32	3.63	3.86	4.22
B6/2			0.029	0.024	0.073	0.917	1.011
T-Value			1.63	1.24	3.63	1.45	1.66
RIN				20	114	112	120
T-Value				0.96	3.39	3.66	4.01
B5					1.16	0.84	0.69
T-Value					3.03	1.98	1.63
B6/1						-0.92	-1.00
T-Value						-1.33	-1.52
B7							0.24
T-Value							1.15
S	2.66	2.33	2.10	2.11	1.30	1.19	1.13
R-Sq	88.51	92.24	94.62	95.46	98.62	99.13	99.48

Stepwise Regression

توضح النتائج (جدول 3) ان هناك علاقة إحصائية ذات ارتباط عال المعنوية بين قيم معدل الغيض والصفات الطيفية، اذ بلغت قيمة معامل التحديد R-Sq لهذه العلاقة 99.48% عند المرحلة السابعة من علاقة الانحدار المتعدد، وتوضح المعادلة (1) الصيغة الرياضية لطبيعة العلاقة بين معدل الغيض وبعض الصفات الطيفية التي أبدت أعلى علاقة ارتباط:

$$\text{Basic Infiltration Rate } (cm.hr^{-1}) = -233 - 2.92B4 + 4.91B2 + 1.01B62 + 120\ RIN + 0.69B5 - 1.00\ B61 + 0.236B7 \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

ويلاحظ من هذه المعادلة ان الحزم الطيفية B4 و B2 كان لهما التأثير الكبير في تحديد قيم معدل الغيض الأساسي، إذ أن الحزمة الرابعة B4 والممثلة للأشعة تحت الحمراء القريبة NIR كان لها الدور الأكبر إذ كانت قيمة معامل التحديد 88.51% عند مستوى معنوية 0.01 وان تأثيرها كان بشكل سالب في العلاقة الذي يعني الامتصاص الأعلى لهذه الأطوال الموجية كلما ارتفعت قيم معدل الغيض، (جدول 2).

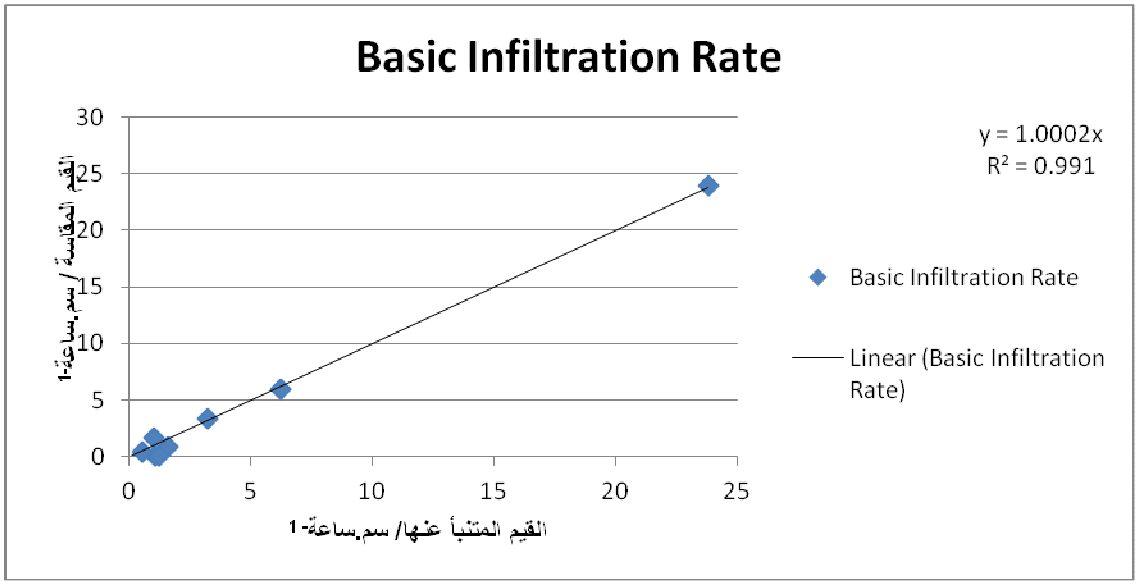
ان هذا يتلاءم مع ما تتصف به هذه الحزمة من ميزات تشخيصية، إذ تعد المنطقة الأفضل من الطيف الكهرومغناطيسي في تمييز الحالات وتشخيص الترب الجافة والرطبة (5). وقد ازداد معامل تحديد هذه العلاقة إلى 92.24% بعد إضافة تأثير الحزمة الثانية B2 وبمعنوية عالية ($P < 0.01$) لتداخل تأثير كل من الحزمتين B4 و B2 ، كما يلاحظ ان تأثير الحزمة الثانية كان موجباً في هذه العلاقة. وقد استمر تتابع ارتفاع قوة العلاقة عند إدخال تأثير كل من الصفات الطيفية B62 ، RIN ، B5 ، B61 و B7 حيث بلغت قيمة معامل التحديد 99.48% لمجموع تأثيرات الصفات الطيفية السبع وبمعامل انحراف معياري (S) مقداره 1.13 سم. ساعة$^{-1}$.

اما في حالة الاكتفاء بمراحل الانحدار المتعدد التي تستمر فيها العلاقات الإحصائية بمعنوية مهمة Best subset regression فان العلاقة بين الصفات الطيفية ومعدل الغيض ستتوقف عند المرحلة الثالثة المبينة في جدول (3) حيث ستؤخذ تأثيرات الحزم الطيفية B4 ، B2 و B62 فقط وقد أصبحت الصيغة الرياضية لها كما مبينة في المعادلة (2) :

$$\text{Basic Infiltration Rate } (cm.hr^{-1}) = -40.0 + 0.398\ B4 + 0.308\ B2 + 0.0293\ B62 \ldots\ldots (2)$$

ان معامل تحديد المعادلة(2) يبلغ 94.6% وقيمة معامل التحديد المعدل لها هي 91.9% ومعامل انحرافها المعياري هو 2.1 سم. ساعة$^{-1}$.

يبين الشكل (2) مدى تطابق القيم المتنبأ عنها لمعدل الغيض الأساسي التي تم الحصول عليها من تطبيق المعادلة (1) مع قيم الغيض المقاسة حقلياً.



شكل 2– علاقة التطابق بين القيم المتنبأ عنها والمقاسة لمعدل الغيض الأساسي.

تبين النتائج ان قيمة معامل التحديد لعلاقة التطابق الخطية كان 0.99. وقد تراوح ابتعاد القيم المتنبأ عنها لمعدل الغيض عن المقاسة بين 0.88 – 1.15+ سم. ساعة$^{-1}$. وعلى الرغم من العلاقة الجيدة لتطابق القيم يلاحظ ان هناك حالة ابتعاد لبعض القيم المتنبأ عنها عن مثيلاتها المقاسة الذي يمكن تفسيره من الناحية الرياضية في ان تأثير الحزمة الرابعة السلبي في العلاقة وذو الارتباط العالي يعني ان انخفاض القيم المتنبأ عنها في المواقع 5 ، 9 و 10 عن المقاسة يعود الى ارتفاع قيم الانعكاسية للحزمة B4 فيها فضلاً عن انخفاض قيم الانعكاسية للحزمة الثانية B2 والحزمة B62 لهذه المواقع، التي من المحتمل حصولها بسبب وجود عوامل ذات تأثير متداخل مع حالة الغيض ولاسيما محتوى ونوع الأملاح ، اذ يلاحظ اشتراك هذه المواقع بالسيادة الواضحة في أملاح كلوريد الصوديوم كأهم مكون للتركيب الملحي في هذه المواقع (11)، كما انه من المرجح في ان التطرف الشديد في قيم غيض الماء ولاسيما باتجاه القيم المنخفضة التي تم على ضوئها استنباط علاقة الغيض من الصفات الطيفية قد أدت إلى ظهور قيم شاذة وسالبة في الموقعين 5 و 10 التي كانت 0.66– و 0.19– سم. ساعة$^{-1}$ لكل منهما على التوالي حيث كان ابتعاد القيمتين عن القيمة المقاسة 0.88– و 0.40– سم. ساعة$^{-1}$ لكل من الموقعين. وتقع القيم المتنبأ عنها لمعدل الغيض ضمن صنف الغيض البطيء جداً في حين تقع القيم المقاسة ضمن الصنف البطيء. إلا إن النتائج الايجابية في المواقع الأخرى وعلاقة التطابق المهمة بين القيم المتنبأ عنها والمقاسة لمعدل الغيض التي يبينها معامل التحديد العالي لهذه العلاقة البالغ 0.99 توضح أن هناك فرصة في تطبيق البيانات الطيفية للتنبؤ عن قيمة معدل غيض الماء في التربة.

الايصالية المائية المشبعة Saturated Hydraulic Conductivity

يبين الجدول (4) القياسات الحقلية لقيم وأصناف الايصالية المائية المشبعة للطبقة 25–50 سم في ترية مواقع الدراسة.

جدول 4– قيم معدلات الايصالية المائية في مواقع الدراسة.

رقم الموقع	الايصالية المائية (م.يوم$^{-1}$)	صنف الايصالية
1	1.54	متوسطة السرعة
2	2.08	متوسطة السرعة
3	1.04	متوسطة
4	0.70	متوسطة
5	1.23	متوسطة
6	0.54	متوسطة
7	1.78	متوسطة السرعة
8	1.44	متوسطة
9	4.20	سريعة
10	0.51	متوسطة

اما الجدول (5) فيبين نتائج العلاقات الاحصائية لمراحل الانحدار الخطي المتعدد بين الصفات الطيفية من جهة وصفة والايصالية المائية المشبعة للتربة والتي تم تقديرها حقلياً.

الجدول 5– العلاقات الإحصائية لمراحل الانحدار الخطي المتعدد بين الصفات الطيفية والايصالية المائية المشبعة للتربة.

Stepwise Regression

F-to-Enter: 0.00 F-to-Remove: 0.00

Response is Y2 (Per. on 10 predictors, with N = 10

Step	1	2	3	4	5	6	7
Constant	0.654688	0.692155	1.496347	-0.005692	2.183086	5.532840	9.655802
X7 (B62)	0.0077	0.1730	0.2156	0.2538	0.3556	0.2405	0.2653
T-Value	0.82	0.56	0.63	0.72	0.78	0.36	0.33
X6 (B61)		-0.18	-0.22	-0.26	-0.37	-0.25	-0.29
T-Value		-0.53	-0.60	-0.70	-0.76	-0.36	-0.33
X3 (B3)			-0.015	-0.120	-0.167	0.039	0.250
T-Value			-0.42	-1.01	-0.97	0.05	0.20
X9 (B8)				0.15	0.21	0.26	0.11
T-Value				0.93	0.91	0.83	0.15
X8 (B7)					-0.07	-0.09	-0.13
T-Value					-0.42	-0.44	-0.43
X2 (B2)						-0.3	-0.6
T-Value						-0.28	-0.33
X4 (B4)							0.09
T-Value							0.24
S	1.10	1.16	1.23	1.24	1.36	1.55	1.88
R-Sq	7.68	11.30	13.85	26.52	29.57	31.40	33.24

ان هذه النتائج توضح عدم وجود علاقة إحصائية مهمة تربط بين قيم الايصالية المائية المشبعة للتربة والصفات الطيفية ، إذ بلغت أعلى قيمة لمعامل التحديد R-Sq لهذه العلاقة 33.24% وللمرحلة السابعة من الانحدار المتعدد، وهذا يشير الى ان البيانات الطيفية المستخدمة في الدراسة من خلال المتحسس +ETM غير فعالة في استشعار الايصالية المائية في الأفاق تحت السطحية للتربة. اذ ان تقديرها الميداني كان للعمق 25-50 سم. وبذا فأن هذه النتائج تدل الى عدم إمكانية التنبؤ عن الايصالية المائية المشبعة للطبقة 25-50 سم. ان مثل هذه الحالات تبرر الحاجة إلى استخدام المتحسسات الفعالة Active Sensors التي تتعامل مع الأطوال الموجية ذات قابلية الاختراق العالية كالرادار والليدار لاحتوائها مصدراً لإرسال الطاقة نحو الهدف متمكنة من اختراقه واستشعار صفاته الداخلية.

المصادر

[1] Al-Rudainy, A.K. **1985** Irrigation and Drainage in Iraq. (SOLR) Ministry of Irrigation, Baghdad-Iraq.

[2] Ben-Dor, E., N. Goldshleger, Y. Benyamini, M. Agassi and D.G. Blumberg **2003** The spectral reflectance properties of soil structural crusts in the 1.2–2.5 µm spectral region. Soil Sci. Soc. Am. J. 67, pp.289–299

[3] Eshel, G., G. J. Levy and M. J. Singer. **2004** Spectral Reflectance Properties of Crusted Soil under Solar Illumination. Soil Sci. Soc. Am. J.68, pp.1982-1991.

[4] Green, T. R., G. H. Dunn, Robert H. Erskine Jose D. Salas and Lajpat R. Ahuja **2009** Fractal Analysis of Steady Infiltration and Terrain on an Undulating Agricultural Field. Abstract. Vadose Zone J.8, pp.310-320.

[5] Quinn, J. W. **2001**, Band Combinations. Web. Site: (*jquinn@uni.edu.)*.

[6] Santra, P. , R. N. Sahoo, B. S. Das, R. N. Samal, A. K. Pattanaik and V. K. Gupta. **2009**, Estimation of soil hydraulic properties using proximal spectral reflectance in visible, near-infrared, and shortwave-infrared region. Geoderma 152, pp.338-349. Abstract.

[7] Scott, L. **2009**, An Introduction to using regression analysis with spatial data. Arc user, Magazine for ESRI software users. Spring, pp. 40-43.

[8] SOLR. **1982**, Specification for soil surveys and Hydrological investigations in Iraq. General Establishment for design and Research. Ministry of Irrigation. Selma Press, Baghdad, Iraq.

[9] Thine, C. **2004**, Application of GIS and remote sensing in characterization of soil hydraulic properties for soil physical quality assessment. Project report, Kenya Agriculture research institute and World Agroforestry Centre.

[10] Tranter, G., B. Minasny, A. B. McBratney, R. A. Viscarra Rossel and B. W. Murphy **2008**, Comparing Spectral Soil Inference Systems and Mid-Infrared Spectroscopic Predictions of Soil Moisture Retention. Soil Sci. Soc. Am. J. 72, pp.1394-1400.

[11] عباس ، اياد حميد و احمد صالح محيميد.**2011** دراسة الانعكاسية الطيفية للتربة لبعض وحدات ترب مشروع شمال الكوت في وسط السهل الرسوبي. مجلة التقني، المجلد24، صفحة269-279. هيئة التعليم التقني. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.