

دراسة استخدام رادار الاختراق الارضي في الكشف عن الهياكل العظمية

حسن علوان عطار

حيدر عبد الزهرة علوان

احمد عمران عبد الكريم

رشيد هاشم جبار

رياض احمد حنون

مركز الجيوفيزياء والموارد المائية / وزارة العلوم والتكنولوجيا

استلم البحث في: 12 شباط 2012 ، قبل البحث في 16 تموز 2012

الخلاصة

في هذا البحث درست نماذج من أجزاء عظمية مختلفة الأشكال والأحجام بواسطة الكشف عنها باستخدام رادار الاختراق الأرضي (GPR)، وذلك بدفنها في أوساط وأعماق مختلفة، ودراسة خصائص الموجة الرادارية الناتجة ومقارنتها في حال اختلاف الوسط واختلاف العمق. تبين من خلال الرسوم الرادارية أن عملية الكشف عن الهياكل العظمية تعتمد على نوع الوسط، إذ يصعب تمييزها في الأوساط الرطبة، ويصعب التمييز بين العظام والشوائب التي تحتويها التربة وذلك لأن العظام لا تكون ذا أشكال منتظمة بشكل عام.

الكلمات المفتاحية: رادار الاختراق الأرضي، الرسم الراداري، التوصيلية الكهربائية، الهوائي المغلف.

المقدمة

تعتمد تقنية عمل جهاز رادار الاختراق الأرضي (GPR) على إرسال موجات كهرومغناطيسية باتجاه الأرض من هوائي الإرسال (Transmitter) واستقبال الموجات المنعكسة عن الجسم المدفون عن طريق هوائي الاستقبال (Receiver)، إذ يعتمد أداء عمل جهاز الـ(GPR) على التفاصيل الهندسية للجسم وطبيعة الوسط المحيط، وكذلك طول موجة الهوائي المستخدم [1]. ان تأثير الموجة الرادارية المرسله بنوعيه الوسط الذي تنتشر خلاله يعود الى تأثير طور (Phase) وسعة (Amplitude) الموجة عندما تواجه سطحاً بينياً لوسطين مختلفين [2]. تتكون بيانات الرادار الأرضي من استمرار تسجيل الطاقة المنعكسة بفترات زمنية تمثل زمن وصول الإشارة الى هوائي الاستقبال (Receiver) ذهاباً وإياباً وتقاس بالنانوثانية [3]، إذ ان رسم هذه الطاقة تسمى بالـ(Trace)، وان جمع هذه الرسومات (Traces) يشكل ما يسمى بالرسم الراداري (Radargram) كما مبين في الأشكال (2,1) [5,4].

يمكن استخدام معادلات ماكسويل لوصف جميع ظواهر الموجة الكهرومغناطيسية التي تعد وثيقة الصلة في عمل الـ(GPR) وهي [6]:

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\nabla \cdot D = q \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\nabla \cdot B = 0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

اذ: E: المجال الكهربائي (Electric field), B: كثافة الفيض المغناطيسي (Magnetic flux density)
J: كثافة توصيل التيار (Conduction current density), D: الإزاحة الكهربائية (Electric displacement)
q: الشحنة الكهربائية (Electric charge).
من هذه العلاقات يمكن الحصول على معاملات المواد، مثل: التوصيلية الكهربائية (σ)، السماحية الكهربائية (ϵ)، والنفاذية المغناطيسية (μ)، عن طريق العلاقات الآتية [7]:-

$$J = \sigma E \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$D = \epsilon E \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$B = \mu H \quad \dots\dots\dots (7)$$

ومن العلاقات (7-1) يمكن اشتقاق علاقة سرعة الموجة الكهرومغناطيسية (v) خلال اوساط مختلفة كما في العلاقة الآتية:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

اذ: c: سرعة الموجة الكهرومغناطيسية في الفراغ، ϵ_r : السماحية الكهربائية، μ_r : النفاذية المغناطيسية [7,6].
كما يمكن معرفة عمق الاجسام المدفونة باستخدام العلاقة رقم (9)، اذ تمثل d_r عمق الجسم و v_m سرعة الموجة الرادارية خلال الوسط، و t_r الزمن الذي تستغرقه الموجة الرادارية منذ انطلاقها من هوائي الإرسال (Transmitting antenna) الى عودتها الى هوائي الاستقبال (Receiver antenna) [9,8].

$$d_r = \frac{v_m t_r}{2} \quad \dots\dots\dots (9)$$

يعتمد عمق الاختراق في جهاز الـ(GPR) على تردد الإشارة الرادارية وعلى طبيعة الوسط الذي تنتقل خلاله، فعندما يكون تردد الموجة الرادارية كبيراً فإن عمق الاختراق سيكون قليلاً ولكن تكون دقة الإشارة عالية، بينما في حالة الترددات القليلة فإن عمق الاختراق سيكون كبيراً ولكن على حساب دقة الإشارة [11,10].

الموجة الرادارية تخترق الاوساط ذا المقاومة العالية اكبر من الاوساط ذي التوصيلية العالية، فمثلا الاوساط الطينية الرطبة وكذلك المياه المالحة تشكل عائقاً لاداء جهاز الـ(GPR) وتجعل منه تقنية غير فعالة بسبب التوصيلية العالية لها [11]، اذ ان الطاقة الكهرومغناطيسية ضمن نطاق هذه الترددات تخترق ما يقارب (1 متر - عشرات الامتار) في الاوساط ذي المقاومة العالية بينما في الاوساط ذات التوصيلية العالية فان عمق الاختراق لا يتجاوز بضعة امتار قليلة [11,4]، ويعود ذلك الى التوهين الحاصل للإشارة الرادارية، حيث ان المجال الكهربائي للموجة الكهرومغناطيسية يتفاعل مع الاوساط ذات التوصيلية العالية (بسبب ايوناتها الكثيرة) اكبر من تفاعله مع الاوساط ذي التوصيلية الرديئة (بسبب قلة ايوناتها)، انظر الشكل (3) [11,4,3].

وبامكاننا حساب عمق اختراق الموجة الرادارية لاوساط مختلفة باستخدام المعادلة [4] رقم (3):

$$D = \frac{35}{\sigma} \text{ (meter)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

يمثل (D) عمق الاختراق بالمتر، ويمثل (σ) مقدار التوصيلية الكهربائية للوسط [4]. ويمكن من الجدول (1) معرفة التوصيلية الكهربائية وبعض الخصائص الفيزيائية الأخرى لاوساط مختلفة [12].

الجانب العملي

اختير جهاز نوع (RAMAC GPR) من انتاج Mala Geoscience السويدية. اذ استخدم هوائي مغلف (Shielded) بتردد (800,1000 MHz)، كما مبين في الصورة (1)، وكذلك تم استخدام برنامج الـ (Easy 3D) من انتاج Mala Geoscience السويدية وهو برنامج متخصص في جمع الرسوم الرادارية لاطهارها بثلاثة ابعاد. وضعت عظام أبقار في أوساط واعماق مختلفة مثل (رمل جاف ورطب). اذ استخدم الرمل الجاف على اعماق (30cm)، (50cm)، (80cm)، (100cm). ويتردد (1000MHz). كما استخدم الرمل الرطب كوسط لاعماق (30cm)، (50cm). واستخدم ايضا الهوائي بتردد (800MHz) لكشف الاجسام (العظام) على عمق (50,30 cm). اجريت المسوحات الرادارية بمسارات متوازية (المسافة بين مسار واخر 10cm) لغرض الحصول على رسم راداري (Radargram) بثلاثة ابعاد.

النتائج والمناقشة

يبين الشكل (4) وبوضوح رسم راداري للاشارة المنعكسة عن العظام وهي مدفونة على عمق 30cm في وسط رملي جاف ويعود سبب هذا الوضوح اولا الى ان الموجة الرادارية قد انعكست عن سطح بيني (Interface) لمادتين ذي تباين كبير (Contrast) هما مادة العظم والوسط المحيط (الرمل). وثانيا ان طاقة الموجة المرسله لم تعاني توهينا كبيرا اثناء اختراقها الوسط الرملي (لا توجد وفرة من الايونات، لذا لم يعان المجال الكهربائي للموجة الرادارية تفاعلا كبيرا معها الا مع الكترولونات الوسط) ومن ثم انعكس الجزء الاكبر من طاقتها باتجاه المستلم (Receiver). بينما نلاحظ في الرسم الراداري الشكل (5) ان العظام تبدو اقل وضوحا عن الحالة السابقة. وسبب ذلك يعود الى ان الزيادة في عمق الاختراق يؤدي الى الزيادة في نسبة التوهين للموجة الرادارية بسبب تفاعل المجال الكهربائي للموجة مع الكترولونات الوسط المحيط، وهذا ما نشاهده بوضوح في الشكلين (6،7). اما عند دفن العظام في الرمل الرطب فسيضعف الرمل اشارة الرسم الراداري بسبب تفاعل المجال الكهربائي مع ايونات الكترولونات الوسط الرطب كما في الشكلين (8،9). عند استخدام هوائيات عالية التردد فان الرسوم الرادارية ستكون اكثر دقة من تلك ذي الترددات الاقل [10]. وذلك لان قصر طول الموجة يظهر تفاصيل الجسم الذي يراد. ولان ايجاد مقارنة بين الهوائي (1000MHz) وهوائي اخر ذي تردد اقل (800MHz)، وجد ان الهوائي الاخير لا يظهر تفاصيل الاجسام في الرسوم الرادارية مثل التي يظهرها الهوائي الاول بل يقوم بدمج الاشارات المنعكسة عن الاجسام (العظام) ليظهرها شكلا "واحدا"، الا ان عمق اختراقه للوسط كان اكبر بسبب تردد موجته الصغير نسبي الذي يؤدي الى قلة طاقة موجته عن طاقة موجة الهوائي الاول (1000MHz) على وفق العلاقة الآتية: $E = hv$ اذ: E طاقة الموجة الكرومغناطيسية، و h ثابت بلانك، و v تردد الموجة. لذا سيكون تفاعل المجال الكهربائي للموجة مع ايونات والكترولونات الوسط اقل من الهوائي الاول، ومن ثم ستقل الاعاقة للموجة الرادارية فتخترق الى مدى اعماق خلال الوسط. كما في الاشكال (10،11).

الاستنتاجات

1. استخدام الهوائيات ذات الترددات العالية للكشف عن تفاصيل الاجسام المدفونة قريبا من سطح الارض.
2. يمكن استخدام الهوائيات ذات الترددات الاقل للكشف عن الاجسام الاكثر عمقا، ولكن على حساب دقة تفاصيل الاجسام.
3. ان زيادة رطوبة الوسط تحد من اختراق الموجة الرادارية.
4. يمكن استخدام جهاز الـ (GPR) للكشف عن المقابر المجهولة في المناطق الجافة.

المصادر

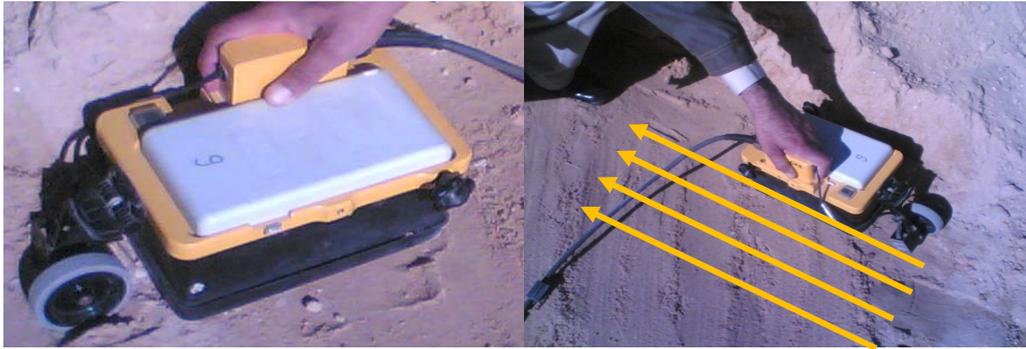
- 1- Moustafa, K. and Hussein, K. F. A. (2007) , PERFORMANCE EVALUATION OF SEPARATED APERTURE SENSOR GPR SYSTEM FOR LAND MINE DETECTION” Progress In Electromagnetics Research, PIER 72: 21–37.
- 2- Suvarna, S. S. (2004) ,Reconstruction of ground penetrating radar images using techniques based on optimization” a thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science, (1-4).
- 3- Bernth Johansson, and Johan Friberg (2005) , Applied GPR technology theory and practice” 1st edition, Malå Geoscience AB, Skolgatan 11 S-93070 Malå, Sweden.

- 4- Johan Nissen, and Bernth Johansson (2007) ,Ground Penetrating Radar - a ground investigation method applied to utility locating in no-dig technologies. R&D Manager, Malå Geoscience AB, Skolgatan 11 S-93070 Malå, Sweden, bernth.johansson@malags.se.
- 5- Rhazil, J. ; Dous, O.and Kaveh S. (2006) ,DETECTION OF FRACTURES IN CONCRETE BY THE GPR TECHNIQUE” Research Group on NDT and Instrumentation, Université de Sherbrooke, Sherbrooke (Québec), Canada.
- 6- Uduwawala, D.; Norgren, M. and Fuks, P. (2005) , A COMPLETE FDTD SIMULATION OF A REAL GPR ANTENNA SYSTEM OPERATING ABOVE LOSSY AND DISPERSIVE GROUNDS” Progress In Electromagnetics Research, PIER 50; 209–229.
- 7- Reitz, J. R.; Milford, F. J.and Christy ,R.W. (1979) ,Foundations of electromagnetic theory Addison-Wesley series in physics” ISBN 0-201-06341-7.
- 8- Sabbar Abdullah Salih (2008) ,Applications of Ground Penetrating Radar (GPR) in Detection of Groundwater Table, Department of Applied Geology, College of Science, University of Tikrit, Tikrit, Iraq, This research achieved in Division of Environmental and Resources Survey Center of Northeast Asian Studies, Tohoku University, Sendai, Japan; (1-3).
- 9- Hannu Luodes (2008) ,Natural stone assessment with ground penetrating radar, Estonian Journal of Earth Sciences, 57(3): 149-155.
- 10- William, J. Johnson (June, 7, 2003) , GEOPHYSICAL DETECTION OF GRAVES – BAS BACKGROUND AND CASE HISTORIES FROM HISTORIC CEMETERIES, Council for West Virginia Archaeology Spring Workshop Charleston, West Virginia.
- 11- Annan, A. P. (2004) ,Ground Penetrating Radar Principles, Procedures & Applications, Mississauga, on Canada, Sensors & Software, p 293.
- 12- Sami Eyuboglu, Hanan Mahdi, and Haydar Al-Shukri (2004) ,Detection of water leaks using ground penetrating radar” Department of Applied Science University of Arkansas at Little Rock, USA

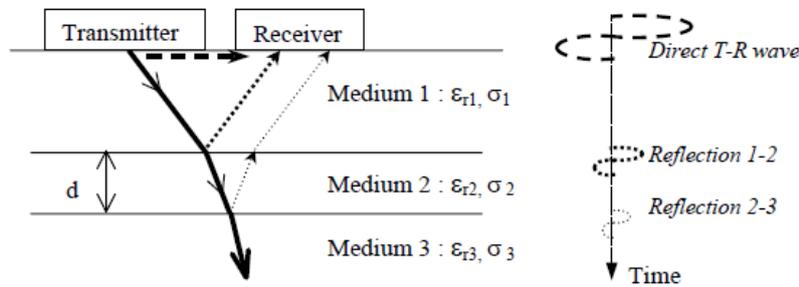
13- Hitz C. Breck ، ترجمة رياض عزيز مرزة (1990) تفهم تكنولوجيا الليزر " الطبعة الأولى، ه. ت. ع.

جدول (1) يبين سرعة (Velocity) الموجة الكهرومغناطيسية والتوصيلية الكهربائية (Electrical Conductivity) ومقدار التوهين (Attenuation) للإشارة والسماحية النسبية (Relative Permittivity) لآوساط مختلفة

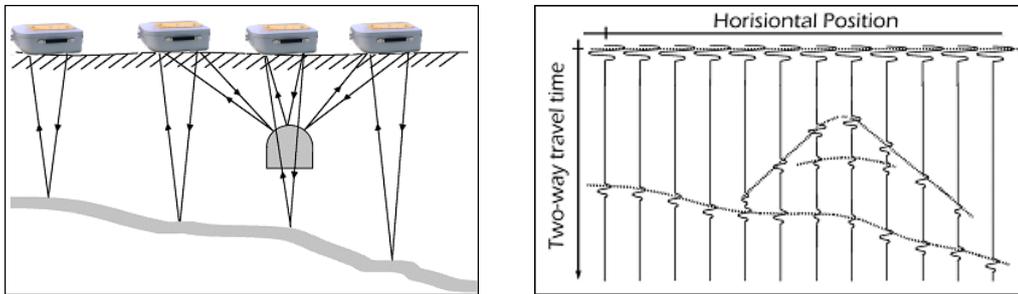
Material	Typical Relative Permittivity	Electrical Conductivity, mS/m	Velocity, m/ns	Attenuation, dB/m
Air	1	0	0,30	0
Distilled Water	80	0,01	0,033	0,002
Fresh Water	80	0,5	0,033	0,1
Sea Water	80	3000	0,01	1000
Dry Sand	3 - 5	0,01	0,15	0,001
Saturated Sand	20 - 30	0,1 - 1,0	0,06	0,03 - 0,3
Limestone	4 - 8	0,5 - 2	0,112	0,4 - 1
Shales	5 - 15	1 - 100	0,09	1 - 100
Silts	5 - 30	1 - 100	0,07	1 - 100
Clays	5 - 40	2 - 1000	0,06	1 - 300
Granite	4 - 6	0,01 - 1	0,13	0,01 - 1
Dry Salt	5 - 6	0,01 - 1	0,13	0,01 - 1
Ice	3 - 4	0,01	0,16	0,01



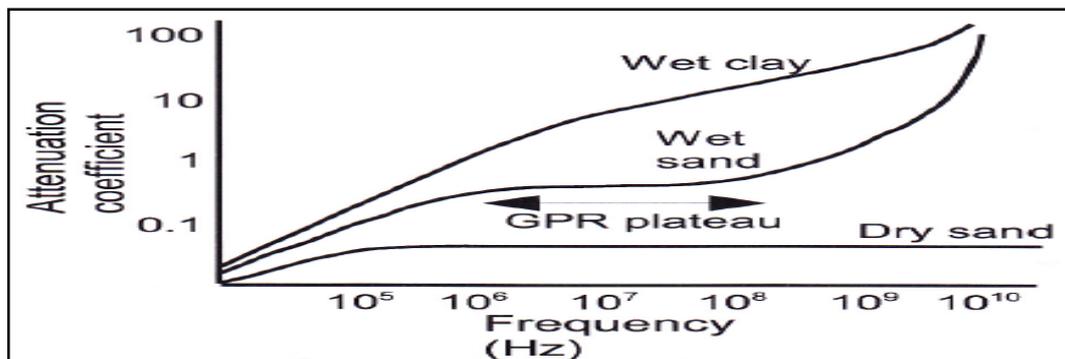
صورة رقم (1): تبيين الهوائي المستخدم واتجاه المسح الراداري كما مؤشر بالاسهم



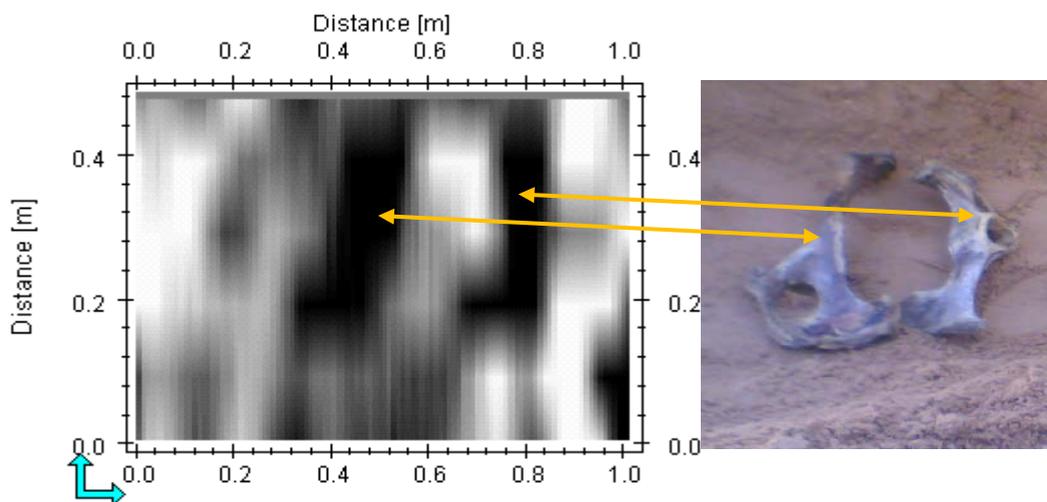
شكل (1): يبين الموجة الكهرومغناطيسية (الرادارية) المرسله والمستلمة خلال اوساط مختلفة



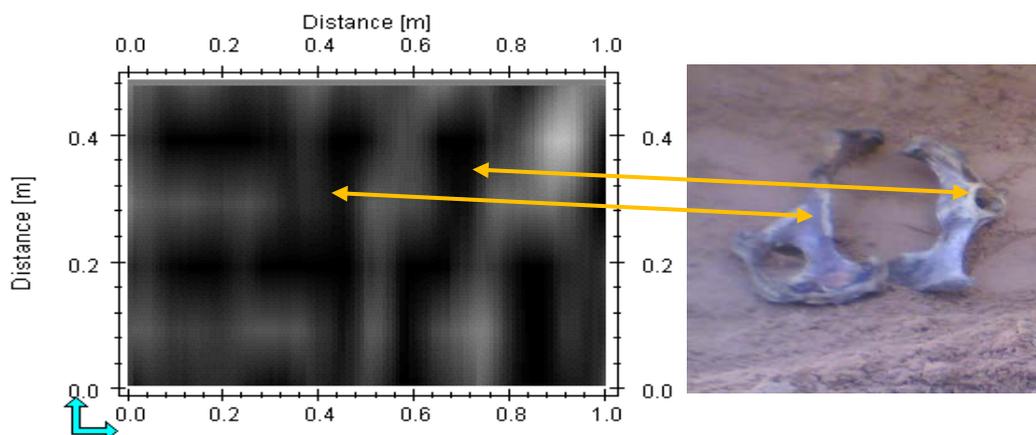
شكل (2): يبين مبدأ عمل (GPR)، اذ نلاحظ ان الموجة الرادارية المرسله من قبل الهوائي قد انعكست عن الجسم المدفون وعن الطبقة الجيولوجية لتصل الى المستقبل (كما في الشكل الایسر) ليتم تحويلها الى رسم راداري (كما في الشكل الایمن).



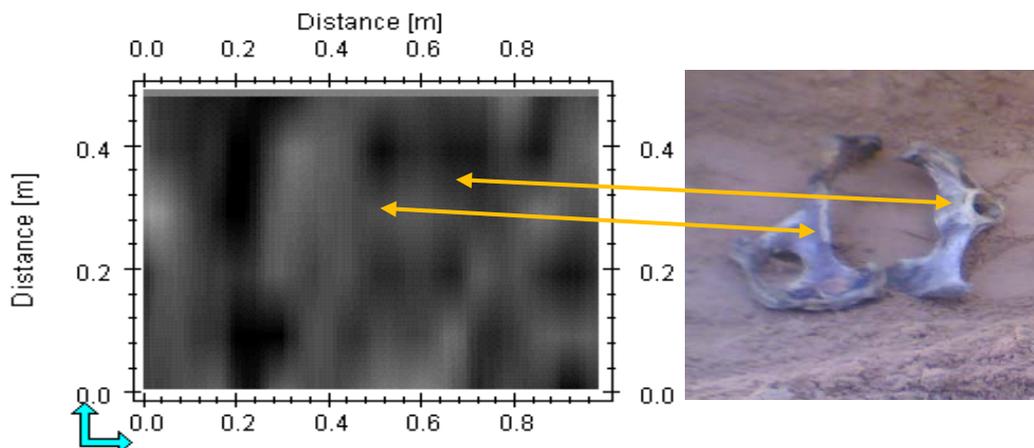
شكل (3): يبين مقدار التوهين (Attenuation) في الموجة الرادارية كدالة للتردد (Frequency) خلال الاوساط الرطبة (Wet) والجافة (Dry).



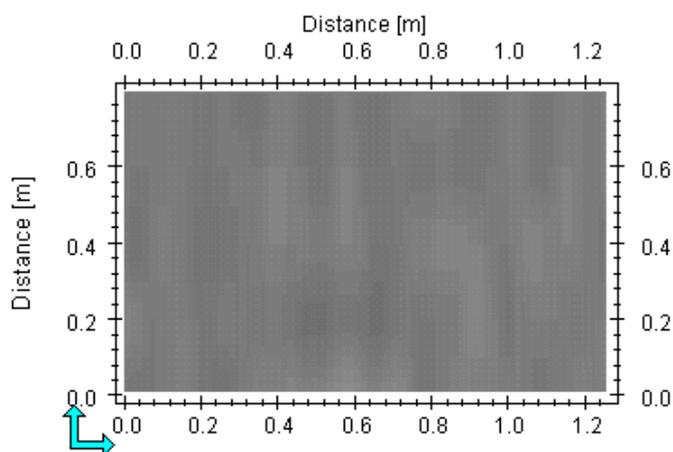
شكل (4): منظر علوي (Top view) لرسم راداري يبين فيه شكل العظام وهي مدفونة على عمق 30cm في وسطرملي جاف، الهوائي المستخدم 1000MHz.



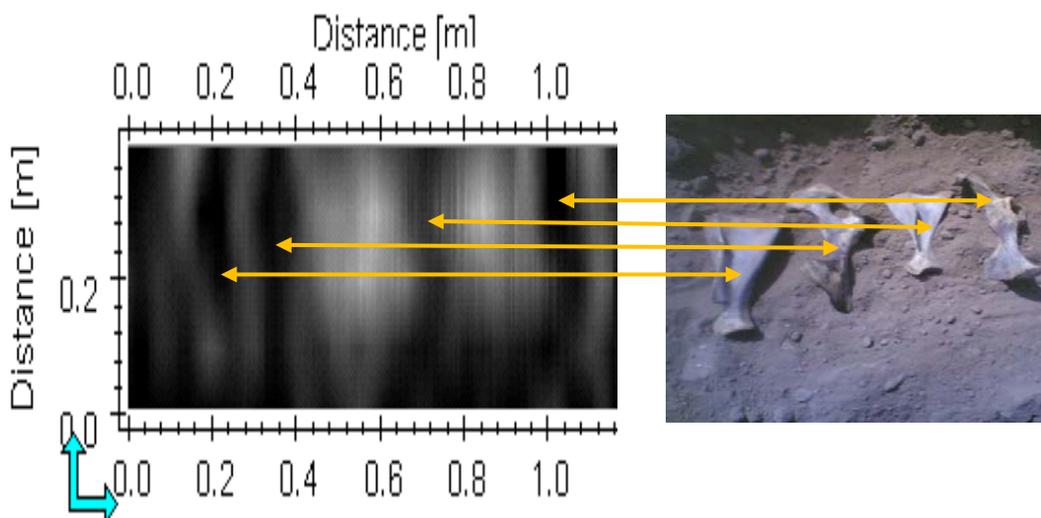
شكل (5): منظر علوي (Top view) لرسم راداري يبين فيه شكل العظام وهي مدفونة على عمق 50cm في وسط رملي جاف، الهوائي المستخدم 1000MHz.



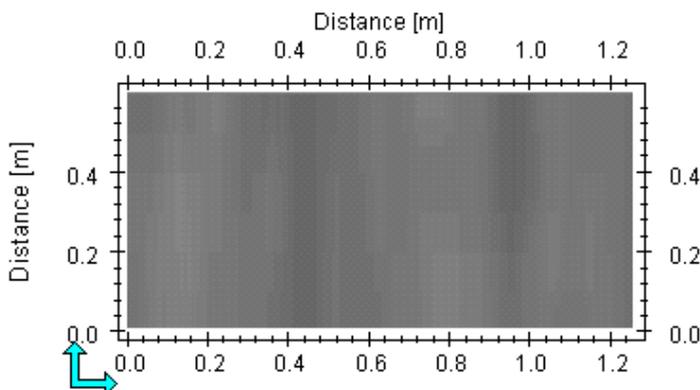
شكل (6): منظر علوي (Top view) لرسم راداري يبين فيه شكل العظام وهي مدفونة على عمق 80cm في وسط رملي جاف، الهوائي المستخدم 1000MHz.



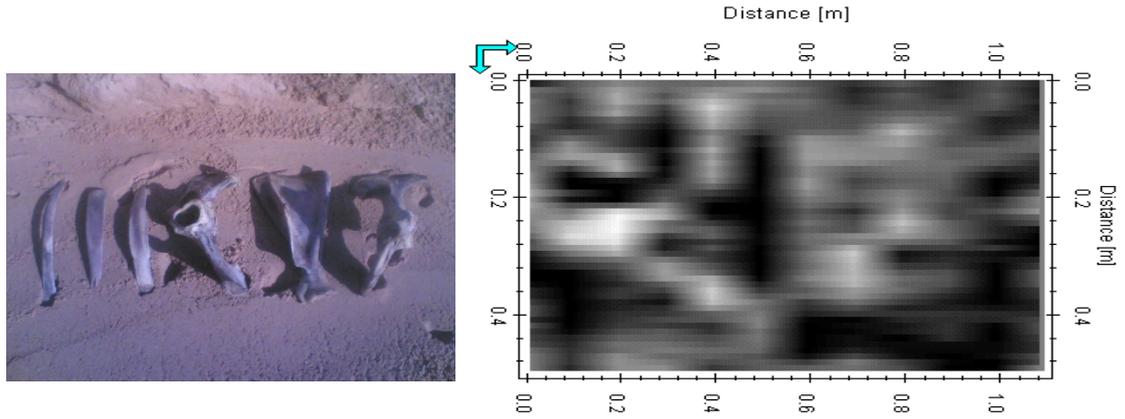
شكل (7): منظر علوي (Top view) لرسم راداري يبين فيه اضمحلال الاشارة الرادارية على عمق 100cm في وسط رملي جاف، الهوائي المستخدم 1000MHz.



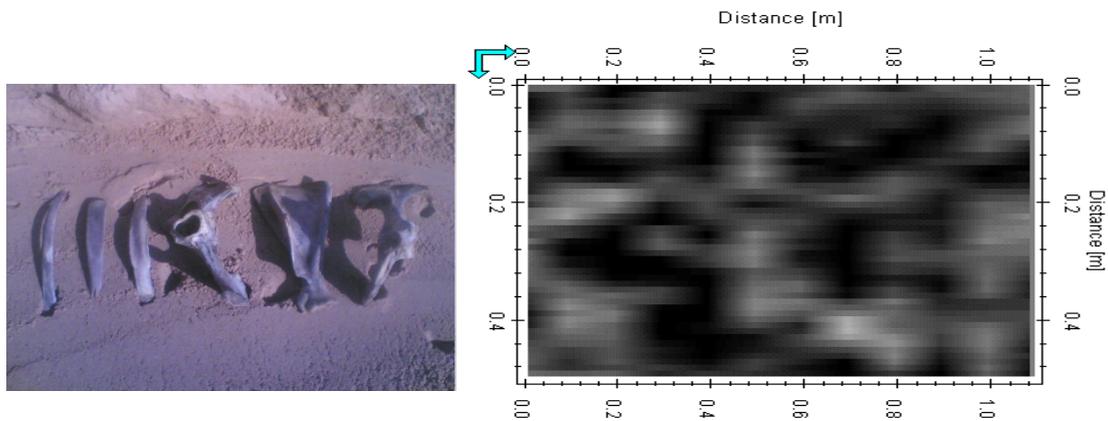
شكل (8): منظر علوي (Top view) لرسم راداري يبين فيه شكل العظام وهي مدفونة على عمق 30cm في وسط رملي رطب، الهوائي المستخدم 1000MHz



شكل (9): منظر علوي (Top view) لرسم راداري يبين فيه اضمحلال الاشارة الرادارية على عمق 50cm في وسط رملي رطب، الهوائي المستخدم 1000MHz



شكل (10): منظر علوي (Top view) لرسم راداري يبين فيه شكل العظام وهي مدفونة على عمق 50cm في وسط رملي جاف، الهوائي المستخدم 800MHz.



شكل (11): منظر علوي (Top view) لرسم راداري يبين فيه شكل العظام وهي مدفونة على عمق 100cm في وسط رملي جاف، الهوائي المستخدم 800MHz.



Detection of Human Remain Using GPR Technique

Hassan A. Attar

Haidar A. Alwan

Ahmad O. Abdulkareem

Rasheed H. Jabbar

Ryadh A. Hannoon

Center of the Geophysics & whater Resources / Ministry of Science and
Technology

Received in : 12 February 2012 , Accepted in : 16July 2012

Abstract

In this work, animal bones with different shapes and sizes were used to study the characteristics of the ground penetrating Radar system wares reflected by these bones. These bones were buried underground in different depths and surrounding media. The resulting data showed that the detection of buried bones with the GPR technology is highly dependent upon the surrounding media that the bones were buried in. Humidity is the main source of signal loss in such application because humidity results in low signal-to-noise ratio which leads to inability to distinguish between the signal reflected by bones from that reflected by the dopes in the media such as rock .

Keyword: GPR, Radargram, Electrical Conductivity, Shielded Antenna.