# التحري عن مبنى اثري مدفون بأستخدام طريقة التصوير الكهربائي

**علاء عزت حسن هالة احمد داود ميرفت اياد عبد الخالق**

وزراة العلوم والتكنولوجيا/ دائرة الفضاء والأتصالات – مركز الجيوفيزياء والموارد المائية

بغداد– العراق

**الخلاصة**

تعتبر طريقة التنقيب اليدوي هي الطريقة الأساسية التقليدية العملية للبحث عن الآثار، وهي بمثابة أسلوب العمل الأساسي للآثاري رغم ما تشكله من متاعب أو اتلاف الآثار المطمورة . لذا ظهرت في هذا المجال الحاجة الى استخدام طرق غير اتلافية ، تنبئية تساعد الآثاري في تحديد المواقع الاثرية وامتداداتها دون الحاجة الى طرق الحفر التقليدية . وتعتمد هذه الطرق في العموم على التغيرات في الصفات الفيزيائية للآثار عن الترب المحيطة بها .ومن هذه الطرق طريقة التصوير الكهربائي التي تعتمد على قياس التغيرات العمودية والجانبية في المقاومة الكهربائية الناتجة عن الاختلاف في نسيج التربة والمحتوى المائي بين الاثار والمناطق المحيطة بها. تم في هذا البحث اجراء قياسات حقلية في موقع ابو صخير الاثري في بغداد للتحري عن مباني اثرية مدفونة. تم القياس على امتداد خمسة مسارات متوازية طول كل واحد منها 80 م والمسافة الفاصلة بين مسار واخر 2م مستخدمين 41 قطباً كهربائياً المسافة بين قطب والاخر تبلغ 2م . تم معالجة البيانات باستخدام برمجيات RES3dinv,RES2dinv. بينت المرتسمات بالتصوير الكهربائي ثنائي البعد وجود جدران وارضية بناء مطمورة تحت عمق يتراوح من (1–3.47)م مع تمييز قناة مدفونة عند عمق 2 م. كما بينت المرتسمات ثلاثية الابعاد شكل وتوزيع الجدران والارضية المطمورة وعمقها.

**الكلمات المفتاحية:** التصوير الكهربائي ثنائي البعد، التصوير الكهربائي ثلاثي البعد ، الابنية المدفونة والطرق الجيوفيزيائية.

# Investigation of Buried Historical Building by Using Electrical Imaging Method

**Alaa Ezet Hassen Hala Ahmed Dawood Mervat Eyad Abdul-khalek**

Ministry of Science and Technology/ Space Technology and Communication

Directorate- Center of Geophysics and Water Resources

Baghdad- Iraq

**E-mail**: geomostiraq@yahoo.com

**Abstract**

The traditional excavation method is considered the basic and most commonly used for archaeological exploration. However, it has its drawbacks among which is the risk of damaging the area of exploration itself. This had led to adapt methods that are non-destructive and, at the same time, efficient in determining the extensions of the archaeological site. These methods depend on the fact that the targeted materials are different in their physical properties from the surrounding medium. One of these method is the electrical resistivity method. In this research field measurements carried out in Abu Sakhir archaeological site in Baghdad governorates to investigate the buried historical building. Five parallel profiles carried out , the length of each profile is 80 meters and the distance are 2 m. between profile and another . We used 41 electric pole and the distance between each pole and another is 2 m .All profiles file are processed by using RES3dinv and RES2dinv software . The profiles of two-dimensional imaging explain the presence of some walls and floor of building that buried at a depth of (1-3.47) m., Also there is buried channel at a depth of (2) m. The three-dimensional imaging Profiles showed the shape and distribution of the walls , the floor and depth.

**Key Words**: Two-dimensional Electrical Imaging, Three-dimensional Electrical Imaging, Buried Building and Geophysical Methods.

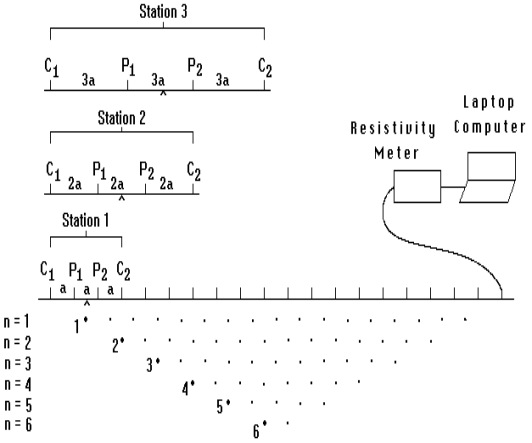
**المقدمة**

كان أول استخدام لطريقة التصوير الكهربائية سنة1964 (**Paolo**, *et al*., 1998) ، وهي أول الطرق الجيوفيزيائية التي استخدمت في الكشف عن الآثار المدفونة في باطن الأرض والتي يمكن لها مساعدة علماء الآثار على استخدام نظريات علم الفيزياء في الكشف عن التركيبات الجيولوجية للقشرة الأرضية والتحري عن الاثار , اعتمدت طرق البحث عن الآثار بصورة عامة على الخبرات العلمية في هذا المجال حيث أن معظم التلال الأثرية تعرف إما نتيجة تدوينها في الكتب التاريخية أو بمقارنتها بالأراضي المحيطة حولها من حيث المرتفعات ، ووجود الملتقطات الأثرية (قطع من الفخار والزجاج ..الخ ) التي تغطي معظم التلال الأثرية (مختار، 1985) ان فائدة استخدام طريقة التصوير الكهربائي هو سرعتها في التطبيق وقلة التكلفة مقارنة مع طرق الحفر التقليدية ، حيث تظهر أهميتها في المواقع ذات المساحات الواسعة جداً اضافة لعدم وقوع اي أضرار في البناء الأثري وباستخدامها يمكن تعيين نوعية وامتداد البناء الأثري وتراكيبه (Mokhtar and Saidin, 2012 ). وعليه فهناك العديد من المواقع الأثرية ينقصها المسح الجيوفيزيائي لوضع صورة واضحة عن وجود وامتداد الأبنية الأثرية . كما أن هناك الكثير من المواقع الأثرية يمكن التحري عنها وحفظها تحت سطح الأرض بدون تنقيب إلى أن يكون الاستعداد كامل للتنقيب والصيانة.تعتمد هذه الطريقة على وجود الاختلاف في الممانعة الكهربائية(Resistivity Impedance) بين الجسم الأثري والمواد المحيطة به ، ومن المعروف أن الصخور تختلف في قابلية التوصيل الكهربائي الذي يعتمد على عدة أسباب ، منها وجود الفراغاتونوعية المعادن المكونة لها( Gabriel, 2013 ).

يهدف البحث الى التحري عن بقايا مبنى اثري مدفون في موقع ابو صخير الاثري واظهار ابعاده وامتداداته من خلال استخدام طريقة التصوير الكهربائي الثنائي والثلاثي الابعاد بأستخدام ترتيب شلمبرجر.

**المواد وطرائق العمل**

توجد العديد من الطرائق لامرار التيار الكهربائي في الارض لغرض التحري عن التراكيب تحت السطحية ، والطريقة الاكثر انتشاراً تتضمن ارسال التيار الكهربائي الى الارض بوساطة زوج من الاقطاب المعدنية موضوعة على نقطتين في الارض وقياس فرق الجهد الكهربائي بوساطة قطبين آخرين حسب قانون اوم الذي ينظم العلاقة بين التيار الكهربائي والفولتية والممانعة التي تواجه مرور التيار مع الاخذ بنظر الاعتبار العامل الهندسي لنشر الاقطاب والمسافة بينها ( Shima, 1992)، شكل (1)




**شكل (1) ترتيب الاقطاب وتوزيع نقاط القياس في التصوير الكهربائي ثنائي البعد**

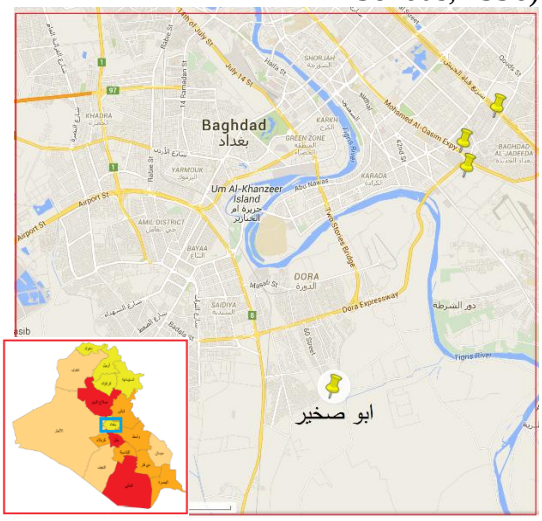
يجري تحليل البيانات الحقلية لقيم المقاومة الكهربائية بالاعتماد على نظرية الانقلاب(Inversion Theory) المرتكزة على تسوية او صقل (Smoothness) البيانات والمبنية على طريقة المربعات الدنيا حيث تمثل القيم بعدد كبير من المستطيلات توزع على مقطع وهمي (Pseudo-section) وان احجام هذه المستطيلات تعتمد على قيم المقاومات الظاهرية ويتم الحصول على التوزيع الثنائي والثلاثي الابعاد لقيم المقاومات الحقيقية بأستخدام البرمجيات المكتبية

RES2DINV و RES3DINV( EIZein, *et al.*, 2005).

الخاصية الكهربائية المميزة للتربة في الطبيعة هي التوصيل الكهربائي والذي يكون على نوعين : النوع الأول يحدث نتيجة حركة الايونات خلال الفلز ويسمى بالتوصيل الفلزي ، والثاني التوصيل الاليكتروليتي الذي يحدث نتيجة حركة الايونات خلال المحاليل التي تملأ مسامات التربة (Roy and Lubczynski, 2000). وذلك لان الحبيبات المعدنية المكونة لها تكون عازلة كما انها تكون مترابطة مع بعضها بدرجات مختلفة تاركة فيما بينها فراغات (Pores) مختلفة في الحجم وتكون مملوءة كلياً أو جزئياً بالماء ولذلك يكون التوصيل عن طريق الماء المحصورة بين الفراغات (Muralidhan,1996).وتعتمد المقاومة النوعية للتربة على المقاومة النوعية للاليكتروليت الذي يملأ الفراغات(Ravi, 1997). تعتمد المقاومة النوعية للصخور الرسوبية على عدة عوامل منها، المسامية ودرجة التشبع والملوحة وطبيعة المحلول الموجود في الفراغات ، وبشكل عام تمتاز التربة الرسوبية بتوصيلية عالية لمساميتها العالية واحتوائها على المحاليل التي تساعد على التوصيل الكهربائي(Jakalia, 2015) .أما الرسوبية الجافة سواء كانت مسامية او غير مسامية فتمتاز بتوصيلية قليلة . وعلى هذا الأساس فان المقاومة النوعية للتربة تتغير بدرجة كبيرة ليس فقط من تكوين لآخر ولكن خلال رواسب التكوين الواحد أي انه لا توجد علاقة محددة بين الصخارية والمقاومة النوعية. (Sharma, 1976).

**العمل الحقلي**

أجريت المسوحات الحقلية لمنطقة الدراسة في موقع ابو صخير الاثري في الدورة جنوب بغداد (شكل 2) بعد استحصال الموافقات الاصولية من الهيئة العامة للاثار والتراث وهو من المواقع الاثرية المثبتة لدى الهيئة والذي لم تجرى عليه اية اعمال تنقيب . جيولوجياً فان الموقع مغطى بترسبات السهل الفيضي لنهر دجلة المتكونة في غالبيتها من الرمل، الغرين، والغرين الطيني (Duraid and Sondus, 1996)




**شكل (2) موقع ابو صخير الاثري في منطقة الدورة ببغداد**

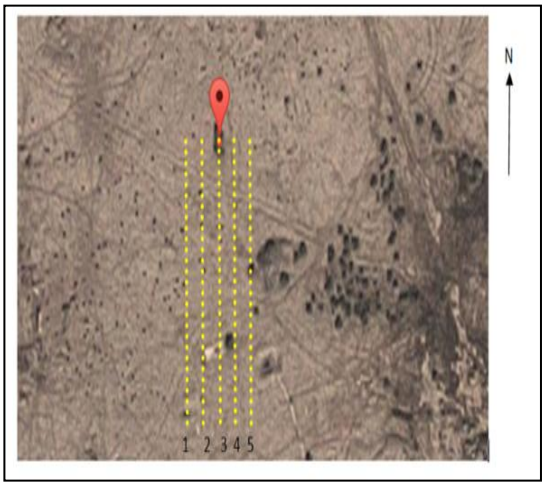
أستخدم جهاز المسح الكهربائي نوع ABEM TERRAMETER-LS (شكل 3) ذو 14 قناة منفصلة الاستقبال مع امكانية استقبال فولتية بمقدار 600 فولت مع مخرج فولتية للاقطاب اقصاها 1200 فولت مما يعطي قابلية تحسس للمقاومات القليلة بدقة 0.2% وبقدرة تحليلة 3nV في الثانية الواحدة موصل بكيبل طوعي يحتوي 41 الكترود .

**شكل (3) جهاز المسح الكهربائي نوع ABEM TERRAMETER-LS**

اجريت القياسات الحقلية شكل(4) وهي جزء من موقع ابو صخير الاثري على خمسة مسارات متوازية طول كل منها 80م وبفاصلة مقدارها 2م بين مسار واخر (شكل5) ، وأستخدم ترتيب

شلمبرجر (Schlumberger Protocol) للحصول على معلومات لعمق 14 متر تقريباً. وزعت اقطاب الجس (Electrodes) بعدد 41 قطباً على مسافة بينية مقدارها 2 متر بين قطب واخر.

**شكل (4) القياسات الحقلية**




**شكل (5) مسارات القياس بطول 80 متر ومسافة بينية 2 متر**

**النتائج والمناقشة**

**بيانات التصوير الكهربائي ثنائي البعد**

1- اجريت القياسات الحقلية لمدة ثلاثة ايام اخذين بنظر الاعتبار رطوبة التربة نتيجة تساقط الامطار على منطقة الدراسة التي تؤدي الى زيادة المحتوى المائي وبالتالي زيادة قيم التوصيلية للتربة .

2-في هذه الدراسة عولجت البيانات الحقلية باستخدام برنامج RES2DINV حللت البيانات ورسمت في اشكال ثنائية البعد (Psedosection) والحصول على خمس مقاطع واوضحت الدراسة بان استخدام الطريقة الكهربائية من افضل التقنيات الحديثة لرصد التغيرات في مقاومية التربة لمعرفة الظواهر الاثرية تحت سطح الارض وتحديد ابعادها وذلك من خلال عمل مجموعة مقاطع تحليلية.

3- بهدف الوصول الى نتائج دقيقة ونسبة خطأ قليلة تم معالجة البيانات باستخدام طريقة التكرار التي تستقر فيها نسبة الخطأ RMS على قيمة ثابتة.

4- بيِّن تحليل مقاطع المسارات الخمسة (شكل 6) وجود تباين في توزيع قيم المقاومة الكهربائية لطبقات التربة على الرغم من قصر المسافة الفاصلة بين هذه المسارات ويعود ذلك الى التباين في المحتوى المائي التربة حيث تراوحت هذه القيم بين (1.32-5.33) اوم. م في المسار الاول ،(0.257-3.55) اوم.م للمسار الثاني ، (3.59-0.574) اوم.م للمسار الثالث ،(1.06-3.55) اوم.م للمسار الرابع ، و(1.27-4.3) اوم.م للمسار الخامس. اما توزيع قيم المقاومة العالية القريبة من السطح فقد فسر على انه ارضية صلبة لابنية على عمق يتراوح بين(1-2.5) م ممتدة على اطوال تتراوح بين (12-20) م ، وكذلك تحديد قناة مدفونة على عمق (3.47) م.

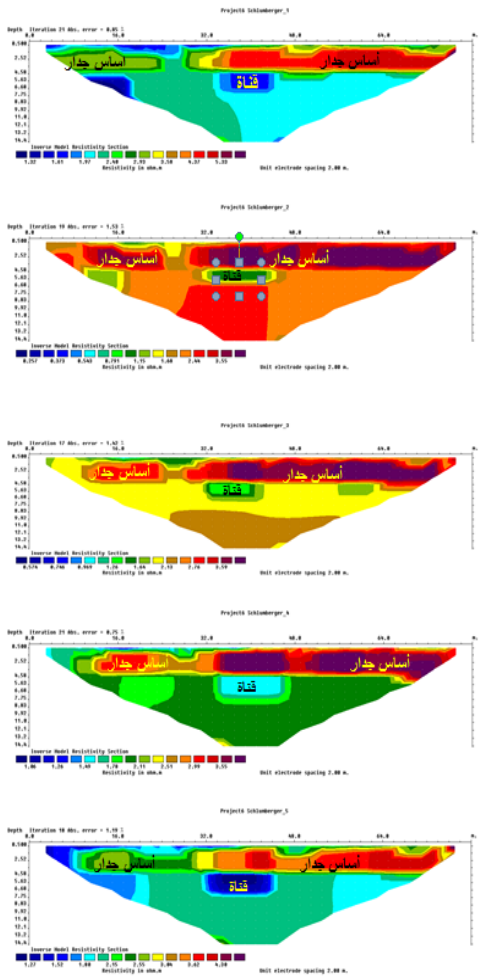
**بيانات التصوير الكهربائي ثلاثي البعد**

1- تم جمع البيانات ببرنامج التحليل ثلاثي الابعاد لغرض معالجة البيانات الحقلية وعرض النتائج بصورة مجسمة تساعد على التفسير بشكل اوضح وقد تم رسم خمسة شرائح افقية تغطي كامل مساحة الدراسة وعلى اعماق مختلفة ابتداءً من مستوى سطح الارض الى عمق 6.75 م. حيث توزعت قيم المقاومات ضمن المقياس (1-5.1) اوم.م وبلغ عدد التكرار (Iteration) 12 بنسبة خطأ 1.9 %.

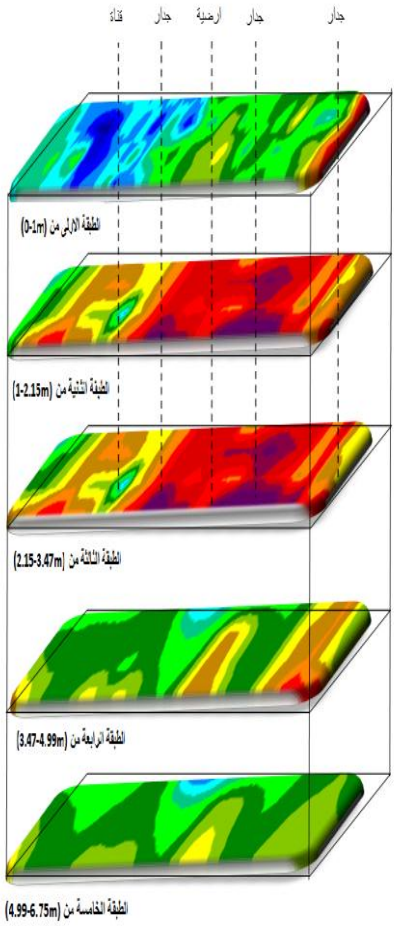
2- الشكل (7) يوضح شريحة افقية عند عمق (0-1.0) م يظهر تأثير توزيع المقاومات العالية لجدار يمتد من عمق (1 م) ولغاية عمق الاختراق البالغ (3.47م) اي يمكن استنتاج ارتفاع الجدار الاصلي بحدود (2.5 م) ، اما باقي المقطع

فيمثل توزيع للمقاومات للتربة المزيجية المالئة للحيز المدفون فيه الجدار.

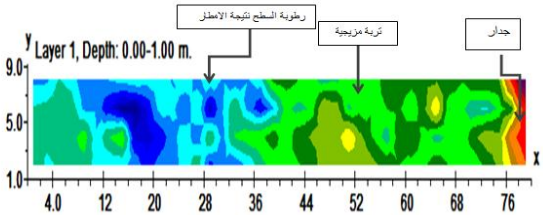
3- الشكل (8) يمثل شريحة افقية عند العمق(1-2.15) م نلاحظ ظهور توزيع للمقاومات العالية في مناطق تواجد الجدران حيث يظهر امتداد تاثير الجدار المؤشر في الشكل (7) مع توزيع للمقاومة عالية نسبيا التي تشير الى وجود ارضية بناء بطول (38م) وبعرض (6م) مع ظهور تاثير وجود قناة مدفونة بعرض (3 م) محاطة بمواد دفن.



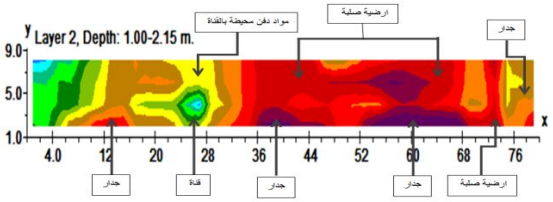

**شكل (6) مسارات القياس بطول 80 م ومسافة بينية 2 م**




**شكل (7) شريحة افقية عند عمق (0-1.0) م يظهر تاثير جدار بطول(9م) ضمن مساحة منطقة الدراسة .**




شكل (8) شريحة افقية عند عمق(1-2.15) م




**شكل (9) التتابع الطبقي لمنطقة الدراسة بالمرتسمات ثلاثية الابعاد**

4- يمكن تمييز القناة المعلمة سابقا في الشكلين (6 و8) حيث يظهر تاثير توزيع المقاومات من عمق (2م) ويمتد الى (3.47م) ،تكون محاطة بمواد دفن ذات مقاومة قليلة نتيجة تغير نسيج التربة كما في الشكل (9) الذي يمثل التتابع الطبقي للتربة لأول خمسة مقاطع ضمن منطقة الدراسة بعمق التحقق الذي يبلغ (6.74م) .

5- الشكل(9) يظهر التتابع الطبقي لعمق الاستكشاف للطبقة الاولى (0-1) م ،الطبقة الثانية (1-2.15) م، الطبقة الثالثة (2.15-3.47) م ، الطبقة الرابعة (3.47-4.99) م ، الطبقة الخامسة (4.99-6.74) م مع اهمال بقية الطبقات التي تلي الطبقة الخامسة وذلك لتأثير مستوى المياه الجوفية عليها وتشبعها بمستوى رطوبة عالية مما يؤثر على توزيع المقاومات الكهربائية وزيادة التوصيلية بشكل مضطرد في قراءات الجهاز.

**الاستنتاجات**

ان المدى الذي انحصرت فيه تغيرات المقاومة الكهربائية يعد قليلاً ومع ذلك فأن شكل وتوزيع هذه المقاومات يدل على وجود بقايا ابنية أثرية تحت الارض، ويستنتج من ذلك أيضا ان نوع مواد البناء لا يختلف كثيرا عن التربة المحيطة بها اي ان الابنية ليست مبنية من حجر او صخور وانما من مواد الطين المعمول بها في وادي الرافدين.

ان تحديد القنوات يتم من خلال وجود أنخفاض قيم المقاومة الكهربائية مقارنة بالقيم للمناطق المحيطة فضلا عن شكل توزيع المقاومية الذي يكون بشكل منتظم قريباً من شكل الدائرة او المستطيل وذلك لان خواص التربة في القنوات تكون مفككة وبالتالي امكانية ازدياد المحتوى المائي فيها مما يعطي قراءات منخفضة للمقاومة الكهربائية مقارنة بالمناطق المحيطة.

أوضحت المقاطع ان قيم المقاومة الكهربائية في طبقات التربة العليا عالية تعزى الى كونها ابنية اثرية مدفونة.

يمكن الاستفادة من البيانات الحقلية في محاكاة الواقع الحقلي من خلال الاشكال ثلاثية الابعاد التي يوفرها برنامج RES3DINV في تجسيم موقع الدراسة.

تعتمد دقة البيانات المنتجة بواسطة البرامج على مقدار المسافة الفاصلة بين مسار واخر فضلا عن المسافة بين الاقطاب لتقليل نسبة الخطأ .

**المصادر**


مختار ، محمد جمال (1985). استخدام التقنيات الحديثة في مجال الآثار. مجلة المنهل(454 () 31 ,135-139).

**Duraid**, B.D; Sondus, M.M. (1996). Geological Map of Baghdad Quadrangle Sheet NI-38-10 of Scale 1:250 000, 1st. ed. GEOSURV. Baghdad.

**EIZein**, E. A.; Loke, M. H. and Lee, C. Y. (2005). 2D Electrical Surveys to Map The Interface Between Fresh and Saline Ground Water in North Kedah and Perlis Malaysia.SJBS(G) (6) ,69-91.

**Gabriel**, Z. U. (2013). 2D Electrical Resistivity Imaging for the Investigation of the Subsurface Structures at the Proposed Site for Kauridan Estate at Ibagwa. Nike, Southeastern Nigeria, International Journal of Scientific Research in Knowledge (IJSRK), (1)(12) ,528-535.

**Jakalia,** I. S. (2015). Implications of Soil Resistivity Measurements Using theElectrical Resistivity Method. International Journal of Scientific and Technology Research (4) (1) ,11-18.

**Muralidharan,** D. **(**1996). A Semi-quantitative Approach to Detect Aquifers in Hard Rocks from Apparent Resistivity Data. Soc. Indea, ( 74) (2), 237-242.

**Mokhtar**, M.and Saidin, (2012). 2D Resistivity Methodto Investigate an Archaeological Structure in Jeniang, Kedah.Ejge,(17)(Bund C) ,353-360.

**Paolo**, M.; Dario, M. and Ivo, B. (1998). Examples of Ac Resistivity Prospecting in Archaeological Research.Annali Di Geofisica, (41) (3) ,385-388.

**Ravi,** J. S. (1997). Effects of Pore Structure and Wettability on The Electrical Resistivity of Partially Saturated Rocks. A Network Study, Geophysics, (62) (4), 1151–1162.

**Roy,** J. and Lubczynski, M. W. (2000). The MRS Technique for Ground Water Recourse Evaluation. Test Results from Selected Site in South Africa, Ground Water: Past Achievements and Future Challenging. Conference IAH Congress of Ground Water, ISBN, 273-279.

**Sharma,** P. V. (1976). Geophysical Methods in Geology. Amsterdam, Elsevier Scientific Pup. Co. Netherland.

**Shima**, H. (1992). 2-d and 3-d Resistivity Image Reconstructing Using Crosshole Data. Geophysics (57) ,1270-128