ردمد ISSN 2170–1636 EISSN 2600-6324 الإيداع القانوني: Depot Légal 1156 –2014

وسائل الكشف عن المخلفات الأثرية الطرق الجيوفيزيائية– أنموذجا

Means of detection of archaeological waste Geophysical methods - a model

د. مرزوق بتة*

Dr .BETTA merzoug

أستاذ محاضر قسم أ في التاريخ القديم

– قسم العلوم الإنسانية– شعبة التاريخ– جامعة محمد بوضياف المسيلة.

– البريد الالكتروني: merzoug.betta@gmail.com

Summary: *The exploration relics left behind by us human in the last process, is considered the Main Stage in the field of research and disclosure of the effects, and has ratified the final say when he said that the pick Digger is the mainstay of archeology, Acts of drilling and exploration of the effects have a significant role in the detection of human waste material in the past, and we can say that the excavation will continue in most respects to rely on traditional manual skills and an eye specialist and intelligent conclusion, using the traditional hand tools are simple.*

But in light of scientific developments and new technologies makes it imperative for the Archaeological Prospector be assisted Bhatth technological means that facilitate his work in the archaeological field increased to complete its work as soon as possible, plus they help him reach new scientific facts and reveal him for the waste can not be seen eye abstract. Hence we can say that he can not for archeology to dispense with the services provided by him knowing that, especially with attached technological means, which assisted in the detection and excavation, where taking archeology in recent depends a lot on the set of nature, physics and chemistry to detect is located in the ground or under water effects, and among these circumstances means scientific methods, we find geophysical methods, what I wonder is intended geophysical ways? What are the methods used to detect the relics?

***Key word**: the last process; the field; research; archeology.*

مقدمة: لقد أصبح الاهتمام بعلم الآثار في الوقت الراهن أبلغ وأكثر انتشارا مما كان عليه في السابق لدرجة أن العلاقة بين المتخصصين والقارئ العادي أصبحت قريبة جدا، حيث ساهمت بعض مقالات الجرائد وكثير من الكتب الشعبية في جعل القارئ متتبعا لأحدث أساليب البحث والاكتشافات الأثرية، وذلك لأن الآثار تُعتبر من الثروات القوميّة الخاصّة بمختلف

* تاريخ استقبال المقال:2017/06/19تاريخ المراجعة:2017/10/02 تاريخ القبول:2017/10/08

ردمد ISSN 2170–1636 EISSN 2600-6324 الإيداع القانوني: Depot Légal 1156 –2014

الدول، حيث تعمل الآثار على حفظ هوية الحضارات التي تعاقبت على المنطقة، وإبراز نمطهم المعيشي؛ فالحضارات البائدة ما هي إلا لبنات في خط التاريخ الطويل، وبالتالي فالإنسان بحاجة إلى تعلم الطريقة التي كان أسلافه يعيشون بها.

إنّ اكتشاف المخلفات الأثرية ليس بالعمل السهل، بل هو عمل شاق مضنٍ، حيث تتضافر جهود عدّة جهات في الدولة من أجل التنقيب عن المواقع الأثريّة، وإبراز هذه الهويّة الحضاريّة الرائعة، أمّا أولئك الأشخاص الذين يحاولون سرقة بلدانهم وتهريب آثارها إلى الخارج طمعاً في الثروة فقط، فهم دون أدنى شك لا يملكون الحسّ الأدنى من المسؤوليّة اتّجاه أوطانهم، وهم للأسف كثيرون في وطننا الجزائري الذي يعتبر من أكثر المناطق في العالم غنى حضاريّاً، وتُستعمل العديد من التقنيات من أجل التنقيب والبحث الأثريّ وفيما يلي استعراض لمثل هذه الطرق.

1- مفهوم المسح الجيوفيزيقي: يُعنى هذا العلم باستخدام الطرق الجيوفيزيائية المختلفة في التنقيب والكشف عن الآثار المطمورة في باطن الأرض، وهذا من أجل دراستها وتحديد عمر بعض المواد الأثرية، وتعتمد فكرة المسح الجيوفيزيقي على قياس التباين في الخواص الطبيعية (المغناطيسية الأرضية والجاذبية الأرضية) بين عناصر التربة والمدفونات المختلفة بداخلها، أو قياس مقاومة عناصر التربة المختلفة والمتنوعة للموجات الكهرومغناطيسية أو الكهربائية أو الصوتية[1].

إن العمل بهذا العلم بدأ في الخمسينيات من القرن الماضي، وتكمن أهمية العلاقة بين علم الجيوفيزياء وعلم الآثار في الإمكانات التي تتيحها وتوفرها الطرق الجيوفيزيائية لرصد وقياس الخواص الطبيعية التي تتميز بها البقايا الأثرية المدفونة تحت سطح الأرض بسهولة[2]، ومع هذه التقنيات والوسائل الحديثة التي أصبحت تساهم في معرفة ما تكتنزه الأرض قبل البدء بأعمال الحفر، أصبح استكشاف المواقع الأثرية دون تخريبها أمرا سهلا، كما تساهم أيضا في تحديد الطرق التي يجب اتباعها للكشف عن الآثار دون تعريضها للتلف أو التدمير أو التحطيم[3].

2- علم الجيوفيزياء: إن علم الجيوفيزياء هو أحد العلوم الواسعة الذي يقوم بدراسة الخواص الفيزيائية للأرض، والذي بواسطته يتم الكشف عما هو موجود في باطن الأرض من آثار،

ردمد ISSN 2170–1636 EISSN 2600-6324 الإيداع القانوني: Depot Légal 1156 –2014

وذلك عن طريق تفسير القياسات الجيوفيزيائية في كثير من المجالات المتنوعة، والتي نذكر منها: الكشف عن المعادن والخامات، والمياه الجوفية للنفط، وتراكيب باطن الأرض والكهوف، وكذلك قياس شدّة الزلازل الأرضية وغيرها من الأمور المتعلقة بباطن الأرض وما يحتويه، إلا أنّ هذا العلم أصبح يستعمل يوما بعد يوم في مجالات جديدة أخرى، حيث أصبح يدخل في مجال الكشف عن الآثار المطمورة في باطن الأرض[4].

تعتمد الطرق الجيوفيزيائية التي يمكن لها مساعدة علم الآثار على استخدام نظريات علم الفيزياء في الكشف عن التركيبات الجيولوجية للقشرة الأرضية، ومن ثم التعرف على ما في باطن هذه الأرض من كنوز سواء كانت أثرية أم غير أثرية[5]، أما الطريقتان الأكثر استعمالاً في مجال وميدان التحرّي عن الآثار، واللتان أُستخدمتا في كشف العديد من المخلفات الأثرية الموجودة في باطن الأرض[6]، نذكرهما:

أ– طريقة تقدير مقاومة التربة للتيار الكهربائي: (الصورة رقم01): هي أول الطرق الجيوفيزيائية التي استخدمت في الكشف عن الآثار المدفونة في باطن الأرض، وكان ذلك منذ سنة 1946م[7]، إلاّ أنّ هذه الطريقة تستعمل كذلك في التحرّي والبحث عن المياه الجوفية والمعادن، ومعرفة نوعية الطبقات التي توجد تحت سطح الأرض[8].

تعتبر هذه الطريقة من الوسائل المساعدة في الكشف عما هو موجود في باطن الأرض من آثار، وهي تعتمد في الغالب على عدادات المقاومة مثل طريقة المقاومة الكهربائية التي تعتمد على قياس درجة مقاومة التربة للتيار الكهربائي؛ فعلى سبيل المثال إذا حدثت مقاومة للكهرباء فإنّ ذلك يدل على وجود جدران أو مبان، وذلك ناتج عن مقاومة الأحجار للكهرباء بدرجات تختلف تبعاً لصلابتها وصفاتها الأخرى، كذلك إذا احتوت التربة على أملاح مذابة فإنها تصبح موصلاً جيد للتيار الكهربائي[9].

إنّ المواد تتفاوت كثيراً في مقاومتها لمرور التيار الكهربائي؛ فمقاومة الصخور الصلبة كالغرانيت والبازلت أعلى من مقاومة الصخور الرسوبية قليلة الصلابة مثل الرمل والجير، ومقاومة التربة الطينية أقل من مقاومة الصخور الرسوبية، خاصة إذا كانت نسبة الرطوبة مرتفعة بالتربة[10]، أما إذا كانت التربة في المنطقة كلها من نوع واحد كانت مقاومتها الكهربائية في

ردمد ISSN 2170–1636 EISSN 2600-6324 الإيداع القانوني: Depot Légal 1156 –2014

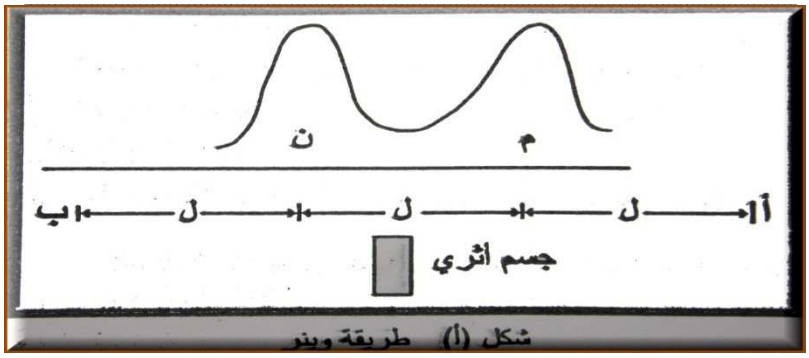
الأماكن المختلفة متساوية، أما إذا وجدت في التربة بقايا أثرية من مواد مغايرة لمادتها في بعض الأماكن فإن المقاومة الكهربائية في هذه الأماكن المختلفة تكون مختلفة[11]، ولذلك فإن تقدير مقاومة الأجزاء المختلفة للتيار الكهربائي في المناطق الأثرية يبين بسهولة أماكن تواجد الجدران الحجرية في المناطق الطينية، كما يبين أماكن الخنادق أو المباني الطينية في الأراضي الرملية الصحراوية، ومن ثم يمكن تحديد مواقع المباني الأثرية بالمنطقة[12].

تتلخص طريقة تقدير مقاومة التربة للتيار الكهربائي فيما يلي: نقوم بحفر أربعة ثقوب في الأرض، نرمز لها بـ: أ.ب.ج.د على خط مستقيم، حيث تكون أبعاد المسافة التي تفصل بينهم متساوية، ومن ثم يوضع داخل كل ثقب من هذه الثقوب عمود معدني صغير[13]، عمودان منهما يستعملان لتمرير التيار الكهربائي، ويسميان القطبين الكهربائيين، أما العمودان الآخران فيستعملان لقياس فرق الجهد، ويسميان بأقطاب الجهد[14]، وبعد ذلك نصل العمودين الخارجيان (**أ.د**) بتيار كهربائي منقطع، وبذلك يمر التيار الكهربائي بين الثقبين الداخليين (**ب.ج**)، وبين هاتين النقطتين يقدر الفرق في الجهد، وهو يتناسب تناسبا طرديا مع مقاومة التربة فيما بينهما إلى عمق يساوي المسافة بين النقطتين، أي أنه إذا كانت هاتين النقطتين تبعدان عن بعضهما البعض بمسافة 1 متر، فإن درجة توصيل التربة للتيار الكهربائي في هذا المكان تكون وتصل إلى عمق متر من سطح الأرض[15]، وبتغيير المسافة بين الثقوب يمكن تقدير المقاومة الكهربائية على أعماق مختلفة وفي أماكن مختلفة، وبالتالي يمكن تحديد أماكن تواجد المخلفات الأثرية المطمورة تحت سطح التربة، وكذلك يمكن تحديد أعماقها على وجه التقريب[16].

أثناء عملية التحري عن الآثار يتم تثبيت الأقطاب بطريقتين:

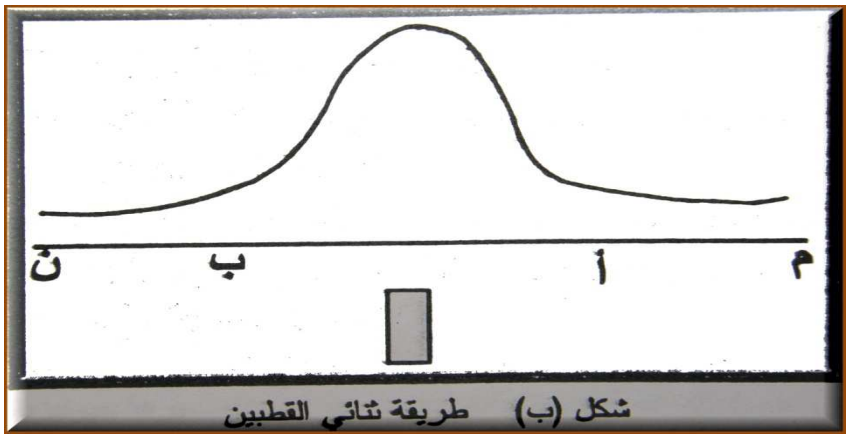
الطريقة الأولى: تسمى وينر (Wenner Configuration)، حيث توزع الأقطاب كما في شكل أ، وتحاط الأقطاب الكهربائية بأقطاب الجهد وتكون المسافات متساوية بين الأقطاب الأربعة، ويختار البعد بين الأقطاب على أساس عمق الآثار التي يراد الكشف عنها، ويكون شكل الشذوذ كما هو مبين في الشكل أ[17].

ردمد ISSN 2170–1636 EISSN 2600-6324 الإيداع القانوني: Depot Légal 1156 –2014



شكل (أ) طريقة وينر

أما الطريقة الثانية: فتسمى بطريقة ثنائي القطبين (Dipole Dipole)، وفي هذه الطريقة تثبت أقطاب الجهد على طرفي الأقطاب الكهربائية، ويكون الشذوذ كما في شكل ب[18].



شكل (ب) طريقة ثنائي القطبين

بعد تثبيت الأقطاب يجرى قياس فرق الجهد عند إمرار التيار الكهربائي، وذلك بواسطة جهاز قياس خاص يسمى جهاز قياس المقاومة الكهربائية (Resistiviting-meter)، حيث يتم بعدها حساب الممانعة الكهربائية بواسطة المعادلة التالية:

الممانعة الكهربائية (أوم .م)= التيار (أمبير) فرق الجهد (فولت) × ثابت (قيمة الثابت تعتمد على البعد بين الأقطاب).

ففي حالة وجود تجانس بين الطبقات الأرضية فإن حركة التيار الكهربائي تكون منتظمة، أما في حالة وجود جسم ذو ممانعة كهربائية تختلف عن الطبقات المحيطة يحدث تغيير

ردمد ISSN 2170–1636 EISSN 2600-6324 الإيداع القانوني: Depot Légal 1156 –2014

في مسار التيار الكهربائي، وعندها يتكون الشذوذ، وبدراسة هذا الشذوذ من قبل المختصين الجيوفيزيائيين يمكن التعرف على خواص الأجسام المسببة لهذا التغيير ومواقعها[19].

معوقات هذه الطريقة: إن الأبحاث العلمية حول هذه الطريقة ما زالت مستمرة، وذلك من أجل تطويرها أكثر فأكثر، والوصول إلى نتائج أكثر فاعلية، وخصوصاً من أجل التغلب على بعض الصعاب التي تواجهها، ولا سيما اختلاف درجة الرطوبة في الأجزاء المختلفة من التربة، بالإضافة إلى شيوع استخدام حديد التسليح والأنابيب الحديدية فيها، هذا ما أثر سلبا وجعل نتائج هذه الطريقة في مثل هذه الحالات تعطي نتائج غير دقيقة[20] في تقدير المقاومة الكهربائية تحت نفس الظروف، كذلك تجري البحوث على نفس الأسس لتجنب العوامل الخارجية، وحتى تكون النتائج معبرة تعبيراً صحيحاً عما تخفيه التربة من مخلفات ومبان أثرية[21]، وزيادة على هذه المعوقات والصعوبات، نذكر أخرى منها:

– أن عملية تثبيت الأقطاب (الأعمدة) في الأرض يجعل هذه الطريقة بطيئة.

– هذه الطريقة في عملية تطبيقها تحتاج إلى تعاون أربعة أشخاص، وذلك من أجل الإسراع في القراءات الحقلية.

– صعوبة تثبيت الأعمدة المعدنية في المناطق الصخرية (الجبلية خاصة)، وذلك نظراً لصلابتها، وبالتالي عدم اجتياز الأعمدة للطبقة الحجرية.

– استحالة تطبيق هذه الطريقة في المواقع والمناطق التي تكون فيها المياه الجوفية قريبة من السطح، لأن وجود الماء يؤدي إلى عدم وجود اختلاف في قيم الممانعة الكهربائية[22].

لقد استخدم هذه الطريقة الأستاذ أتكسون في بداية ظهورها، مستعملاً في ذلك جهاز ميجر megger، ولكن هناك مشكلة في استعمال هذه الأجهزة تكمن في تفسير النتائج، لأن النتائج لا تسجل المعالم الأثرية فقط، ولكنها تسجل التربة ككل أي أنها تسجل جميع المظاهر الجيولوجية الموجودة تحت سطح الأرض[23]، وهذا ما يمكننا من عدم الحصول على نتائج دقيقة ومؤكدة.

ردمد ISSN 2170–1636 EISSN 2600-6324 الإيداع القانوني: Depot Légal 1156 –2014

ب– الطريقة المغناطيسية: بدأ تطبيق هذه الطريقة في مجال التنقيب عن الآثار سنة 1958م بإنجلترا[24]، وهي تعتمد على قياس المجال المغناطيسي للأرض في منطقة التنقيب بجهاز يسمى الماجنيتوميتر[25].

إن هذه الطريقة تعتبر من أفضل الطرق المستخدمة للكشف عن الآثار المطمورة تحت سطح الأرض، وذلك نظرا لبساطتها وسرعة نتائجها، وكذلك سرعة تفسير هذه النتائج علمياً[26]، وبواسطة هذه الطريقة يمكن الكشف عن الآثار المدفونة بعيدا في عمق الأرض، والتي تصل إلى ما يقرب من ستة أمتار، لذلك فهي تعتبر من أفضل الطرق التي يمكن استخدامها في الكشف عن الآثار الموجودة تحت سطح الأرض[27].

تعتمد هذه الطريقة على قياس المجال المغناطيسي للأرض في المنطقة المراد التنقيب فيها، بواسطة جهاز الماجنيتوميتر[28]، حيث يتم تقسيم المنطقة المراد التنقيب والبحث فيها إلى مربعات، ومن ثم يقاس المجال المغناطيسي في نقاط التقاطع[29]، ومن ثم تسجل النتائج والقراءات المتحصل عليها على الورق، ومن النتائج غير العادية وأماكن وجودها أو امتدادها بالمنطقة، يمكننا في أغلب الأحيان تحديد مكان وجود الأثر وشكله العام[30]. أما إذا كانت التربة متجانسة وتخلو من وجود الآثار بها، فإن القراءات التي يسجلها الجهاز تكون بنفس الدرجة، أما إذا اختلفت القراءة فهذا يعني وجود مواد تختلف عن مكونات التربة، وبالتالي يعطينا مجال مغناطيسي مختلف[31]، والجدير بالذكر أنّ الصخور المكونة لطبقات الأرض تكتسب هذا المجال المغناطيسي بناء على قابليتها المغناطيسية، والتي تعتمد على نسب معادن الحديد الموجودة بها، ونظراً لأن المجال المغناطيسي الأرضي موجود وموزع بشدّة مختلفة في الصخور المتنوعة، بناء على التغير في نسبة معادن الحديد الموجودة بها[32].(الشكل رقم 1).

إنّ تطبيق الطريقة المغناطيسية يعتمد في الأساس على وجود اختلاف في قابلية التمغنط بين الجسم الأثري والمواد المحيطة به. إن هذا الاختلاف سيؤدي إلى حدوث شواذ في القيم المغناطيسية[33].

يتضمن تطبيق هذه الطريقة قياس المجال المغناطيسي الأرضي الكلي، وذلك باستعمال الجهاز المذكور كما قلنا سابقاً، وتؤخذ القراءات المسجلة على شبكة من النقاط محددة على

ردمد ISSN 2170–1636 EISSN 2600-6324 الإيداع القانوني: Depot Légal 1156 –2014

السطح، حيث تكون أبعاد هذه النقاط محكمة بمساحة المواد الأثرية، وذلك عن طريق وضع لاقط الجهاز على ارتفاع واحد ثابت في كافة القراءات الحقلية، ومن الأفضل ألا يزيد الارتفاع عن 1.5م، وبعد تسجيل القراءات الحقلية تجرى عليها التصليحات والتعديلات اللازمة، ثم بعد ذلك ترسم على شكل مقاطع أو خرائط كنتورية، ويمكن التعرف على مواقع الشواذ المغناطيسية من خلال دراسة المقاطع أو الخرائط، حيث ستكون ذات قيم عالية في حالة وجود جسم له قابلية تمغنط عالية في مواد ذات قابلية تمغنط قليلة، مثل وجود الأجسام الأثرية وبعض الخامات المعدنية في المواد الترابية، وتكون قيمة الشواذ سالبة إذا كانت التربة لا تحتوي على أية مواد معدنية أو غيرها[34].

لقد ابتكر جهاز الماجنيتوميتر مارتن إيتكن martin aitken من معمل الأبحاث والآثار وتاريخ الفن بجامعة أكسفورد[35].

– مساوئ هذه الطريقة ومعوقاتها: يجب الحذر عند القيام بعملية القياس، حيث لابد وأن تكون جميع القياسات بعيدة عن أي مؤثرات خارجية مصنعة من الحديد[36]، مثل الأعمدة الكهربائية والمعادن القريبة وسكك الحديد وحركة السيارات وغيرها، مما يجعل تطبيقها صعباً في المواقع القريبة من المدن، ولكن على الرغم من ذلك فقد استخدمت في كشف العديد من المواقع الأثرية في العالم[37]، وتعتبر الجدران المكونة من الطوب اللبن أو الطوب المحروق، المقابر الأثرية، الأفران الأثرية، بالإضافة إلى بعض الأدوات المعدنية القديمة، من أهم ما يمكن الكشف عنه بواسطة هذه الطريقة[38].

3- طريقة عرض النتائج الجيوفيزيائية: إن المشكلة التي تواجه الجيوفيزيائيين في مجال الكشف عن الآثار هي كثرة القراءات الحقلية، لذلك استوجب اختيار طرق جيدة لتمثيل هذه النتائج ووضع صورة مبسطة لها لغرض تفسيرها جيوفيزيائياً ومن ثم ترجمة هذه التفسيرات إلى الناحية الأثرية، ومن بين الطرق المستعملة في عرض النتائج الجيوفيزيائية:

– **العرض على شكل مسارات** (Profiles): وهذه هي أبسط الطرق لتمثيل النتائج الجيوفيزيائية حيث تمثل القراءة بإحداثيات أحدها يمثل موقع القراءة "الإحداث السيني"، والآخر يمثل قيمتها "الإحداث الصادي" (شكل ج)، التغير المفاجئ في القيم سيمثل الشواذ

ردمد ISSN 2170–1636 EISSN 2600-6324 الإيداع القانوني: Depot Légal 1156 –2014

الجيوفيزيائي (Geophysical Anomaly)، وتستعمل هذه الطريقة في العرض في حالة الفحص الأولي للموقع ولغرض الحصول على فكرة سريعة للقيم الجيوفيزيائية في الموقع[39].

شكل (ج) مقاطع لشواذ مغناطيسية

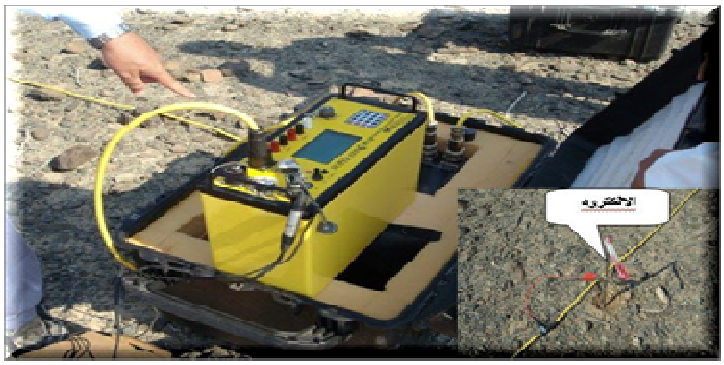
– **طريقة الخريطة الكنتورية:** في هذه الحالة ترسم خطوط منحنية تربط النقاط ذات القيم المتساوية مع بعضها، والخريطة النهائية تحتوي على عدد من الخطوط الكنتورية، ولكل خط قيمته الخاصة، ومن خلال دراسة هذه الخرائط يمكن تعيين المواقع التي تتركز فيها المخلفات الأثرية.

– **طريق الرموز (Symbols):** هذه الطريقة التي يجري فيها تمثيل القيم بواسطة رموز مختلفة، وعادة القيم العالية يتم تمثيلها برموز داكنة أو كبيرة، كما تترك القيم المنخفضة بدون رموز في بعض الأحيان، أو تستعمل لها رموز خفيفة، وهنا يجب أن نذكر بأن بعض الأجسام الأثرية تكون ذات خاصية معاكسة وعليه تؤخذ القيم المنخفضة في الاعتبار، وكذلك من الممكن استعمال الألوان لتحديد المواقع التي تتركز فيها الأبنية، حيث تعطي ألوانا مختلفة للقيم الجيوفيزيائية[40].

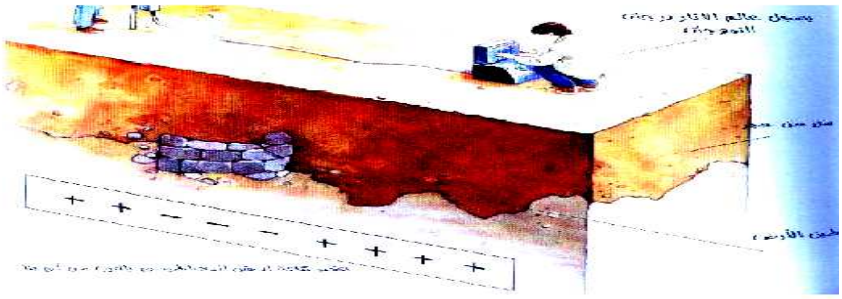
خاتمة: وفي الأخير يمكننا القول بأن علم الآثار لا يزال مستمرا في الاستفادة مما تقدمه له التكنولوجيا الحديثة من وسائل وأدوات يستعين بها في عملية التنقيب والبحث عما هو موجود في باطن الأرض من مخلفات أثرية، ومع هذا التطور التكنولوجي والعلمي الحديث ربما في المستقبل القريب، ستبتكر أجهزة كشف حديثة وطرق أحدث مما هو موجود اليوم، وبالتالي تعطينا نتائج أكثر فائدة وأكثر دقة مما هو عليه اليوم.

– الملاحق:

ردمد ISSN 2170–1636 EISSN 2600-6324 الإيداع القانوني: Depot Légal 1156 –2014



(الصورة رقم **01**: صورة توضح جهاز المقاومة الكهربائية . المصدر موقع البيان)



الشكل رقم 01: كيفية قياس المقاومة الكهرومغناطيسية. عن الشوكي أحمد.

الهوامش:

1– الشوكي أحمد، علم الحفائر الأثرية، مراجعة وتقديم: أحمد عبد الرزاق أحمد، القاهرة، 2013، ص38.--- 2 – المرجع نفسه، ص.38

3– نخله منى يوسف، علم الآثار في الوطن العربي "مدخل"، منشورات جرّوس برس، طرابلس، لبنان، د ت، ص.224

4– قادوس عزت زكي حامد، علم الحفائر وفن المتاحف، مطبعة الحضري، الإسكندرية، 2008، ص.129

5– رزق عاصم محمد، علم الآثار بين النظرية والتطبيق، مكتبة مدبولي، 1996، ص43.--- 6– قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص130.--- 7 – رزق عاصم محمد، المرجع السابق، ص43.--- 8– قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص.133

9– مختار محمد، استخدام التقنيات الحديثة في مجال الآثار، مجلة المنهل، العدد 454، 1407هـ، ص.31

10– حسن علي، الموجز في علم الآثار، مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب، 1993، ص.95

11– الفخراني فوزي عبد الرحمن، الرائد في فن التنقيب عن الآثار، ط02منشورات جامعة قار يونس، بنغازي ، 1993، ص.158

12 – حسن علي، المرجع السابق، ص96.--- 13– الفخراني فوزي عبد الرحمن، المرجع السابق، ص.158

14 – قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص134.--- 15– الفخراني فوزي عبد الرحمن، المرجع السابق، ص ص158، .159

16– المرجع نفسه، ص159.--- 17– قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص 134-135.

18– قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص 135.--- 19 –المرجع نفسه، ص136.--- 20– رزق عاصم محمد، المرجع السابق، ص44.--- 21– حسن علي، المرجع السابق، ص96.--- 22 – قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص.136

23 – الفخراني فوزي عبد الرحمن، المرجع السابق، ص159.--- 24 – الشوكي أحمد، المرجع السابق، ص39.

*الماجنيتوميتر: يسمى قياس المجال المغناطيسي الأرضي الكلي، يتكون من لاقط senseur، والذي يحتوي بداخله على ملف محاط بسائل هيدروكربوني (يستعمل عادة الماء أو النفط)، وهذا السائل يحتوي على كمية كبيرة من البروتونات، حيث تعمل هذه البروتونات كمغناطيس ذي

قطبين، فعند إمرار تيار كهربائي في الملف وباتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي الأرضي، تأخذ هذه البروتونات اتجاه هذا المجال المتكون حديثا، ولكن عند قطع التيار الكهربائي فإن البروتونات تعود لتأخذ اتجاه المجال المغناطيسي الكلي في النقطة المراد قياسها، وبسرعة تتناسب وشدّة هذا المجال. أنظر: قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص131.--- 25 – الفخراني فوزي عبد الرحمن، المرجع السابق، ص160.--- 26 – حسن علي، المرجع السابق، ص96.---27– رزق عاصم محمد، المرجع السابق، ص44.--- 28 – الفخراني فوزي عبد الرحمن، المرجع السابق، ص160.--- 29 – حسن علي، المرجع السابق، ص97.--- 30 – المرجع نفسه، ص97.--- 31 – الشوكي أحمد، المرجع السابق، ص39.--- 32 – المرجع نفسه، ص39.--- 33 – قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص131.--- 34 – قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص133.

35 – الفخراني فوزي عبد الرحمن، المرجع السابق، ص160.--- 36 – الشوكي أحمد، المرجع السابق، ص39.--- 37 – قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص133.--- 38 – الشوكي أحمد، المرجع السابق، ص40.--- 39– قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص 137، 138.--- 40 – قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص 138، 139.