04-المحاضرة الرابعة: تقنيات ووسائل المسح الأثري (الأساليب الأثرية الحديثة):

-التصوير الجوي:

من التقنيات الحديثة التي يجب على الأثري استخدامها في عملية المسح الأثري هو التصوير الجوي، الذي بدأت عملية تطبيقيه في حقل الدراسات الأثرية في مطلع القرن الماضي، حيث قدمت الصور التي أخذت بواسطة الطائرات نتائج أثرية هامة[30].

وتعتمد هذه الطريقة في التعرف على مكان تواجد الآثار بواسطة تحديد رسمه المعماري، إذ أن الصورة المأخوذة من الجو توضح لحدّ كبير المواقع الأثرية، سواء كانت هذه الآثار ظاهرة فوق سطح الأرض في مناطق آهلة بالسكان أو خالية، وذلك عن طريق الظل الذي تعطيه هذه الآثار في حالة أخذ والتقاط الصورة من الجو وقت الشروق أو وقت الغروب، حينما تكون الشمس مائلة. كما أنّ الصورة المأخوذة من الجو تظهر الآثار المختفية تحت سطح الأرض سواء كانت المنطقة تغطيها المزروعات أو خالية منها[31].

لقد فاقت صورة المسوحات الجوية المأخوذة حديثاً بفائدتها الخرائط، فهي تعكس كل ما تلتقطه من الأرض من مباني ومواقع ومدافن وآثار مطمورة، صغيرة كانت أم كبيرة، كما تظهر أيضاً الأسوار والجدران والخنادق التي توجد تحت سطح الأرض، كما يمكن للصورة الجوية أن تظهر أية تفاصيل مهما كانت ارتفاعاتها عن الأرض ضئيلة، وذلك باختيار وقت مناسب للتصوير، فالتصوير في منتصف النهار مثلاً يعكس ظلالاً لأية بروزات بسيطة في الأرض[32]، وفي هذه الحالة فإنّ الأثري الذي يتقن استقراء الصورة الجوية وفهم مدلولاتها باستطاعته استخلاص معلومات غزيرة وثرية عن المنطقة التي أخذت لها صور حتى قبل زيارتها[33].

إنّ أول تصوير جوي في مجال الآثار تمّ على أيدي النقيب **ب.هـ شارب P.H.sharp** الذي التقط صوراً من بالون عسكري **لموقع استون هنج**، حيث كانت الصورة رأسية وجانبية وقد أظهرت علامات داكنة هي معالم الطريق الذي لم يعد ظاهراً على السطح للعين المجردة، وفي السنوات التي سبقت حرب

---

[30]- شعث (شوقي)، **التقنيات الحديثة وتطبيقاتها في التحريات الأثرية**، من كتاب: المسح الأثري في الوطن العربي، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، تونس، 1993، ص27.

[31]- الفخراني (فوزي عبد الرحمن)، المرجع السابق، ص150.

[32]- أبو الصوف (بهنام)، **طرق التكنولوجيا الحديثة في التنقيب**، من كتاب: حركة التنقيب عن الآثار ومشكلاتها في الوطن العربي، المنظمة العربية للثقافة والتربية والعلوم، إدارة الثقافة، تونس، 1989، ص50.

[33]- نفسه، ص50.

1914–1918م، استعمل **هـ. س. ولكم H. S. Wellcome** صندوقاً شراعياً يحمل كاميرا ذات تحكم أوتوماتيكي لتصوير حفرياته في السودان[34].

إنّ فكرة تحديد المواقع الأثرية بالصورة المأخوذة من الجو تعتمد على اختلاف درجة اللون في الصورة الفوتوغرافية، نتيجة لعاملين أحدهما هو الاختلافات الناتجة من قوة انعكاس السطوح على الأرض، وهي تعرف **بظل المواقع** أو **مواقع الظل shadow sites**، أما العامل الآخر هو الاختلاف الفعلي في لون النباتات النامية أو بالنسبة للتربة العارية، وتعرف باسم **مواضع الإرشاد في التربة Crop marks**، أو مواضع الإرشاد في الزراعة[35].

-جهاز المسح الجغرافي Total Station :

وهو جهاز يستخدمه المساح الذي يقوم بعملية مسح الموقع ورسم الخرائط، ويعتمد عمل هذا الجهاز على عاكس زجاجي (بريزما) يحمله مساعد المساح ويضعه في أماكن سبق تحديدها من قبل المساح نفسه، ويقوم الجهاز بتحديد أبعاد الموقع عن طريق قياس الوقت الذي يستغرقه الشعاع بعد انطلاقه من الجهاز، ثم الانعكاس عبر البريزما والعودة مرة أخري للجهاز[36]. **(أنظر الصورة رقم 02).**

الصورة رقم02: جهاز Total Station والبريزما عن الشوكي أحمد، ص63.

[34]– دانيال (غلين)، موجز تاريخ علم الآثار، ترجمة: عباس سيد أحمد محمد علي، دار الفيصل الثقافية، المملكة العربية السعودية، ط1، 2000،ص185.

[35]– الفخراني (فوزي عبد الرحمن)، المرجع السابق، ص151.

[36]– الشوكي (أحمد)، المرجع السابق، ص63.

-جهاز القامة:

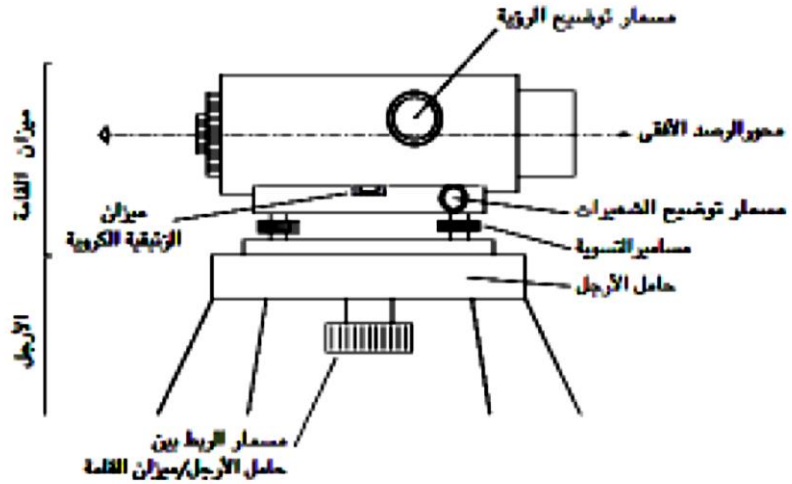
وهو جهاز يستخدمه الأثري عند رسم الخرائط الكنتورية الخاصة بخطوط الارتفاع أو الانخفاض للموقع **(الصورة رقم:03)**، كما يستخدم أيضاً في تحديد مواضع اكتشاف القطع الأثرية. وذلك عن طريق مسطرة مدرجة مقسمة إلى وحدات هندسية قد يصل طولها إلى حوالي 5 أمتار أو أكثر، وتكون تدرجاتها في العادة ملونة بلونين مختلفين لتسهيل عملية القياس**(الصورة رقم:04)**. ويجب التأكد قبل إجراء عمليات القياس من توازن الجهاز وأنه في مستوى أفقي وذلك من خلال ضبط الأرجل وميزان الزئبق **(الشكل رقم:01)**[37]، كما يجب كذلك الربط دائماً أثناء القياس بين عمق الحفرة المراد قياسها من جهة وبين النقطة الثابتة، أو أي نقاط استرشادية أخرى مرتبطة بها Bench mark من جهة أخرى[38]. **(الشكل رقم:02)**

الصورة رقم03: جهاز القامة. الصورة رقم04: المسطرة المدرجة.

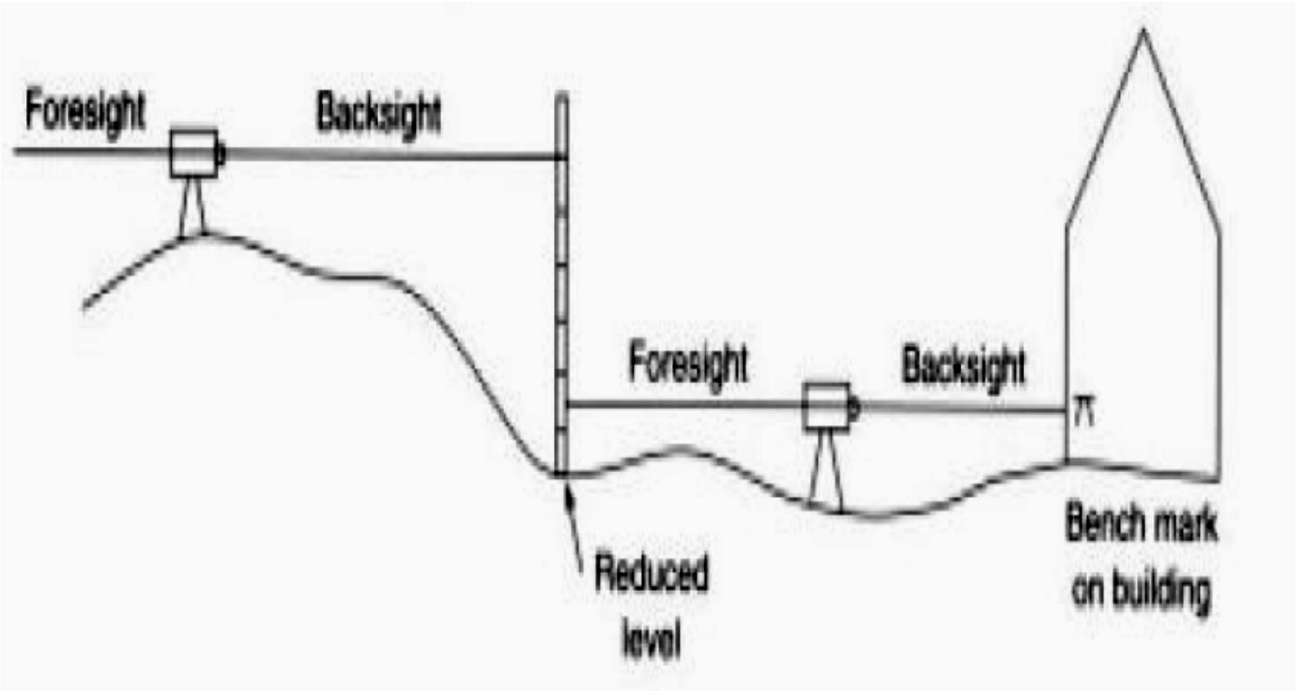
عن الشوكي أحمد، ص64.

[37]– الشوكي (أحمد)، المرجع السابق، ص ص63، 64.

[38]– نفسه، ص64.



الشكل رقم01: يوضح كيفية التحكم في جهاز القامة



الشكل رقم02: يوضح كيفية قياس المستوى Level (الميزان) عن الشوكي أحمد، ص64،65.

-الطرق الجيوفيزيائية:

1.<u>مفهوم المسح الجيوفيزيقي:</u>

يعنى 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[39].

إنّ العمل بهذا العلم بدأ في الخمسينات من القرن الماضي، وتكمن أهمية العلاقة بين علم الجيوفيزياء وعلم الآثار إلى الإمكانيات التي تتيحها وتوفرها الطرق الجيوفيزيائية لرصد وقياس الخواص الطبيعية التي تتميز بها البقايا الأثرية المدفونة تحت سطح الأرض بسهولة[40]. 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[41].

2.علم الجيوفيزياء:

إن علم الجيوفيزياء هو أحد العلوم الواسعة الذي يقوم بدراسة الخواص الفيزيائية للأرض، والذي بواسطته يتم الكشف عن ما هو موجود في باطن الأرض من آثار، 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[42].

تعتمد الطرق الجيوفيزيائية التي يمكن لها مساعدة علم الآثار، على إستخدام 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[43]، أما الطريقتان الأكثر استعمالاً في مجال وميدان التحري عن الآثار، واللتان أُستخدمتا في كشف العديد من المخلفات الأثرية الموجودة في باطن الأرض[44]، نذكرهما: **–طريقة تقدير مقاومة التربة للتيار الكهربائي. –الطريقة المغناطيسية.**

---

[39]– الشوكي أحمد، المرجع السابق، ص38.

[40]– نفسه، ص38.

[41]– نخله منى يوسف، المرجع السابق، ص224.

[42]– قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص129.

[43]– رزق عاصم محمد، المرجع السابق، ص43.

[44]– قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص130.

أ- طريقة تقدير مقاومة التربة للتيار الكهربائي: (الصورة رقم05)

هي أول الطرق الجيوفيزيائية التي استخدمت في الكشف عن الآثار المدفونة في باطن الأرض، وكان ذلك منذ سنة 1946م[45]، إلاّ أنّ هذه الطريقة تستعمل كذلك في التحري والبحث عن المياه الجوفية، والمعادن، ومعرفة نوعية الطبقات التي توجد تحت سطح الأرض[46].

تعتبر هذه الطريقة من الوسائل المساعدة في الكشف عن ما 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[47].

إنّ المواد تتفاوت كثيراً في مقاومتها لمرور التيار الكهربائي، فمقاومة الصخور الصلبة كالجرانيت والبازلت، أعلى من مقاومة الأحجار الرسوبية قليلة الصلابة مثل الحجر الرملي والحجر الجيري، ومقاومة التربة الطينية أقل من مقاومة الأحجار الرسوبية، خاصة إذا كانت نسبة الرطوبة مرتفعة بالتربة[48]، أما إذا كانت التربة في المنطقة كلها من نوع واحد كانت مقاومتها الكهربائية في 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[49]. 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[50].

تتلخص طريقة تقدير مقاومة التربة للتيار الكهربائي، فيما يلي: نقوم بحفر أربعة ثقوب في الأرض، نرمز لها ب **(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[51]، عمودان منهما يستعملان لإمرار

---

[45]- رزق عاصم محمد، المرجع السابق، ص43.

[46]- قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص133.

[47]- مختار محمد، استخدام التقنيات الحديثة في مجال الآثار، **مجلة المنهل**، العدد 454، 1407هـ، ص31.

[48]- حسن علي، الموجز في علم الآثار، مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب، 1993، ص95.

[49]- الفخراني فوزي عبد الرحمن، المرجع السابق، ص158.

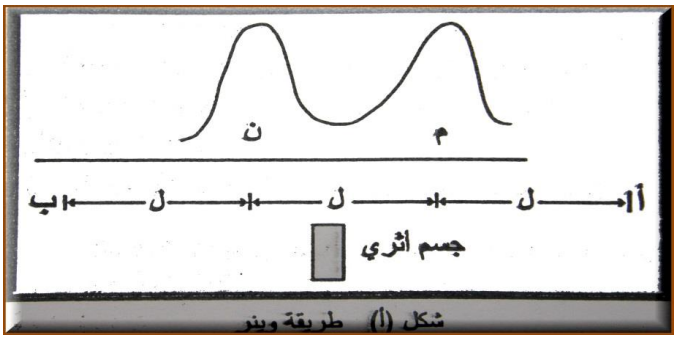
[50]- حسن علي، المرجع السابق، ص96.

[51]- الفخراني فوزي عبد الرحمن، المرجع السابق، ص158.

التيار الكهربائي، ويسميان **القطبين الكهربائيين**، أما العمودان الآخران فيستعملان لقياس فرق الجهد، ويسميان **بأقطاب الجهد**[52]، وبعد ذلك نصل العمودان الخارجيان **(أ.د)** بتيار كهربائي منقطع، وبذلك يمر التيار الكهربائي بين القبين 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 هاتان النقطتان تبعدان عن بعضهما البعض بمسافة 01متر، فإن درجة توصيل التربة للتيار الكهربائي في هذا المكان تكون وتصل إلى عمق متر من سطح الأرض[53]، 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[54].

أثناء عملية التحري عن الآثار يتم تثبيت الأقطاب بطريقتين:

الطريقة الأولى : تسمى ويـــنر (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)**[55].



شكل (أ) طريقة وينر

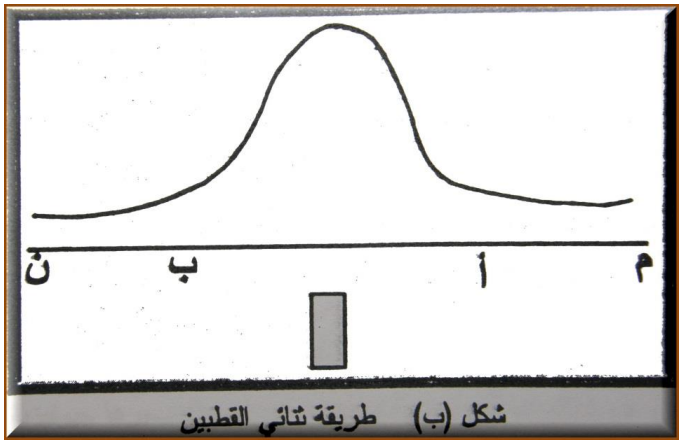
[52]– قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص134.

[53]– الفخراني فوزي عبد الرحمن، المرجع السابق، ص ص158، 159.

[54]– المرجع نفسه، ص159.

[55]– قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص 134–135.

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)**[56].

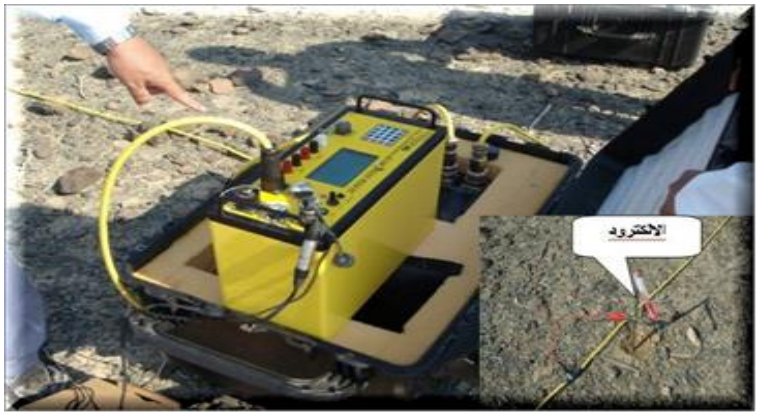


شكل (ب) طريقة ثنائي القطبين

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 في مسار التيار الكهربائي، وعندها يتكون الشذوذ. وبدراسة هذا الشذوذ من قبل المختصين الجيوفيزيائيين يمكن التعرف على خواص الأجسام المسببة لهذا التغيير ومواقعها[57].



الصورة رقم **05**: صورة توضح جهاز المقاومة الكهربائية ـــ المصدر موقع البيان.

[56]– قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص 135.

[57]- قادوس (عزت زكي حامد)، المرجع السابق، ص136.

-معوقات هذه الطريقة:

إنّ 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 إختلاف 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[58] 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[59]. وزيادة على هذه المعوقات والصعوبات، نذكر أخرى منها:-

-إنّ عملية تثبيت الأقطاب (الأعمدة) في الأرض يجعل من الطريقة بطيئة.

-هذه الطريقة في عملية تطبيقها تحتاج إلى تعاون أربعة أشخاص، وذلك من أجل الإسراع في القراءات الحقلية[60].

-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[61].

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[62]، وهذا ما يمكننا من عدم الحصول على نتائج دقيقة ومؤكدة.

---

[58]- رزق عاصم محمد، المرجع السابق، ص44.

[59]- حسن علي، المرجع السابق، ص96.

[60]- قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص136.

[61]- نفسه، ص136.

[62]- الفخراني فوزي عبد الرحمن، المرجع السابق، ص159.

ب- الطريقة المغناطيسية:

بدأ تطبيق هذه الطريقة في مجال التنقيب عن الآثار سنة 1958م بإنجلترا[63]، وهي تعتمد على قياس المجال المغناطيسي للأرض في منطقة التنقيب، بجهاز يسمى **الماجنيتوميتر***[64].

إنّ 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[65]. 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[66].

تعتمد هذه الطريقة على قياس المجال المغناطيسي للأرض في المنطقة المراد التنقيب فيها، بواسطة جهاز الماجنيتوميتر[67]، حيث يتم تقسيم المنطقة المراد التنقيب والبحث فيها إلى مربعات، ومن ثم يقاس المجال المغناطيسي في نقاط التقاطع[68]، 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[69]. 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[70]، والجدير بالذكر أنّ الصخور المكونة لطبقات الأرض تكتسب هذا المجال المغناطيسي، بناء على قابليتها المغناطيسية، والتي تعتمد على نسب معادن الحديد

---

[63]- 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.

[64]- الفخراني فوزي عبد الرحمن، المرجع السابق، ص160.

[65]- حسن علي، المرجع السابق، ص96.

[66]- رزق عاصم محمد، المرجع السابق، ص44.

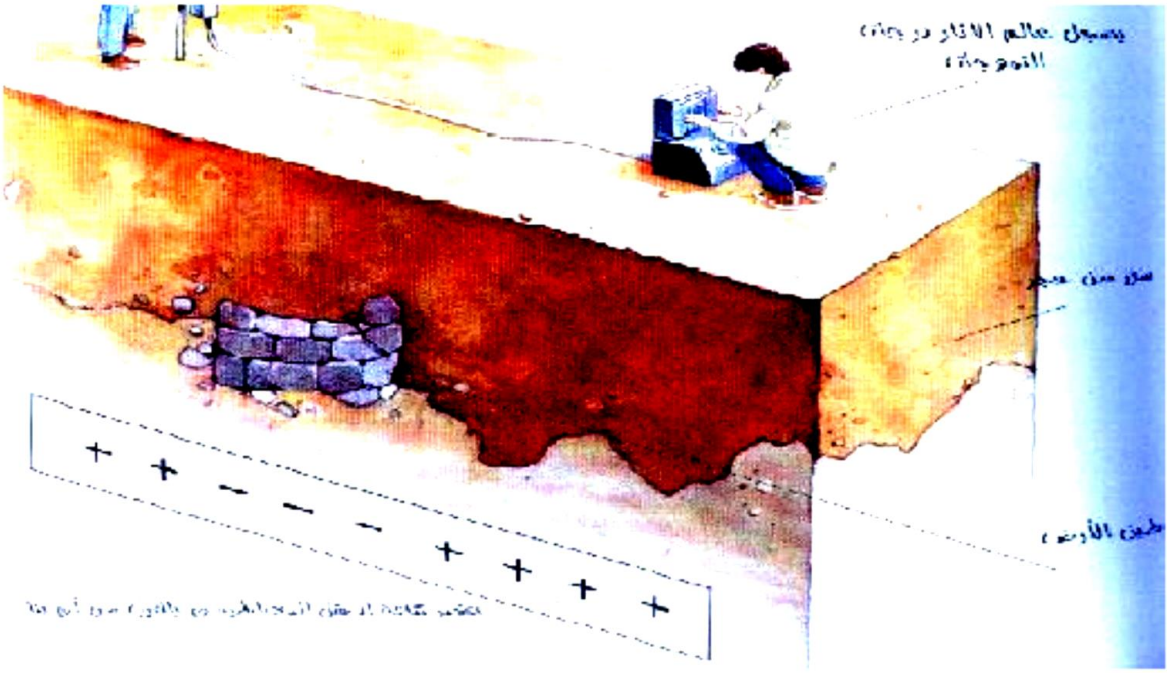
[67]- الفخراني فوزي عبد الرحمن، المرجع السابق، ص160.

[68]- حسن علي، المرجع السابق، ص97.

[69]- حسن علي، المرجع السابق، ص97.

[70]- الشوكي أحمد، المرجع السابق، ص39.

الموجودة بها، ونظراً لأن المجال المغناطيسي الأرضي موجود وموزع بشدّة مختلفة في الصخور المتنوعة، بناء على التغير في نسبة معادن الحديد الموجودة بها[71].**(الشكل رقم: 03)**.



الشكل رقم 03: كيفية قياس المقاومة الكهرومغناطيسية. عن الشوكي أحمد.

إنّ تطبيق الطريقة المغناطيسية يعتمد في الأساس على وجود اختلاف في قابلية التمغنط، بين الجسم الأثري والمواد المحيطة به. إنّ هذا الاختلاف سيؤدي إلى حدوث شواذ في القيم المغناطيسية[72].

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 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

[71]– نفسه، ص39.

[72]– قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص131.

الأثرية وبعض الخامات المعدنية في المواد الترابية، وتكون قيمة الشواذ سالبة إذا كانت التربة لا تحتوي على أية مواد معدنية أو غيرها[73].

لقد ابتكر جهاز الماجنيتوميتر **مارتن إيتكن martin aitken** من معمل الأبحاث والآثار وتاريخ الفن بجامعة أكسفورد[74].

-مساوئ هذه الطريقة ومعوقاتها:

يجب الحذر عند القيام بعملية القياس، حيث لابد وأن تكون جميع القياسات بعيدة عن أي مؤثرات خارجية مصنعة من الحديد[75]، مثل الأعمدة الكهربائية والمعادن القريبة، سكك الحديد، حركة 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[76]، 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[77].

-التحليل الكيميائي لعناصر التربة:

يمكن بتحليل عينات التربة تحديد ما إذا كانت توجد بها عناصر تبرهن على الوجود الإنساني في هذه المنطقة، وذلك من خلال دراسة نسبة وجود فوسفات الكالسيوم والنتروجين والكربون الموجودة في عظام الحيوانات وفضلاتها وعظام الإنسان[78].

-فحص حبوب اللقاح:

إنّ حبوب اللقاح تبين لنا أنواع النباتات التي كانت تنمو في المنطقة قديماً، حيث تحدث عمليات التلقيح في النباتات الزهرية عادة بانتقال حبوب اللقاح بواسطة الطيور أو الحشرات أو الرياح، وفي حالة انتقال هذه الحبوب بفعل الرياح فإن الزهور المنتجة لها تقوم بإنتاج كمية كبيرة من أجل ضمان وصول أحد هذه الحبوب إلى ميسم زهرة أنثى قبل أن يسقط معظمها على الأرض دون أن تتم عملية التخصيب،

---

[73]- قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص133.
[74]- الفخراني فوزي عبد الرحمن، المرجع السابق، ص160.
[75]- الشوكي أحمد، المرجع السابق، ص39.
[76]- قادوس عزت زكي حامد، المرجع السابق، ص133.
[77]- الشوكي أحمد، المرجع السابق، ص40.
[78]- دحدوح (عبد القادر)، المرجع السابق، ص17.

والجزء الذي سقط على الأرض يتحلل ولا يبقى منه شيء[79]، أما في حالة سقوط هذه الحبوب في وسط تربة صالحة لبقائها مثل الطين الندي أو تربة حمضية أو فحمية فإنها تتحجر ويمكن الكشف عنها بواسطة جهاز الميكروسكوب، وفي حالة تأكد وجود هذه الحبوب بواسطة الجهاز في التربة المفحوصة وأنها تنتمي للنباتات التي يقوم الإنسان بزراعتها، فإن هذا دليل على أن القرية أو المدينة التي سكنها المزارعون قريبة من هذه المنطقة، وبالتالي قد تكون مقابرهم أيضاً بجوارها أو على مقربة منها[80].

كما يمكن من خلال هذه الطريقة التعرف على الأحوال الجوية التي كانت سائدة في ذلك العصر، انطلاقاً من معرفة أنواع النباتات التي نمت بالمنطقة، حيث أن لكل نوع من النباتات مناخه المناسب له، فالصنوبر والقان مثلاً يدلان على أن الجو الذي كان سائد بارد، لأنهما ينبتان في المناطق الباردة، أما وجود نباتات أو أشجار أخرى مثل السنط والدردار والبلوط فإنّه يدل على أن الجو السائد كان يمتاز بالدفء[81].

---

[79]– حسن (علي)، الموجز في علم الآثار، مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب، 1993، ص93.

[80]– إسكندر (زكي) وشوقي (نخلة)، "**الوسائل التنبؤية الحديثة في التنقيب والكشف عن الآثار**"، من كتاب: حركة التنقيب عن الآثار ومشكلاتها في الوطن العربي، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، إدارة الثقافة، تونس، 1989، ص32.

[81]– نفسه ، ص32.