المجلد السادس والثلاثون

١٩٨٠

استعمال
الطرق الجيوفيزيائية للكشف عن الآثار

نعمت بديل حمو
ماجستير في الجيولوجي

اعتمدت طرق البحث عن الاثار بصورة عامة على الخبرات العلمية في هذا المجال حيث ان معظم التلال الأثرية تعرف اما نتيجة تدوينها في الكتب التاريخية او بمقارنتها بالأراضي المحيطة حولها من حيث المرتفعات ووجود الملتقطات الأثرية (كسر الفخار ، الزجاج ..) التي تغطي معظم التلال الاثرية . وهناك الكثير من المواقع التي يعثر عليها نتيجة اعمال الانسان مثل الزراعة او حفر الخنادق وغيرها ، وعليه فان من اهم المشاكل التي تواجه الاثاريين وخاصةً العراقيين منهم هي :

١ ـ تهدم المواقع الاثرية نتيجة التقدم الحضاري في مجال البناء كتشييد العمارات والمصانع ، بناء السدود والخزانات والطرق والجسور) والتقدم الزراعي وغيرها . هذا التقدم السريع قد يكون السبب في تخريب الكثير من الآثار ذات الأهمية التاريخية . لذلك استوجب مسح المساحات الشاسعة اثارياً بسرعة لتعيين المواقع الأثرية وامتداداتها واهميتها . إن الطرق العادية المستخدمة حالياً في تحديد الآثار قد لا تفي بالغرض المطلوب وذلك لبطئها وقد تكون نتائجها سالبة في بعض الاحيان ، كما ان كثرة المواقع المسجلة والتي يربو عددها على ٧٠٠٠ موقع لا تتيح للعاملين في الكشف عن الاثار فرصة الفحص والمسح الكامل لها بدون استخدام وسائل ومعدات تكنيكية حديثة .

٢ ـ ان عملية التنقيب عن الآثار في العراق المتبعة في الوقت الحاضر قد تكون في كثير من الأحيان السبب في تخريب الكثير من الآثار المهمة ، لذلك استوجب وضع خطة دقيقة لعملية الحفر وفي هذه الحالة من الأفضل تحديد الجدران او بعض الآثار الأخرىٰ باستخدام الطرق التي تكشف عنها قبل الحفر وذلك لغرض وضع مخطط البناء الأثري في باطن الأرض .

لغرض حل هذه المشاكل استوجب استعمال طرق حديثة وسريعة وذلك لكشف المساحات الواسعة وتحديد المواقع الأثرية . وعليه يجب التطرق الى انواع كثيرة من طرق الكشف وحتىٰ الى الطرق غير المعروفة من قبل الكثير من الآثاريين منها استخدام الصور الجوية ، والتحليلات الجيوكيميائية بالاضافة الى الطرق الجيوفيزيائية التي اظهرت نجاحاً في الكشف عن الآثار .

علم الجيوفيزياء هو احد العلوم الواسعة الذي يشتمل على دراسة الخواص الفيزيائية للارض والذي يكشف عن باطن الأرض وذلك بتفسير القياسات الجيوفيزيائية التي تؤخذ على سطح الأرض ، دخل علم الجيوفيزياء في كثير من المجالات منها الكشف عن المعادن ، والخامات ، المياه الجوفية النفط ، تراكيب باطن الارض ، الكهوف ، وكذلك قياس شدة الزلازل الأرضية وغيرها . وقد لا يكون غريباً اذا

وجدنا هذا العلم يستعمل يوماً بعد يوم في مجالات جديدة اخرىْ ، وها نحن نجد علم الجيوفيزياء يدخل في مجال الكشف عن الآثار . ان الطرق الجيوفيزيائية عديدة ، اما الطرق التي تستعمل في الكشف عن الآثار فهي الطريقة المغناطيسية ، والمقاومة الكهربائية ، والاشعاعية ، والكهرومغناطيسية . اما الطريقتان الأكثر استعمالاً في مجال التحري عن الآثار واللتان استخدمتا في كشف العديد من الآثار في العالم هما :

١ ـ الطريقة المغناطيسية Magnetic Method

٢ ـ طريقة المقاومة الكهربائية Electrical Resistivitg Method

ان فائدة استخدام هاتين الطريقتين هو سرعتها في التطبيق وقلة الكلفة حيث تظهر اهميتها في المواقع ذات المساحات الواسعة جداً . وكذلك فأن هاتين الطريقتين لا تحدثا اية اضرار في البناء الاثري وباستخدامها يمكن تعيين نوعية وامتداد البناء الأثري وتراكيبه .

وعليه فهنالك العديد من المواقع الأثرية في العراق ينقصها المسح الجيوفيزياني لوضع صورة واضحة عن تركيز وامتداد الأبنية الأثرية . كما ان هناك الكثير من المواقع الأثرية معرضة للتلف وذلك للأسباب المذكورة في بداية هذا المقال ، وفي هذه الحالة يمكن مسح المواقع جيوفيزيائياً وتحديد الأبنية الأثرية وحفظها تحت سطح الأرض بدون

تنقيب الى ان يكون الاستعداد كامل للتنقيب والصيانة

ان الاساس الذي يبنىْ عليه استخدام الطرق الجيوفيزيائية هو وجود الاختلاف في الخواص الفيزيائية بين الجسم الأثري والمواد المحيطة به . ان هذا الاختلاف سيكون السبب في احداث شذوذ او انحرافات (Anomaly) في القراءات الحقلية حيث تساعد على تعيين الأبنية الأثرية . تكون قيمة الشواذ موجبة Positive anomaly في حالة كون المواد الأثرية ذات خواص فيزيائية عالية اكثر من المواد المحيطة بها . وفي عكس ذلك اي في حالة كون المواد الأثرية ذات خواص فيزيائية اقل من المواد المدفونة فيها تكون الشواذ سالبة Negative Anomaly .

الطريقة المغناطيسية :

تعتبر هذه الطريقة في اكثر الطرق الجيوفيزيائية نجاحاً في تطبيقها للكشف عن الآثار وذلك لسهولة وسرعة التطبيق وكذلك بساطة الأجهزة المستعملة في المسح المغناطيسي .

خلال تطبيق هذه الطريقة يستعمل جهاز قياس المجال المغناطيسي الأرضي الكلي (Magnetometer) . يتكون جهاز المسح المغناطيسي من لاقط «Sensor»والذي يحتوي بداخله على ملف محاط بسائل هيدروكاربوني (يستعمل عادةً الماء او النفط) . ان هذا السائل يحتوي على كمية كبيرة من البروتونات . تعمل هذه البروتونات كمغناطيس ذي قطبين Magnetic Dipole . عند امرار تيار كهربائي في الملف وباتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي الأرضي تأخذ هذه البروتونات اتجاه هذا المجال المتكون حديثاً وعند قطع التيار الكهربائي فان البروتونات تعود لتأخذ اتجاه المجال المغناطيسي الكلي في النقطة المراد قياسها وبسرعة تتناسب وشدة هذا المجال .

ان تطبيق الطريقة المغناطيسية يعتمد على وجود اختلاف في قابلية التضلط (Susceptibilty contrast) بين الجسم الأثري والمواد المحيطة به . إن هذا الاختلاف سيؤدي الى حدوث شواذ في القيم المغناطيسية .(Magnetic Anomaly)

ان الأسباب الرئيسة المسؤولة عن وجود الاختلاف في شدة المغناطيسية او الزيادة في مغناطيسية المواد الأثرية هي : ان المواد الطبيعية (الصخور ـ الأتربة) تحتوي على كمية من مركبات الحديد ، وهذه المركبات تكون الـ Haematite في ظروف كيميلوية ثابتة . إن هذه المادة تكون ذات مغناطيسية ضعيفة ولكن في ظروف معينة يتحول الـ Haematite الى Magnetic او Maghaemite التي تكون مغناطيسيتها عالية يأتي هذا التغير نتيجة :

١) تأثيرات عضوية Organic

٢) نتيجة عملية الحرق burning

٣) السبب الأخر لوجود الزيادة في المغناطيسية هو نتيجة عملية الفخر التي تولد في الأجسام مغناطيسية محفوظة Permanent magnetization حيث تبقىْ محفوظة في الجسم اذا لم يجر تحريكه او تبديل الاتجاهات . ولهذا السبب فأن الأفران القديمة Kilns and furnaces تكون ذات مغناطيسية عالية .

٤) وفي بعض الحـالات القليلة قد تكون عملية الـ Fermentation mechanism السبب في زيادة المغناطيسية حيث يكون ذلك نتيجة تفسخ المواد العضوية في ظروف خاصة .

قد تكون احد الاسباب السابقة او عدد منها هي المسببة للزيادة في مغناطيسية المواقع الأثرية وذلك لاختلاف الظروف في التلال بأختلاف مواقعها . وفي بعض الأحيان تكون المواد المستعملة في البناء تحتوي اصـلاً على كميات عالية من مركبات الحديد مما تؤدي الى زيادة المغناطيسية .

ان تطبيق هذه الطريقة يتضمن قياس المجال المغناطيسي الأرضي الكلي باستعمال الجهـاز المذكور . وتؤخـذ القـراءات على شبكة من النقاط محددة على االسطح وتكون ابعـاد هذه النقـاط محكمـة بمساحة المواد الأثرية ، حيث يوضـع لاقط الجهاز (Sensor) على ارتفاع واحـد ثابت في كافة القـراءات الحقلية ويفضل ان لا يزيد الأرتفاع في معـظم الحـالات عن ١,٥ . وبعد تسـجيل القـراءات الحقلية تجـري عليهـا التصليحات اللازمة ثم ترسم على شكل مقاطع (Profiles) او خرائط كنتورية (Contour maps) ومن دراسـة هذه المقـاطع او الخـرائط يمكن التعـرف على مواقع الشـواذ المغناطيسـية حيث ستكون ذات قيم عالية في حالة وجـود جسـم ذو قابلية تخنط عالية في مواد ذات قابلية تخنط قليلة مثل وجـود الأجسام الأثرية وبعض الخامات المعـدنية في المواد الترابية . وتكون قيمة الشواذ سالبة في عكس هذه الحالة .

ان من مسـاوىء هذه الطريقـة هي تأثرها بوجـود بعض الظواهر الخارجية مثل الأعمدة الكهربائية ، المعادن القـريبة سكك الحديد ، حركة السـيارات وغيرها مما يجعـل تطبيقهـا صـعباً في المواقع القـريبة من المدن . ولكن بالرغم من ذلك فقد استخدمت في كشف العديد من المواقع الأثرية في العـالم كما حققت نجاحاً ايضاً في العراق كما سنذكر .

طـريقة المقاومة الكهـربائية : Electrical Resististivity Method

ان هذه الطريقة تستعمل في التحـري عن المياه الجـوفية والمعادن ومعرفة الطبقات التي تحت سـطح الأرض وهي اول طريقة جيوفيزيائية طبقت في مجال الكشف عن الآثار .

تعتمد هذه الطريقـة على وجـود الاختلاف في المقاومـة الكهربائية Resistivity contrast بين الجسـم الأثري (الجسـم الذي يراد البحث عنه) وبين المواد المحيطة به ، ومن المعروف ان الصخور تختلف في قابلية توصيلها للكهـربائية ، ان هذا الأختلاف يعتمد على عدة اسـباب منهـا وجـود الثغرات في الصخور (Pores) ، كمية ونوعية المياه الموجـودة في هذه الثغرات ، بالأضـافة الى نوعية المعـادن المكونة لهـذه الصـخور ... الخ . وبصـورة عامة تكون الصـخور النارية Lgneous Rocks اكثر ممانعة للكهـربائية من الصـخور الرسـوبية Sedimentary Rocks وذلك لاحتواء الأخـيرة على الفجـوات ، كما وان الأتربة Soil والطين Clay تكون قابلية ايصالها للكهربائية عالية .

لغرض اجراء القياسات الحقلية تثبت على سطح الأرض اربعـة اقطاب electrods اثنان منهما يسـتعملان لامرار التيار الكهربائي ويسميان القطبين الكهـربائيين Current Electrods اما القطبان الآخران فيستعملان لقياس فرق الجهد ويسميان بأقطاب الجهد Potential Electrods .

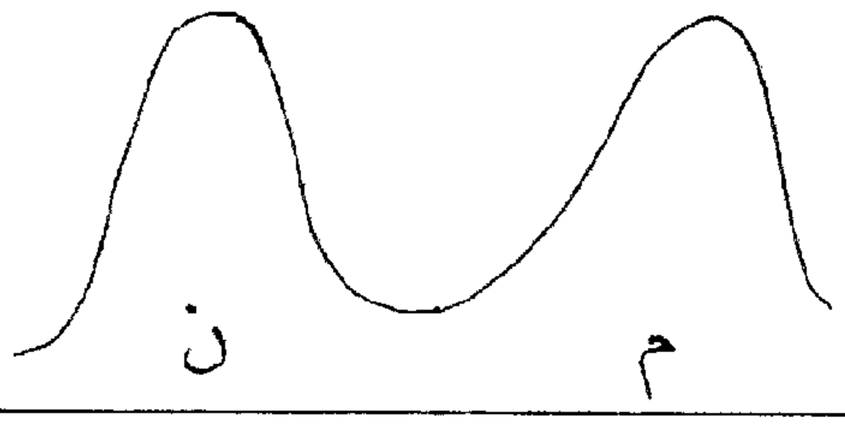
في التحري عن الآثار يجري تثبيت الأقطاب بطريقتين . الطريقة الأولىٰ تسمىٰ بطريقـة وينر Wenner Gonfiguration حيث توزع الأقطاب كما في شكل رقم (١) حيث تحـاط الأقطاب الكهربائية بأقطاب الجهد وتكون المسافات متساوية بين الأقطاب الأربعـة ، ويختار البعـد بين الأقطاب على اسـاس عمق الآثار التي يراد الكشـف عنهـا ويكون شكل الشذوذ كما مبين في الشكل (١) .

أما الطريقـة الثانية فتسـمىٰ بطريقـة ثنائي القـطبين Dipole-Dipoleوفي هذه الطريقـة تثبت اقطاب الجهـد على طرفي الاقطاب الكهربائية ، ويكون الشذوذ كما في شكل رقم (٢) . ولكل ترتيب او لكل طـريقة من هذه الطرق فوائدها ومساوئها .

بعد تثبيت الأقطاب يجري قياس فرق الجهـد عند امرار التيار الكهربائي وذلك بواسطة جهـاز قياس خـاص يسـمىٰ جهاز قياس المقاومة الكهربائية Resistivitg-meter حيث يتم بعدها حساب المانعة الكهربائية بواسطة المعادلة التالية :

المانعـة الكهـربائية (أوم . م) = التيار (اميبر)/ فرق الجهد (فولت) × ثابت* .

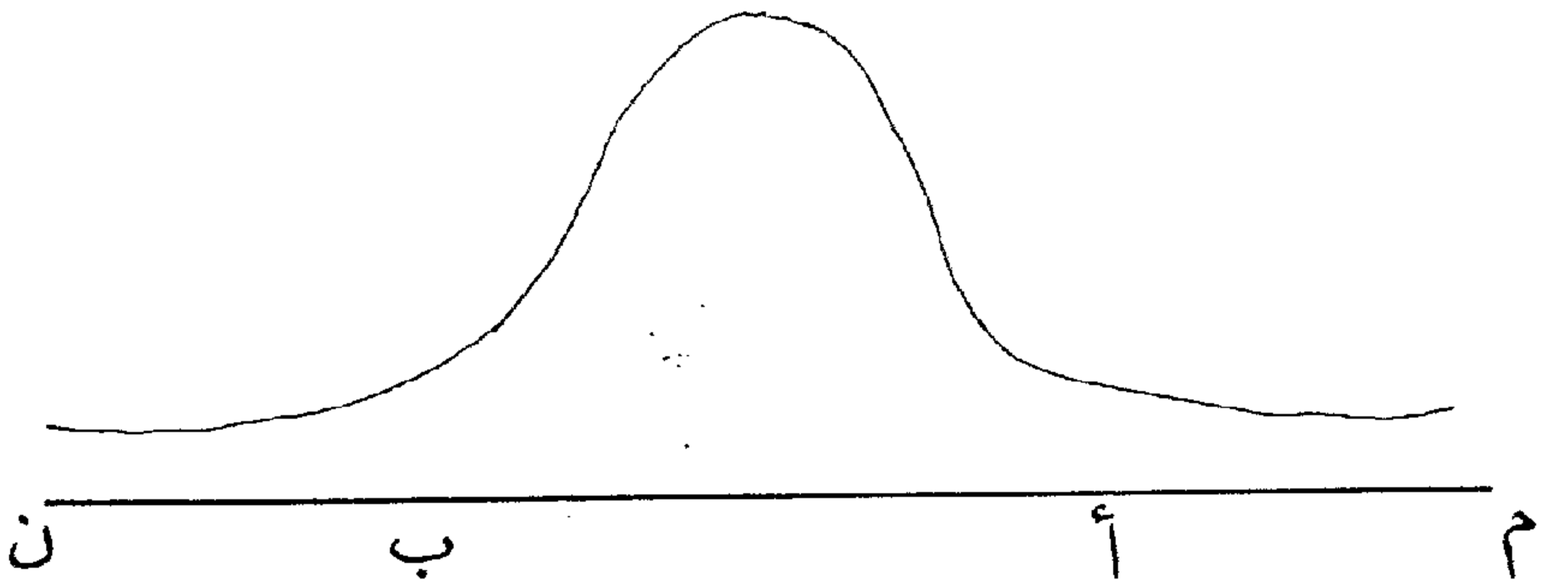
(*) قيمة الثابت تعتمد على البعد بين الاقطاب



أ ل ل ل ب

جسم أثري

شكل (١)
طريقة وينز



شكل (٢)
طريقة ثنائي القطبين

قيمة الثابت تعتمد على البعد بين الأقطاب .

في حالة وجود تجانس بين الطبقات الأرضية فأن حركة التيار الكهربائي ، تكون منتظمة ، اما في حالة وجود جسم ذو ممانعة كهربائية تختلف عن الطبقات المحيطة يحدث تغير في مسار التيار الكهربائي وعندها يتكون الشذوذ وبدراسة هذه الشذوذ من قبل المختصين الجيوفزيائيين يمكن التعرف على خواص الاجسام المسببة لهذا التغير ومواقعها . اما من معوقات هذه الطريقة فهي :

١ ـ ان عملية تثبيت الاقطاب في الارض يجعل الطريقة بطيئة .

٢ ـ كما وان تطبيق طريقة المقاومة الكهربائية يحتاج الى اربعة اشخاص لغرض الاسراع في القراءات الحقلية .

٣ ـ صعوبة استعمال الطريقة في المناطق الصخرية (الجبلية خاصة) وذلك لصعوبة تثبيت الأقطاب .

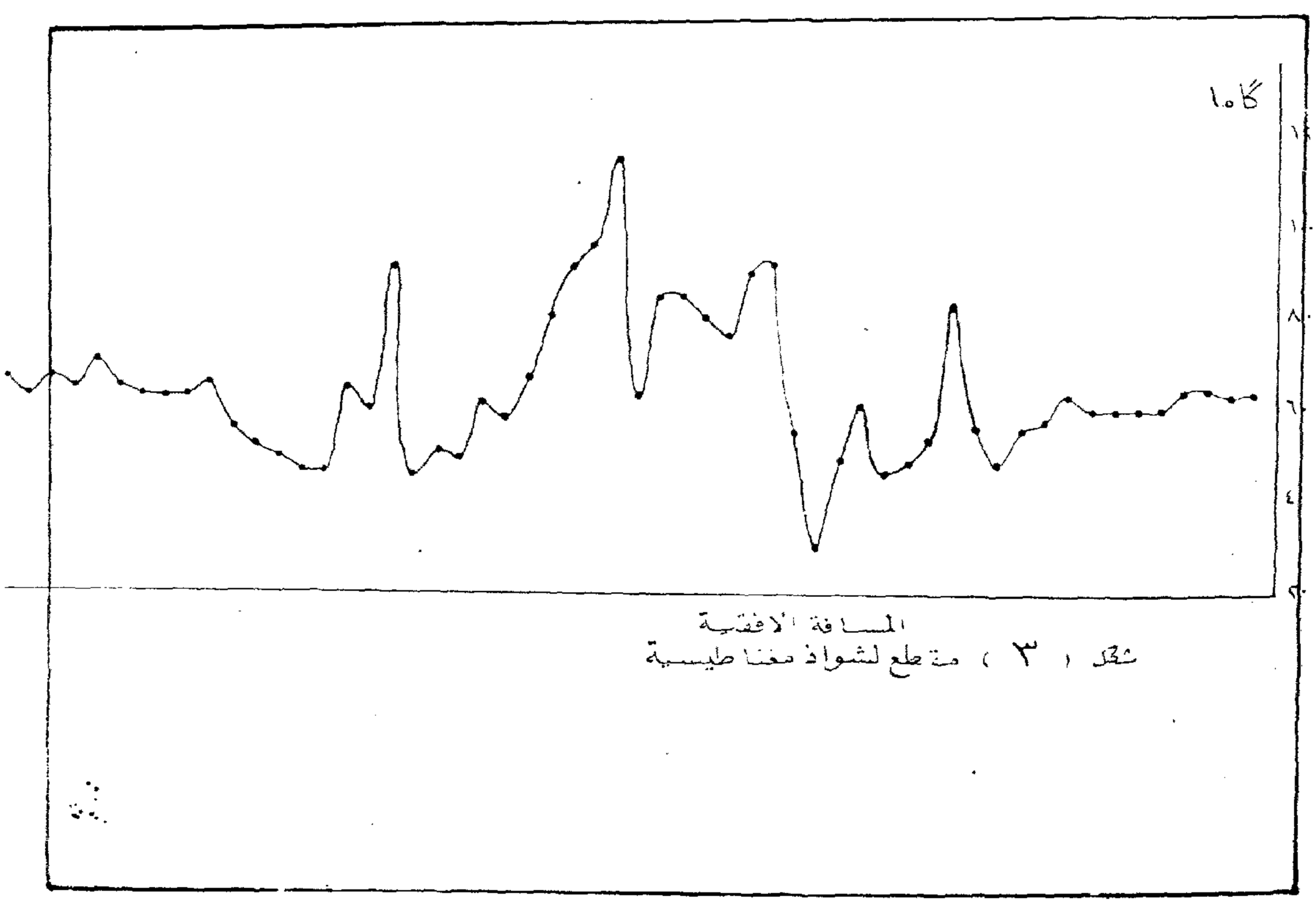
٤ ـ كما وانه يستحيل تطبيقها في المواقع التي تكون فيها المياه الجوفية قريبة من السطح لان وجود الماء يؤدي الى عدم وجود اختلاف في قيم الممانعة الكهربائية .

٥ ـ يصعب تطبيق هذه الطريقة في المناطق الجافة .

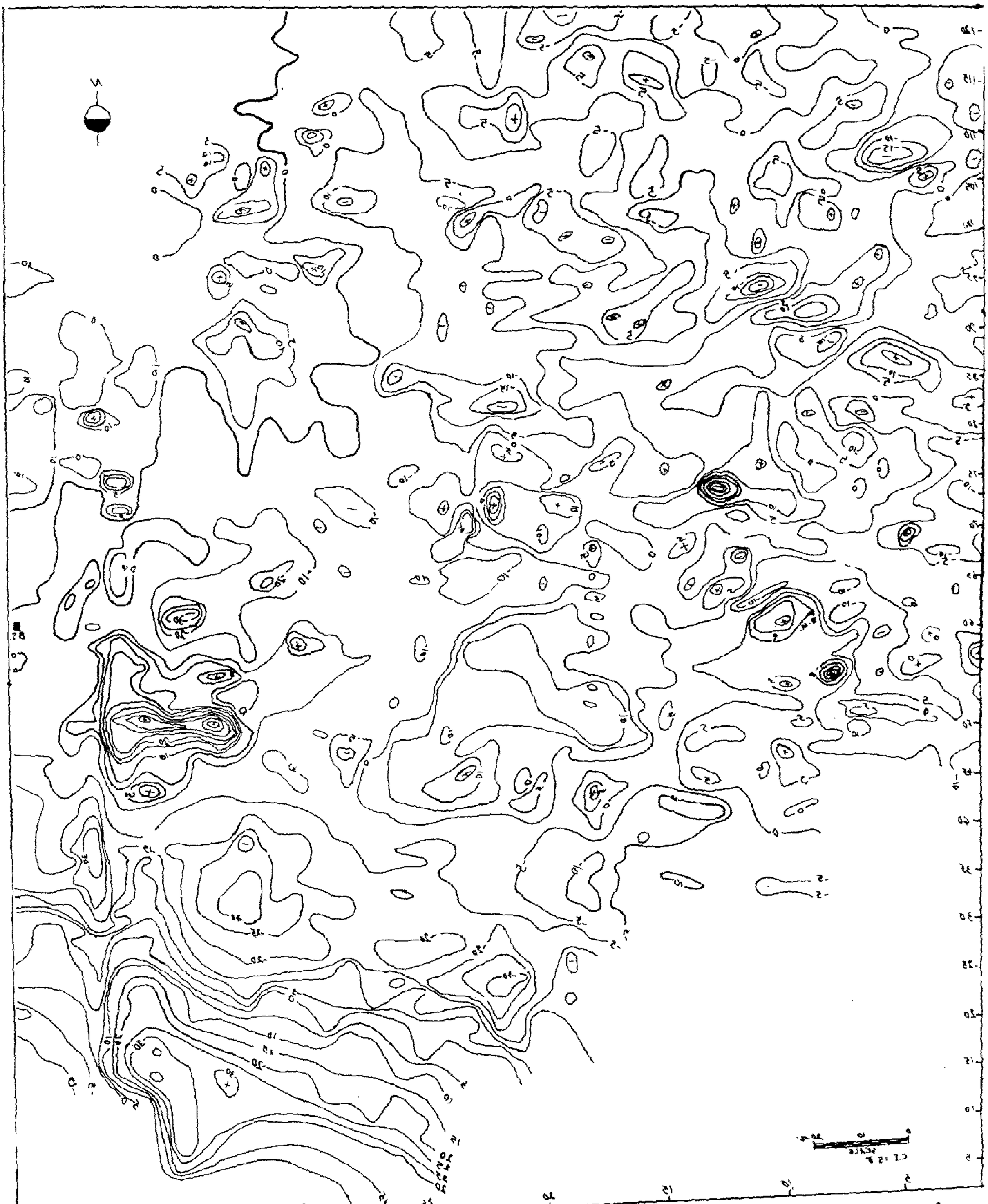
غير ان من فوائدها انها قليلة التأثر بالظواهر الخارجية لذلك يمكن تطبيقها في داخل المدن كما ويمكن استخدامها للتحري عن الآثار التي ليس لها اختلاف في الخاصية المغناطيسية وانما ذات خواص كهربائية مختلفة اي في المواقع التي يصعب فيها تطبيق الطريقة المغناطيسية .

ان من الجدير بالذكر بان الطريقتين السالفتين الذكر قد تنجحان في تحديد البناء الأثري في موقع واحد او في بعض الاحيان قد تفشل احدهما في التطبيق وتنجح الأخرى اعتماداً على خواص وظروف المواقع .

ان عملية المسح الجيوفيزياقي لا تحتاج الى كادر جيوفيزياقي صرف ، حيث ان اجهزة المسح الجيوفيزياقي يمكن ان تستعمل من قبل كادر مدرب على استعمالها . ويجري المسح تحت اشراف الجيوفيزيائيين . ثم يأتي دور الجيوفيزياقي بعد عملية المسح وذلك بأجراء العمليات الحسابية الخاصة بكل طريقة ومن رسم الخرائط واجراء التفسيرات الكمية والنوعية ان امكن Oualitative and Quantitative inteopretation حيث يمكن في بعض الاحيان حساب عمق البناء الأثري ووضع مخطط له وتحديد المواقع التي يتركز فيها تجمع الأبنية الأثرية .



شكل (٣) مقطع لشواذ مغناطيسية



شكل (٤) الخارطة الكونتورية

طريقة عرض النتائج الجيوفيزيائية :

ان المشكلة التي تواجه الجيوفيزيائيين العاملين في مجال الكشف عن الاثار هي كثرة القراءات الحقلية ، لذلك استوجب اختيار طرق جيدة لتمثيل هذه النتائج ووضع صورة مبسطة لها لغرض تفسيرها جيوفيزيائياً ومن ثم ترجمة هذه التفسيرات الى الناحية الاثرية .

من الطرق المستعملة في عرض النتائج الجيوفيزيائية هي :

١ ـ العرض على شكل مسارات Profiles هذه هي ابسط الطرق لتمثيل النتائج الجيوفيزيائية حيث تمثل القراءة بأحداثيات احدهما يمثل موقع القراءة (الاحداث السيني) والاخر يمثل قيمتها (الاحداث الصادي) (شكل ٣) . التغير المفاجيء في القيم سيمثل الشواذ الجيوفيزيائي (Geophyscial Anomaly) وتستعمل هذه الطريقة الطريقة في العرض في حالة الفحص الاولي للموقع ولغرض الحصول على فكرة سريعة للقيم الجيوفيزيائية في الموقع .

٢ ـ طريقة الخارطة الكنتورية (contouring) 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 دراسة هذه الخرائط يمكن تعيين المواقع التي يتركز فيها البناء الأثري (شكل ٤) .

٣ ـ طريقة الرموز Symbols : هذه الطريقة التي يجري فيها تمثيل القيم بواسطة رموز مختلفة وعادةً القيم العالية يتم تمثيلها برموز غامقة او كبيرة كما تترك القيم الواطئة بدون رموز في بعض الاحيان او يستعمل لها رموز خفيفة . وهنا يجب ان نذكر بأن بعض الاجسام الأثرية تكون ذات خاصية معاكسة وعليه تؤخذ القيم الواطئة بنظر الاعتبار (شكل ٥) وكذلك من الممكن استعمال الالوان لتحديد المواقع التي تتركز فيها الابنية ، حيث تعطى الوان مختلفة للقيم الجيوفيزيائية .

الكشف المغناطيسي لموقع سپار الاثري

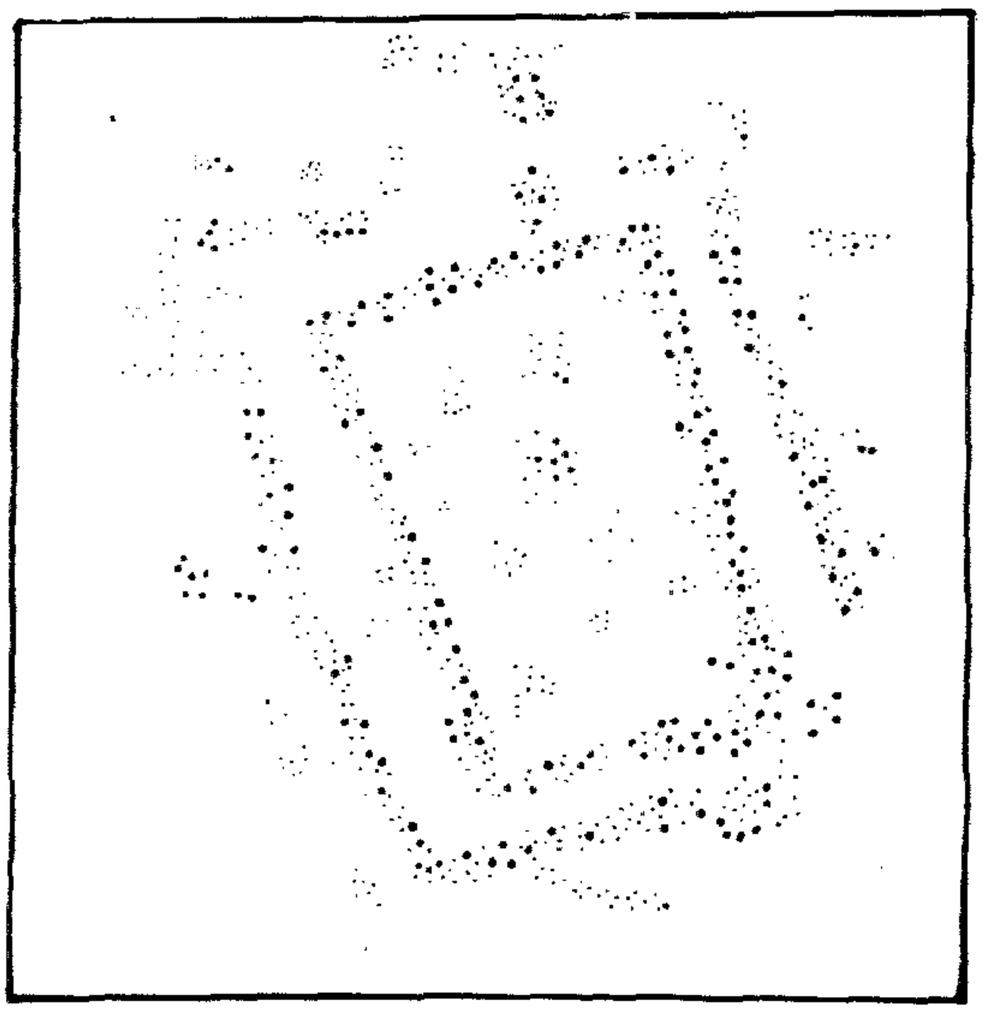
جرى خلال هذا البحث مسح مغناطيسي لموقع سبار (ابو حبة) الاثري . يقع هذا الموقع قرب ناحية اليوسفية حيث يبعد مسافة ٤٥ كم جنوبي غرب بغداد .

بهذه الدراسة تم المسح الطوبوغرافي لمساحة قدرها ٣٠٠ × ٣٩٠٠ م^2 كخطوة اولىٰ ورسمت الخريطة نتيجة لذلك . وقد ظهر في هذه الخريطة شبح يمثل منطقة الزقورة التي يبلغ ارتفاعها ١٢ متراً . بالاضافة الى هذا توزعت بعض التلال المحيطة بالزقورة وفي الجهة الشمالية الشرقية والشمالية الغربية وبلغ اعلىٰ ارتفاع لها ٩ أمتار . خلال العمل الطبوغرافي جرىٰ تعيين ٥٥ في المسارات (Profiles) المتوازية متجهة من الشمال الى الجنوب تراوحت اطوالها الى ٣٩٠ متراً وتباعدت مسافة خمسة امتار .

للمسح المغناطيسي استعمل جهاز (Proton Magnetometer) ثم اخذت القراءات الحقلية كل خمسة امتار على المسار الواحد وبذا توزعت القراءات النهائية على الخريطة على شكل شبكة المسافة بينها خمسة امتار . بلغت عدد القراءات المغناطيسية لهذا الموقع حوالي ٥٥٠٠ (التي تشمل القراءات البينية) .

جمعت عينات من الطابوق المستعمل في البناء بالاضافة

شكل (٥) عرض القيم الجيوفيزيائية على شكل رموز
[scollar and kurckberg,1966)



الى عينات من الأتربة من سطح الموقع ومن الحفر المتوزعة هنا وهناك . قيست قابلية تمغنط هذه العينات لغرض الحصول على فكرة عن قيمتها وعن وجود الاختلاف في قابلية التمغنط Susceptibility Contrast وكان الفرق واضحاً في قابلية التمغنط بين مواد البناء والمواد المحيطة به .

جرت على القراءات المغناطيسية التصليحات اللازمة ورسمت للحصول على الخريطة المغناطيسية الكلية Total Magnetic Map ثم اسقطت هذه القراءات على شكل رموز لتنتج خريطة الكثافة المغناطيسية . Magnetic density Map. في هذه الخريطة مثلت القيم العالية برموز غامقة . كان من السهل ملاحظة القيم المغناطيسية العالية في المنطقة الوسطى والتي تمثل شكلاً مستطيلاً . اما المناطق الأخرى من الخريطة فكانت تمتلك قيم مغناطيسية قليلة .

في التفسير النوعي للخريطة المغناطيسية كان من السهل ملاحظة الشواذ المغناطيسية الخطية في وسط الخريطة ، ولقد تبين وجود مسارين متوازيين لشواذ خطية طولها يقارب المئة متر ذات مضرب متجه للشمال ٦٠ غرباً ، تتراوح قيم هذه الشواذ بين ٣٠ ـ ٤٠ كاما ومتصادمة مع مجموعة اخرى اتجاه مضربها حوالي شمال ٣٠ شرقاً طولها يقرب من الخمسين متراً . لتشكل هذه الشواذ حافات لشكل مبنى مستطيل ابعاده تقارب الـ ١٠٠ × ٥٠ متراً مربعاً . اما في منطقة الزقورة فقد ظهرت ثلاثة شواذ مغناطيسية بلغت قيمة احدها حوالي ٧٠ كاما . كما وجدت شواذ اخرى في بقع اخرى من الخريطة المغناطيسية (شكل ٦) .

بعد هذه الدراسة النوعية جرت دراسة كمية بأستعمال برنامج مغناطيسي ذي بعدين وذلك لقياس قيمة سمك ، وعمق وارتفاع الجسم الأثري . حيث تبين ان التركيب المغناطيسي المستطيل الشكل متساو تقريباً في السمك والعمق والارتفاع في ثلاث جهات مع زيادة في السمك في الجهة الأخرى

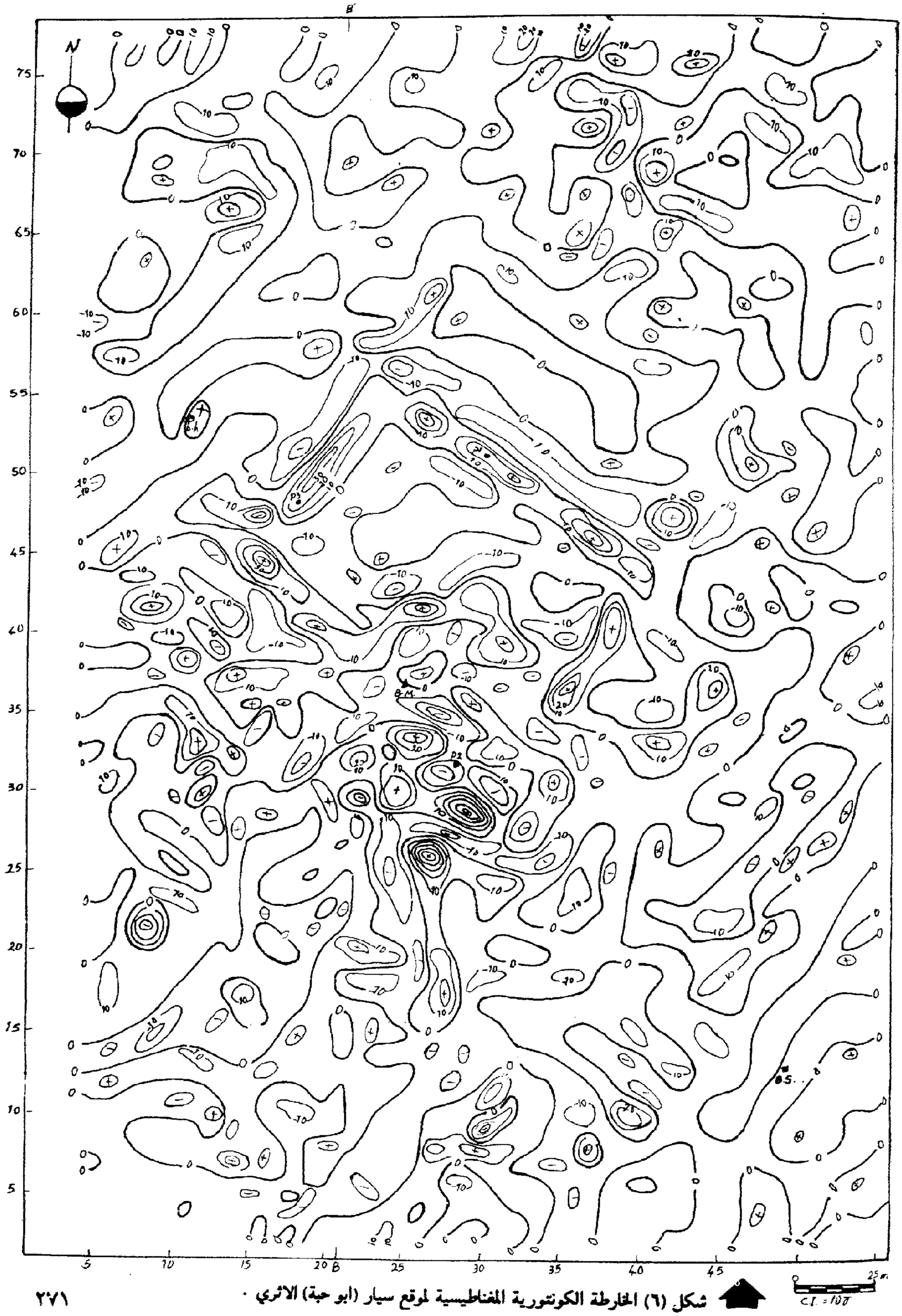
في مجلة Iraq العدد الأول قام اندريه وبوردان بزيارة خرائب سبار في الاول من كانون الثاني ١٩٣٧ واستطاعا رسم مخطط تكميلي لمعبد سبار وزقورته والتي سبق وان رسمت من قبل هرمز رسام في كتابه اشور واسيا وبلاد نمرود ص ٤٠٧ وتزينفوند ولقد استطاع بسبب الظروف الحاضرة تحديد طبيعة الجدران على سطح الأرض نتيجة اختلاف لون تربة الجدار عن التربة المجاورة . وكما يقول اندريه استطعنا تحديد ادق الدخلات والطلعات في الجدران Dutreaes and Recesses الا انهم لم يستطيعوا تقديم نتائج صحيحة لجسم الزقورة لان حطام الطابوق ينتشر على السطح في كل مكان مع تكاثر الحفر في الموقع . وكل ما هو موجود هي الزاوية الشمالية الشرقية من حافة الزقورة ومن الأجر كما ثبت وجود طبقتين بنائيتين ، حيث وجد ان الواجهة الخلفية للمعبد (صور المعبد) الأرضي والتي تقع في شمال شرقي واجهة الزقورة مباشرة وتبتعد عنه من ٢ ـ ٣م فقط هذه الواجهة تدخل تحت البناء باتجاه الشمال الغربي (شكل ٧) .

استخدم قياس في حدود ١/٤٠٠٠ وبذلك فان قياساته تتطابق مع الخريطة الكنتورية الى حد ما اذ ان الجدار في الخريطة يبلغ طوله حوالي ١٠٠ متر .

وضع اندريه وبشكل خطوط متقطعة موضعاً مقترحاً لسلم الزقورة ولكن هذا لا يمكن اثباته لان اندريه لم يستطع ان يعثر على سلم الزقورة او على بدئها من فوق التراب . كما ان كل الدلائل تشير على ان موقع الزقورة وعلى الاقل على طول ٣ من اضلاعه وهي الشمال الشرقي والشمال الغربي والجنوب الغربي كانت محاطة بممرات تفصلها عن المعبد المحيط بها وعلى مسافة ٢ ـ ٣ متر كما قال اندريه ولا تقع في وسط فناء كبير . وقد حدد اندريه مدخلاً رئيساً الى الزقورة في الجانب الجنوبي الشرقي مما دفعه الى تصور وجود السلم بالضرورة امام هذا المدخل .

ثبت في الفحص المغناطيسي ان القيم العليا تقع في منطقة الزقورة والجدران المحيطة بها وثبت ان اقصى الجدار الشمال الشرقي مع الغرف الداخلية به يمثل قيم عليا مما يشير ان جدرانه مرتفعة اكثر من الجدران الأخرى وينطبق نفس المبدأ على الجدار الشمال الغربي المفتقد في خريطة اندرية . وفي تحليل سابق اقترحت ان يكون موضع سلم الزقورة باتجاه الزاوية الشمالية الشرقية لكن هذا يتعارض مع خارطة اندريه اذ ان الجدران الملاصقة لجدار الشمال الشرقي للزقورة تدل على وجود غرف وغرفة قدس الأقداس .

تشير المطابقة الجيوفيزيائية مع الخارطة التي رسمها اندريه بأن معظم القيم العليا تتركز في الشمال الشرقي والشمال الغربي وفي منطقة الوسط حيث تقع الزقورة ، مما يشير الى ارتفاع في الجدران في المناطق الأخرى . ومن الجدير بالذكر بان وجود السلم من عدمه لا يمكن الاستدلال عليه من

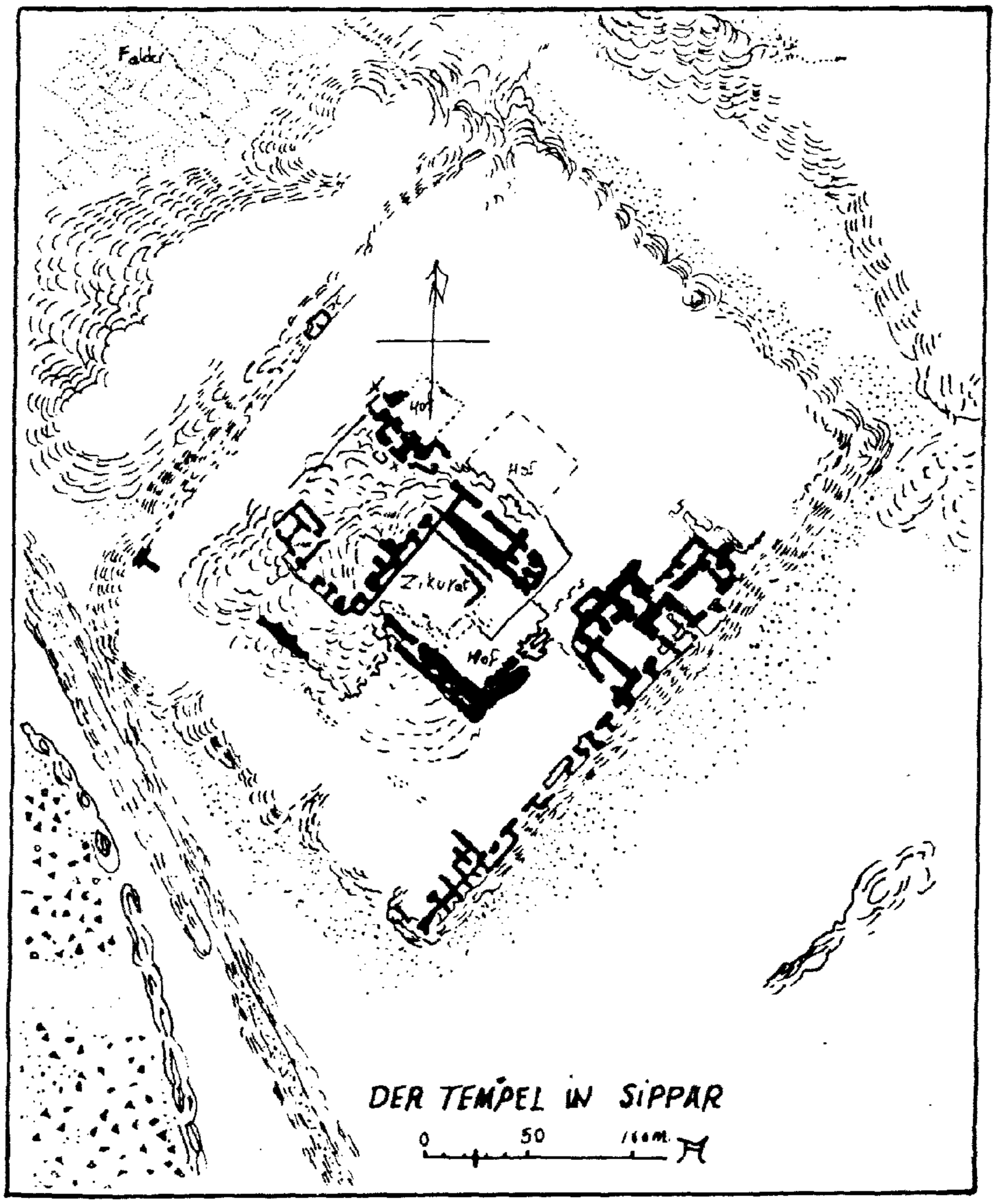


شكل (٦) الخارطة الكونتورية المغناطيسية لموقع سيار (ابو حبة) الاثري ·

خلال اي تحديد جيوفيزياتي وذلك لان السلم ماهو الا جدار هائل من احد الجدارين الى اخر .

ان وجود الممرات المحتملة حول الزقورة قد تعطي دلالة على عدم وجود سلم اسوة بزقورة تاكولتي نونورتا او زقورة تل الرماح وزقورة مدينة كيش . وبذلك يمكن الارتقاء الى الزقورة من اعلى السطح المجاور او من اي تركيب معماري اخر .

ان نجاح اول تطبيق للطريقة المغناطيسية في العراق في موقع سبار يقودنا للأستمرار في تطبيق هذه الطريقة في كشف مواقع اخرى كما يدعونا لاستعمال الطرق الجيوفيزيائية الأخرى . ان هذا النوع من التحري عن الاثار يربط نوعين من العلوم الشيقة مع بعضها وهي الجيوفيزياء والآثار .



شكل (٧) خارطة اندرية لسيار (١٩٢٧) .

المصادر

1. Aitken, M.J., (1974), Physics and Archaeology, 2nd edition, Clarendon Press, Oxford,
2. Breiner, S., (1973), Application Manual for Portable Magnetometers, Geometrics, California, U.S.A.
3. Clark, A., (1975), Archaeolohical Prospecting, A Progress Report, Archaeological Science 1975, V.2, PP. 297-314.
4. Hammo, N.B, (1977), The Use of Magnetic Method in Archaeological investigation. A Thesis Submitted to the College of Science of the University of Baghdad in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Geology.
5. Scollar I. and Kruckeberg F., (1966), Computer Treatment of Magnetic Measurements for Archaeological Sites, Archaeometry, V.9, PP. 61-71.
6. Hammo, N.B. (1977), The Use of Magnetic Method in Archaeological Investigation.
7. Aitken, M.J., (1974), Physic and Archaeology, 2nd edition, Clarendon Press Oxford.
8. Breiner, S., (1973), Application Manual for Portable Magnetareters, Geometrics, California, U.S.A.
9. Scollar I. and K Ruckeberg F., (1966), Computer Treatment of Magnete measurements from Archaeological Sites, Archaeometry, V.9. PP. 61-71.
10. Clark A., (1975), Archaeological Prospecting. A progress Report, Archaelogical Science 1975, V. 2, PP. 297-314.