



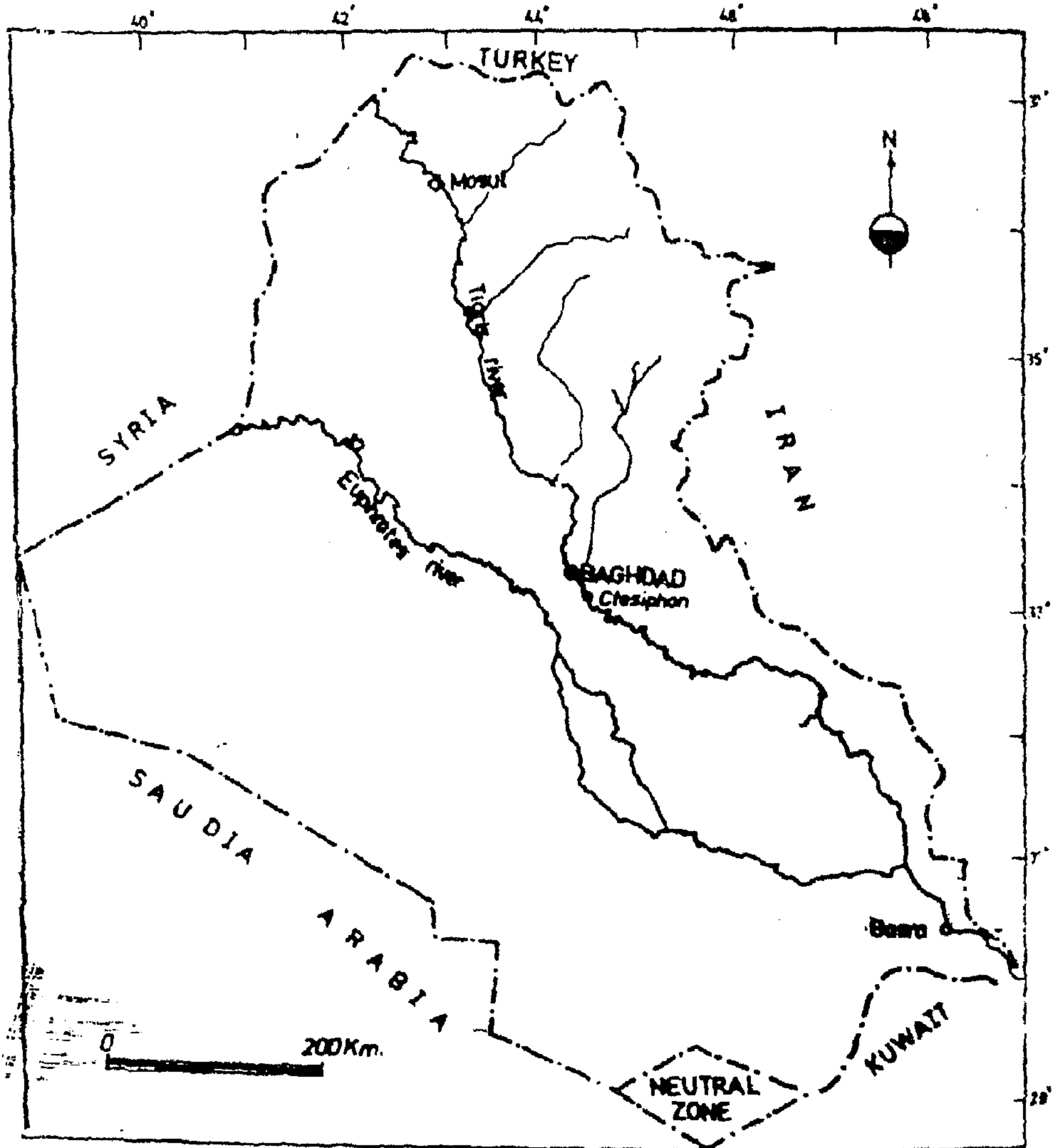
سومر

الجزء الأول والثاني - المجلد الثالث والأربعون

١٩٨٤

تطبيق الطريقة الكهربائية في الكشف عن الآثار في منطقة طيسفون الأثرية

طارق صفاء الدين أحمد بلسم سالم مجيد
استاذ علم الجيوفيزياء كلية العلوم - جامعة بغداد
كلية العلوم - جامعة بغداد



F.g. 1. Location map of the studied area.

الشكل 1، خارطة موقعية للمنطقة المدروسة.

المستخلص

جرى مسح كهربائي لقياس المقاومة النوعية في منطقة طيسفون الاثرية المعروفة بالمداين، والتي تبعد (30) كم جنوب مدينة بغداد، على الضفة الشرقية من نهر دجلة. لقد تم مسح جميع المسارات المتجهة شمالاً وجنوباً والتي عددها (48) مساراً باستعمال نظام فتر ذي مسافة متر واحد بين الاقطاب الاربعة. كما جرى مسح (19) مساراً من المجموع الكلي للمسارات باستعمال نفس النظام، بمسافة مترين وثلاثة أمتار بين الاقطاب وعلى التوالي. أظهرت النتائج ان المسافة الاولى أعطت نتائج أكثر وضوحاً من المسافتين الاخرتين في المنطقة. استعمل نظامان ثنائياً وثلاثي الاقطاب لبعض المسارات إضافة الى رباعي الاقطاب (متر واحد). أعطى نظام ثلاثي القطب نتائج مقاربة الى تلك التي اعطاها رباعي القطب (1 م) وكلاهما أعطيا نتائج أفضل من نظام ثنائي القطب في هذه المنطقة.

أما الجزء الجنوبي من المنطقة فقد تم مسح (19) مساراً باتجاه شرق - غرب (أي عامودية على المسارات السابقة) وباستعمال المسافة (1) متر بين الاقطاب الاربعة المتعاقبة.

درس تأثير التغيرات المناخية على قيم المقاومة النوعية المأخوذة من الحقل، وتم مسح المسار (20) في فترتين مختلفتين (أيلول وأذار) وتوصلت للنتائج الى أن الشذوذ بقي محافظاً على شكله في كلتا الفترتين مع انخفاض في قيم المقاومة النوعية في شهر اذار عما كان عليه في شهر ايلول.

رسمت المخططات لجميع المسارات باستعمال الحاسبة الالكترونية (HP 9830) التابعة لقسم علم الارض - كلية العلوم. كما انجزت خارطة كنتورية لقيم المقاومة النوعية (Isoresistivity map) لجميع المنطقة المسوحة، وخارطة أخرى لجزء من المنطقة باتجاه شرق - غرب.

استعملت طريقتان تحليليتان في محاولة لفصل الشواذ المتبقية عن الاقليمية، الطريقة الاولى هي طريقة كرفن (Griffen, 1949) باستعمال ثلاث دوائر ذات أنصاف أقطار مختلفة (5v1 ، 8v1 ، 20v1)، ووجد أن الخارطة الناتجة من استعمال نصف قطر هي أفضل الخرائط الناتجة. أما الطريقة الثانية فهي سلسلة فورير المزدوجة. رسمت السطوح التوافقية الاولى، الثانية والثالثة في محاولة لفصل الشواذ المتبقية. ووجد ان طبيعة الخارطة الناتجة من استعمال توافقيات أعلى (السطح التوافقي الثالث) تقترب كثيراً من الخارطة الاصلية للمقاومة النوعية.

المقدمة

يسمى علم الآثار الى اعادة بناء وتوضيح تطورات الحضارة البشرية الماضية، من خلال دراسته للمخلفات المادية. ولتحقيق هذا الهدف يحاول الاثاري ان يستخلص اكبر كمية ممكنة من المعلومات عن هذه

المخلفات والتي تتطلب الكثير من الوقت والجهد، متنبياً الضوابط المتعددة في اسلوب دراسته للحضارة البشرية. لقد لعبت العلوم الطبيعية دوراً مهماً في التحري عن الآثار، لكونها تساعد في تعيين مواضع المواقع الاثرية. وتعتبر الطرق الجيوفيزيائية من الطرق المهمة المتعلقة باستعمال التقنيات الخاصة بالتغيرات الفيزيائية للظواهر الاثرية المظلمة.

تستعمل الطرق الجيوفيزيائية في تحديد المواقع التي تتطلب معرفة الاشكال الهندسية التي ترافق التوقع الاثري المدفون كالحفر او الخنادق والحواجز او الفواصل التي يكون لها الدليل المباشر في تحديد مكانها وحجمها وعمقها. ان اهم الاعتبارات في اتباع مثل هذا الاسلوب الجيوفيزيائي هو عدم اجراء حفر او تنقيب، اي تجنب التنقيب الاثري بطريقة المحاولة والخطأ قبل الحصول على معظم المعلومات العلمية المطلوبة من السطح، وكذلك تستخدم هذه الطريقة في حالة وجود موانع سطحية تحيل عملية الحفر الموقعي. ان اهمية هذه الطريقة تكمن في توفير الوقت والجهد المبذول للحصول على المعلومات التي تساعد في تعيين الظواهر الاثرية.

تعتبر طريقة المقاومة النوعية الكهربائية احد الطرق الجيوفيزيائية المهمة والمستعملة في التنقيب عن الآثار، وتعتمد هذه الطريقة في عملها على اي تغيير في التوصيل داخل سطح الارض نتيجة لتسليط تيار كهربائي، وهذه التباينات التحسسية في التوصيل تغير من شكل ومسار التيار داخل الارض، والذي يؤثر بدوره على توزيع الجهد الكهربائي. ان درجة تغير الجهد المقاس على السطح يعتمد على حجم وشكل وموقع الاجسام التحسسية ومقاومتها الكهربائية. يتطلب المسح بث او تمرير تيار كهربائي في الارض، بواسطة قطبين معدنيين مثبتين في مواقع محددة، وقياس فرق الجهد بين قطبين آخرين، ثم تحسب النسبة ما بين فرق الجهد المسلط الى التيار المستخدم لاستخراج المقاومة النوعية للمواقع المحددة للاقطاب المستعملة. وبهذه الطريقة تستحصل قيم المقاومة التي تستعمل لتعيين الظواهر الاثرية المدفونة عند عمق يتحدد بطبيعة التوزيع والبعد ما بين الاقطاب المستخدمة، ومن اهم العوامل المساعدة في تعيين مثل هذه الظواهر باستخدام الطريقة الكهربائية هو الاختلاف في كمية الرطوبة التي تحويها هذه الظواهر الاثرية مقارنة بالتربة المحيطة بها. استخدمت الطريقة الكهربائية لتعيين كلاً من الظواهر الممتدة (الجدران الاثرية، الطرق، الخنادق والظواهر المنفصلة (الحفر، اتون) (Aitken, 1974) (Tite, 1972).

يتلخص هدف هذه الدراسة بالتعرف على امكانية استعمال الطريقة الكهربائية في البحوث الحقلية، الخاصة في التحري عن الآثار في العراق التي تمثل المتغيرات الخاصة بالدراسات الاثرية (كالجدران والحفر ... الخ) وتطبيق بعض أنظمة الاقطاب ومحاولة مقارنة وتقييم الطرق التحليلية في معالجة المعلومات الجيوفيزيائية في المجال.

أختبرت منطقة طيسفون الأثرية التي تقع جنوب مدينة بغداد ليق هذه الطريقة ، ولدراسة المقترح الذي يتضمن احتواء المنطقة تراكمات أثرية مازالت مدفونة تحت الأرض ، لظروف مختلفة لم تكن امتداد للتراكيب الظاهرة حالياً على السطح .

استعمل جهاز قياس مقاومة التربة Tellohm Soil Resistance ذو مواصفات (110) ذبذبة في الثانية الواحدة في هذه المنطقة ، لوصول على المعلومات المطلوبة والذي يقيس قيم المقاومة مباشرة في التربة بين (0.03 - 10000) أوم . علماً بأن تطبيق الطريقة الكهربائية واستعمالاتها في التحري عن الآثار في العراق لم تجر لحد الآن ، وذلك لعدم صدور أية دراسة في هذا المجال .

صنع جهاز خاص لربط الاسلاك الكهربائية الى الاقطاب الحديدية بنية بالأرض من طرف ، وإلى جهاز قياس مقاومة التربة من الطرف الآخر ، للحصول على (34) قراءة كحد أعلى عند كل تحويلية (استعمال نطباً حديدياً مثبتاً في الأرض) ، وذلك لغرض الاسراع والسيطرة على كافة المعلومات المستحصلة في النقاط المثبتة في الحقل والتأكد من صحة القراءات المأخوذة عند كل تحويلية .

الدراسات السابقة

كان اتكنسن (Atkinson, 1953) أول من استعمل الطريقة الكهربائية لقياس المقاومة النوعية في التنقيب عن الآثار في دورجستير (Dorchester) ، أو كسفوردشير (Oxfordshire) . وكانت النتائج شجعة ، إلا أن صعوبة الحصول على نتائج واضحة في مناطق جديدة أدت إلى تأخير استعمال هذه الطريقة بما يقارب العشر سنوات أشار تاك (Tagg, 1957) إلى تطبيق هذه الطريقة في منطقة واش (Wash area) التي يصب فيها نهر ويلستريم (Wellstream) وعلى حدود كلا من لنكولنشاير (Lincolnshire) ونورفوك (Norfolk) والمعروف حالياً باسم نهر النني (Nene river) . التي تمت مقارنة النتائج المستحصلة من العمل الحقلية مع نموذج أعد في المختبر .

أوضح بالمر (Palmer, 1960) إلى استعمال المسح الكهربائي لـ بعض المعضلات العلمية كأيجاد بعض أجزاء الجدران المدفونة مواقع أثرية رومانية والتحري عن بعض أجزاء مجرى قناة مطمورة . وضعت النتائج التي حصل عليها بالمر بأن الطريقة الكهربائية جديرة بالمتابعة وخاصة في تثبيت مواقع الشؤوذ التي تتركز نتيجة للواهر أثرية مطمورة تحت الأرض .

استخدم دانك (Dunk, 1962) أيضاً الطريقة لتعيين معالم بناء الرئيسية في موقع الرومانو برتش فيلا (Romano British villa) القائمة على أرض منبسطة ، تم عمل خارطة كنتورية لقيم المستحصلة من المسح ، وأجريت عملية تحديد للشؤوذ الناتجة عن

وجود مقاومة موضعية تمثل بعض الظواهر الأثرية وفصلها عن التأثيرات الجيولوجية التي تمتد الى مناطق واسعة ، وذلك باستخدام إحدى طرق التحليل الترددي وهي طريقة كرفن . ولقد أثبتت النتائج المقدمة من قبله بأن هذه الطريقة جديرة بالاستعمال والمتابعة في مواقع أخرى .

نشر ريس (Riss, 1962) نتائج عمله باستعمال الطريقة الكهربائية لقياس المقاومة النوعية في موقعين أثريين الأول في ستافوردشير (Staffordshire) والثاني في بارنسلي بارك (Parnsley park) ، لخص فيها نتائج دراساته والتي أهمها حصوله على أفضل النتائج عندما تكون درجة التباين كبيرة بين التركيب والمنطقة المحيطة به ، وأن القياسات للمقاومة النوعية في هذا النوع من التحريات يتأثر برطوبة التربة .

جرى من قبل الجلبي وريس (Al - Chalabi and Riss, 1962) دراسة مفصلة عن المقاومة النوعية الكهربائية وتأثير كمية الامطار عليها ، ونمت هذه الدراسة على أحد مواقع الآثار الرومانية ستافوردشير (Staffordshire)

درس هيس (Hesse, 1966) تأثير التغيرات المناخية على النتائج المترتبة من المقاومة النوعية الظاهرية في مجال علم الآثار لاعمق تتراوح بضعة أمتار تحت مستوى سطح الأرض ، كما أوضح هيس بأن المقاومة النوعية الظاهرية لهذه التربة القريبة من السطح تتأثر بتعرضها لاشعة الشمس والامطار .

تم انجاز مسحين كهربائيين من قبل ريس ورايت (Riss & Wright) في فترتين مختلفتين وعلى نفس الموقع الأثري الرومانوبرتش في بارنسلي بارك . وتم تحليل النتائج لاعطاء خارطة المقاومة النوعية للشؤوذ المتبقية ، والتي يمكن تحديد مواقع الجدران المدفونة من دراسة الشؤوذ في هذه الخارطة .

انجزت في عام 1967 ، 1974 مسوحات كهربائية من قبل لنكتن (Linington, 1967, 1974) في مواقع أثرية مختلفة احداها في كاديغ (Les Magtignous) . أما المسح الاخر تم انجازه في ليس مكنيكنس (Bolonia, Cadiz) . أما الموقع الثالث ففي جيكوسلوفاكيا (Czechoslovakia) وقسم العمل فيه الى أربعة مسوحات منفصلة خلال الفترة من (17) تموز والى (23) آب 1978 .

انجزت مسوحات كهربائية مشابهة من قبل بلانديل وجماعته (Blundell et al, 1974) على مواقع آثار رومانية في ووتر كروك ، كنديل (water crook, kendal) أكدت النتائج المستحصلة على جدارة هذه الطريقة .

أما ما يخص تطبيق الطريقة الكهربائية واستعمالاتها في مجال التحري عن الآثار في العراق فلم تصدر أية دراسة أو عمل في هذا المجال .

الموقع وجيولوجية المنطقة

تقع مدينة طيسفون حوالي (30) كم الى الجنوب من مدينة بغداد وعلى الضفة الشرقية من نهر دجلة ، وعند خط طول (- 35 ' 44) وعرض (- 10 ' 33) كما في الشكل (1) وتقع المنطقة الى الغرب من طاق كسرى .

تقع مدينة طيسفون ضمن منطقة سهل ما بين النهرين أي في منطقة السهل الرسوبي والتي تغطي الترسبات النهرية للسهل الرسوبي الطبقات الاقدم والتابعة لعصر ما قبل المايوسين ، والمايوسين ، وعصر البلايوسين المتمثلة بتكوين الفرات ، ومجموعة فارس ، وتكوين البختياري على التتابع . تمتاز المنطقة بوجود تراكيمات من الترسبات الفيضانية وترسبات الدلتا ، وترسبات البحيرات التي معظمها من الغرين والطين (Parson, 1957) .

نظرية مسار التيار

تعتبر الارض مكونة من مناطق لها مقاومة نوعية ثابتة تقريباً مفصولة عن مناطق لها مقاومة نوعية مختلفة عنها بواسطة مستويات التي تعتبر عادة الحدود بين الطبقات المختلفة الصفات . ففي تسليط تيار مستمر (I) الى أرض متجانسة ومتشابهة بواسطة قطبين (A) و (B) كما في الشكل (2) ، فان فرق الجهد (ΔV) بين النقطتين (C,D) يمكن قياسه على السطح باستعمال المعادلة التالية : (Bhattacharya and Patra, 1968) (Keller, 1967),

$$V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right]$$

$$\rho = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} = 2\pi aR$$

حيث أن ρ هي المقاومة النوعية للارض .

أما نظام ثلاثي القطب فيكون بثبيت أحد الاقطاب التيار على مسافة كبيرة من الاقطاب الثلاثة الباقية كما مبين في الشكل (2) . ويعتبر هذا القطب في مالا نهاية . والاقطاب الثلاثة الباقية تكون متساوية المسافة بينها وتعطى معادلة المقاومة النوعية كما يلي :

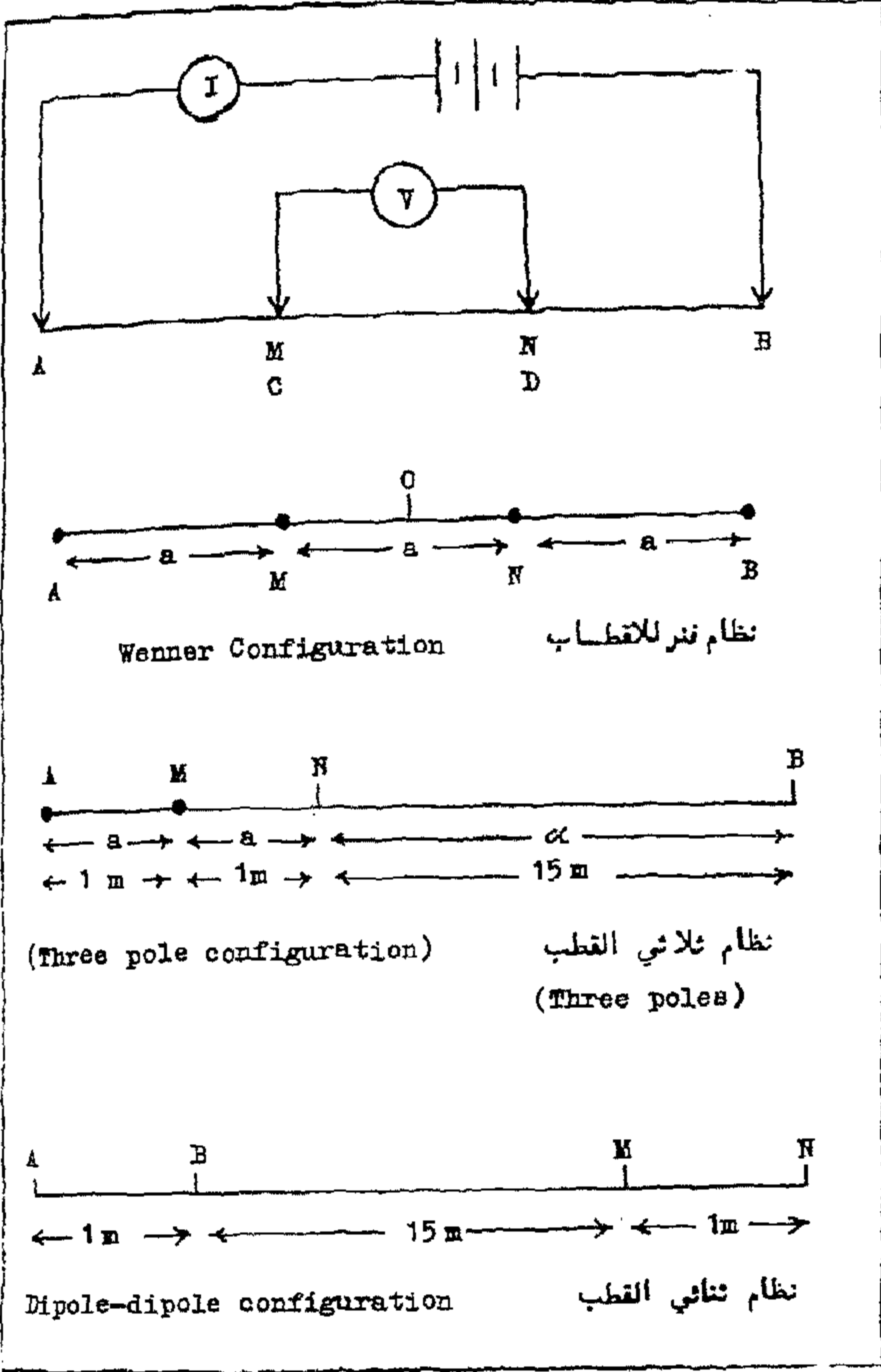
$$\rho = 4\pi a \frac{\Delta V}{I}$$

اما نظام ثنائي القطب فان قطبي التيار تكون متقاربتين من بعضهما ، وكذلك قطبا الجهد كما هو مبين في الشكل (2) . وان المقاومة النوعية المقاسة باستعمال هذا النظام كما يلي :

$$P = \pi \left(\frac{a^3}{b^2} - a \right) \frac{\Delta V}{I}$$

العمل الحقلية

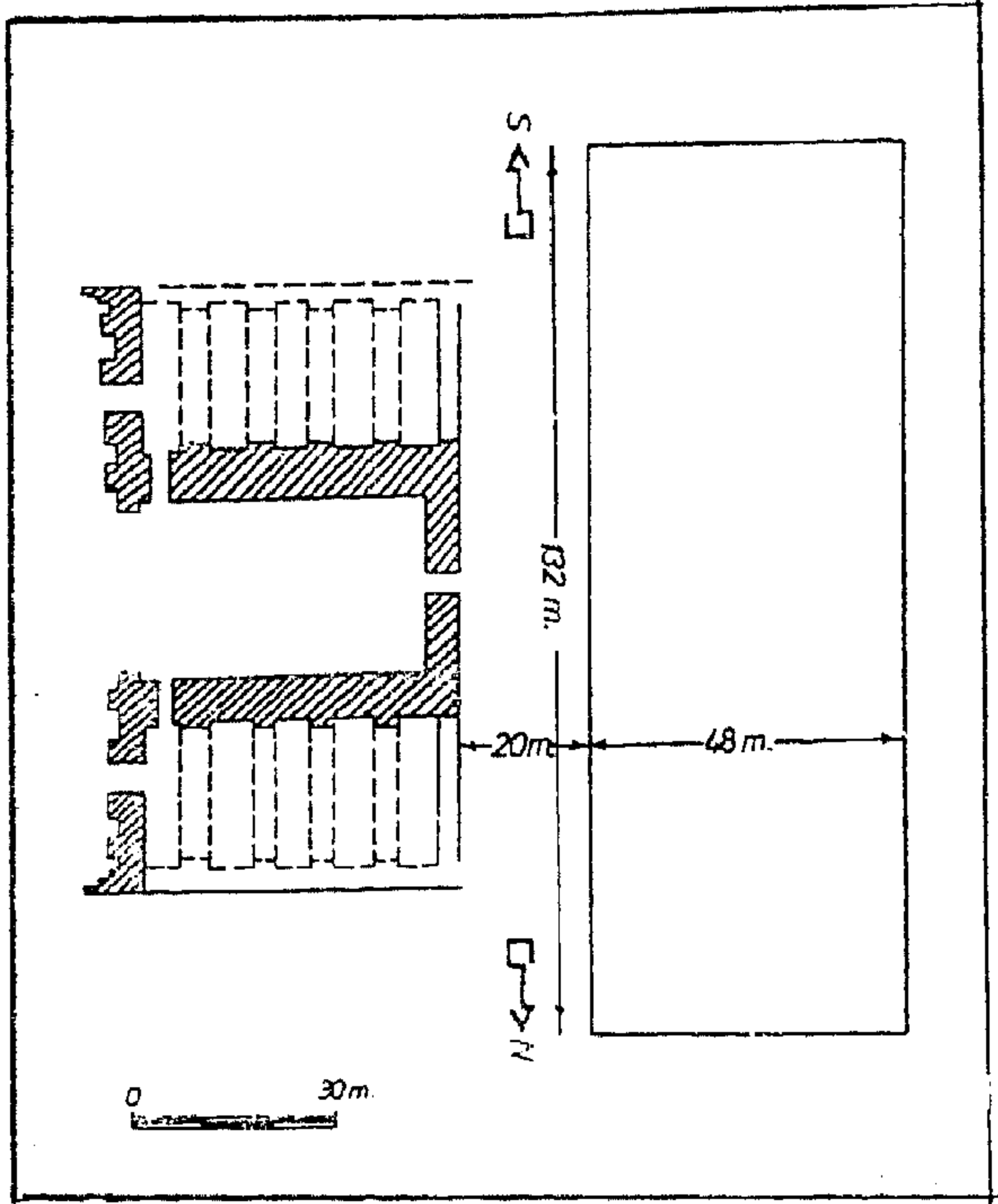
بدأ العمل الحقلية في الثامن عشر من شهر آب ، 1980 واستمر حتى الثالث والعشرين من شهر أيلول ، 1980 . ثم بدأ في الثالث من شهر



شكل (2) ، يبين الانظمة المختلفة للاقطاب .

آذار ، 1981 لتكملة الجزء المتبقي الذي استمر حتى نهاية شهر آذار 1981 ، حيث شمل العمل الحقلية في الفترتين على مسح كهربائي لمنطقة مساحتها (6336) متر مربع قسمت الى (48) مساراً طولاً (132) متر وتوجه جميع هذه المسارات من الشمال الى الجنوب وبعدها متر واحد عن بعضها البعض . كما مسحت مجموعة أخرى المسارات وعددها (19) طول كلا منها (48) متر وتوجه جميع المسارات - غرب أي عامودية على المسارات السابقة وتقع في الجزء الجنوبي من الخارطة ، كما مبين في الشكل (3) ، (4) .

قسمت المنطقة الى مسارات بواسطة جهاز telescopic Alidade) ، تم المسح باستخدام نظام فتر الرباعي الاقطاب بمسافات (1) متر ، (2) متر ، (3) متر بين الاقطاب لمجموعة



الشكل 4 : مخطط يبين موقع المنطقة المدروسة بالنسبة الى الآثار القائمة حالياً في طيسفون .

Fig. 4. Diagram showing the position of the Studied area with respect to the arc of Ctesiphon.

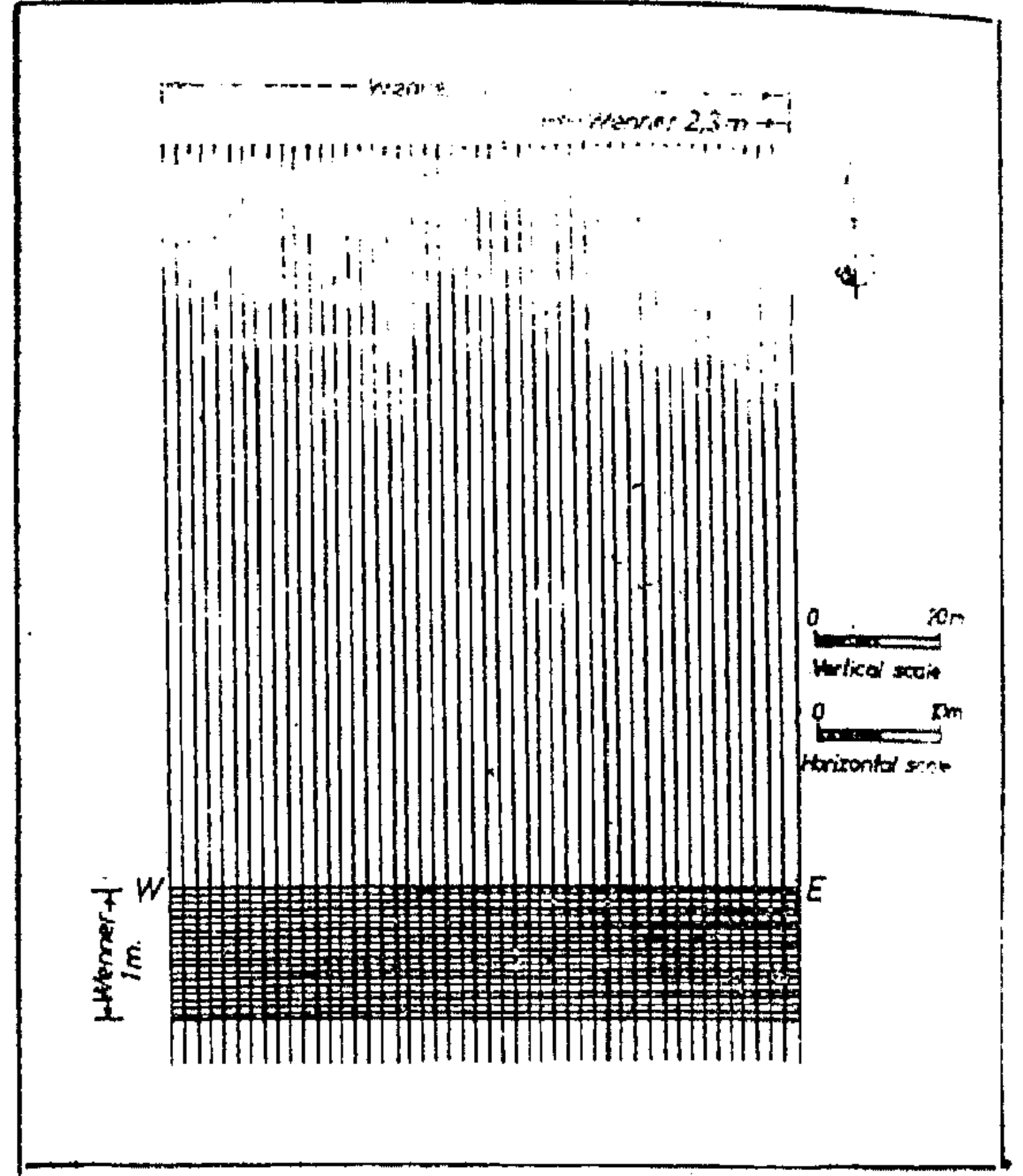
الجدران المدفونة ، على الرغم من أن شكل الشنوذ لا يعتمد فقط على أبعاد وعمق الجدران المدفونة ، بل ويعتمد على اتجاه مجموعة الاقطاب نسبة الى الجدار . فاذا كانت مجموعة الاقطاب المثبتة على المسار موازية الى الجدار ، فإن شكل الشنوذ يكون أقل تعقيداً مما لو كانت مواقع الاقطاب عامودية على الجدار .

لقد تم استعمال كلتا الطريقتين السابقتين في هذه المنطقة ، حيث مسحت جميع المنطقة بالمسارات المتجهة شمال - جنوب والتي تكون حركة الاقطاب بها عامودية على بعض التراكيب الاثرية المحتمل وجودها في المنطقة .

وكذلك استعملت الطريقة الثانية لجزء من المنطقة والتي تكون فيها الاقطاب المثبتة على المسارات المتجهة شرق - غرب موازية الى بعض التراكيب الاثرية المتوقع وجودها في المنطقة .

استعمال نظام فتر بمسافات مختلفة للمسارات المتجهة شمال - جنوب

يبين الشكل (5) مخطط للمسار (8) الذي مسح ، بنظام فتر وبمسافات (1 ، 2 ، 3) متر . وتمثل القيم الموجودة على المحور السيني المسافة بالامتار ، وقيم المقاومة النوعية على المحور الصادي محسوبة



الشكل 3 : بين المسارات المسوحة للمنطقة

Fig. 3. Diagram showing the surveyed traverses of the studied area.

المسارات وعددها (19) مساراً ، وبمسافة (1) متر لما تبقى من المسارات ، وتم إعادة مسح المسار (20) عند بداية الفترة الثانية من العمل الحقلية في 3 - 3 - 1981 ، لغرض معرفة بعض التأثيرات المناخية على القراءات . تم مسح مسارات معينة باستعمال نظام ثنائي القطب (Dipole - Dipole) وثلاثي القطب (Three pole) إضافة الى نظام فتر الرباعي وبمسافة (1) متر لغرض مقارنة النتائج المستحصلة . وضعت قطبي التيار في نظام ثنائي القطب على بعد (1) متر عن بعضهما و (15) متر عن قطبي الجهد التي تبعد عن بعضها (1) متر أيضاً ، كما في الشكل (2) . وتقاس كمية الجهد عند منتصف المسافة بين قطبي الجهد (M) و (N) . أما في حالة نظام ثلاثي القطب وضع أحد اقطار التيار على مسافة (15) متراً من الاقطاب الاخرى ، كما في الشكل (2) وتؤخذ قيمة الجهد بين القطبين (M) و (N) .

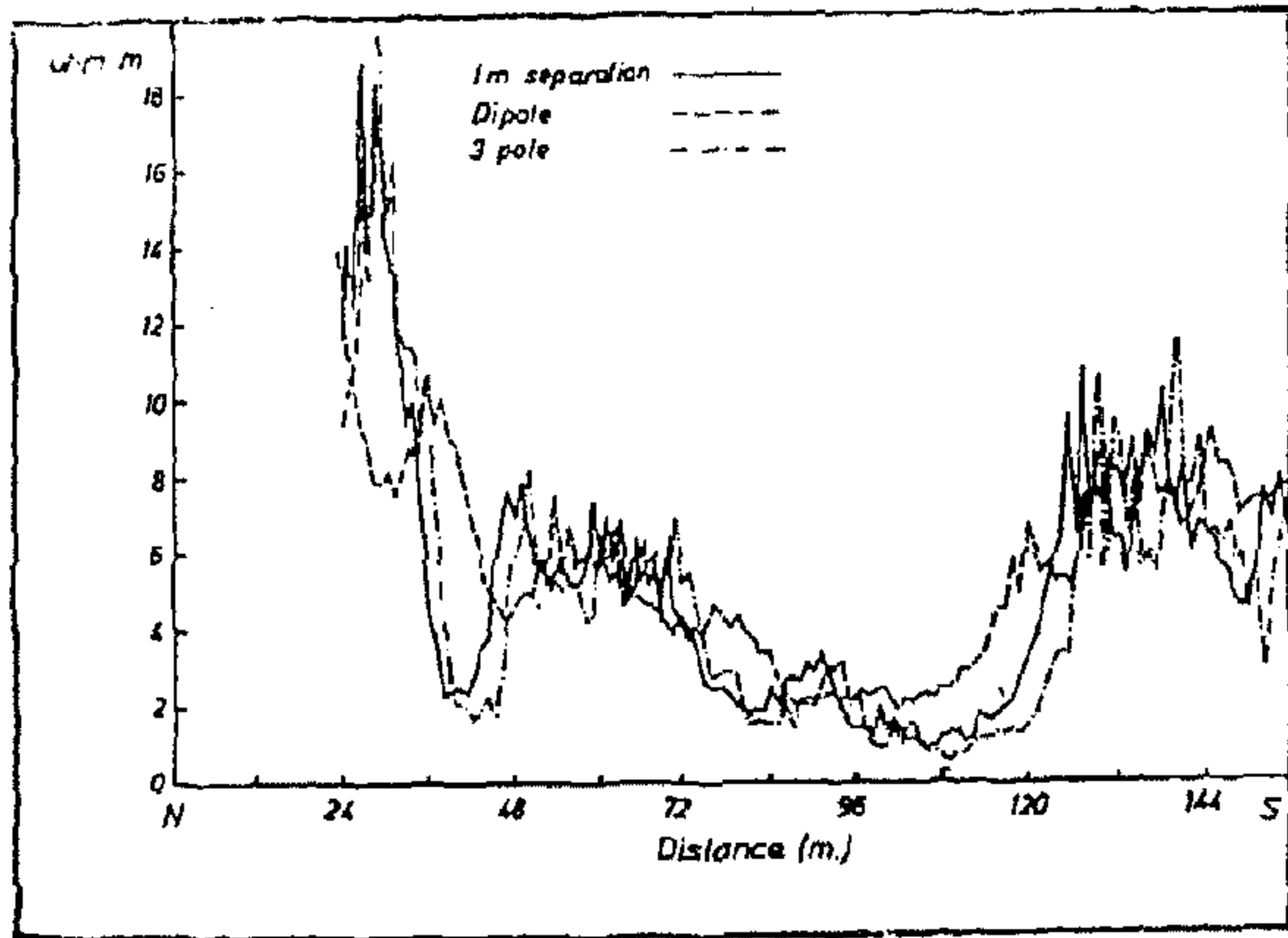
التفسيرات والاستنتاجات

يعتمد المسح الكهربائي لقياس المقاومة النوعية على وجود تباين جيد في المقاومة النوعية للتراكيب الاثرية المتمثلة بالجدران وبين التربة المحيطة بها . ان حجر البناء غير المسامي للجدران يعطي مقاومة نوعية عالية نسبياً مقارنة مع التربة الرطبة التي تحيط به . لذا فان الشواذ الممتدة ذات المقاومة النوعية العالية نسبياً يمكن أن تكون ناتجة عن

مسار باستعمال نظام فئر بمسافة (1) متر فقط .

استعمال نظامين ثنائيي القطب و ثلاثيي القطب

رسم مخطط ل أحد المسارات ، المسار (4) التي مسحت باستعمال نظام ثنائي القطب كما مبين في الشكل (6) . عند مقارنته مع المخطط المرسوم باستعمال نظام فئر بمسافة (1) متر لنفس المسار ، نلاحظ أن الشواذ ، الظاهرة فيه هي أقل وضوحاً من تلك الظاهرة في مخطط فئر بمسافة (1) متر . كما ورسم مخطط لنفس المسار وباستعمال نظام ثلاثي القطب . ان الشواذ الظاهرة في مخطط ثلاثي القطب مقارنة جداً الى تلك الظاهرة في مخطط فئر بمسافة (1) متر لنفس المسار وكلاهما أكثر وضوحاً من الشواذ الظاهرة في مخطط ثنائي القطب ، كما في الشكل (6) ، لذا فقد استعمل نظام فئر بمسافة (1) لمسح ماتبقى من المنطقة .

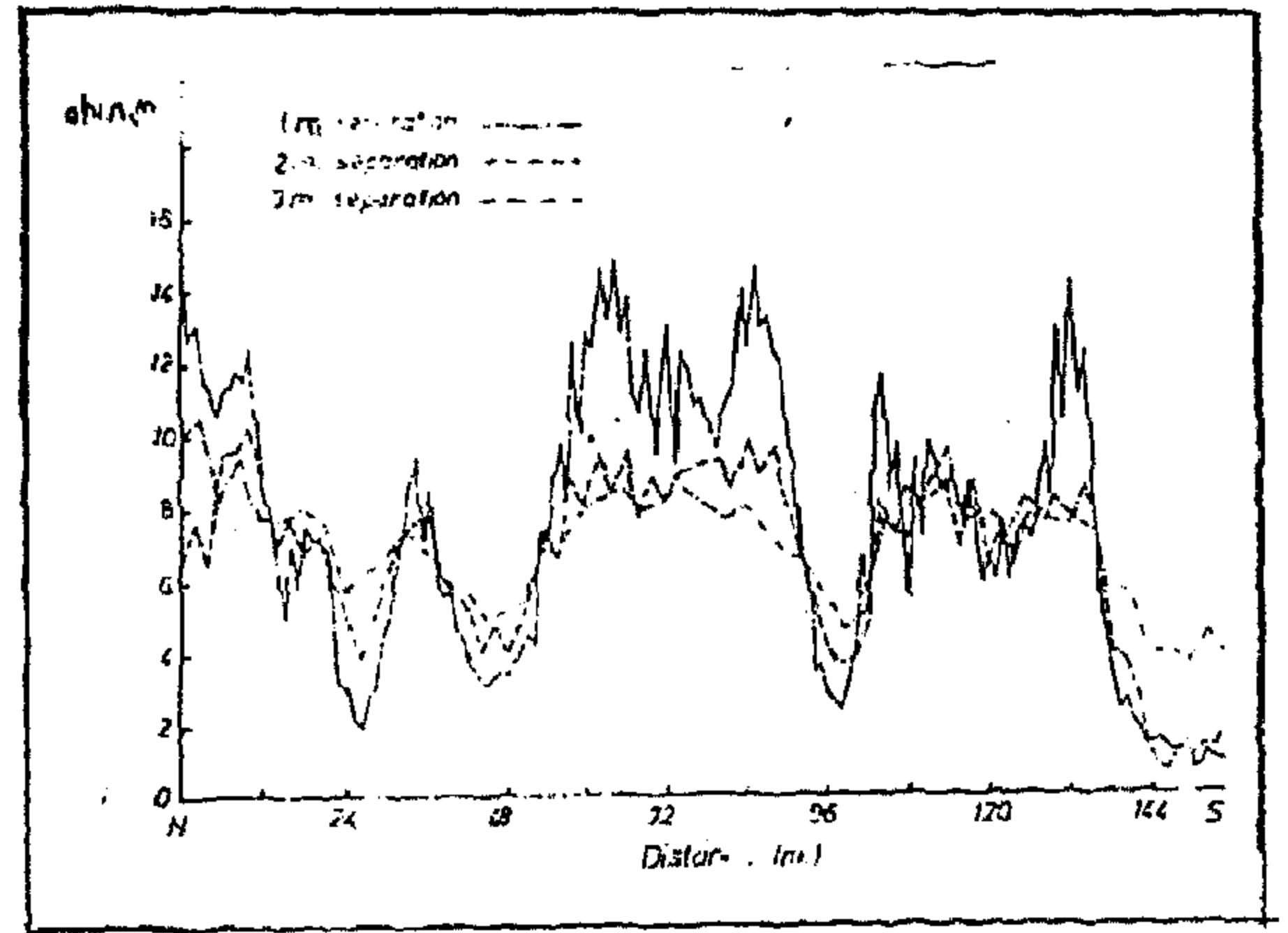


الشكل 6 ، مقارنة بين الانظمة الثلاثة (ثنائي القطب فئر 1 m ونظام ثلاثي القطب) للمسار (4) .

Fig. 6 Comparison between the three configurations dipole - dipole, Wenner 1m. and three pole for traverse (4).

تأثير التغيرات المناخية على قيم المقاومة النوعية

نظراً لشمول العمل الحقل على فترتين مختلفتين الاولى من 18 اب 1980 الى 23 ، أيلول 1980 والفترة الثانية من (3 - 21) آذار ، 1981 ، ولاختلاف الظروف المناخية في كلتا الفترتين ، حيث أن التربة تكون جافة في الفترة الاولى وعلى العكس في الفترة الثانية التي تكون فيها التربة رطبة ، ونظراً لأهمية عامل الرطوبة ولمعرفة مدى تأثيره على القيم المستحصلة من الحقل للمقاومة النوعية فقد أجريت مقارنة بين النتائج التي تم الحصول عليها في شهر أيلول عند مسح أحد المسارات وهو المسار (20) مع النتائج المستحصلة في شهر آذار لنفس المسار وباستعمال نظام فئر بمسافة (1) في كلتا الفترتين كما في الشكل (7) . ولغرض المقارنة فالشواذ (1) الذي يقابل نفس الشواذ خلال شهر أيلول وشهر آذار ، الا أن قيمة للمقاومة النوعية فيه قد



الشكل 5 ، يبين الاختلاف في قيم المقاومة النوعية باستعمال نظام فئر بمسافات للمسار (8) .

(بأوم - متر) ان الشواذ الظاهرة في هذا المخطط معقد ويحتوي على تغيرات كبيرة في المقاومة النوعية قد لا تكون ناتجة مباشرة عن تراكيب أثرية موجودة تحت خط المسار ، والسبب هو انتشار التيار الى الجوانب اضافة الى انتشاره الى الاسفل والذي يسبب في اعطاء معلومات عن تراكيب قد لاتقع مباشرة تحت خط مسار المسح ، ومن ملاحظة الشكل (5) ، هناك ظاهرتين في هذا المخطط ، الاولى تشبه الحرف «M» وهي تنتج عند توغل جسم ذو مقاومة نوعية عالية في وسط ذو مقاومة نوعية أقل ، لذا عند اقتراب قطبي التيار من حافة هذا الجسم فان جزء من التيار يمر تحت هذا الجسم وهذا يؤثر على الفولتية المقاسة بين قطبي الجهد اذ تصبح قليلة جداً ، أما الظاهرة الثانية والمعاكسة الى الاولى فهي «W» والتي تنتج من وسط ذو مقاومة نوعية قليلة . ان كلتا من الظاهرتين «M» و «W» تنتج من استعمال طريقة مواقع الاقطاب التي تكون عامودية على الجدار ، وتظهر الشواذ في المسافة (2) متر بين الاقطاب أقل وضوحاً مما هي عليه في حالة المسافة بين الاقطاب (1) متر اضافة الى ذلك أن حجم التغيرات الكلية للمقاومة النوعية يقل عند المسافات الكبيرة بين الاقطاب . وعند زيادة المسافة بين الاقطاب الى (3) متر نلاحظ ان المخطط يعطي شواذ أقل وخصوصاً من المخططين السابقين . ان حصيلة المقارنة باستعمال المسافات (1) ، (2) ، (3) متر هي أن المخطط بمسافة (1) متر يعطي شواذ أكثر وضوحاً من (2) متر و (3) متر في هذه المنطقة وهناك تفسيرين لهذه الظاهرة ، الاول هو أن عمق التراكيب الاثرية (المحتمل تواجدها في المنطقة) ينسجم مع المسافة (1) متر بين الاقطاب . والتفسير الثاني أن مستوى المياه الجوفية للمنطقة من المحتمل أن يكون قريب من السطح ، حيث أن عمق المياه الجوفية في المنطقة يتراوح تقريباً (2.5) متر ، وللأسباب المذكورة سابقاً تم مسح ماتبقى من المسارات وعددها (29)

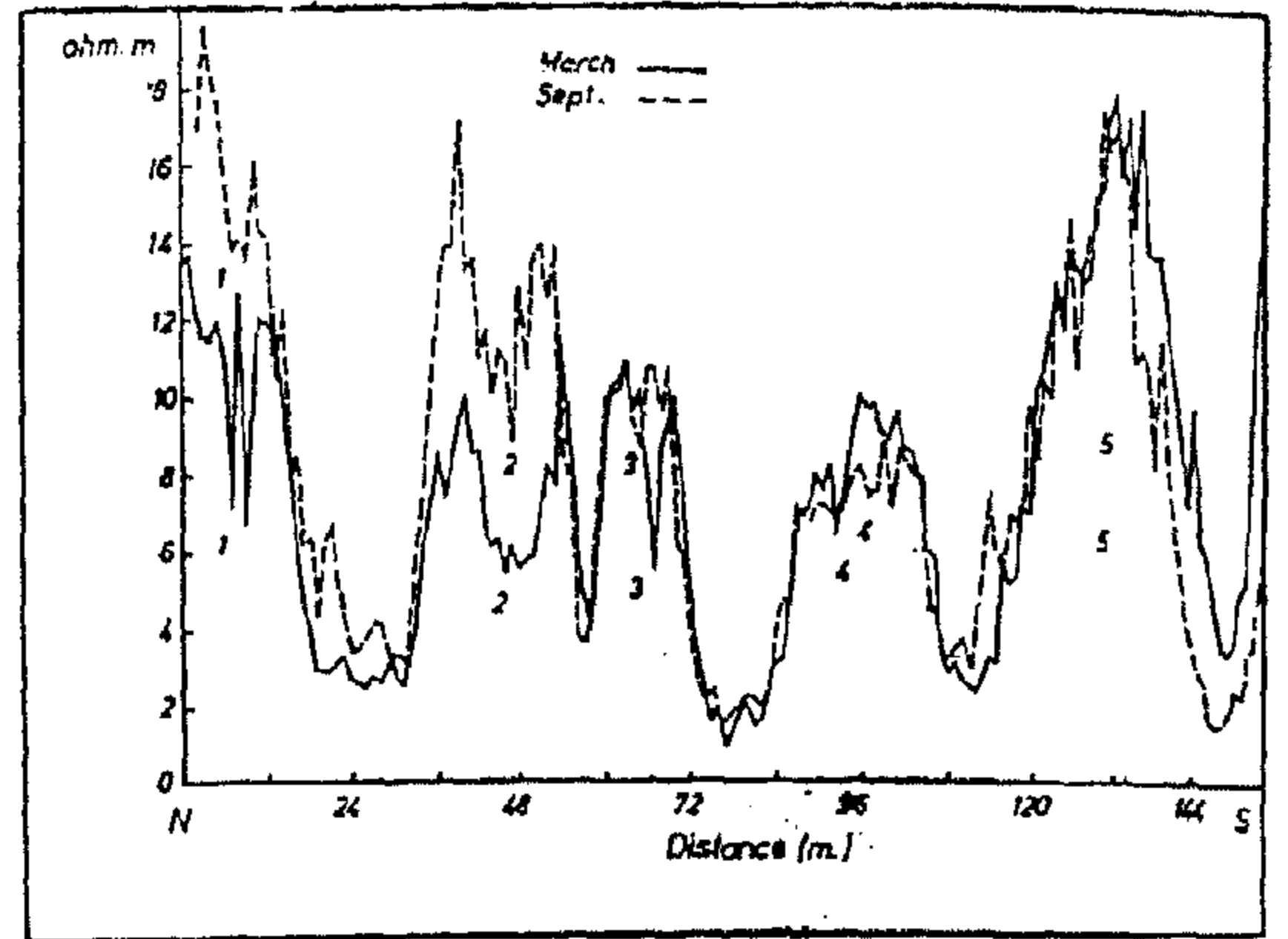


الشكل 8 : خارطة المقاومة النوعية الكلية للمنطقة ، للمسارات المتجهة شمال - جنوب

Fig. 8 Isoresistivity map of the studied area for the traverses (N - S) direction.

الذكر ، ولتعقيد أشكال الشواذ الظاهرة في هذه المخططات تم عمل خارطة كنتورية لجميع قيم المقاومة النوعية المستحصلة من الحقل باستعمال نظام فتر بمسافة (1) متر بفترة كنتورية (1.0) أوم متر كما في الشكل (8) . ان الشواذ الظاهرة في الخارطة معظمها شواذ ممتدة (Linear) وهذه تأخذ اشكالاً غير منتظمة ، ومعظمها تتج شمال - جنوب أي مع اتجاه مسار الاقطاب .

شمال - جنوب أي مع اتجاه مسار الاقطاب . فالشواذ الممتدة التي لها مقاومة نوعية عالية . يحتمل أنها ناتجة عن وجود جدران مدفونة (المتوقع وجودها في المنطقة) ، وان استمرارية بعض هذه الشواذ يعتقد بأن الجدران لا تزال في حالة جيدة . ان الشواذ الممتدة والضيقة ذات المقاومة النوعية العالية والمنتشرة في اجزاء الخارطة ليس لها نفس القيمة المطلقة للمقاومة النوعية وسبب هذا التباين هو نوعية المواد التي تحيط وتغطي هذه التراكيب الاثرية المحتمل وجودها في المنطقة . فمثلاً اذا كانت هذه المواد ناتجة عن مخلفات مواد البناء المنتشرة في المنطقة فسوف لا تعطي نفس القيمة للمقاومة النوعية في حالة كون المواد التي تحيط بنفس التراكيب الاثرية هي من التربة الاعتيادية الحاوية على بعض النباتات . اتضح عند الحفر في احد المواقع في المنطقة التي أعطت قيمة عالية نسبياً للمقاومة النوعية وجود نسبة كبيرة من الطابوق المتداخل في التربة ، والذي لا يزال قسم منه بحالة جيدة بالإضافة الى وجود قطع كثيرة متكسرة معه ، وهذا يعود بالطبع الى عملية الهدم التي أصابت الجدران نتيجة للظروف الخارجية التي أحاطت بالمنطقة ، (حيث كانت منطقة سياحية ومفتوحة لفترات طويلة) . أما الشواذ الممتدة ذات المقاومة النوعية ، فمن المحتمل أن تكون ناتجة عن الحفريات التي ترافق عملية التنقيبات الاثرية ، فعند اندثار مثل هذه الحفريات بالتربة وما تحويه من مواد مختلفة ، تكون اجزاؤها غير متماسكة مثلما كانت عليه قبل عملية الحفر فتزداد المسامات فيها ، وتصبح هشة بحيث تسهل عملية مرور مياه الامطار خلالها ، لذا فان مثل هذه الحفريات بعد اندثارها تعطي شواذ ممتدة (اذا كانت الحفريات تشكل ما يشبه الخنادق) ذات مقاومة نوعية قليلة ، وتؤكد لدينا عند الحفر في مثل هذه المواقع أن القيمة القليلة



الشكل 7 ، يبين التغير الحاصل في الشواذ الظاهرة للمسار (20) خلال شهر ايلول وشهر آذار .

Fig. 7. Diagram showing the variation in the anomalies for traverse (20) during March and September.

انخفضت . أما الشذوذ (2) فقد انخفضت ايضا فيه قيمة المقارنة للنوعية .

النوعية . أما في الشذوذ الثالث فهو ثابت في الفترتين ، وهذا يعني أن الشذوذ بقي محافظاً على شكله في كلتا الفترتين ، وكذلك بالنسبة للشذوذ (4) والشذوذ (5) . فاذن ان كلا من الشذوذين (1) ، (2) انخفضت فيهم قيمة المقاومة النوعية في شهر آذار عما كانت عليه في شهر ايلول ، كما هو واضح في الاختلاف بين هذين المخططين . هنالك احتمالين لهذا الانخفاض في قيمة المقاومة النوعية ، الاول أن التربة عندما تكون شديدة الجفاف ومتماسكة تعطي قيم عالية نسبياً للمقاومة النوعية ، بحيث تتقارب قيم المقاومة النوعية للتربة والتراكيب الاثرية المدفونة بها ، لذا فإن احسن فترة للمسح هي عندما تكون التربة رطبة ، أي الفترة التي تعقب سقوط أمطار خفيفة . أما الاحتمال الثاني في حالة وجود حفرة مدفونة وحماية على قطع من مواد البناء المنتشرة في المنطقة ففي فترة الجفاف تعطي مثل هذه المواد قيمة عالية للمقاومة النوعية . وتنخفض هذه القيمة للمقاومة النوعية في الفترة التي تعقب سقوط الامطار بسهولة توغل المياه بين اجزائها المتفككة ، وكلا الاحتمالين وارد في هذه المنطقة لكون تربة المنطقة جافة خلال فترة المسح في ايلول ، وكذلك نتيجة التنقيبات (عمليات الحفر) المستمرة في المنطقة ولفترات مختلفة واندثار الحفر الناتجة من عمليات التنقيب بواسطة مخلفات البناء المختلفة نتيجة الترميمات المستمرة للآثار القائمة في المنطقة .

الشواذ الظاهرة في خارطة المقاومة النوعية (Isoresistivity map) للمسارات المتجهة شمال - جنوب

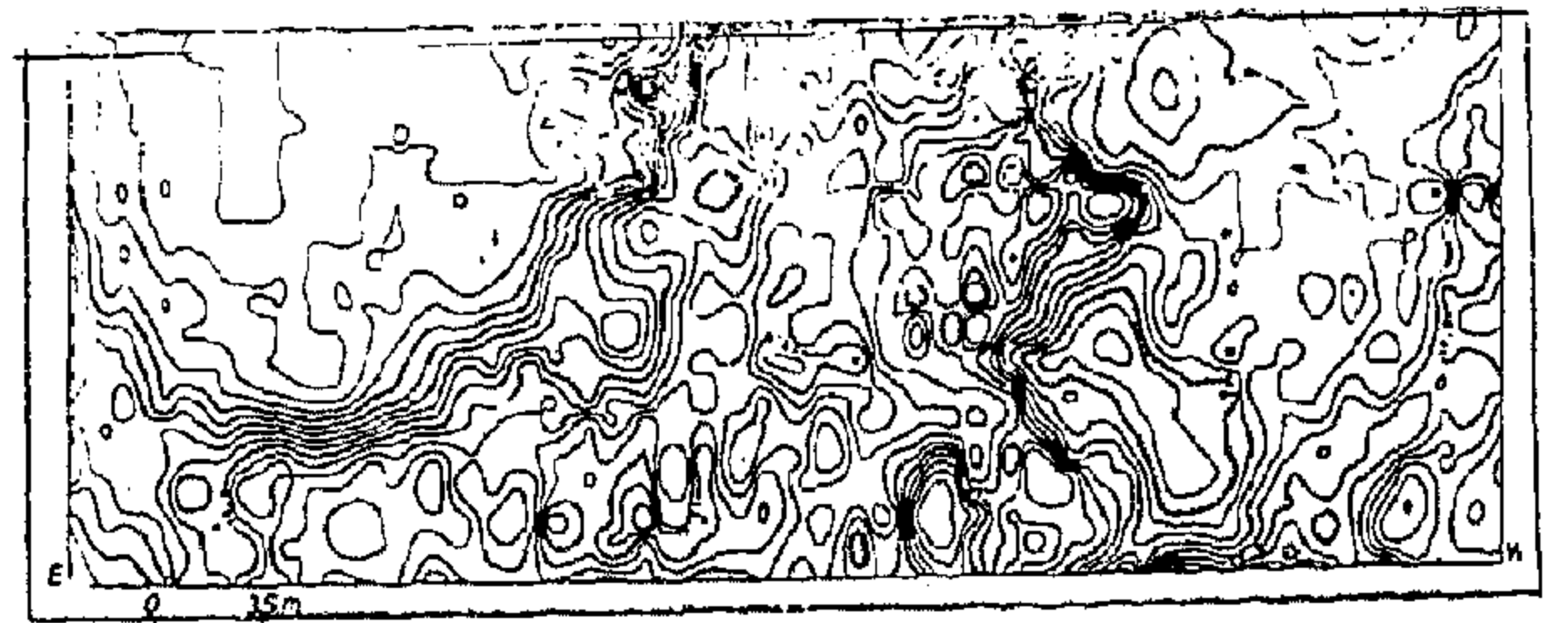
لصعوبة تفسير كل مخطط منفرد عن المخططات الاخرى سالفه

للمقاومة النوعية ماهي الا تربة عادية وخالية من مواد البناء كالطابوق وقطع الكسر، ويساهم عامل الرطوبة ايضا في خفض قيم المقاومة النوعية. من ملاحظة الشكل (8) نلاحظ أن أكثر الشواذ تتركز في الحافة الشرقية من الخارطة. ويمكن تجزئة الشواذ الظاهرة في الخارطة كما يلي،

أكبر الشواذ الظاهرة في هذه الخارطة هو الشذوذ الموجود في الحافة الجنوبية من الخارطة، والذي تتراوح قيمة المقاومة النوعية فيه من (3.0) أوم . متر الى (20.0) أوم . متر كأعلى قيمة ويتجه هذا الشذوذ شمال - جنوب ويمتد هذا الشذوذ بحيث يشمل الربع الجنوبي من الخارطة. وتتركز مجموعة من الشواذ غير المنتظمة قرب الحافة الشرقية من الخارطة وفي الجزء الاوسط منها، حيث تتراوح قيمة المقاومة النوعية فيها (4.0 - 16.0) أوم . متر. أما الربع الشمالي من الخارطة أيضا يحتوي على مجموعة من الشواذ غير المنتظمة والتي تتراوح فيها قيمة المقاومة النوعية (3.0 - 17.0) أوم . متر. ومن ملاحظة هذا الشذوذ أن الجزء الوسط منه يأخذ الاتجاه شمال - جنوب وعلى جانبيه تمتد الشواذ باتجاه شرق - غرب، وهناك شذوذ آخر متوسط الحجم، يقع في الجزء الشمالي من الخارطة وفي الحافة الغربية منها وتتراوح قيمة المقاومة النوعية فيه (4.0 - 19.0) أوم / متر. تمتد منطقة واسعة خالية من الشواذ من الجزء الجنوبي الغربي للخارطة الى الجزء الشمالي الغربي فيها، وتتوغل الى منتصف الخارطة ويفصلها عن الشواذ المحيطة بها الخط الكنتوري (5.0) أوم . متر وتتميز هذه المنطقة كونها قليلة المقاومة النوعية، حيث تتراوح قيمتها (0.5 - 5.0) أوم . متر. وهذا يعني أن هذه المنطقة اما أن تكون خالية من التراكيب الاثرية فعلا، أو أن عمق التراكيب الاثرية الموجودة فيها لا يتناسب مع المسافة بين الاقطاب المستعملة عن المسح والبالغة متراً واحداً.

الشواذ الظاهرة في خارطة المقاومة النوعية (Isoresistivity map) للمسارات المتجهة شرق - غرب

يبين الشكل (9) خارطة كنتورية لقيم المقاومة النوعية للمسارات التي مسحت باتجاه شرق - غرب، علماً أن المنطقة التي مسحت



الشكل 9 : خارطة المقاومة النوعية الكلية لجزء من المنطقة للمسارات المتجهة شرق - غرب
Fig. 9 Isoresistivity map of the studied area for the traverses in the E-W direction.

يدخل ضمنها جزء من الشذوذ الذي يقع في الجزء الجنوبي من الخارطة في الشكل (8)، والذي يتجه شمال - جنوب، ولكن نلاحظ في هذه الخارطة اختفاء الشواذ المتجهة شمال - جنوب وظهور شواذ غير منتظمة معظمها تتجه شرق - غرب اي مع اتجاه المسارات المسوحة. لذا ينصح عند القيام بمسح كهربائي لمنطقة ما، ان تستعمل كلتا الطريقتين، اي المسارات المتجهة شمال - جنوب، والاخرى العامودية عليها المتجهة شرق - غرب بحيث تغطي جميع المنطقة وبالتالي ايجاد العلاقة بين الشواذ الناتجة عن كلأ منها، او ان تؤخذ المسارات باتجاه (45°) لمسح المنطقة جميعها للحصول على الشواذ الناتجة من التراكيب الاثرية في كلا الاتجاهين.

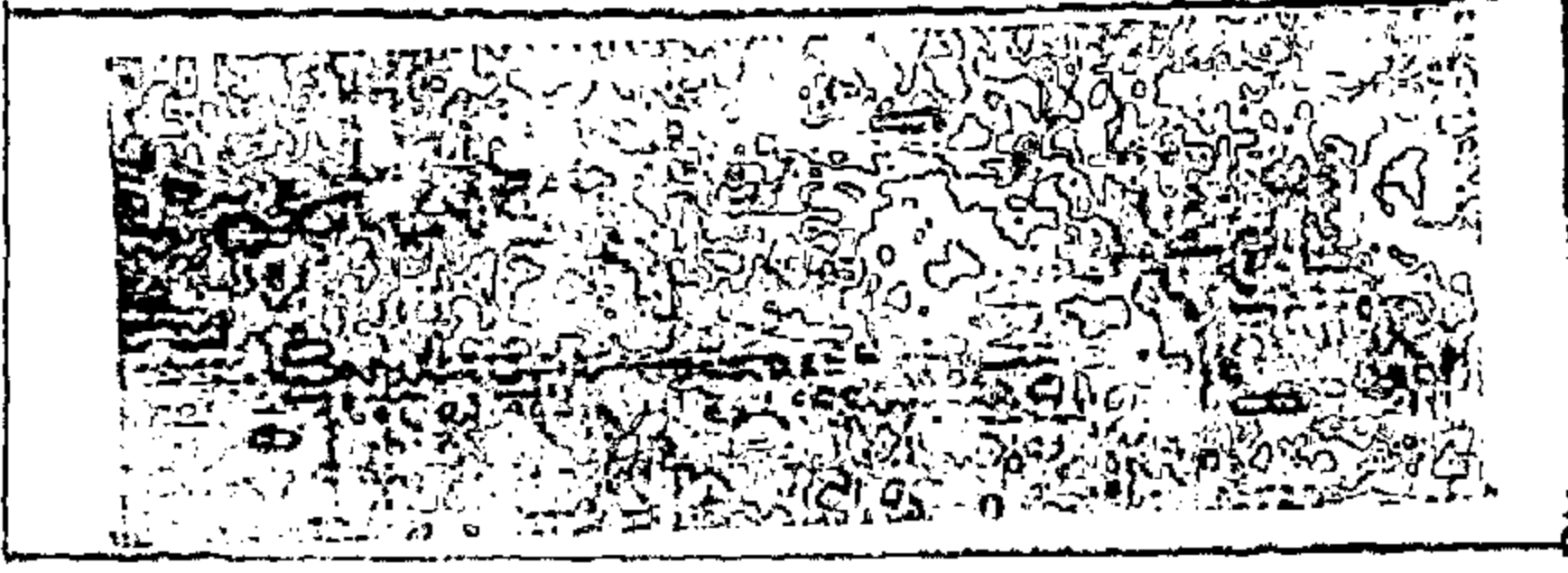
لكي نستخلص اكثر المعلومات الممكنة عن مواقع التراكيب الاثرية من خارطة المقاومة النوعية وجد من الضروري فصل الشواذ المحلية الناتجة من وجود التراكيب الاثرية عن الشواذ الاقليمية ذو الامتداد الواسع والناتجة عن التغيرات الجيولوجية في المنطقة. ولقد اجريت عملية الفصل هذه باستعمال طرق تحليلية التي بواسطتها تم عزل الظواهر ذات الاطوال الموجية الكبيرة والبقاء على الظواهر ذات الاطوال الموجية القصيرة سليمة تقريباً. تمت هذه العملية باستعمال الحاسبة الالكترونية (hp 3000i). كما تم رسم الخرائط بواسطة جهاز كالكومب (Calcomp). ومن هذه الطرق التحليلية التي استعملت في عملية الفصل.

طريقة كرفن (Griffen, 1949)

ان قيمة المقاومة النوعية الاصلية المقاسة على السطح بشكل (8) هي حصيلة الشواذ المحلية الناتجة من وجود تراكيب اثرية، والشواذ ذو الامتداد الاوسع والناتجة عن التغيرات الجيولوجية. ولغرض الحصول على خارطة تمثل الشواذ المتبقية (Residual anomalies) يجب ازالة او طرح تأثير المجال الاقليمي من الخارطة الاصلية، كرفن (Griffen, 1949). وتعتبر طريقة عزل الشواذ هذه من الطرق التحليلية البسيطة في حساب الشذوذ المتبقي مباشرة من القيم او المعطيات الاولية (قيم المقاومة النوعية الاصلية). لقد طبق كرفن هذه الطريقة سنة (1949)، حيث استعمل ثمانى نقاط تقع على محيط دائرة معينة ذات نقطة مركزية. وتتضمن هذه الطريقة حساب معدل القيم الجهدية للنقاط الثمانى الواقعة على محيط دائرة ذات نقطة مركزية المراد حساب الشذوذ المتبقي لها، مقسمة على عدد النقاط الثمانى المستخدمة ثم يطرح هذا المعدل من القيم الاصلية لغرض الحصول على الشواذ المحلية. ويمكن توضيح ذلك كما يلي:

$$\Delta R = R_0 - \bar{R}_r$$

$$\bar{R}_r = \frac{R_{1r} + R_{2r} + R_{3r} + \dots + R_{nr}}{n}$$



الشكل (10) : خارطة المقاومة النوعية المتبقية باستخدام طريقة كرفن لفصل شبكة 1 م ونصف قطر الدائرة

Fig. 10 Residual resistivity map by Griffin method for (s=1m, r=1\5).



الشكل 11 : خارطة المقاومة النوعية المتبقية باستخدام طريقة كرفن لفصل شبكة 1 م ونصف قطر الدائرة

Fig. 11 Residual resistivity map by using Griffin method for (s=1m., r=1\8).



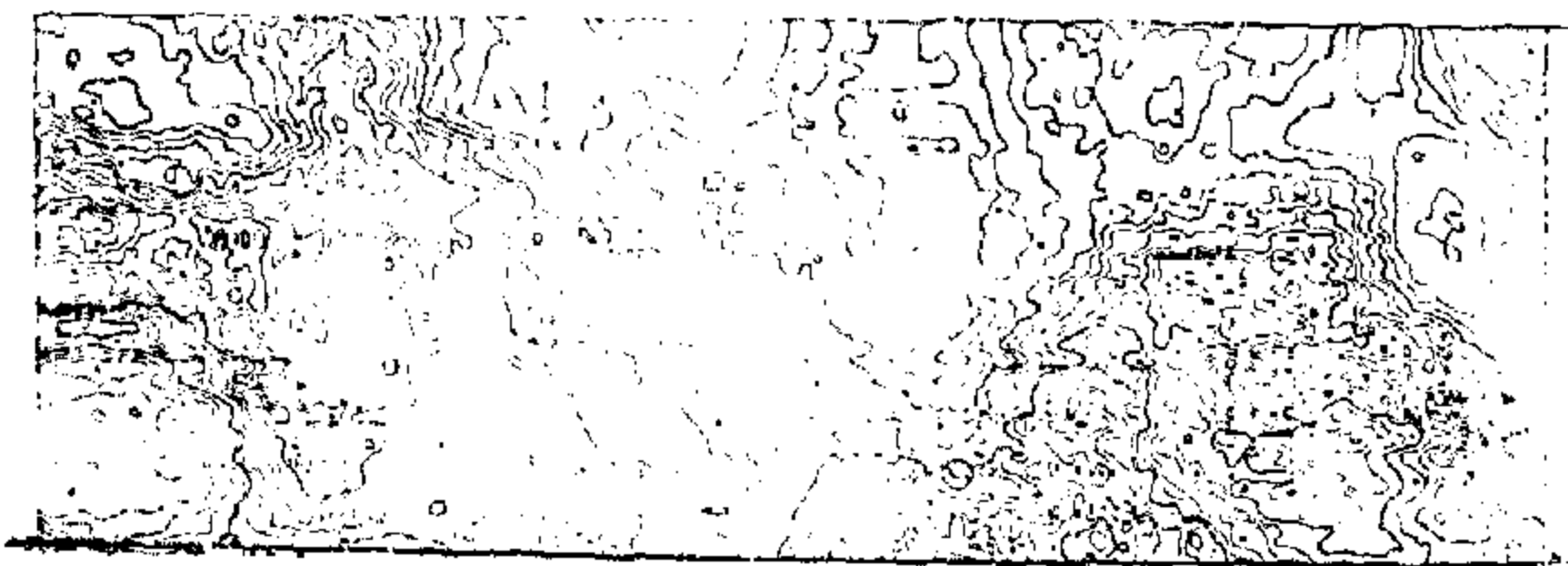
الشكل 12 : خارطة المقاومة النوعية المتبقية باستخدام كرفن لفصل شبكة 1 م ونصف قطر الدائرة

Fig. 12 Residual resistivity map by using Griffin method for (s=1m., r=1\20).



الشكل 13 : خارطة المقاومة النوعية الاقليمية باستخدام طريقة كرفن لفصل شبكة 1 م ونصف قطر الدائرة

Fig. 13 Regional resistivity map by using Griffin method for (s=1m., r=1\5).



الشكل 14 : خارطة المقاومة النوعية الاقليمية باستخدام طريقة كرفن لفصل شبكة 1 م ونصف قطر الدائرة

Fig. 14 Regional resistivity map by using Griffin method for (s=1m., r=1\8).

حيث أن :
 R_0 : قيمة المقاومة النوعية الاصلية للنقطة الواقعة في مركز الدائرة .
 $\bar{R}$: معدل قيم المقاومة النوعية للنقاط الواقعة على محيط دائرة نصف قطرها (r) .

ΔR : قيمة المقاومة النوعية المتبقية .

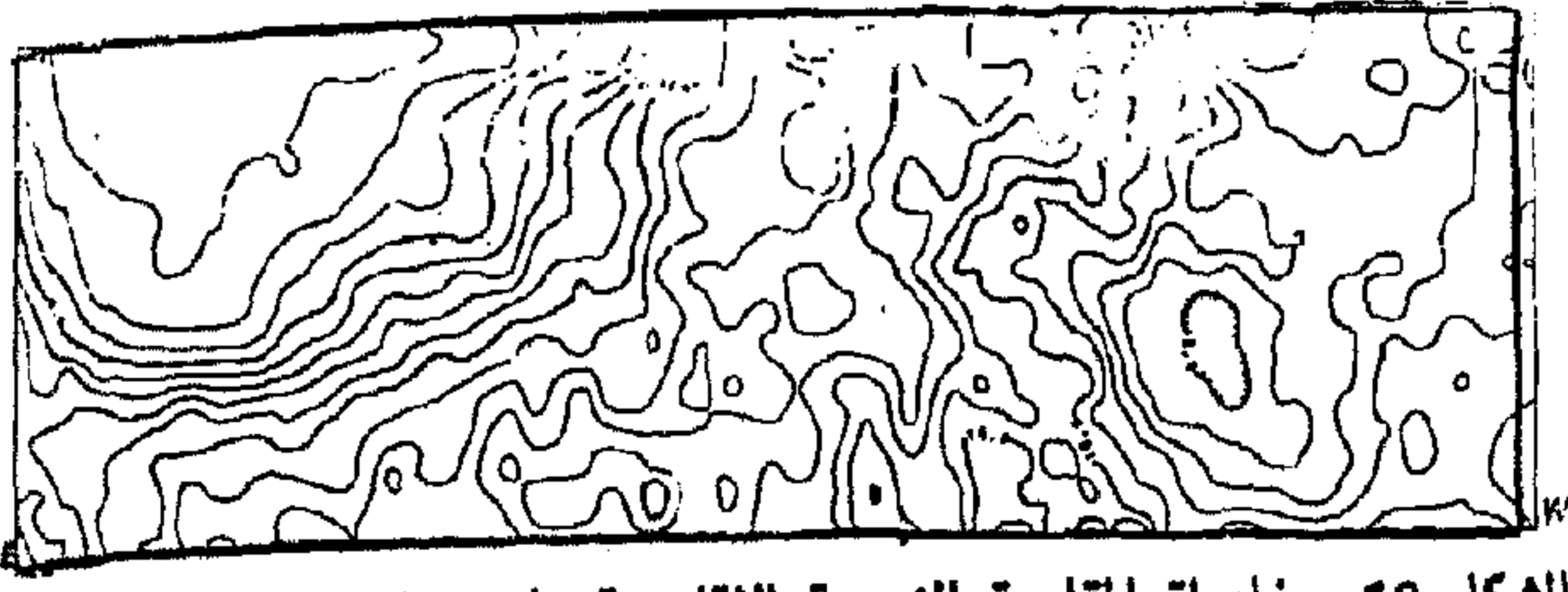
n : عدد النقاط المستعملة في الدائرة .

ان قيمة الشواذ المتبقية اما ان تكون موجبة ، صفر او سالبة ، حيث تعتمد على قيمة النقطة المركزية R_0 المراد حسابها فيما اذا كانت اكبر ، مساوية او اصغر من المعدل $(\bar{R})$. كرفن (Griffen, 1949).

ان المشكلة الرئيسية عند استعمال هذه الطريقة هي كيفية اختيار نصف قطر الدائرة الملائم لغرض الحصول على معلومات ذات دقة كبيرة ، لما فان الشذوذ المحلي في نقطة معينة يعتمد بصورة كبيرة على حجم الدائرة المختار . لقد تم استعمال ثلاث دوائر ذات انصاف مختلفة هي $(S\sqrt{20}$ ، $S\sqrt{8}$ ، $S\sqrt{5})$ (حيث ان هي الفاصلة الشبكية = 1 متر) ثم رسمت خرائط للشواذ المتبقية كما في الاشكال (10) ، (11) ، (12) المسوخة باتجاه شمال - جنوب و (16) (17) ، (18) باتجاه شرق - غرب واخرى للشواذ الاقليمية كما في الاشكال (13) ، (14) ، (15) المسوخة باتجاه شمال - جنوب و (19) ، (20) (21) باتجاه شرق - غرب . ووجد من تطبيق انصاف اقطار مختلفة للدوائر بأن عدد الشواذ المتبقية في الخارطة الاقليمية المحتسبة باستعمال نصف قطر $(S\sqrt{5})$ هي اقل مما يظهر في الخرائط التي احتسبت بانصاف اقطار اخرى ، هذا يعني ان درجة الفصل في هذه الخارطة هي اكبر من الخرائط الاخرى .

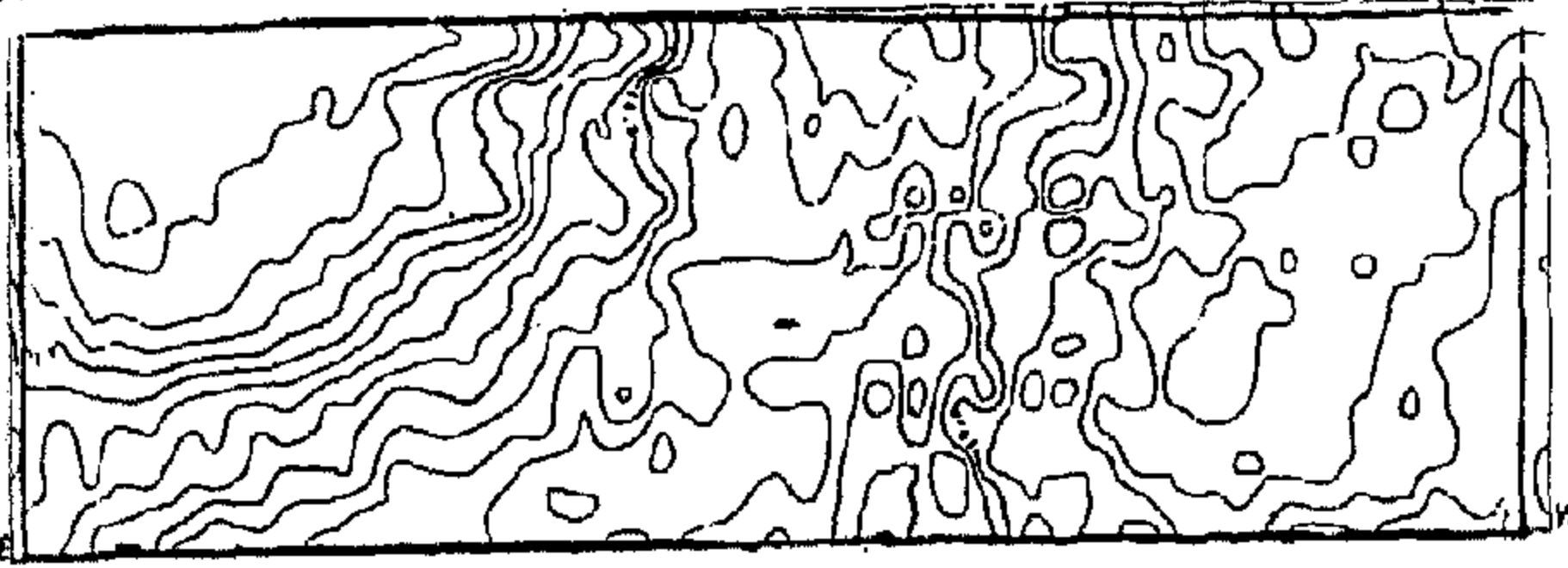
وصف للشواذ

يبين الشكل (10) خارطة الشواذ المتبقية باستعمال نصف قطر $(S\sqrt{5})$. ان اهم الشواذ الظاهرة في هذه الخارطة هي الشواذ التي تتركز في الجزء الجنوبي منها ، حيث تتراوح فيها قيم المقاومة النوعية من (-6.2) الى (7.1) اوم . متر وتتجه معظم هذه الشواذ شمال - جنوب . والمجموعة الاخرى من الشواذ هي تلك التي تظهر في الجزء الوسطي من الخارطة وتتركز عند الحافة الشرقية منها ، حيث تتراوح قيم المقاومة النوعية فيها من (-5.6) الى (5.5) اوم . متر . تمتاز هذه الشواذ بكونها ضيقة وتمتد شمال - جنوب . اما الشواذ الباقية الاخرى فهي تلك التي تتركز في الجزء الشمالي من الخارطة وتتراوح قيم المقاومة النوعية فيها (-5.0) الى (6.7) اوم . متر . وان معظم هذه الشواذ تتجه شمال - جنوب . وهناك بعض الشواذ القليلة التي تتجه شرق - غرب وشذوذ صغير اخر يتجه شمال شرق - جنوب غرب في هذا الجزء . يبين الشكل (11) خارطة للشواذ المتبقية باستعمال نصف قطر $(S\sqrt{8})$ وتعتبر الشواذ المتمركزة بالجزء الجنوبي من



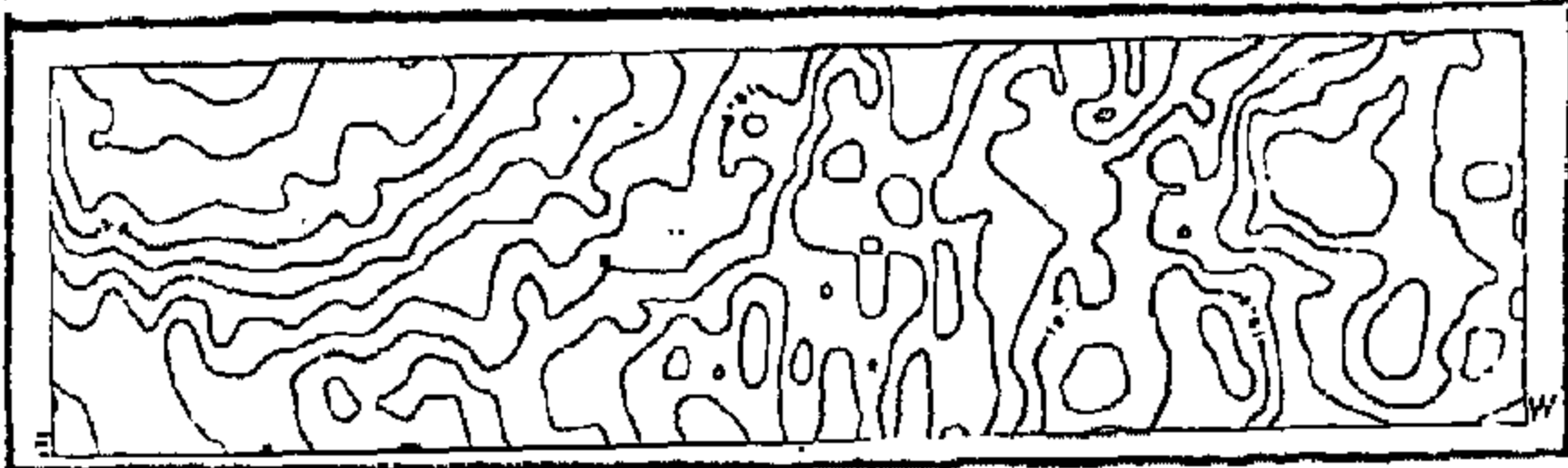
الشكل 19 ، خارطة المقاومة النوعية الاقليمية باستخدام طريقة كرفن لفاصلة شبكية 1 م ونصف قطر الدائرة . للمسارات المتجهة شرق - غرب .

Fig. 19 Regional resistivity map by using Griffin method for (s = 1m., r = 1/5) for E-W traverses)



الشكل 20 ، خارطة المقاومة النوعية الاقليمية باستخدام طريقة كرفن لفاصلة 1 م ونصف قطر الدائرة . للمسارات المتجهة شرق - غرب .

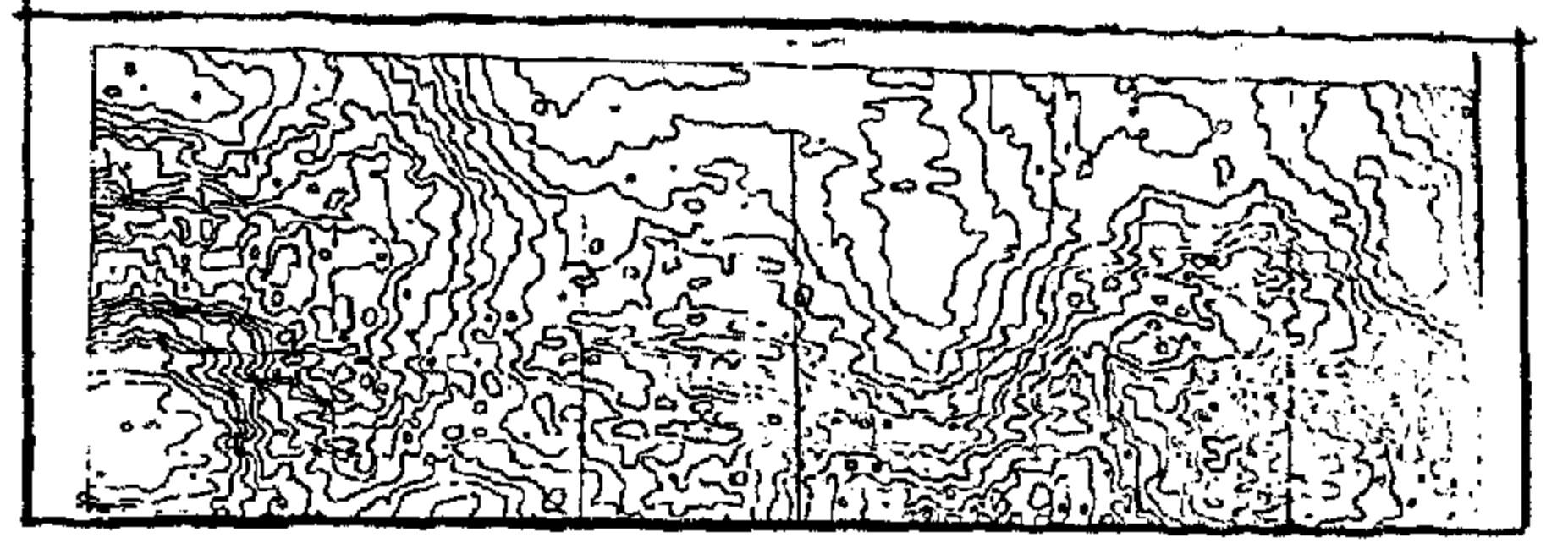
Fig. 20 Regional isoresistivity map using Griffin method for (s = 1m., r = 1/8). (for E-W traverses).



الشكل 21 ، خارطة المقاومة النوعية الاقليمية باستخدام طريقة كرفن لفاصلة شبكية 1 م ونصف قطر الدائرة . للمسارات المتجهة شرق - غرب .

Fig. 21 Regional isoresistivity map by using Griffin method for (s = 1m., r = 1/20). (for E-W traverses).

الى (7.25) اوم . متر . وتتركز هذه الشواذ قرب الحافة الشرقية من الخارطة ، وتتجه معظمها شمال - جنوب . اما الشواذ الموجودة في الجزء الشمالي من الخارطة تبلغ قيمة المقاومة فيها من (5.0 -) الى (8.0) اوم . متر . وتتجه معظمها شمال - جنوب . اما الشواذ التي كانت ظاهرة في الخارطة السابقة ولنفس الجزء والتي تتجه شرق - غرب فتبدل في هذه الخارطة اقل وضوحاً . ويظهر هنا ايضاً الشواذ الصغير الذي يتجه شمال شرق - جنوب غرب في هذا الجزء . بين الشكل (12) خارطة الشواذ المتبقية باستعمال نصف قطر (5/20) حيث تتراوح قيم المقاومة النوعية للشواذ الموجودة في الجزء الجنوبي (7.4 -) الى (8.69) اوم . متر . وتتجه ايضاً معظم هذه الشواذ شمال - جنوب . تظهر بعض الشواذ الصغيرة التي تتجه شرق - غرب في هذه الخارطة لنفس الجزء اكثر وضوحاً من الخرائط السابقة . اما الشواذ الموجودة في الجزء الوسطي من الخارطة تتراوح فيها قيم المقاومة



الشكل 15 ، خارطة المقاومة النوعية الاقليمية باستخدام طريقة كرفن لفاصلة شبكية 1 م ونصف قطر الدائرة . للمسارات المتجهة شرق - غرب .

Fig. 15 Regional resistivity map by using Griffin method for (s = 1m., r = 1/20).



الشكل 16 ، خارطة المقاومة النوعية المتبقية باستخدام طريقة كرفن لفاصلة شبكية 1 م ونصف قطر الدائرة . للمسارات المتجهة شرق - غرب .

Fig. 16 Residual resistivity map by using Griffin method for (s = 1m., r = 1/5). (for E - W traverses).



الشكل 17 ، خارطة المقاومة النوعية المتبقية باستخدام طريقة كرفن لفاصلة شبكية 1 متر ونصف قطر الدائرة (للمسارات المتجهة شرق - غرب) .

Fig. 17 Residual resistivity map by using Griffin method for (s = 1m., r = 1/8). (for E - W traverses).



الشكل 18 ، خارطة المقاومة النوعية المتبقية باستخدام طريقة كرفن لفاصلة شبكية 1 متر . للمسارات المتجهة شرق - غرب .

Fig. 18. Residual resistivity map by using Griffin method for (s = 1m., r = 1/20). (for E - W traverses).

الخارطة هي من اهم الشواذ الظاهرة فيها وتتراوح قيم المقاومة النوعية فيها من (7.75 -) الى (7.75) اوم . متر وتتجه معظم الشواذ الظاهرة في هذا الجزء شمال - جنوب . ان الشواذ الموجودة في الجزء الوسطي من الخارطة تتراوح فيها قيم المقاومة النوعية من (5.75 -)

النوعية من (5.8 -) الى (7.13) وتتجه معظم هذه الشواذ شمال - جنوب ماعدا شذوذ صغير يتجه (شمال شرق - جنوب غرب) . ان الشواذ الموجودة في الجزء الشمالي تتراوح قيم المقاومة النوعية فيها من (7.8 -) الى (9.8) اوم . متر ومعظمها يتجه شمال - جنوب ماعدا بعض الشواذ التي تتجه شرق - غرب ، وهي قليلة مقارنة بتلك التي تتجه شمال - جنوب . كما توضحها الاشكال (13) ، (14) ، (15) الخاصة بالشواذ الاقليمية .

رسمت خرائط للشواذ المتبقية لقيم المقاومة النوعية للمسارات المأخوذة شرق - غرب في الجزء الجنوبي من المنطقة باستعمال انصاف اقطار (Sv/20, Sv/8, Sv/5) . كما في الاشكال (16) ، (17) ، (18) واخرى للشواذ الاقليمية كما في الاشكال (19) ، (20) ، (21) . ومن مقاومة الشواذ الظاهرة في خرائط الشواذ المتبقية هذه مع الشواذ الظاهرة في الجزء الجنوبي من الخرائط للمواد المتبقية والمبينة في الاشكال (10) ، (11) ، (12) . نلاحظ هنالك اختلافاً واضحاً جداً ، وهو اختفاء الشواذ التي كانت ظاهرة في الجزء الجنوبي من الخرائط السابقة والتي تتجه شمال - جنوب وظهور شواذ غير منتظمة معظمها يتجه شرق - غرب ، هنالك جزء من شذوذ ظاهر في حافة الخارطة يأخذ الاتجاه شمال - جنوب ، وتتراوح قيم المقاومة النوعية فيه من (5.0 -) الى (6.0) اوم . متر في الخارطة الناتجة من استعمال نصف قطر (Sv/5) . اما الخارطة الناتجة من استعمال نصف قطر (Sv/8) تتراوح قيم المقاومة النوعية من (3.0 -) الى (6.0) اوم . متر وتتراوح فيه المقاومة النوعية من (8.0 -) الى (5.5) اوم . متر في الخارطة الناتجة من استعمال نصف القطر (Sv/20) .

سلسلة فوريير المزدوجة Double Fourier Series

استعملت سلسلة فوريير المزدوجة خلال السنين الاخيرة في تحليل الخرائط الكنتورية كبديل عن (Polynomial mode) الشائعة الاستعمال في هذا المجال .

ان سلسلة فوريير المزدوجة لها دور كبير في دراسة التغيرات المساحية للحصول على سلسلة من الخرائط الاتجاهية (Trend maps) ، ذات الاشكال الموجبة المتباينة الاطوال ، مع التغير في ترتيب السطح . وتعتبر سلسلة فوريير المزدوجة تقنية تستعمل احياناً لفصل الانماط النظامية الكبيرة نسبياً ذات التغير المساحي الموجود في الخارطة ، من التقلبات المحلية الصغيرة . ويعرف هذا بالتحليل الاتجاهي ، اذ يتضمن هذا التحليل فصل القراءة المقاسة الواحدة الى جزأين يمثل احدهما الجزء الثابت نسبياً والذي يساهم في الانماط النظامية في الخارطة ويدعى بالاتجاه (Trend) والاخر غير ثابت نسبياً ، اذ يتغير بطريقة عشوائية من نقطة الى أخرى والذي يدعى بالانحراف عن الاتجاه . (Rayner, 1971) ، (1973) .

(Davis,) ويمكن معرفة تفاصيل استعمال الطريقة وتطبيقها في الرجوع الى المصدر ، (Majeed, 1982) .

ان الاساس المعتمد في سلسلة فوريير هو في تمثيل أي سطح جهدي (القيم الكهربائية ، المغناطيسية ..) بمجموعة من الترددات ذات السعة والطور المعين .

باستعمال سلسلة فوريير المزدوجة يمكن عمل خرائط كنتورية للسطوح الاتجاهية ، تضم المعاملات حسب اطوالها الموجية وحسب درجة المطابقة (Fitting) المطلوبة ، حيث يمكن ان نحصل على سطح توافقي من النوع الذي يماثل سطوح الدرجة الاولى صعوداً الى المطابقة الكلية (Total fit) ، والتي تصل في تماثلها الى سطوح من درجات عليا يصعب الحصول عليها من خلال البرامج التي تعتمد على حساب هذه السطوح بطريقة ال (Polynomial) . كما ويمكن استخلاص الشذوذ من خلال طرح قيم السطوح المحسوبة من القيم الاصلية .

ان طبيعة الخارطة الاصلية الظاهرة في الشكل (8) للمنطقة تبرز بصورة رئيسية تأثيرات محلية ، لذا فان خرائط فوريير تظهر نسبة مشاركة واطئة للسطوح المستخلصة ، حيث ان المعالجات للتوافقيات ذات الدرجات العالية تشير الى صورة مماثلة للخارطة الاصلية شكلاً .

تم استحصا النسبة المئوية لحاصل الجمع المصحح الاجمالي لمربعات متغير الخارطة الموضح بواسطة السطح التوافقي لخمس اجزاء هي 29.8 % ، 45.9 % ، 14.4 % ، 27.8 % ، 40.5 % على التوالي . وتمثل كل نسبة من هذه النسب السطوح الاقليمية (Trend surfaces) الموجودة في كل جزء من الاجزاء الخمسة . ويمثل سطح فوريير التوافقي اطوالاً موجية مقدارها (26) متر باتجاه جنوب - شمال و (48) متر باتجاه غرب - شرق بالنسبة للمنطقة ، لكل جزء من اجزائها الخمسة . تتجه معظم الاشكال المتبقية الظاهرة في الشكل (22) شمال - جنوب . ويظهر بوضوح سيطرة المجال المتبقي فيها .

اما السطح التوافقي الثاني ، فان النسبة المئوية لحاصل الجمع المصحح الاجمالي لمربعات الخارطة للاجزاء الخمسة من الخارطة هي 33.3 % ، 48.6 % ، 17.7 % ، 28.7 % ، 42.8 % مرتبة حسب تسلسل الاجزاء . ويمثل سطح فوريير أدنى حد للاطوال الموجية (13) باتجاه (جنوب - شمال) و (24) متر باتجاه (غرب - شرق) ، شمل هذا السطح على اطوال موجية أوطاً ايضاً مما جعل الخارطة اكثر تفصيلاً من سابقتها أي شمول قيم (ترددات) ضمن المجال المتبقي واقترابها من الخارطة الاصلية في الشكل (23) .

يبين الشكل (24) سطح فوريير المعتمد على المعاملات الموجودة في المجموعة التي تمثل السطح التوافقي الثالث . فان النسبة المئوية لحاصل الجمع المصحح الاجمالي لمربعات متغير الخارطة للاجزاء

هنا التباين بعوامل مختلفة أهمها كمية الماء الموجود في التربة (أي الرطوبة) التي تتغير حسب التأثيرات المناخية والهيدرولوجية، ونوعية التربة وما تحويه من قطع مختلفة الأحجام من حجر البله (الطابوق). وتؤكد الدراسة على ضرورة إجراء المسح في مثل هذه الحالات خلال الفترات التي تكون بها التربة الرطبة عالية للحصول على التباين بين التراكيب الاثرية والتربة المحيطة بها.

- وجد من المخططات للمسارات المسوحة باستعمال نظام فتر بمسافة (1) متر انها تعطي تفاصيل اكثر، حيث تظهر الشواذ فيها اكثر وضوحاً من المخططات للمسارات المسوحة بمسافة (2) و (3) متر بنفس النظام. ويعتمد ذلك على طبيعة المنطقة والأجسام الاثرية الموجودة فيها ومدى ملائمتها مع المسافات المختارة.

- ان نظام فتر وبمسافة (1) متر، نتائج مقاومة جناً الى نظام ثلاثي القطب وكلاهما يختلف عن نظام ثنائي القطب، حيث ان اختبار النظام يعتمد على المنطقة المدروسة.

- رسمت خارطة المقاومة النوعية لتحديد مراكز الشواذ التي توضح فيها، وللإمكانية إجراء مقارنة في هذه المنطقة. ان عمل مثل هذه الخارطة يساعد في تجميع المعلومات المستحصلة من جميع المسارات للمنطقة المدروسة في وقت واحد عند مقارنتها، وهي افضل بكثير مما لو درست الشواذ الظاهرة في كل مسار وحده، وذلك لصعوبة مقارنة النتائج ولتعميد التفسيرات في مثل هذه الحالة (أي حالة تفسير مقارنة النتائج لكل مسار وحده).

- تتأثر خارطة المقاومة النوعية الناتجة من المسوحات باتجاه حركة الاقطاب على المسارات. فالمسارات المتجهة شمال - جنوب تظهر شواذاً معظمها يتجه شمال - جنوب وكذلك المسارات المتجهة شرق - غرب تظهر معظم الشواذ فيها بهذا الاتجاه اكثر وضوحاً. وهنا ما يؤكد على ضرورة إجراء موازنة بين التأثير الناتج من الاتجاهين، ولربما معالجة ذلك بإجراء قياسات تشكل زاوية (45) مع اتجاه كل من المسارين السابقين.

- طبقت طرق تحليل لفصل الشواذ المتبقية من الشواذ الاقليمية، وقد اظهرت ان تأثير الشواذ المتبقية هي نتيجة للتراكيب الاثرية، وان الشواذ الاقليمية هي نتيجة التأثيرات الجيولوجية والهيدرولوجية.

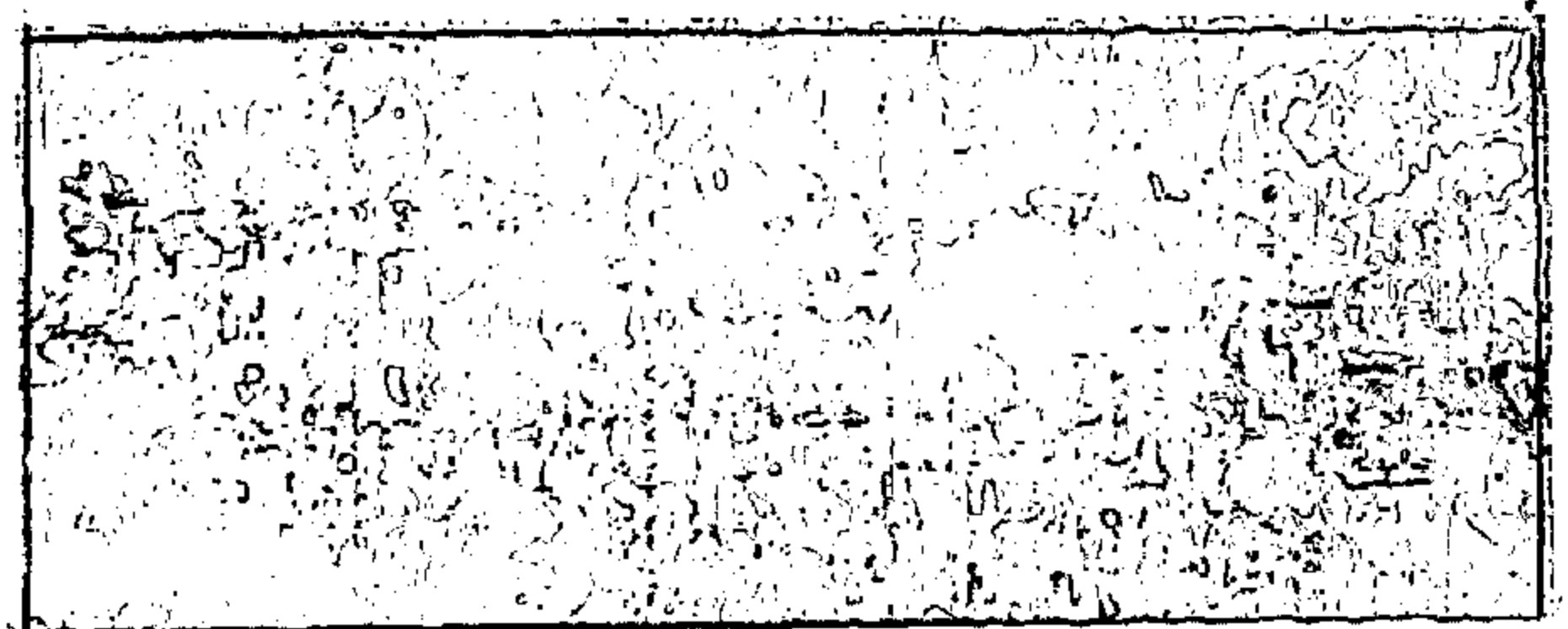
- من تطبيق طريقة كرفن في عزل الشواذ المتبقية عن الشواذ الاقليمية، وجد بأن الخارطة الناتجة من استعمال الدائرة التي نصف قطرها هي افضل من الخرائط الاخرى الناتجة من استخدام انصاف اقطار على التوالي، وذلك لاحتواء الخارطة الاقليمية لها على شواذ متبقية اقل من الخارطتين الاخرين.

- عند تطبيق سلسلة فورير المزدوجة لم تتمكن من فصل الشواذ التي اطوالها الموجية اكثر من ابعاد المنطقة والتابعة للشواذ الاقليمية من



الشكل 22 : السطح التوافقي الاول للمنطقة المدروسة

Fig. 22 First harmonic surface for the studied area



الشكل 23 : السطح التوافقي الثاني للمنطقة المدروسة

Fig. 23 Second harmonic surface for the Studied area.



الشكل 24 : السطح التوافقي الثالث للمنطقة المدروسة

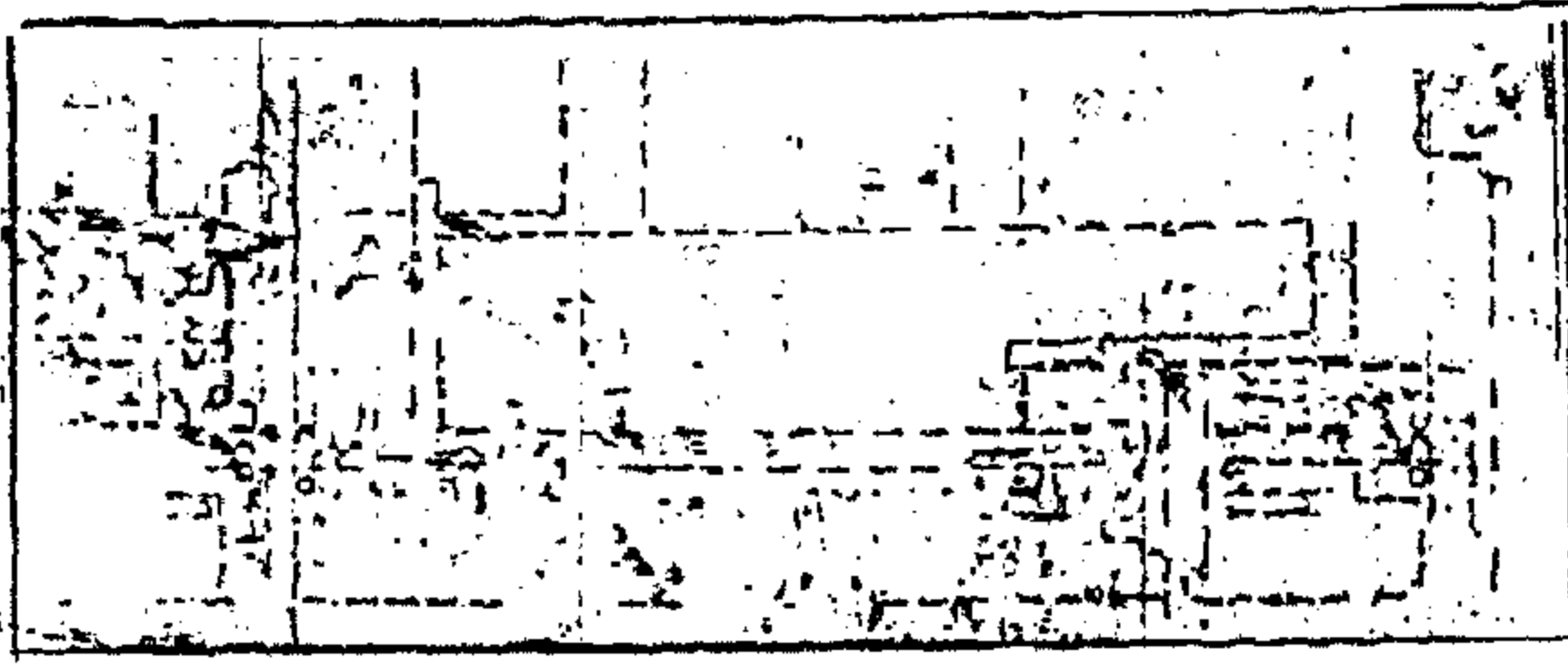
Fig. 24 Third harmonic for the Studied

الخمس منها تساوي 36.8 % ، 51.44 % ، 17.7 % ، 30.4 % ، 49.2 % مرتبة حسب تسلسلها من (A) الى (E)، ويمثل سطح فورير في هذه الحالة ادنى حد للاطوال الموجية (8.6) متر باتجاه (جنوب - شمال) و (16.0) متر باتجاه (غرب - شرق).

ان ما يمكن استخلاصه من عمليات التحليل باستعمال سلسلة فورير المزدوجة هو ان المنطقة المدروسة صغيرة، لذا فمن المتوقع ان تكون للشواذ المحلية تأثير كبير على طبيعة الخرائط الناتجة، وهذا مدعم من حساب نسبة الاشتراك للأسطح الاتجاهية (% Contribution) التي تشير الى نسبة واطئة جداً لجميع اجزاء الخارطة الخمسة، وصعوداً الى السطح التوافقي الثالث. ولقد اعتمد في التفسير على الشواذ المتبقية من تحليل الاسطح ذات التوافقيات الواطئة.

الاستنتاجات

تظهر الشواذ في المقاومة النوعية الكهربائية نهيجة لوجود تباين في قيم المقاومة النوعية بين التراكيب الاثرية والتربة المحيطة بها، ويتأثر



الشكل 25 ، مخطط عام مقترح لنموذج موقعي مشتق من المقاومة النوعية الظاهرية للمنطقة المدروسة .

Fig. 25 General diagram showing the position of the suggested model derived from the apparent resistivity of the studied area.

منطقة سياحية ومفتوحة ، بالإضافة الى التنقيبات وعمليات الحفر التي ترافقها التي تعرضت لها المنطقة في فترات مختلفة مما يؤثر على طبيعة القراءات الناتجة ، كما أن انتشار قطع مختلفة الاحجام من الطابوق الناتج من الترميمات القائمة حالياً للآثار الموجودة في المنطقة يؤثر ايضاً على طبيعة القراءات .

- ان استعمال هذه الطريقة اعطى نتائج مفيدة بالرغم من صعوبة المنطقة للأسباب التي ذكرت سابقاً ، لذا فمن الممكن استعمالها وباستمرار في مواقع اثرية اخرى لم تتعرض الى عمليات حفر وتنقيب سابقة ، وهذه تعتبر نقطة أساسية لضمان الحصول على نتائج جيدة .

- من فوائد هذه الطريقة هو امكانية استعمالها داخل المدن للتنقيب . ولا تتأثر بما موجود من الابنية والاسلاك الكهربائية للمدينة ، كما أن الاجهزة المستعملة لهذه الطريقة هي معظمها اجهزة بسيطة ورخيصة مقارنة بالاجهزة المستعملة في الطرق الاخرى .

الشواذ ذات الاطوال الموجية الاصغر التابعة للجسام الاثرية ، عند تطبيقها على القراءات المأخوذة في المنطقة ، ولكنها نجحت في فصل الشواذ التي اطوالها الموجية ضمن ابعاد المنطقة كأن تكون مساوية لها او نصفها .. الخ .

قيست قيمة المقاومة النوعية لنماذج من التربة والتي حصلنا عليها من عملية الحفر في مواقع مختلفة في المنطقة ، ووجد في أحد هذه المواقع التي أعطت قيمة قليلة نسبياً للمقاومة النوعية في المنطقة ، ان التربة عادية وخالية تقريباً من مخلفات البناء الموجودة في هذا الموقع ، حيث تم قياس المقاومة النوعية في المختبر ووجد أنها تتراوح من (6.0) الى (10.0) أوم . متر وعند الحفر في المواقع التي أعطت مقاومة نوعية عالية نسبياً وجد أن ماموجود من طابوق (حجر البناء للجدران) في هذه المواقع يشكل نسبة عالية ، حيث تتراصف مع بعضها وتمتد لمسافات كبيرة من السطح وعلى عمق أكثر من متر وهي ناتجة عن هدم للجدار مما أدى الى انتشار مثل هذه المواد (الطابوق) حول موقع الجدار .

- تم عمل مخطط للمقاومة النوعية الظاهرية للقيم المستحصلة كما في الشكل (25) والتي من المحتمل أن تعكس بعض التغيرات التركيبية التي كانت موجودة في هذه المنطقة ، كما وتم اجراء الحفر في مواقع مختلفة كما هو مثبت في الشكل (8) لمعرفة نوعية التربة والتركيب المطمورة فيها ، اذ أوضحت النتائج وجود بعض الاشكال الممتدة والتي يمكن أن تكون جزءاً من التراكيب الاصلية أو تمثل مواقع هذه التراكيب والتي تم اجراء التنقيب الاثري عليها من قبل الخبراء الاثريين في المنطقة .

- لقد وجد صعوبة تطبيقية في هذه المنطقة لكونها كانت ولا تزال

