----- المجلة العراقية لعلوم الأرض ، عدد خاص*(الجزء الاول)، ص 74-87، 2002 -----

دراسة جيوكهربائية استطلاعية لمنخفض الموصل

مروان متعب أحمد
قسم علوم الارض، كلية العلوم
جامعة الموصل

زهير داؤد الشيخ
قسم علوم الارض، كلية العلوم
جامعة بغداد

الملخص

يقع اقليم الموصل الذي يمثل منخفض تضاريسي بين تراكيب الطيات المحدبة المرتفعة لبعشيقة وعين الصفرة في الشمال الشرقي وعطشان ونويقط الى الجنوب الغربي . ويغطي هذا المنخفض (30 كم عرضاً) الترسبات الطموية لنهر دجلة ورافده الخوصر مع بقية الترسبات الرباعية الأخرى مع انكشاف تكاوين انجانا والفتحة قرب الطيات المحدبة .

تهدف الدراسة الحالية الى الاستدلال عن وجود أية تموجات وفوالق تحت سطحية . اختيرت ثمانية محطات جسية كهربائية على طول مسار يتجه شمال شرق - جنوب غرب عبر المنخفض أعلاه حيث أستخدم ترتيب شلمبرجر المتناظر والمتسامت وبمسافة قطبية قصوى للتيار الكهربائي 1500 متر . تم اجراء مضاهاة مستمرة مع نتائج الجس اللثولوجي للآبار القريبة وبينت نتائج التفسير أن المسار الاستطلاعي يمر عبر التواءات تحت سطحية ضحلة عريضة واقعة شرق نهر دجلة . كما أوضحت النتائج أن نهر الخوصر يمثل عنصراً تكتونياً مهماً حيث تمتلك المنطقة الشرقية منه مقاومية كهربائية قليلة بينما تكون تلك القيم عالية الى الغرب منه والتي يمكن أن تعكس تغايراً لثولوجياً واضحاً بين المنطقتين.

A reconnaissance geoelectric traverse in the Mosul depression

Marwan M. Ahmed
Geology Department, Science College
Mosul University

Zuhair D. Al-Shaikh
Geology Department, Science College
Baghdad University

ABSTRACT

The Mosul depression is a topographic low which lies between the elevated anticlinal structurs of Bashiqa and Ain Safra to the northeast and Atshana and Nuwaigit to the southwest. This depression, some 30 km wide, is floored by the alluvial deposits of river Tigris and its tributary Khoser and other Quaternary deposits.

The present study is aimed at detecting the presence of any subsurface undulations or faulting associated with the depression. Eight points of depth electric sounding are put over a line that trends NE - SW across the depression.

Measurements were made using collinear symmetrical Schlumberger electrode arrangement with a maximum AB distance of 1500 m. Continuous correlation of the results with the lithological logs of nearby wells are made.

---

* بحوث المؤتمر القطري الاول لعلوم الارض / جامعة الموصل

The results indicate that the traverse crosses a broad shallow subsurface undulations to the east of the Tigris. The results also show that the course of the river Khoser lies over an important, vertical tectonic plane (fault) which separates lithologies of low resistivities to the east of the river from those of high resistivities to its west.

المقدمة

شهد اقليم الموصل الواقع في انخفاض تضاريسي يخترقه نهرا دجلة والخوصر، اقدم الحضارات الانسانية. فلقد نشات وازدهرت صرح العاصمتين الاشورية الثالثة (نينوى) والرابعة (خرسباد) في القرون السابع والسادس قبل الميلاد فوق ترسبات العصر الرباعي النهرية والطموية التي تتميز تربتها السطحية بالخصوبة والتجدد الدائم بفعل عشرات الوديان التي تنقل مياهها الموسمية المواد الفتاتية من الجبال المحيطة والتي تضم مقالع الصخور الجيرية والجبسية والطينية ايضا ، اذ تم استخدام موادها وصخورها ، وما زالت في اقامة المنشات وتصنيع مواد البناء الحديثة على وفق التطورات الصناعية.

ان تنوع السحنات الصخارية الرسوبية ووجود عدد من التراكيب الخطية (Lineaments) واختلاف اتجاهات الوديان الرئيسة في منطقة الموصل وتفاوت اتجاه محاور الطيات المحدبة المحيطة بها، كل ذلك يعكس اهمية استخدام الطرق الجيوفيزيائية في استكمال معلومات الابار المحفورة للمساهمة بدراسة الوضع الجيولوجي تحت السطحي والتراكيب التكتونية الواقعة تحت ترسبات العصر الرباعي.

لقد تم اختيار المسح المقاومي الارضي (Georesistivity Survey) لترتيب شلمبرجر المتناظر والمتسامت (Symmetrical and Collinear Schlumberger array) في الجس الكهربائي (Electrical Sounding; ES) لدراسة تمهيدية استطلاعية للمنطقة بوصفه احد الاساليب الشائعة والرخيصة والسريعة في الدراسات الجيولوجية والهايدروجيولوجية والتحريات الموقعية . وتحاط منطقة التحري بعدد من الطيات الواطئة. ففي شرق المنطقة تقع طيات الفاضلية وبعشيقة وعين الصفرة، اما الى الغرب فتقع طيات علان وعطشان ونويقط ، بينما تشكل الاجزاء الشمالية والجنوبية مساحات متموجة ذات تضاريس واطئة تتخللها وديان ضحلة وطويلة تتجه نحو نهر دجلة وبذلك يمكن عد المنطقة المدروسة انخفاضا طوبوغرافيا . يبلغ ارتفاع اقل نقطة في المنخفض 215 مترا فوق مستوى سطح البحر على السهل الفيضي لنهر دجلة بينما يصل ارتفاع اعلى نقطة منه الى 330 مترا فوق مستوى سطح البحر على الحافتين الشرقية والغربية وبذلك يتشكل المنخفض الواسع الذي يتوسطه نهر دجلة.

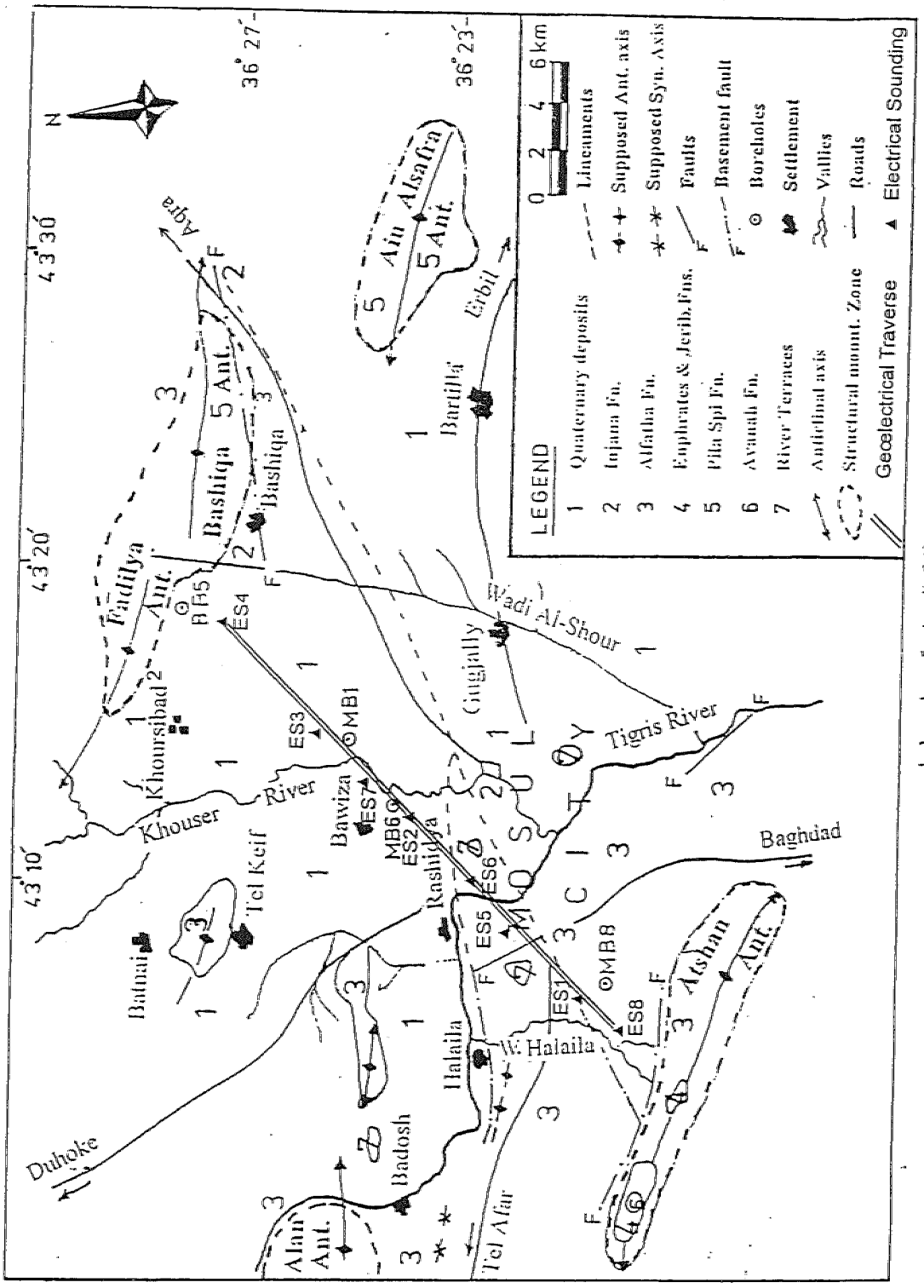
تقع المنطقة تكتونيا على الرصيف غير المستقر ضمن نطاق اقدام التلال في الحزام الانتقالي بين النطاقين الثانويين حمرين-مكحول وجمجمال-بطمة على وفق تقسيم (Buday & Jassim, 1987) . تمتاز التراكيب المحيطة بمنطقة الدراسة بالترتيب المتبادل (en echelon) وتغير اتجاه محاور الطيات بل احيانا يتغير اتجاه محور الطية نفسها (swinging of fold axis) مما يعكس وجود فوالق كتلية عميقة ذات ازاحة مضربية (Numan,1984) .

تمتاز منطقة الموصل ببساطة تركيبها وانعدام التراكيب المعقدة ، فهي لا تعدو عن كونها تعبيرا سطحيا لعدد من الفوالق العميقة التي اثرت في توزيع الوحدات الطباقية وحدوث عمليات رفع لبعضها وتعريتها وانكشاف الطبقات التحتية وكذلك اثرت هذه الفوالق في مجرى نهر دجلة حيث تم تحديد خمسة فوالق حسب اديب (1988)، وعدت المسؤولة عن بعض المظاهر التضاريسية وخلق بيئات متنوعة ورفع الجانب الايمن من نهر دجلة وتعرية القسم الاكبر من تكوين الفتحة. كما بينت الدراسة التي قام بها الجبوري (1988) للجانب الايسر من نهر دجلة عدم وضوح أي تركيب جيولوجي وان مضارب الطبقات في الاجزاء الشمالية الغربية (مرتفع شمال الرشيدية) من شرق دجلة كانت باتجاه شرق-غرب (محور طوروس) ، اما الاجزاء الجنوبية الشرقية من شرق دجلة فتكون باتجاه شمال غرب-جنوب شرق (محور زاجروس) . ان التحليل المورفوتكتوني الذي قام به الجبر (1997) اوضح ان جميع التراكيب المحيطة بمنطقة الموصل تعود الى اتجاه كتلة كركوك ويبدا ظهور تاثير كتلة الموصل الى الشمال والغرب من المنطقة ممثلا بطيات علان وسنجار وعين زالة ورفان كما اكد وجود الظواهر الخطية التكتونية التي اشار اليها اديب (1988). ان اهم العناصر الخطية المحيطة بمنطقة الدراسة تتمثل بتركيب خطي يمتد بموازاة طيتي بعشيقة والفاضلية في منطقة التحامهما على وفق العزاوي (1982).

طباقياً ان التعاقبات المنكشفة في المنطقة ابتداءً من الاقدم هي تكوين البلاسبي الذي يمثل الهيكل الوسطي للطيات الشرقية المحيطة بالمنطقة ويبلغ سمكه 180 مترا ويقع تحته تكوين الجركس الطيني الطفلي بينما يشكل تكوين الفرات الجيري الذي يمثل لب طيات عطشان وعلان ونويقط وبسمك 138 مترا و 280 مترا على وفق معطيات بئري عطشان وعلان المحفورين في لب الطيتين. واعتمادا على البئر MB8 (الشكل 1) يتبين ان سمك العضو السفلي لتكوين الفتحة غرب نهر دجلة يصل الى 150 مترا في حين ان مقارنة التصنيف اعلاه مع البئر MB6 والذي يوضح مجسه الليثولوجي وجود الوحدات الصخرية للعضو العلوي للتكوين يبلغ سمكها 40 مترا ، بينما يصل سمك العضو السفلي الى 160 مترا (الشكل 1).

لقد تبين من خلال اجراء المضاهاة بين المجس الليثولوجي للبئر BB5 الواقع شرق قرية الفاضلية مع البئر MB1 الواقع شرق منطقة الشلالات والبئر MB6 قرب قرية السادة، ان العضو السفلي يشكل سمكا قدره 170 مترا تقريباً بينما يبلغ سمك العضو العلوي 50 مترا. اما الآبار المحفورة في سهل الرشيدية الفيضي، فقد بينت عدم امكانية تحديد سمك تكوين الفتحة ويعزى ذلك الى عدم وجود بئر يخترق العضو السفلي كما يلاحظ تعرية صخور العضو العلوي وترسيب المواد الفيضية النهرية بدلا منه.

يتضح مما تقدم ان سمك تكوين الفتحة يتغاير بين 100 الى 230 مترا وتظهر منكشفات سطح التماس السفلي له في الحافات الشرقية والغربية للمنطقة المدروسة والتي تتمثل بطيات الفاضلية وبعشيقة وعين الصفرة وعطشان ونويقط. كما اشار ابراهيم (1985) الى ان التكوين قد ترسب بسماكات مختلفة بين منطقة واخرى ضمن الحوض الترسيبي نفسه وذلك بفعل نشاط الكتل الثانوية وحركتها المستمرة، لذلك فان ترسيب متبخرات البحيرات الشاطئية تختلف في طبيعتها الصخارية والسمكية.



الشكل (1) : الخارطة الجيولوجية و التكتونية لمنطقة الدراسة وما حولها

محورة عن: محي الدين وجماعته (Mohi Ad-Din et. al.,1977) ، المسح الجيولوجي (Geo. Surv., 1995) ، الجبر (1997) .

تتكشف ترسبات تكوين الانجانا على الجناح الجنوبي لطيتي بعشيقة والفاضلية وتتالف مكوناته من تعاقب طبقات الرمل والغرين والترسبات الطينية وتمثل بيئة التكوين مرحلة انتقالية بين البيئة الشاطئية والمولاسية القارية. وعد بودي وآخرون (Buday et. al.,1980) ان الحوض الرئيس لتكوين الانجانة يقع في الجزء الجنوبي الشرقي من مدينة الموصل. وتنفقد ترسبات التكوين غرب وشمال منطقة الدراسة بينما تنطمر تحت السهل الواقع بين الحافة الشرقية لحوضي نهر الخوصر ودجلة من جهة ، وطيتي بعشيقة والفاضلية من جهة اخرى . ويتراوح سمك الانجانا من 30 مترا الى اكثر من 220 مترا من خلال معطيات الابار المحفورة في المنطقة والتي تشير الى تضاؤل سمك التكوين باتجاه الشمال الغربي حيث تتكشف صخور الفتحة غرب نهري الخوصر ودجلة بينما تزداد سماكتها باتجاه شرقهما. لقد اعطى الجبوري (1988) وصفا لمقطع منكشف بسمك 38 مترا في الحافة الشرقية لالتواء الخوصر عند المدخل الشمالي الشرقي من مدينة الموصل (حي البريد). ان عدم احتواء غرب وشمال نهر دجلة لترسبات هذا التكوين في منطقة الدراسة ربما يعزى الى عمليات التجوية والتعرية بسبب النشاط التكتوني الذي ادى الى رفع الجانب الايمن من مدينة الموصل حسب اديب (1988).

تغطي ترسبات العصر الرباعي معظم المنطقة حيث تتكون من نوعين من الرسوبيات وهي ترسبات الطمى الذي يشكل الطين وشظايا الحجر الجيري معظم مكوناتها مع تكون المراوح الفيضية (Alluvial fans) احيانا قرب الجبال والتي تتالف من شظايا الصخور الكلسية لتكوين البلاسبي مع كميات من الاطيان. اضافة الى ذلك تشغل الترسبات النهرية حوضي نهر الخوصر ودجلة ومناطق التقاء الاخير مع بعض الوديان الرئيسة مثل وديان حليلة وخوجة عمر والشور. وتتالف موادها من الحصى والرمل والغرين والطين حيث تكون مصدرها من جبال تركيا المنبع الرئيس لنهر دجلة او من الجبال المحيطة.

استنتج الجبر (1997) ان الموصل تقع على طية مقعرة ذات سعة واطئة وتركيبية بسيطة وان ضفتي نهر دجلة قد خضعت للتاثيرات التكتونية نفسها مع احتفاظ كل ضفة بخصوصيتها التركيبية والطباقية. كما نفذ الشيخ وبكر (Al-Shaikh & Baker,1973) مسحا جذبيا على طول امتداد نهر دجلة وعبر ضفتيه وفسر الشذوذ الناتج على انه يعكس تغايرا كثافيا يسببه وجود فالق اعتيادي يتجه مع مسار نهر دجلة وممتدا الى منطقة حمام العليل.

المسوحات الحقلية والاختبارات المنفذة:

تم اتخاذ الاحتياطات اللازمة لتنفيذ اجراءات العمل الحقلي في الدراسة الحالية بشكل ناجح ومن ضمن ذلك تحاشي الاخطاء الفنية التي تشمل الفحص المستمر لسلامة اسلاك التيار (بكرتين بطول 1500 مترا) لان أي تسرب كهربائي يؤدي الى تغير نظرية القياس وبالتالي استحالة ايجاد النموذج الرياضي الصحيح، كذلك اخذت الاحتياطات لضمان عدم التداخل بين اسلاك الجهد والتيار لتجنب الحث الكهرومغناطيسي. كما استخدم شريطين للقياس (Tapelines) طول كل منهما 100 مترا مما ادى الى دقة

ممتازه في تقدير قيم العامل الهندسي. وفضلا عن ما تقدم فان الدقة في اختيار اتجاه النشر وضبطه كان لهما الاثر الكبير في ايجاد النتائج المتوخاة. وتمت المراقبة المستمرة خلال العمل اليومي التفصيلي لجودة شحن البطارية (المدى المناسب 12.5–15 فولت). وقد تم اختيار الموقع المناسب لتثبيت اقطاب الجهد بعيداً عن مناطق عدم التجانس مثل الطرق والخنادق والانابيب المعدنية والسياجات وابراج الضغط العالي والابار بانواعها وذلك للحصول على دقة جيدة للقراءات المقاسة. ان تشوه انماط التيار قرب اقطاب الجهد يؤدي الى تغير جدي وخطير في القياسات في حين ان تأثير عدم التجانس (Hetrogeneity) على اقطاب التيار يعد اقل ايذاءً لان المجال المقاس يكون غير مشوه حسب كوفويد (Koefoed, 1979). وقد تم التاكد من الرطوبة المعتدلة للتربة اثناء اخذ قياسات الجس العمقي مما ادى الى استخدام شدة تيار كهربائي مناسب طوال فترة العمل الحقلي مقداره 20 ملي امبير.

أن تنوع السحنات الصخارية جانبياً وتفاوت الوحدات الجيوموفولوجية واختلاف مضارب الفوالق المقترحة في الدراسات السابقة وتغير اتجاه محاور الطيات المحيطة بمنطقة الدراسة مع وجود الظواهر الخطية (Lineaments) المستنبطة من الصور الفضائية كل ذلك جعل من الضروري القيام بثلاثة مسوحات اختبارية يستهدف كل منها جملة من الاعتبارات والفوائد لاتمام التنفيذ الناجح للاهداف المخططة والمتوخاة في البحوث المستقبلية لمنطقة الموصل.

1. اختبار التجانس الكهربائي الجانبي وتماثل الخواص

Lateral Electric Homogeneity and Isotropy

تفترض نظرية تفسير جس المقاومية العمقي التجانس الكهربائي وتماثل الخواص بالاتجاهات المختلفة للطبقات الافقية. ولتدقيق ذلك يتم عادة تطبيق اساليب التحري عن تلك التغيرات الافقية باستخدام اسلوب النشر المتعامد احدهما موازٍ لخط المضرب والاخر عمودي عليه. ولتقييم التجانس الكهربائي للتطبيق الافقي جانبياً تم تقدير معيار الانحراف (Deviation Criterion; D.C.) حسب كوفويد (koefoed,1979) .هذا الانحراف يعمل على مقارنة قيم المقاومية الظاهرية المستحصلة من النشر الموازي لميل الطبقات ρ_a^d مع تلك المقاسة باتجاه خط المضرب ρ_a^s. ويعبر مقدار الانحراف عن نوعية جودة التطابق والتي يفضل ان لا تتجاوز 2%:

$$D.C. = \left(\frac{1}{N}\right)\sum_{i=1}^{N}\left[\left((\rho_a^d)_i - (\rho_a^s)_i\right)/(\rho_a^s)_i\right]^2$$

تم إختيار ثلاث محطات جس كهربائي (Electrical Sounding) وهي ES2، ES3 و ES4 كما في (الشكل 1). وذلك لدراسة مقدار تأثر القراءات بفعل عوامل عدم التجانس الطويلة والمحدودة (Local & Elongated Inhomogeneities) والمظاهر التكتونية كالفواصل والفوالق الصغيرة وميل الطبقات. اخذت القياسات في المناطق التي تغطيها ترسبات العصر الرباعي وما يليها من طبقات غير معروفة الميل.

واستخدم ترتيب شلمبرجر المتناظر والمتسامت بنشر مواز لمحور الطيات المحدبة وبنشر آخر باتجاه عمودي عليه.

وقد وسعت المسافة الفاصلة بين اقطاب التيار (Current Electrode Spacing; S) لغاية 1500 مترا وتم تغيير فاصلة اقطاب القياس (Measuring Electrode Interval;L) لمحطة الجس ES2 الواقعة في الركن الشمالي الشرقي لحدود مدينة الموصل عند قيم (S/2) 7، 10، 22، 45، 70، 100، 200 للاتجاهين المتعامدين وحُسب المعيار الانحرافي بتطبيق المعادلة أعلاه فوجد انه يساوي 0.6%. ان ذلك يؤكد ضالة مسببات تلوث القياسات بسبب تاثير ميل الطبقات والتغير السحاني الجانبي المحدود في منطقة الجس ES2 (جدول 1).

وقد اختيرت نقطة الجس ES3 شرق منطقة الشلالات في سهل بعشيقة–الفاضلية لدراسة التجانس ثانية وبلغت اقصى فاصلة بين اقطاب التيار 1500 مترا ووسعت اقطاب القياس عند الفواصل (S/2) 7، 30، 60، 150 وتم حساب المعيار الانحرافي فوجد انه يساوي 2% (جدول 1) مما يعكس الانسجام المعقول بين قيم المقاومية الظاهرية بالاتجاهين المتعامدين ايضا كما يدلل على عدم وجود تغير جدي للمكونات الصخرية جانبياً من الناحية التكتونية والترسيبية المحدودة. اما محطة الجس ES4 فتقع غرب مدينة بعشيقة وقد اختيرت في هذا الموقع نظراً لوقوعها قرب جناحي طيتي بعشيقة والفاضلية مع احتمالية تواجد اكوام من شظايا الحجر الجيري المترسب في السهل الطموي. وقد تم تبديل فاصلة القياس عند قيم (S/2) 6، 18، 60، 130، 250 ووجد ان مقدار معيار الانحراف يساوي 1% والذي يظهر بشكل جلي التجانس الكهربائي الجانبي المطلوب ضمن المنطقة المدروسة بالرغم من ان نقطة الجس الاخيرة تقع قرب مجموعة من فوالق مقترحة في دراسات سابقة وطبقات جناح طية بعشيقة التي تميل اكثر من 40 درجة والتي تغوص الى العمق لتغطيها الترسبات الحديثة.

ومن هذه الدراسة يتضح وجود التوافق الكهربائي الجانبي للانطقة المتطبقة ومحدودية تأثير عدم التجانس الجانبي القريب من السطح في منطقة شرق دجلة. وبالتالي امكانية تطبيق نظرية القياس على القياسات الجسية الحقلية ضمن الدقة المطلوبة.

2. تقييم تقنية شلمبرجر المتناظر والمتسامت في المنطقة

تعد القدرة التحليلية لقيم المقاومية الظاهرية لترتيب شلمبرجر دالة لمتغيرات الثوابت الطباقية ومعامل الانعكاس (Reflection Coefficient) للمستويات الفاصلة بين الانطقة الكهربائية وكذلك دالة لمتوسط المسافة الفعالة والنسبة الفاصلية (Eccentricity ratio). لذلك تم تقييم وفحص تلك القدرة في اجزاء متفرقة من المنطقة قيد البحث تتغاير فيها السحنات الصخارية وطبيعة وكمية المياه الجوفية.

جدول (1) مقارنة قيم ρ_a^d مع ρ_a^s في ثلاث محطات جس كهربائي

ES2				ES3				ES4			
S \2	L\2	ρ_a^s	ρ_a^d	S\2	L\2	ρ_a^s	ρ_a^d	S\2	L\2	ρ_a^s	ρ_a^d
1	0.25	93.8	92.4	1.0	0.25	43.6	42.8	1.0	0.3	92.8	89.2
1.5	0.25	57.6	57.4	1.5	0.25	19.9	17.3	1.5	0.3	70.1	71.9
2	0.25	36.2	36.6	2	0.25	8.01	12.6	2	0.3	42.4	40.7
3	0.25	27.1	24.3	3	0.25	10.4	10.7	3	0.3	25.5	28.7
4	0.25	22.1	18.9	4	0.25	12.6	11.8	4	0.3	21.2	25.3
5	0.25	21.0	19.7	5	0.25	13.0	13.2	6	0.3	15.6	19.6
6	0.25	19.9	18.7	6	0.25	13.8	13.9	6	1.0	16.5	17.2
7	0.25	19.7	19.1	7	0.25	14.2	14.8	7	1.0	14.6	16.1
7	0.5	18.9	19.7	7	1.0	15.0	15.9	9	1.0	13.9	13.7
8	0.5	18.8	19.3	8	1.0	18.4	18.9	12	1.0	13.1	11.6
9	0.5	18.5	18.7	9	1.0	18.9	19.3	15	1.0	13.7	11.5
10	0.5	18.6	18.2	10	1.0	19.3	19.9	18	1.0	14.2	13.0
10	1.0	20.7	19.1	15	1.0	20.1	20.1	18	3.0	13.2	12.0
12	1.0	19.5	19.2	20	1.0	18.8	18.9	24	3.0	13.4	10.6
14	1.0	20.2	18.8	30	1.0	18.9	18.6	30	3.0	13.8	12.6
15	1.0	20.1	18.4	30	5.0	17.9	17.6	45	3.0	13.7	12.5
16	1.0	18.8	18.3	40	5.0	15.8	14.8	60	3.0	12.1	11.8
18	1.0	18.8	18.3	50	5.0	14.0	12.4	60	8.0	11.5	11.6
20	1.0	19.4	18.6	60	5.0	12.4	12.0	75	8.0	10.9	11.3
22	1.0	20.5	19.0	60	10.0	13.2	12.2	90	8.0	10.3	11.3
22	2.0	18.5	17.3	70	10.0	12.1	11.3	130	8.0	10.6	10.9
24	2.0	18.4	17.6	80	10.0	10.9	11.1	130	20.0	11.0	11.2
25	2.0	18.0	18.1	100	10.0	10.9	10.9	170	20.0	11.2	11.4
26	2.0	18.5	17.6	150	10.0	10.6	11.0	200	20.0	11.6	10.8
28	2.0	18.4	17.6	150	40.0	10.7	11.5	250	20.0	11.7	11.5
30	2.0	18.3	18.0	200	40.0	12.1	11.8	250	40.0	12.1	11.9
40	2.0	17.5	19.6	300	40.0	13.9	13.9	300	40.0	12.2	12.6
45	2.0	17.5	17.5	400	40.0	18.7	18.6	400	40.0	13.0	13.1
45	5.0	16.3	17.6	600	40.0	28.2	28.1	500	40.0	15.2	15.0
50	5.0	16.3	17.1	750	40.0	32.4	33.2	600	40.0	16.1	15.8
60	5.0	17.1	17.9					750	40.0	22.0	19.0
70	5.0	18.4	18.4								
70	10.0	19.6	20.4								
80	10.0	20.8	22.6								
90	10.0	22.6	25.1								
100	10.0	24.9	24.8								
100	20.0	23.6	25.2								
150	20.0	27.8	34.7								
200	20.0	34.2	41.7								
200	35.0	33.1	36.5								
250	35.0	38.5	44.0								
300	35.0	32.8	29.8								
400	35.0	44.1	44.0								
600	35.0	50.1	49.9								
750	35.0	60.2	60.9								

تم اخذ ست نقاط جس عمودية (ES1، ES2، ES3، ES4، ES5، ES6) في مناطق تغطيها سحنات صخارية متنوعة بفاصلة قصوى للتيار بلغت 1500 مترا. وفسرت المعلومات المستحصلة بالطرق التقريبية (Partial curve matchings & Asymptotes) حسب كيلر و فرشنكت& (Keller Frischknecht,1982) .وتقع محطة الجس ES1 شرق طية عطشان قرب البئر MB8 . ويمثل التعاقب الطباقي فيها العضو الاسفل من تكوين الفتحة الذي تتالف مكوناته الصخرية من تكرار متتال لصخور المتبخرات والكاربونيتيه والمارل مع تداخل الطين الصفائحي والطين. وقد تم تمييز سبعة انطقة كهربائية يعتمد تغاير قيم المقاومية الحقيقية فيها على نسبة احتوائها على المواد الطينية. فيلاحظ ان النطاقين الثاني والثالث يمثلان الطبقات الصلصاليه المتداخلة مع طبقة الحجر الجيري في حين يعكس النطاقين الرابع والخامس طبيعة الترسبات الجبسية والجيرية والتي يتخللها الطين الصفائحي اما النطاقان السادس والسابع فتمثل الصخور الكاربونيتيه المدلمته. وقد تم تثبيت محطة الجس ES2 بالقرب من البئر MB6 حيث يتكون التتابع الصخاري فيه من ترسبات العضو السفلي يليها صخور العضو العلوي من تكوين الفتحة وتقع فوقه رسوبيات العصر الرباعي. وقد امكن تمييز سبعة انطقة كهربائية تتغاير قيم ثوابتها على وفق طغيان او تناقص المواد الطينية فالانطقة الثاني والثالث والرابع تعكس وجود ترسبات طينية سميكة (50 مترا). اما النطاقان الخامس والسادس فتمثل المكونات الصخرية الجبسية والجيرية والقيرية (bituminous limestone) مع تداخل جزئي لرسوبيات المارل والطين الصفائحي، اما النطاق السابع فيمثل الصخور الكاربونيتيه المدلمته.

اما نقطتا الجس ES3 و ES4 الواقعتان في سهل بعشيقة–الفاضلية فقد تم تمييز سبعة انطقة كهربائية في الاولى وستة انطقة في الثانية وذلك من خلال المضاهاة مع المجس الليثولوجي في البئر MB1. وقد تبين ان قيم المقاومية لترسبات تكوين الفتحة تمثل تقريبا 20% من تلك المستحصلة في ES1 و ES2 بينما تتقارب قيم مقاومية صخور تكوين الانجانه في نقطتي الجس ES2 و ES3.

لقد اخذت قياسات محطتي الجس ES5 و ES6 فوق السهل الفيضي على ضفتي نهر دجلة حيث امكن تمييز ستة انطقة للاولى وخمسة انطقة للثانية وتعكس الانطقة كافة ترسبات السهل الفيضي المتنوعة باستثناء النطاق قبل الاخير في كلا نقطتي الجس فانه يعكس صخور العضو السفلي من تكوين الفتحة. اما النطاق الاخير فيمثل الصخور الكاربونيتيه المدلمته.

واجمالا يمكن الاستنتاج بان لترتيب شلمبرجر المتناظر والمتسامت مقدرة ممتازة في الكشف والتحري وتحديد السمك والمقاومية الحقيقية للطبقات المتعاقبة والحصول على معلومات جيولوجية معقولة (جدول 2) ومعول عليها على الرغم من ان التفسير التقريبي الذي اتبع لم يعط النتائج الدقيقه وذلك لفقدانه ميزة التحكم بالشواهد الجيولوجية المتوافره مما يعني عدم الاخذ بنظر الاعتبار الغموض المكتنف بفعل مبدأي التكافؤ والكبت المعروفين (Equivalence & Suppression Rules)

Es.No.	Elev. A.S.L. (m)	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	ρ_5	ρ_6	ρ_7	T_1	T_2	t_3	t_4	t_5	t_6	Well No.
1.	310	65	161	26	47	60	182	200	1.6	3.2	15.5	52.0	56	42	**MB8**
2.	245	120	18	20	13	70	64	120	0.7	5.9	12.0	32.0	75	99	**MB6**
3.	270	80	6	41	14	8	18	54	0.6	1.7	4.5	37.8	72	148	**MB2**
4.	325	90	14	7	14	11	35	-	1.0	28	34.2	75.0	240	-	**BB5**
5.	215	22	14	42	27	48	68	105	1.5	6.0	3.0	8.8	70	95	
6.	225	3	6	196	64	140			1.1	4.0	7.0	166	-	-	

جدول (2) القدرة التحليلية لترتيب شلمبرجر المتناظر والمتسامت في منطقة الدراسة

3. امكانيات الجس العمقي في الاستدلال عن العناصر التكتونية والبيئات الرسوبية الجانبية

لقد استخدم اسلوب الجس العمقي في استكشاف البيئات الرسوبية والتكتونية تحت السطح في اماكن عديدة من العالم. فضمن المشروع D6 الجيوفيزيائي المنفذ في جنوب غرب مصر وشمال غرب السودان، قام بركهارت وجماعته (Burkhardt,et.al.,1987 &1990) بدراسة المظاهر التكتونية في ثلاث مناطق مختلفة. واستخدمت التقنيات الجيوفيزيائية كافة ومن خلالها تم تطوير جهاز مايكروحاسوبي لقياس المقاومة الارضية بمدى تردد محصور بين 0.1 –10 هيرتز وذلك لتقرير الخواص الكهربائية المعقدة لصخور المناطق المدروسة كما استهدفت الدراسة توضيح مدى المعلومات لعمق يزيد على 250 مترا بجعل الفاصلة القصوى لاقطاب التيار 2000 مترا. وقد وجد ان امكانية نجاح الطريقة الجيوكهربائية في حل المشاكل التكتونية مرتبطةبتوافرالمعلومات الاخرى.

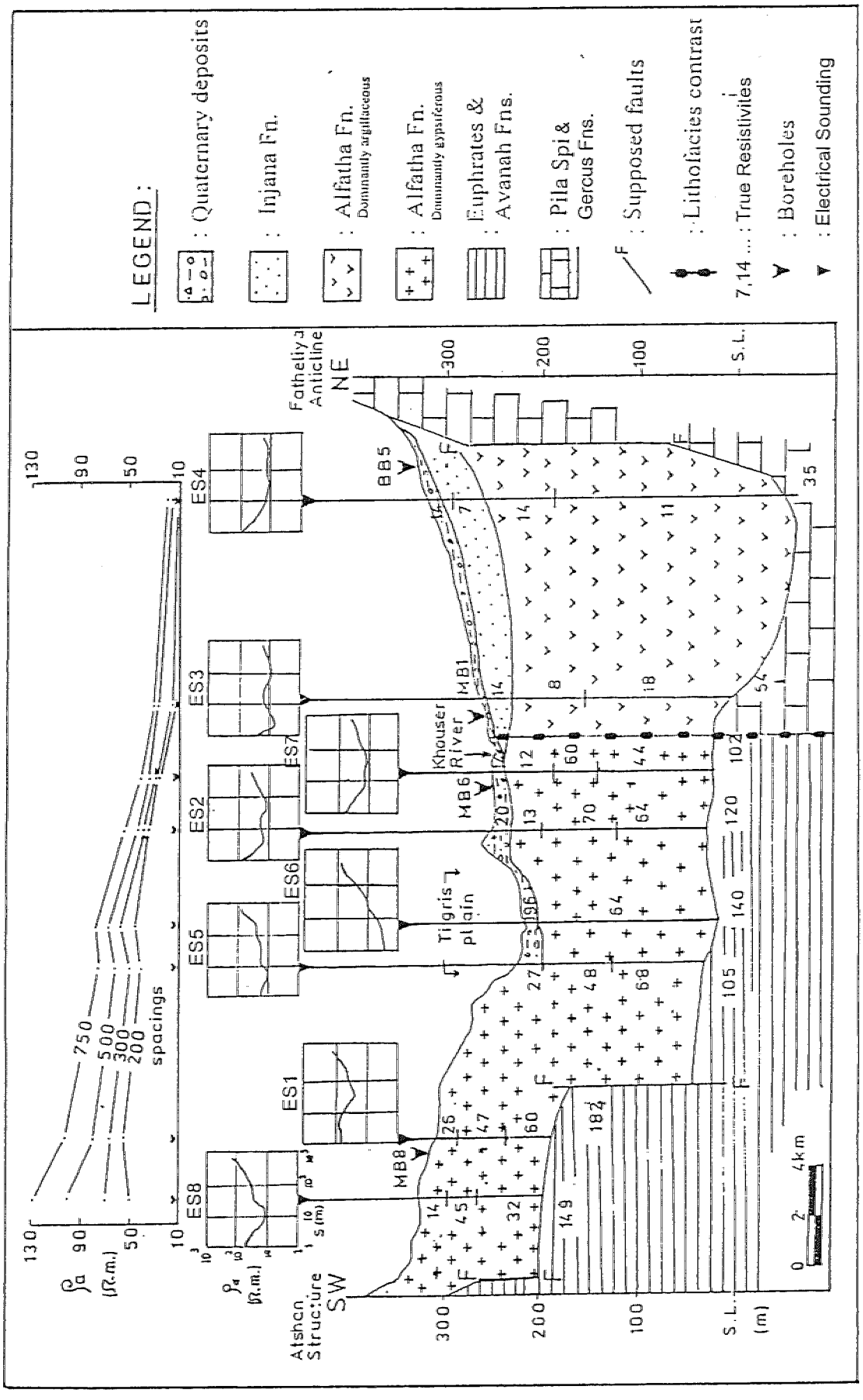
واجرى اوفرمرن (Overmeeren, 1989) دراسة جيوكهربائية باستخدام فاصلة قصوى قدرها 1500 مترا وحدد عبر مسار طوله 60 كم تقع عليه 25 محطة جس بترتيب شلمبرجر، مجموعة من الفوالق الاعتيادية والبيئات الترسيبية المختلفة (Different depositional environments) فضلاً عن التغايرات بملوحة المياه عبر المنطقة.

وفي الدراسة الحالية وللتأكد من وجود مجموعة من الصدوع والتراكيب الخطيه (Lineaments) المقترحة. تم اختيار مسار ابتدائي (شكل 1) بطول 30 كم عمودي على محاور الطيات المحدبة المحيطة بمنطقة الدراسة وهي عطشان ونويقط، وبعشيقة والفاضلية وعين الصفرة ومقلوب. ثبتت ثماني محطات جس كهربائي (ES1، ES2، ES3، ES4، ES5، ES6، ES7، ES8) بترتيب شلمبرجر حيث بلغت اقصى فاصلة بين اقطاب التيار 1500 مترا لنقاط الجس كافة وكان اتجاه النشر موازٍ لخط المضرب العام.

ولغرض التعرف على طبيعة التغايرات الجانبية عبر المقطع، تم رسم قيم المقاومية الظاهرية لفواصل (S/2) 750، 500، 300، 200 مترا لكل موقع نقطة جس عبر المسار الممتد من الجنوب الغربي الى الشمال الشرقي (شكل 2). لقد بين المقطع وجود تضاؤل وتقارب لقيم المقاومية الظاهرية شرق نهر الخوصر باتجاه الجناح الجنوبي الغربي لطية بعشيقة لتصل القيمة القصوى الى 22 اوم.مترا بينما على العكس من ذلك تزداد وتتباعد باتجاه الغرب من نهر الخوصر حيث تبلغ القيمة القصوى شرق طية عطشان الى 129 اوم.مترا.

لقد تم الاستعانه بمعلومات الابار المحفورة والمعلومات الجيولوجية لسمك وتعاقب التكاوين المنكشفة للطيات المجاورة حيث اجري مضاهاة لمحطات الجس ES8، ES1، ES5، ES6، ES2، ES7، ES3، ES4. وتبين ان قيم المقاومية الحقيقية لمعظم ترسبات العضو السفلي لتكوين الفتحة والواقع غرب نهر دجلة تتراوح بين 14 – 68 اوم.متر اعتماداً على نسب الصخور الفتاتيه الطينية والكيمياوية الجبسية والجيرية. كما يتضح ان تلك القيم قد تميزت بالارتفاع وتراوحت بين 105 الى 182 اوم.متر للصخور الكاربونيتيه المدلمته لتكوين الفرات (شكل 2). ويلاحظ ان هنالك تدرجاً انخفاضياً خفيفاً من الجنوب الغربي الى الشمال الشرقي مع احتمالية تواجد عدد من الفوالق اهمها الفالق الواقع قرب الجناح الشمالي الشرقي لطية عطشان، والفالق الواقع قرب حي اليرموك غرب مدينة الموصل والفالق الواقع قرب الجناح الجنوبي الغربي من طية بعشيقة.

ان مقارنة قيم المقاومية الحقيقية لترسبات صخور العضو السفلي من تكوين الفتحة لنقاط الجس ES1، ES8، ES5، ES6، ES2، ES7 الواقع غرب نهر الخوصر مع المحطتين ES3، ES4 التي تقع الى الشرق من نهر الخوصر تبين ان هنالك تغايراً ملحوظاً ربما يعزى الى تفاوت البيئة الصخرية الترسيبية مع عدم اتضاح تاثير طبيعة المياه الجوفية في تفاوت تلك القيم. فقد تبين ضآلة وجود المياه في البئرين MB6، MB1 والى عمق 250 مترا قرب محطتي الجس ES7، ES3 الواقعتين غرب وشرق نهر الخوصر على التوالي وبزيادة الحفر في البئر الاخير والى عمق 302 مترا ظهرت ترسبات الايوسين الكاربونيتيه المهشمة والحاوية على كميات غزيرة من المياه. كما ان العضو السفلي من ترسبات الفتحة يمتلك مقاومية حقيقية مقدارها 18 اوم.متر في نقطة الجس ES3 بينما تكون 11 اوم.مترا في نقطة الجس ES4 بالرغم من ان التوصيلية الكهربائية للمياه (electrical conductivity) المقاسة في البئر MB1 المجاور لنقطة الجس ES3 تساوي 2100 مايكروموز/سم وهي اكثر من ضعف التوصيلية المقاسة في البئر BB5 والتي تساوي 900 مايكروموز/سم قرب محطة الجس ES4. كذلك يلاحظ ان هنالك تقارباً كبيراً لقيم المقاومية الحقيقية في نقاط الجس الواقعة غرب الخوصر بالرغم من ضآلة وجود المياه في البئر MB6 في ترسبات الفتحة قرب محطة الجس ES7 وتوافر المياه مع وجود تراكيز عالية للاملاح فيها في البئر القريب من نقطتي الجس ES1، ES8 (2800 مايكروموز/سم في البئر MB8).



الشكل (2) مقطع جيوكهربائي استطلاعي مع منحنيات الجس الكهربائي عبر منطقة الدراسة

الاستنتاجات

يتبين من الدراسة الحالية ما يأتي :

1. ان تغاير المقاومية الحقيقية على جانبي حوض الخوصر لا يعبر عن المحتوى المائي وطبيعته وانما يعكس الاختلاف في طبيعة البيئات الصخارية السحنيه لترسبات العضو السفلي من تكوين الفتحة وما يقع تحته اذ يلاحظ وجود عنصر تكتوني ذي أهمية بالغة يمكن أن يضفي بعداً جديداً حول جيوتكتونية المنطقة والذي يمثل نهر الخوصر.
2. امكانية تطبيق نظرية القياس على القياسات الجسية الكهربائية الحقلية ضمن الدقة المطلوبة في منطقة الموصل .
3. ان ترتيب شلمبرجر المتناظر والمتسامت ذو قدرة تحليلية ممتازة في تشخيص عدد من الأنطقة الكهربائية التي تعكس ترسبات العصر الرباعي وتكوينات الانجانة والفتحة والصخور الكاربونيتية.
4. خلصت الدراسة الى احتمالية وجود التواءات تركيبية تحت سطحية شرق نهر دجلة مع وجود فالق اعتيادي يقع غربه.

توصي الدراسة انشاء شبكة جسية كهربائية عمقية (Depth Electrical Sounding Net) تغطي منخفض الموصل وذلك للتحري عن المظاهر التكتونية والتركيبية في المنطقة.

المصادر العربية

ابراهيم، ازاد عمر، 1985. دراسة تكتونوستراتكرافية للاجزاء الجنوبية من قطاع الطيات البسيطة في العراق. اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، العراق، 121صفحة.

اديب، هدير غازي، 1988. تركيبية وطباقية مدينة الموصل-الجانب الايمن. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، العراق، 152 صفحة.

الجبر، فيصل خضر، 1997. جيومورفولوجية وجيوهندسية مدينة الموصل باستخدام تقنيات التحسس النائي. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، العراق،153 صفحة.

الجبوري، منهل عبد السلام، 1988. جيولوجية منطقة الموصل شرق نهر دجلة. اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل،العراق، 158 صفحة.

العاني ، جاسم محمد، 1999. الاعتبارات النظرية والتطبيقية لتاثير الابعاد الهندسية لترتيبي شلمبرجر وثنائي القطب. رسالة دكتوراه غير منشورة ، كلية العلوم ، جامعة بغداد، 161 صفحة.

العزاوي، نبيل قادر، 1982. دراسة مقارنة في الطراز التكتوني للطيات لثلاث مناطق في قطاع الطيات البسيطة في العراق. اطروحة ماجستيرغير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، العراق، 107 صفحة.

المصادر الانكليزية

Al-Shaikh, Z.D. & Baker, H.A., 1973. Gravity survey of the greater Mosul. J. Geol. Soc. Iraq., 6: 35-45.

Buday, T., Kassab, I. I. M. & Jassim, S. Z., 1980. The regional geology of Iraq, "stratigraphy and paleogeography". Press of Univ. of Mosul, Iraq.

Buday, T. & Jassim, S. Z., 1987. The regional geology of Iraq, Tectonism, Magmatism and Metamorphism. Geosurv.,Baghdad,2.

Burkhardt, H., Brasse, H., Fiedler, R., Kalkbrenner. M., Radic, T. & Schulz, J., 1987. Geophysical investigations of local tectonic problems in SW Egypt and NW Sudan. Berliner geowiss. Abh.(A), 75(3):927-967.

Burkhardt, H., Brasse, H., Fiedler, R., Haubmann, U., Kalkbrenner, M., Radic, T. & Schuster, K., 1990. The application of seismic, geoelectric & audiomagentotelluric methods to tectonic and hydrogeological problems in SW Egypt and NW Sudan. Berliner geowiss. Abh.(A), 102(1):453-504.

Geosurv, 1995. Geological Map of Iraq ,GM4.State Establishment of Geological Survey & Mining, Baghdad, Iraq.

Keller, G. V., Frischknecht, F. C., 1982. Electrical Methods in Geophysical Prospecting, Pergamon Press,New York,P.523.

Koefoed, O., 1979. Geosounding Principles,1, Resistivity Sounding Measurements. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Netherland, p.276.

Mohi Ad-Din, R. M., Sissakian, V. K., Yousif, N. S., Amin, R. M. & Rofa, S. H., 1977. Report on the regional geological mapping of Mosul-Telafar area. Geosurv., Baghdad, Unpub.

Numan, N. M. S., 1984. Basement controls of stratigraphic sequences and structural patterns in Iraq. J. Geol. Soc. Iraq, 16-17:8-24 .

Van Overmeeren, R. A., 1989. Aquifer boundaries explored by geoelectrical measurements in the coastal plain of Yemen : A case of equivalence., Geophys., 54(1): 38-48 .