

تطبيق الطريقة المغناطيسية في الاعماق الضحلة للتحري عن أجزاء من موقع (تل عرب كومبت) الأثري/جنوبي مدينة كركوك.

محمود عبدالله محمد المفرجي¹، عماد عبدالرحمن محمد الهيتي²، شلاش خلف يونس الجبوري³

¹ قسم الجيولوجيا التطبيقية، كلية العلوم، جامعة كركوك، كركوك، العراق.

² قسم علوم الأرض، كلية العلوم، جامعة الأنبار، الرمادي، العراق.

³ قسم علوم الأرض، كلية العلوم، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

¹drmahmoud_2006@yahoo.com, ²salahemad99@gmail.com, ³shlashyounis@yahoo.com

المخلص

في هذه الدراسة تم التحري عن اجزاء من منطقة (تل عرب كومبت) الأثرية من خلال تطبيق الطريقة المغناطيسية وذلك باستخدام جهاز (MCL-2 microcomputer magnetometer) الذي يقيس المركبة العمودية للمجال المغناطيسي. تقع منطقة الدراسة في حي الواسطي التي تبعد 15 كم تقريبا جنوب مركز مدينة كركوك وقد بلغت مساحة منطقة الدراسة (1320) م² تقريبا حيث بلغ طولها 120 م وعرضها 110 م. في البداية تم اجراء مسحاً مغناطيسياً استطلاعياً كان الغرض منه اختيار ارتفاع اللاقط المناسب للقياس والمسافة الملائمة بين نقاط القياس وقد أخذت القراءات من ارتفاع (50) سم فوق سطح الارض وعند نقاط تبعد الواحدة منها عن الاخرى (10) أمتار. لقد تم اجراء التصحيحات اليومية على القراءات المأخوذة من الحقل للتخلص من التبدلات اليومية للمجال المغناطيسي الارضي، وأهمل التصحيح الاعتيادي لصغر مساحة المنطقة ولم يتم اجراء تصحيح على النتائج لان المنطقة مستوية تقريباً ورسوبية، ومن ثم تم رسم القيم المصححة على شكل خارطة تمثل المجال المغناطيسي العمودي. جُمعت عدة نماذج من موقع البحث من الطابوق الاثري والتربة وأخضعت للفحص المختبري اذ قيست حساسيتها المغناطيسية باستخدام جهاز (SM-30). ثم عولجت البيانات المغناطيسية بتطبيق طريقة متعدد الحدود وذلك من اجل فصل الشواذ الاقليمية-المتبقية.

اضافة لما تقدم أجريت التفسيرات الوصفية والكمية على خارطة المجال المغناطيسي وتم تعيين الشواذ الرئيسية على خارطة المجال المغناطيسي العمودي والمتبقي . وانجز التفسير الكمي باستخدام النمذجة الامامية على طول مقاطع مختارة

باستخدام برنامج (Mag2dc) . وتبين من التفسير النوعي والكمي بان الشواذ السالبة ناتجة عن وجود القنوات أو الخنادق أو القبور (أقبية). أمّا الشواذ الموجبة ذات الاستطالة الخطية فانها تعكس وجود جدران اثرية ممتدة تم بناءها من الطين أو الطابوق المفخور، بينما الشواذ الموجبة التي تكون بشكل دائري او شبه دائري فهي تمثل قاعدة أساس للبناء والتي ربما تعرضت للتهدم أو التحلل بفعل وتأثير عوامل التجوية أو غيرها.

الكلمات الدالة : الطريقة المغناطيسية، تل عرب كومبت، الحساسية المغناطيسية.

Application of Magnetic Method in Shallow Investigation for Parts of (Tall Arab-Kumbet) Archaeological site / Southern Kirkuk City.

Mahmood Abdullah Al-Mufarji¹, Emad A. Mohammed Salah Al-Heety², Shlash Khalaf
Younus Al-Jubory³

¹Department of Applied Geology, College of Science, Kirkuk University, Kirkuk, Iraq.

²Department of Applied Geology, College of Science, Anbar University, Rammadi, Iraq .

³Department of Geology, College of Science, University of Mosul, Mosul, Iraq.

¹drmahmoud_2006@yahoo.com, ²salahemad99@gmail.com, ³shlashyounis@yahoo.com

Abstract

In this study a survey for the archaeological area of Tall-Arab (Kombat) has been done by magnetic method using (MCL-2 microcomputer magnetometer) which can measure the vertical component of the magnetic field. The studied area is located in Hay Al-Wasti which is located at about 15 km to the south of Kirkuk center. It covers about 1320 m², with dimensions (120 * 110)m. In the beginning a reconnaissance magnetic survey has done in order to choose the convenient measuring altitude of the sensor and the suitable station-spacing. Measurement were taken from 50 cm height above ground surface, with 10 m. station – spacing.

The observed magnetic reading were corrected for the daily changing of earth magnetic field, while the normal correction was neglected because the space of the area is small and terrain correction was not applied because the area is nearly flat and sedimentary. Then a vertical field magnetic map was drawn from the corrected data. Many samples of archaeological bricks and soil were collected from the study to measure their magnetic susceptibility using the instrument (SM-30). The magnetic data treated by applying different methods such as the graphical and the polynomial analyses for regional- residual separation. The qualitative and quantitative interpretation has done on the magnetic field map by using different limited ways and the central anomalies have been identified on the remaining and



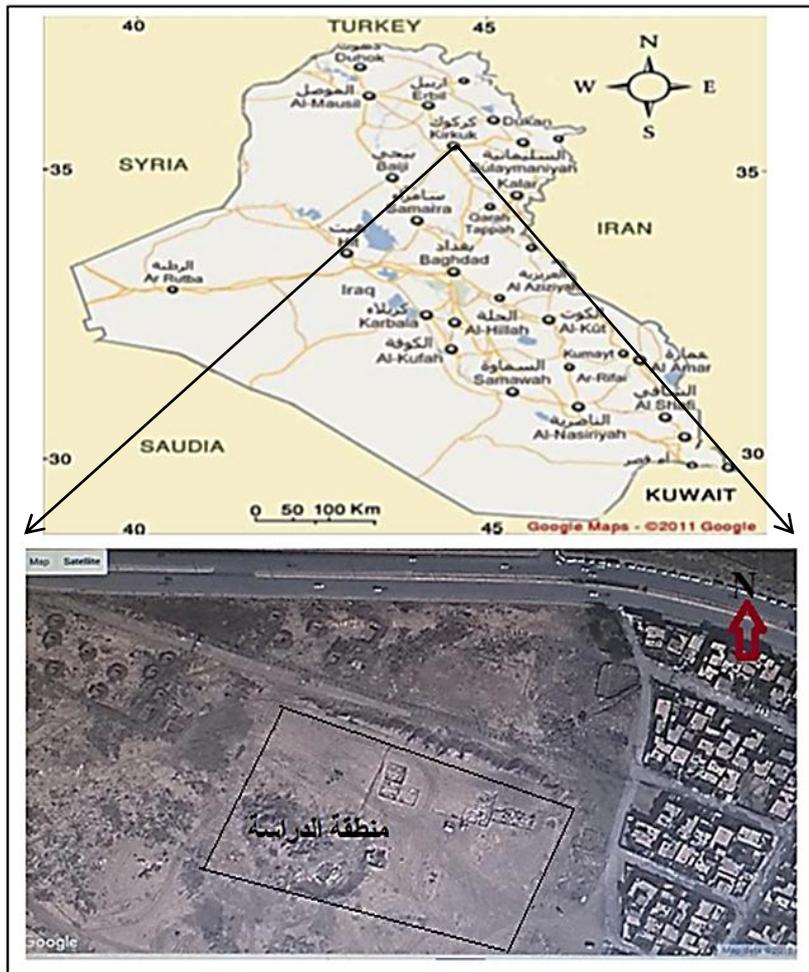
vertical magnetic field map. The quantitative interpretation has done using the fore ward modeling of chosen traverses by the program (Mag2dc). The qualitative and quantitative analyses showed that the negative anomaly are a result of the existence of canals, trenches or graves (cellars). Positive, linear-elongated anomaly reflect the existence of extended archaeological walls that have been built from mud or backed clay. Positive, circular or quasi-circular anomaly represent a base foundation for construction, which may have been destroyed or disintegrated by influence of weathering or other factors.

Keywords: Magnetic method; Tall Arab-Kumbet; magnetic susceptibility.

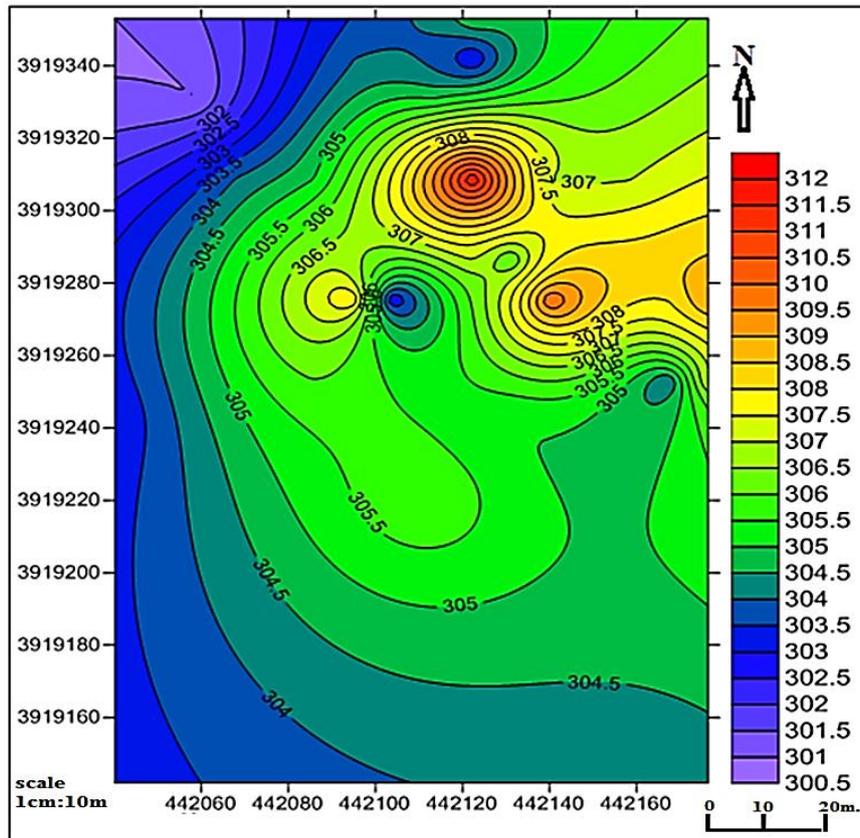
1. المقدمة

تقع منطقة الدراسة (تل عرب كومبت) في حي الواسطي التي تبعد حوالي 15 كم جنوب مركز مدينة كركوك في الجزء الشمالي الشرقي من العراق، وقد بلغت مساحة المنطقة الواقعة تحت الدراسة ما يقرب 1320 متراً مربعاً حيث بلغ طولها 120م وعرضها 110م، واحداثياتها خط طول ($44^{\circ} 25' 57''$) شرقاً، ودائرة عرض ($35^{\circ} 24' 48''$) شمالاً، وتتراوح الارتفاعات ضمن منطقة الدراسة بين (300 - 312) متر، تقع المنطقة تكتونيا وفق تقسيمي [1] و [2] في نطاق أقدام التلال (Foothill Zone) ضمن منطقة الرصيف الغير مستقر (Unstable shelf)، الشكلان 1 و 2.

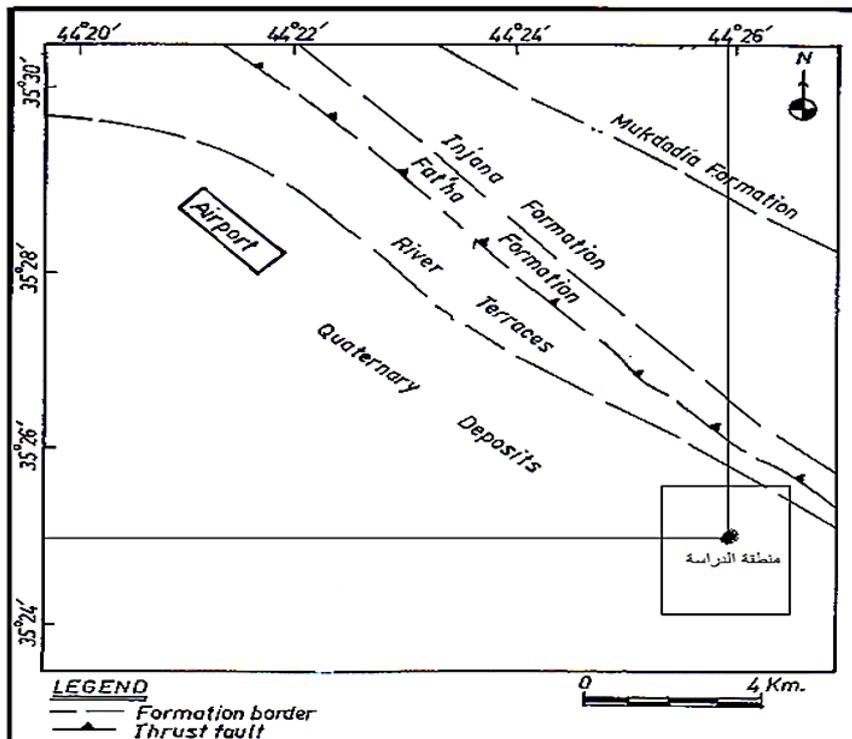
تغطي منطقة الدراسة وماجاورها صخور رسوبية المنشأ وهي من الأقدم: تكوين الفتحة (المايوسين الأوسط) وتكوين إنجانة (المايوسين الأعلى) وتكوين المقدادية (المايوسين الأعلى- البلايوسين) وتكوين باي حسن (البلايوسين) وأحدثها ترسبات العصر الرباعي (البلايوسين - الهولوسين)، الشكل 3.



الشكل 1: خارطة ومرئية فضائية تبين منطقة الدراسة (Google earth).



الشكل 2: خارطة طبوغرافية لمنطقة الدراسة (من عمل الباحث).



الشكل 3: الخارطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة (Sisakian, 1992).

أجريت التحريات المغناطيسية للتراكيب الاثرية المطمورة منذ سنين عديدة باستخدام جهاز قياس الشدة المغناطيسية البروتوني (Magnetometer) حيث استُخدمت لأول مرة من قبل Aitken [3] في بريطانيا، والذي أجرى دراسة على مسارات محددة في مدينة امبتون، وتم اجراء التفسيرات الوصفية والكمية حيث اثبتت هذه الدراسة نجاحها في الكشف عن عدد من الافران والخنادق. وقد نشر Briner [4] بحثًا تناول استخدام جهاز قياس شدة المجال المغناطيسي الريد يومي مع وصف لبعض التجارب الناجحة التي اجريت على مواقع اثرية مثل سهل سيبارس في جنوب ايطاليا.

استخدمت الطريقة المغناطيسية في العراق لأول مرة من قبل نعمت حمو [5] حيث تم التحري عن موقعين اثريين هما (سيبار) و (ابو صخير) حيث نجح هذا البحث في تحديد المظاهر الاثرية في الموقعين المذكورين. يهدف البحث الى تحديد ومعرفة المعالم الاثرية المطمورة في موقع الدراسة ضمن منطقة (تل عرب كومبت) ولدراسة المقترح الذي يتضمن احتواء المنطقة على تراكيب اثرية لاتزال مدفونة فيها، ولكي نتمكن من تحقيق هذا الغرض فقد تم انشاء خارطة الشدة المغناطيسية للمنطقة باستخدام جهاز قياس شدة المجال المغناطيسي العمودي (MCL2-Magnetometer) وتمت معالجة البيانات باستخدام تقنيات وبرمجيات مثل (GEOSOFT, 2008) و (ESRI, 2009) والتي تعد خطوة أولية وتساعد في اجراء التفسير واخيراً تم اجراء التفسير الوصفي والكمي للنتائج من اجل تحديد وايجاد العمق والسلك والاشكال التقريبية للتراكيب الاثرية.

2. الخلفية النظرية

تعتمد طريقة الاستكشاف المغناطيسي على قانون كولوم (Coloumb law) الذي ينص على أن أي قطبين مغناطيسيين يتجاذبان أو يتنافران بقوة تتناسب طردياً مع حاصل ضرب شدتهما وعكسياً مع مربع المسافة بينهما. تجري عملية المسح المغناطيسي اما على سطح الارض او على ارتفاع معين فوقه باستخدام اجهزة خاصة ذات حساسية عالية، ويُقاس المجال المغناطيسي الأرضي بوحدات الكاما أو النانوتسلا وهي وحدة ملائمة لقياس المجال الناتج عن الشواذ المغناطيسية المحلية. ان وحدة الكاما تساوي 10^{-9} webers/M² = 10^{-5} oersted = 10^{-5} gauss = 10^{-5} Gamma tesla = 1 nanotesla [6].

تتراوح قيمة المجال المغناطيسي الارضي بين (0.25 - 0.7) اورستد، حيث يمكن تحليله الى مركبتين افقية وعمودية، يمتاز اتجاهه بالانحراف عن الشمال الجغرافي (Declination)، أما زاوية ميل المجال عن الافق فتسمى

(Inclination) وتكون موجبة في النصف الشمالي من الكرة الأرضية. وتنشأ الشواذ المغناطيسية من تداخل المجال الأرضي والمجال المحلي الذي تسببه صخور القشرة الأرضية [7].

ان المجال المغناطيسي الأرضي غير ثابت، اذ وجد بان مقدار واتجاه هذا المجال يتبدل بصورة بطيئة وغير منتظمة مع الزمن، وهذه التغييرات تشمل التغييرات طويلة الأمد (Secular variation)، العواصف المغناطيسية (Magnetic storms)، والتغييرات اليومية (Diurnal variation). فالتغييرات طويلة الأمد تحدث في فترات زمنية متباعدة وهي بطيئة تنشأ عن وجود تيارات كهربائية تنتج من سريان المواد الحارة بطريقة الحمل في لب الأرض. اما العواصف المغناطيسية فهي عبارة عن تشويشات فجائية في المجال تمتاز بكونها سريعة وغير متوقعة وذات سعة تصل الى مئات الكجمات وتستمر لفترة قصيرة او لعدة ايام وهذه التشويشات لها علاقة بالانفجارات الشمسية في الفضاء الخارجي. اما التبدلات اليومية فهي التغييرات التي تحصل في المجال المغناطيسي الأرضي خلال اليوم وهي تغييرات صغيرة ذات سعة تصل الى (30-35) غاما والتي ينتج عنها تذبذب سريع في المجال المغناطيسي خلال اليوم الواحد [4].

تنتج الشواذ المغناطيسية في المجال المغناطيسي الأرضي عن نوعين مختلفين من المغناطيسية وهما المغناطيسية المتبقية أو الدائمة (Remnant) والمغناطيسية المحتثة (Induced Magnetic) حيث تكتسب الصخور مغناطيسيتها المحتثة من دون تأثير حراري نتيجة وجودها في المجال المغناطيسي الأرضي وهذه المغناطيسية المحتثة مؤقتة وتعتمد على كمية واتجاه المجال المغناطيسي المسلط عليها حيث تختفي عندما يزال المجال المغناطيسي المسلط [8]. اما المغناطيسية المتبقية فهي تعتمد على الخصائص المعدنية وعلى التاريخ الحراري الميكانيكي والمغناطيسي للنموذج وهي لا تعتمد على شدة المجال المقاسة فيه، ويكون هذا النوع من التمغنط عادةً ذا تأثير كبير في تفسير الشذوذات المغناطيسية، وعلى هذا الاساس فان أقصى قيمة للمغناطيسية المتبقية تنشأ عن تأثيرات الحرارة سواء أكانت هذه الحرارة طبيعية كما في حالة الصخور النارية أم كانت اصطناعية كما في حالة الطين المفخور (Backed clay)، القدر الفخارية (Pottery)، المواقد والتراكيب الفخارية الأخرى المصنوعة من قبل الانسان والتي وجدت في المواقع الأثرية [4].

ان المغناطيسية المتبقية للتراكيب الأثرية ذات اهمية خاصة بسبب شدتها العالية نسبياً حيث يمكن تعيين مواقع التراكيب المفخورة مثل الاتونات الفخارية، المواقد والافران القديمة وبعض الجدران المدفونة بسبب احتوائها على مغناطيسية دائمية حرارية اكتسبتها عند الفخر. ان المغناطيسية المتبقية للطين المفخور تعتمد على تركيز اوكسيد الحديد (هيماتايت او

مغناتايت)، الشكل البلوري له، درجة حرارة الفخر واخيراً شدة المجال المغناطيسي الموجود عند التبريد وتكتسب المغناطيسية المتبقية اتجاه المجال المغناطيسي المحيط بها عند التبريد ولا تتغير قيمتها ولا اتجاهها عند تغير المجال المغناطيسي عليها بعد ذلك [8].

تعد الحساسية المغناطيسية من المصادر المهمة لاضطرابات المجال المغناطيسي في اي نقطة، حيث ان الشواذ المغناطيسية التي تسببها التراكيب غير المفخورة مثل الخنادق والحفر المدفونة وبعض الجدران، تنشأ عن تباين الحساسية المغناطيسية بين هذه التراكيب والتربة التي حولها. ان العلاقة بين المغناطيسية المحتثة (M) وشدة المجال المسلط (H) يعبر عنها بالحساسية المغناطيسية المطلقة (Absolute Susceptibility):

$$K = M / H \quad (1)$$

حيث ان (K) تمثل الحساسية المغناطيسية المطلقة ، وتعتمد شدة المغناطيسية المحتثة بالدرجة الأساس على كمية المعادن الفيرومغناطيسية المتواجدة في الصخور، الحساسية المغناطيسية والمجال المغنط [9]. تكون الحساسية (K) صغيرة لمعظم المواد الطبيعية ويمكن ان تكون سالبة دايمامغناطيسية (Diamagnetic) او موجبة بارامغناطيسية (Paramagnetic). تمثل الحساسية المغناطيسية مقياساً لقابلية المواد لتصبح ممغنطة. والحساسية المغناطيسية عديمة الوحدة. تعد الحساسية المغناطيسية خاصية مهمة جداً للصخور وفي طرق الاستكشاف المغناطيسي. الحساسية المغناطيسية تعتمد عادةً على كمية المغناطيسية في الصخور التي يكون لها تركيز عالٍ من المعادن الفيرومغناطيسية ونتيجة لذلك فان الصخور القاعدية وال فوق قاعدية (Basic and Ultra basic Rocks) تمتلك حساسية عالية، الصخور النارية الحامضية والمتحولة تمتلك قيمةً متوسطة الى واطئة، والصخور الرسوبية تمتلك حساسية صغيرة جداً. وان عمليات التجوية (Weathering) بصورة عامة تؤثر على قيم الحساسية المغناطيسية [10]. ولأغراض البحث الحالي تم اهمال المغناطيسية المتبقية الناتجة عن حرق الطابوق الأثري على اعتبار ان هذا الطابوق يوضع فوق بعضه بعضاً بصورة عشوائية عند بناء الجدران والأسس، ولهذا فقد تم اعتبار مغناطيسية الطابوق مغناطيسية محتثة (Induced) تحت تأثير المجال المغناطيسي الارضي الحالي، وسوف تؤخذ لوحدها بنظر الاعتبار عند اجراء التفسيرات الكمية للنتائج. ومن الجدير

بالذكر ان البحوث السابقة التي أجريت على المواقع الاثرية العراقية قد اهتمت المغناطيسية المتبقية لنفس الاسباب المذكورة أعلاه ، [5] و [8] و [11] و [12].

3. طرائق العمل

1.3 الأجهزة والعمل الحقل

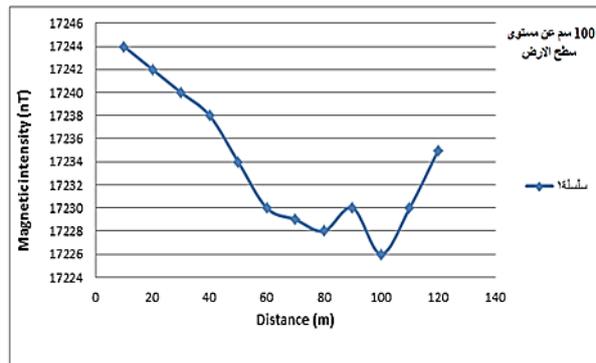
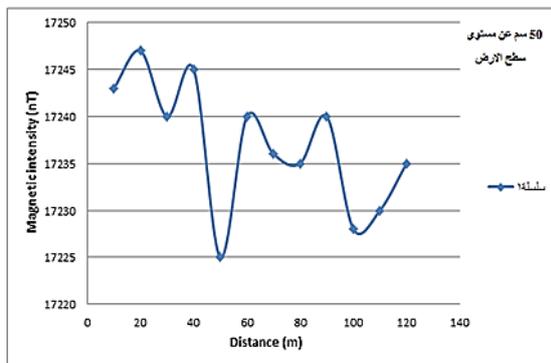
استخدم جهاز نظام تحديد المواقع GPS نوع (Etrex) من اجل معرفة خطوط الطول والعرض والارتفاع بطريقة التثليث المساحي وتم استخدام شريط قياس لتحديد المسافة بين نقطة واخرى لتحديد الموقع والحصول على الخارطة الطبوغرافية. واستُخدم في العمل الحقل جهاز المسح المغناطيسي (MCL-2 microcomputer magnetometer) والذي يقيس المركبة المغناطيسية العمودية، وهو جهاز سهل التشغيل وفيه شاشة كبيرة تعرض مباشرة قياس شدة المجال المغناطيسي بوحدة النانوتسلا (nT)، وفي نفس الوقت تعرض قيم درجات الحرارة و التاريخ و نسبة شحن الجهاز. الجهاز له القدرة على تصحيحات خطية تلقائية وتصحيحات درجات الحرارة، و 24 وحدة عالية الدقة لتحويل القراءات A/D، ويمكن للجهاز ان يقيس قيم شدة المجال المغناطيسي العالية والتي قد تصل الى 80000 غاما، و الشاشة الكبيرة بإمكانها ان تعرض و تبين منحنى الشدة المغناطيسي في الحقل، وكذلك يمكن وصله بجهاز الحاسوب من اجل معالجة البيانات وتفسيرها. عند التشغيل يتحسس بالمغناطيسية فيُثار الحساس فتتولد تذبذبات، والتي تنشئ تذبذبات ثنائية في الملف الثانوي بواسطة المرشح أو الفلتر والمضخمات، ثم تبديل مرحلة الطور، وفي النهاية تنتج قراءات تحولها من A/D بواسطة الموحد، والمعالجات الدقيقة ستنقل البيانات الى وحدة الخزن، وهكذا ... كاتالوك تشغيل الجهاز (Product catalog) [13].

واستخدم جهاز قياس الحساسية المغناطيسية (SM-30) لقياس الحساسية المغناطيسية للنماذج التي تم اخذها من الحقل، وان الجهاز قادر على قياس الحساسية وبدقة قياس (Reading resolution) تصل الى 10^{-6} SI، وهو قادر ايضاً على قياس الحساسية الواطئة للنماذج ويقاس حساسية المواد الدايمغناطيسية. يمتلك الجهاز طريقة متطورة جداً لمعالجة الاشارة بحيث يمكنه ان يقلل من تأثير الاضطرابات الكهرومغناطيسية الخارجية والضوضاء من الدوائر الالكترونية وان وزنه وحجمه الصغير يجعله مثالياً للاستخدام في الحقل. وهو يحتوي على مذبذب (Oscillator) وملف التقاط وان تردد المذبذب يعتمد على المسافة بين الجهاز والصخرة او النموذج، ولغرض الحصول على قيمة الحساسية المغناطيسية

فان القراءة الناتجة تُضرب بالمقدار 10^{-3} ويكون الناتج بوحدة الـ (System International) SI، طريقة قياس الحساسية المغناطيسية للنموذج الواحد تتم بخطوتين؛ الخطوة الاولى تسمى الالتقاط (pick-up step) وفيها يوضع الجهاز على سطح النموذج ويتم اخذ القراءة (f_1)، اما الثانية فتسمى التعويض (compensation step) وعندها يكون الجهاز بعيداً عن النموذج (القياس في الهواء الحر) ويتم اخذ القراءة (f_2). وعند الانتهاء من الخطوة الثانية يقوم الجهاز وبشكل ذاتي بعملية الطرح وحساب الحساسية المغناطيسية [14].

2.3 المسح الحقلّي الاستطلاعي

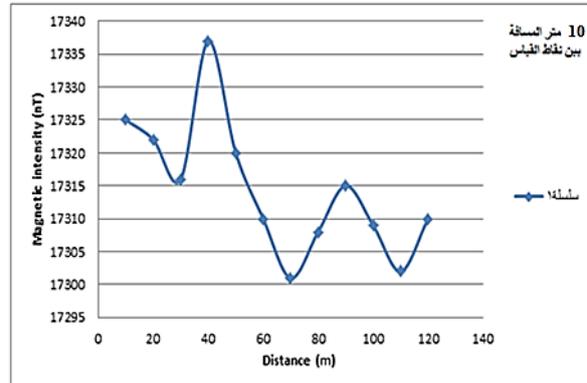
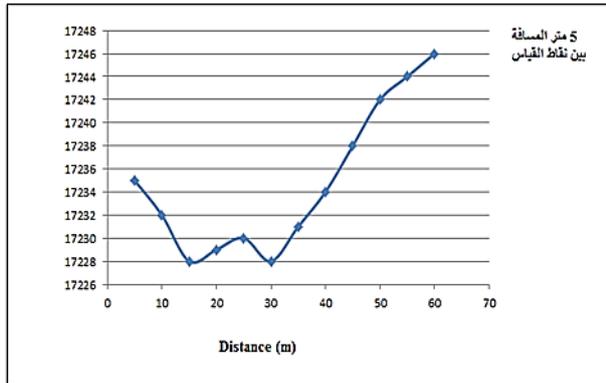
قبل البدء بالمسح المغناطيسي التفصيلي كان من الضروري اجراء مسح استطلاع أولي لغرض اختيار ارتفاع اللاقط الملائم واختيار المسافة المناسبة بين نقاط القياس. لذا اخذت عدة مسارات طويلة متجهة شمالاً-جنوباً استعملت فيها ارتفاعات مختلفة للاقط ومسافات بينية مختلفة. لغرض اختيار ارتفاع اللاقط الملائم للقياس فقد تم اجراء مسح مغناطيسي لمسار متجه شمال - جنوب من ارتفاعين مختلفين هما (100) سم بتاريخ 2016-5-3 و (50) سم بتاريخ 2016-5-5. ويبين الشكل 4 مخططاً للمسار (A) الذي مُسح من الارتفاعين المذكورين ويظهر فيه شكل المسار المرسوم للقراءات المأخوذة على ارتفاع (100) سم خالياً من تأثير الشواذ ويبدو ان معظم الشواذ المغناطيسية المهمة التابعة للتراكيب والاجسام الاثرية المدفونة قد قُذت، واما المسار المرسوم للقياسات المغناطيسية المأخوذة على ارتفاع (50) سم عن مستوى سطح الارض فتظهر فيه الشذوذات المغناطيسية واضحة ومتميزة ولا يظهر اثر للتشويشات السطحية. وقد لوحظ بانه في حالة تقليل ارتفاع اللاقط الى (10) سم فان القراءات المغناطيسية المأخوذة سوف تكون متأثرة بمصادر التشويشات السطحية مثل القطع الفخارية الصغيرة او سدادات القناني المعدنية المتناثرة في المنطقة وبعض القطع الحديدية لان المنطقة غير معزولة عن حركة الناس والمركبات.



الشكل 4: مقطع (A) باتجاه جنوب- شمال تم اخذه من ارتفاعين مختلفين (50 و 100 سم).

نستنتج مما ذكر بان ارتفاع اللاقط (50) سم فوق مستوى سطح الارض هو الارتفاع الاكثر ملائمة للقياسات في منطقة البحث الحالية وذلك لان المسارات المرسومة للقياسات المأخوذة من هذا الارتفاع تكون محتفظة بالشواذ المغناطيسية التي تسببها التراكيب الاثرية وقليلة التأثير بالتشويشات السطحية. ومن اجل اختيار المسافة الملائمة بين نقاط القياس تم مسح مسار (B) وبمسافة (5) امتار بين محطات القياس, وكما تم مسح نفس المسار بأخذ المسافة (10) امتار بين نقاط القياس.

يبين الشكل 5 مخططاً للمسار (B) والذي مسح مغناطيسياً بمسافات (10 و 5) متر ومن مقارنة الشكلين نلاحظ ان الشواذ المغناطيسية باستعمال المسافة (10) متر اكثر تهديباً من الشواذ المقاسة باستعمال المسافة (5) متر، ان حصىلة المقارنة باستخدام المسافتين المذكورتين هي ان المسارات المرسومة بمسافة (10) متر تعطي شواذاً اكثر وضوحاً وتهديباً من المسارات المرسومة بمسافة (5) متر مع شرط الانتباه الى اخذ قراءات بينية عند ملاحظة فرق عالٍ في قراءة الشدة المغناطيسية بين نقاط القياس، ونظراً للأسباب التي ذُكرت في اعلاه فلقد تم مسح المنطقة بأخذ القراءات المغناطيسية عند نقاط تبعد الواحدة عن الأخرى مسافة (10) متر مع اخذ قراءات بينية عند النقاط التي تظهر شذوذاً عالياً وفجائياً في الشدة المغناطيسية.

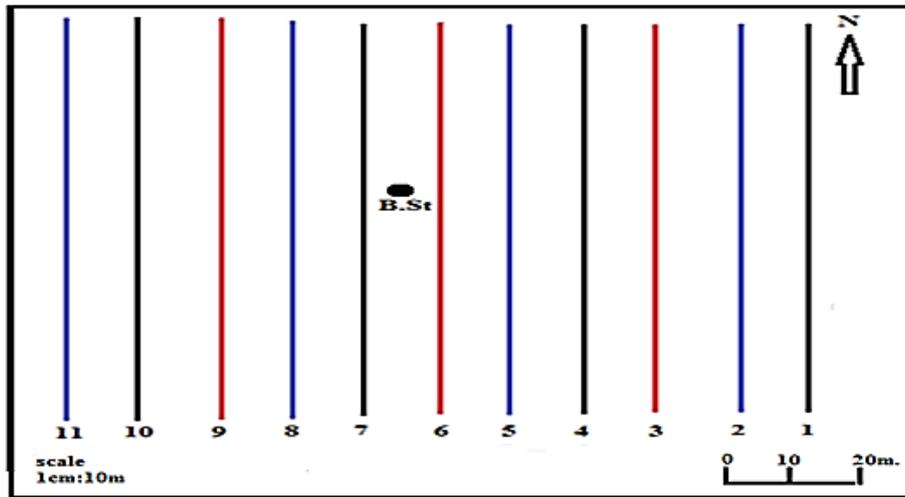


الشكل 5: مقطع (B) يوضح استعمال المسافتين (5م و 10م) بين محطات القياس.

3.3 المسح التفصيلي

ابتدأ العمل الحقلّي التفصيلي بتاريخ (6-5-2016)، حيث تم تثبيت مسارات المسح وكذلك تثبيت مواقع المحطات الحقلية، وجرى بعدها اخذ القراءات المغناطيسية باستخدام جهاز المسح المغناطيسي (MCL-2 magnetometer) الذي يخزن المركبة العمودية المغناطيسية للمحطة المسوحة. لقد تم أولاً تقسيم المنطقة الى مسارات (Traverses)، ومن ثم

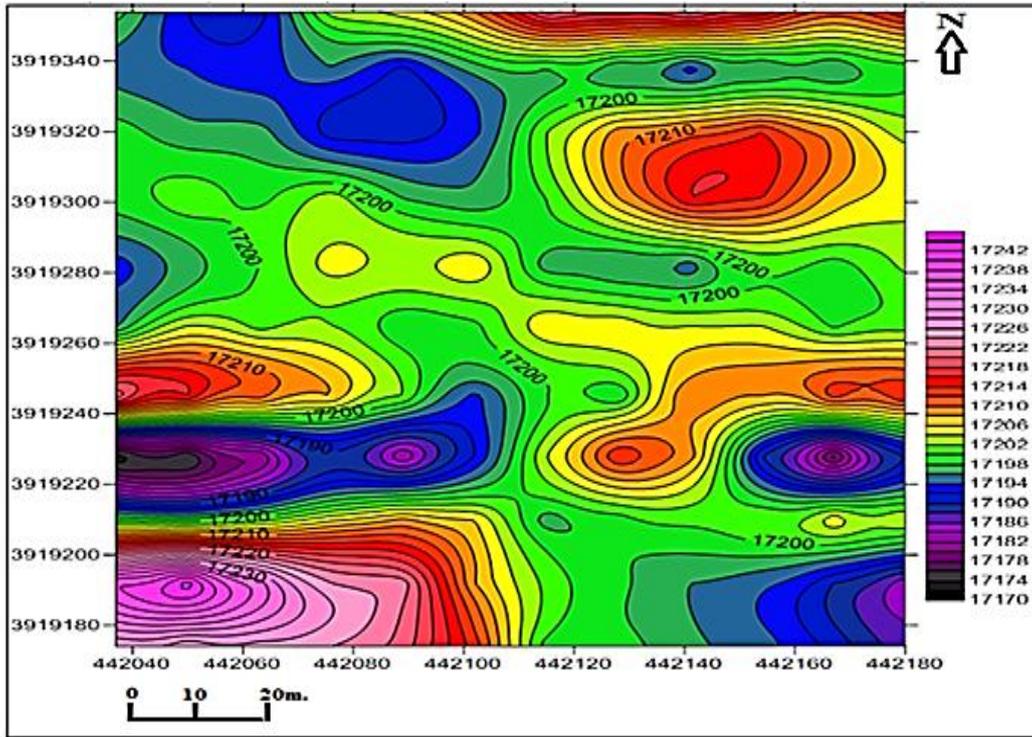
جرى المسح لمنطقة البحث التي تبلغ أبعادها (110*120) متراً، وقُسمت الى (11) مسار متجهة شمال-جنوب، وكان طول المسار الواحد يساوي (120) متراً، وتقع بعض هذه المسارات على مسافة عشرة أمتار عن بعضها الآخر، وقد أُخذت القراءات المغناطيسية على هذه المسارات بمسافات تبعد الواحدة عن الأخرى عشرة أمتار **الشكل 6**، ومع أخذ قراءات بينية بين المحطات عندما يُلاحظ وجود تغيير فجائي في المجال المغناطيسي، وفي كل نقطة قياس تم أخذ ثلاث قراءات بعد تبديل اتجاه محور اللاقط لضمان صحة القياس ثم يُؤخذ معدل هذه القياسات الثلاث الذي يعتبر قيمة الشدة المغناطيسية في المحطة المعينة. تقع المحطة الأساسية (Base station) في وسط منطقة البحث تقريباً بين المسار رقم (6) والمسار رقم (7) ليتسنى الرجوع إليها باستمرار وفي مدة قصيرة للتأكد من التبدلات اليومية للمجال المغناطيسي الأرضي (Diurnal variation).



الشكل 6: مخطط يوضح المسارات المغناطيسية المسوحة لمنطقة الدراسة.

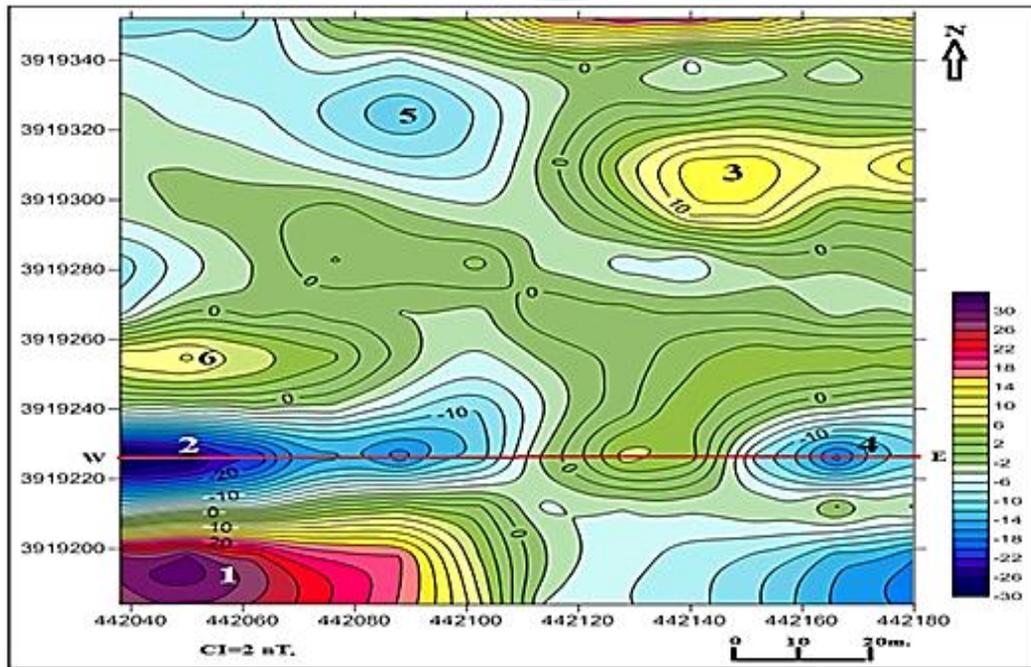
4. تصحيح ومعالجة وتعزيز البيانات المغناطيسية

أُجريت التصحيحات اليومية على القراءات المغناطيسية الحقلية للتخلص من التبدلات اليومية للمجال المغناطيسي الأرضي وأهمل التصحيح الاعتيادي لصغر مساحة المنطقة ولم يجرِ على النتائج تصحيح تضاريسي لان المنطقة مستوية تقريباً ورسوبية، ومن ثم رسمت القيم المصححة على شكل خارطة تمثل المجال المغناطيسي العمودي **الشكل 7** باستخدام برنامج (Surfer 11)، جُمعت عدة نماذج من الطابوق الاثري والترية وقيست حساسيتها المغناطيسية باستخدام جهاز (SM-30).



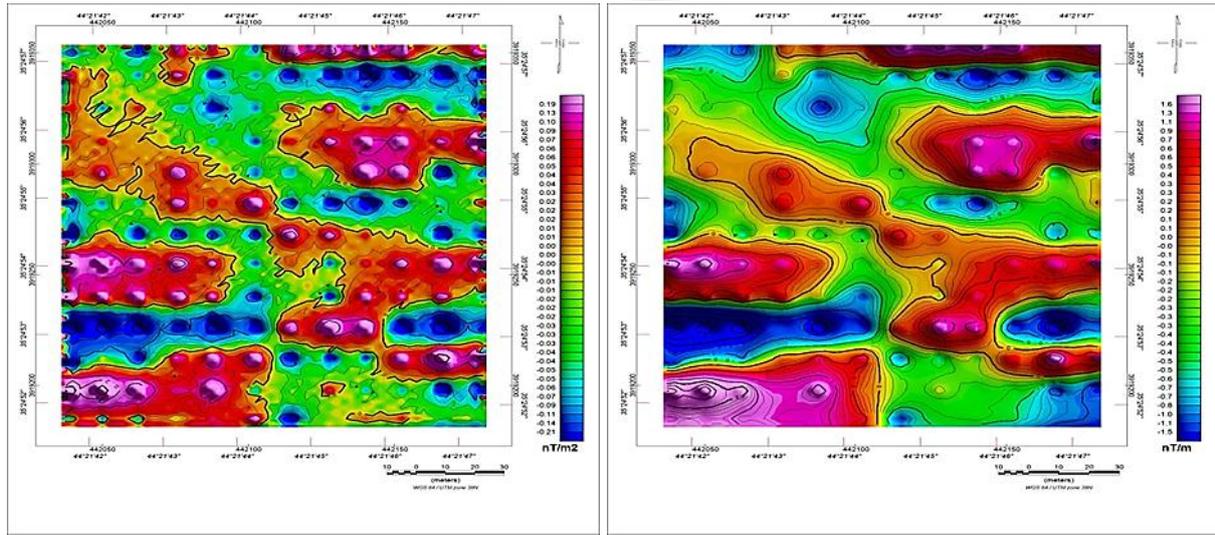
الشكل 7: خارطة المجال المغناطيسي العمودي لمنطقة الدراسة.

ان خارطة شدة المجال المغناطيسي العمودي لوحدها لا تعطي صورة واضحة عن الظواهر تحت السطح لمنطقة الدراسة. لهذا السبب وحتى يتمكن من استخلاص اكثر المعلومات الممكنة عن مواقع التراكيب الاثرية من خارطة المجال العمودي يجب عزل كافة التأثيرات الاقليمية الناتجة عن تراكيب كبيرة الحجم وعميقة وذات امتداد واسع عن الشواذ المحلية الناتجة عن التراكيب الاثرية للمنطقة. عولجت البيانات المغناطيسية بتطبيق عدة طرق نذكر منها طريقة متعدد الحدود لفصل الشواذ الشكل 8.



شكل 8: خارطة الشذوذ المغناطيسي المتبقي الناتجة من فصل الشواذ الاقليمية-المتبقية بطريقة متعدد الحدود.

ان عملية تعزيز أو تقوية البيانات (Enhancement) تساعد في مراحل التفسير لأنها تعمل على تقوية وعزل الشواذ المراد تشخيصها والبحث عنها قبل اجراء عملية التفسير النوعي والكمي. لان الشواذ في الغالب تكون متداخلة ومتراكبة (Overlapping) فتجعل عملية تحديد مصادرها صعبة وان الشواذ تكون اكبر واوسع من المصدر المسبب لها دائماً لذلك ومن اجل حل هذه المشكلة نلجأ الى حساب المشتقات، وتم اختيار طريقة كرنك (Kriging method) في رسم الخرائط كونها طريقة دقيقة. المشتقة العمودية الأولى تقوم بحساب ميل السطح على طول اتجاه معين اذ تقوم بتوضيح امتدادات واشكال الاجسام المطمورة. أما المشتقة العمودية الثانية فتحسب معدل تغيير المنحدر على طول اتجاه معين وتوضح حافات الاجسام بدقة [15]. يوضح الشكلان 9 و 10 خارطة المشتقة العمودية الاولى والمشتقة الثانية للمجال العمودي المغناطيسي في المنطقة.



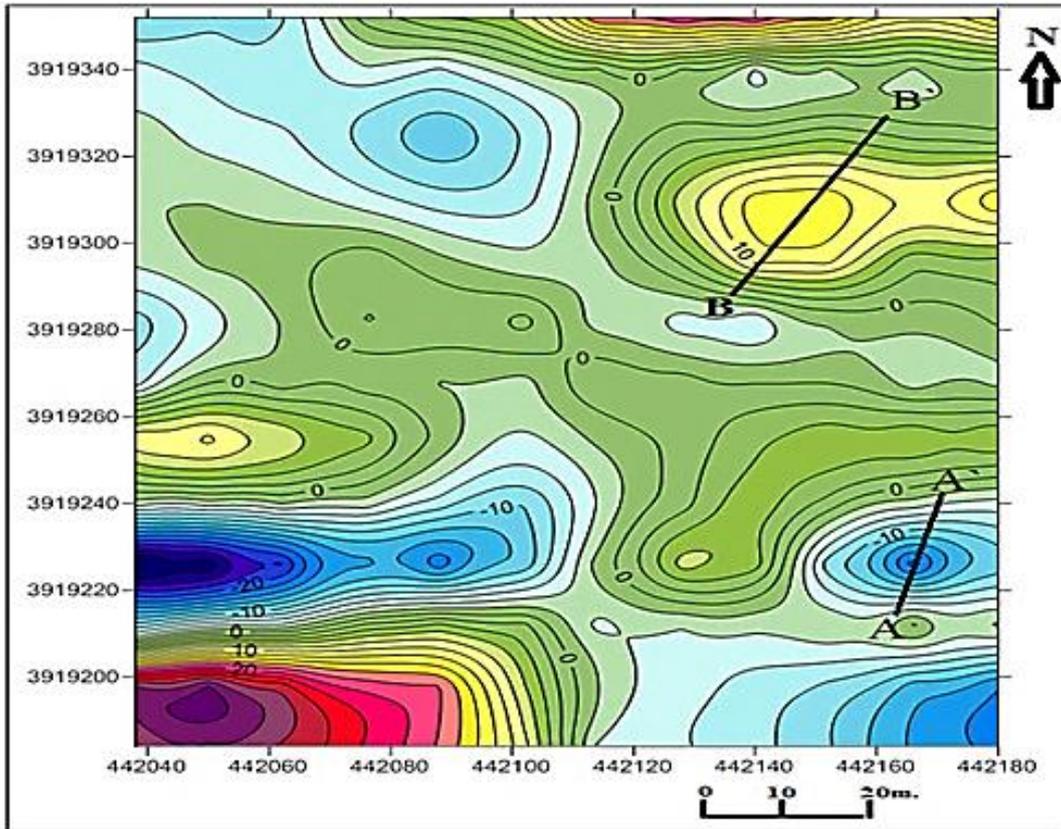
شكل 10: خارطة المشتقة العمودية الاولى للمجال.

شكل 9: المشتقة العمودية الاولى للمجال المغناطيسي.

5. التفسير الكمي و النمذجة

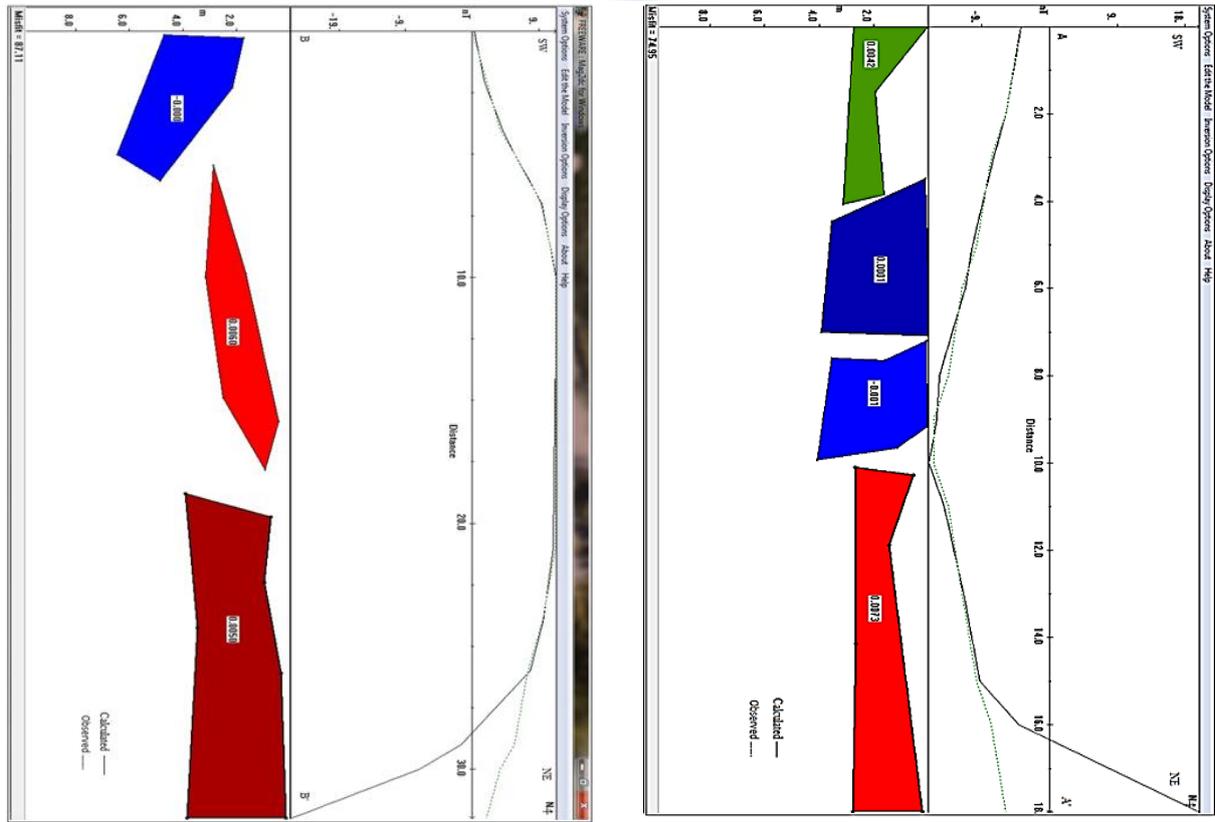
إن الشواذ المغناطيسية الناتجة عن التراكمات الاثرية تكون معقدة جداً في معظم الاحيان نتيجة عوامل كثيرة منها ان مصادر الشواذ تكون ضحلة نسبياً ومن ثم تكون قريبة من جهاز القياس، وكذلك وجود مصادر عديدة ومختلفة للشواذ المغناطيسية التي قد تسبب تشويشات لقراءات الجهاز مثل ملوثات التربة، القطع الاثرية المتناثرة على السطح، المعادن والصخور القريبة من السطح. ان طبيعة القياسات التي تجري اثناء التحري الاثري تجعل البيانات المستحصلة تبدو اكثر تشويشاً من البيانات المستحصلة في المسوحات المغناطيسية الاعتيادية [4]. ان النمذجة تُعتبر احدى طرق التفسير الجهدى حيث يتم من خلالها اعداد صورة جيولوجية تحت سطحية مبسطة عن طريق توزيع الكتل المسببة للشواذ [16]. حيث تستخدم النمذجة من اجل الحساب الكمي للنموذج الجيولوجي المسبب للشذوذ وتحديد ابعاده وشكله وعمقه بشكل عددي متناسب مع الواقع الجيولوجي للمنطقة. وتعتمد النمذجة المغناطيسية على تغاير الحساسية المغناطيسية (Susceptibility contrast) والعمق. النمذجة المغناطيسية (Magnetic Modelling) يتم فيها حساب التأثيرات المغناطيسية للأجسام من خلال البرنامج الحاسوبي (Mag2dc 2.10) الذي تم تصميّمه من قبل [17]، ويستخدم هذا البرنامج خوارزمية (Talwani) في حساب الشذوذ.

تم تطبيق النمذجة الامامية على مقطعين الاول ($A - A'$) بالاتجاه شمال شرق-جنوب غرب، والثاني ($B - B'$) بالاتجاه شمال شرق-جنوب غرب، حيث يمران على طول الشواذ الرئيسية الظاهرة في خارطة الشذوذ المغناطيسي المتبقي الناتجة من فصل الشواذ بطريقة متعدد الحدود شكل 11.



الشكل 11: خارطة الشذوذ المغناطيسي المتبقي موضعاً عليها المقطعان ($A - A'$) و ($B - B'$).

وفي الموديل المغناطيسي امتداد المقطع $A - A'$ السالب، الشكل 12 تم اقتراح أربعة اجسام مختلفة من حيث الشكل والحجم. وقد بلغت اعماق هذه الاجسام من (0.5 - 2) متر، ويتراوح عرض هذه الاجسام من (2.5 - 5) امتار. ان الجسم الثاني والثالث منتصف الموديل يمتلكان تباين سالب للحساسية المغناطيسية (-0.001) والتي ربما تكون مرتبطة او تعكس وجود مغنطة متبقية (Remnant Magnetization).



الشكل 12: الموديل المغناطيسي/ المقطع A - A`.

الشكل 13: الموديل المغناطيسي/ المقطع B - B`.

الموديل المغناطيسي على امتداد المقطع B - B` الموجب، الشكل 13 تم اقتراح ثلاثة اجسام مختلفة الشكل، اذ بلغت اعماق هذه الاجسام بين (0.5-1.8) متر، ويتراوح عرض هذه الاجسام من (6-13) متر، وامتداد افقي يصل الى 4 متر لكل جسم او اكثر. وان التباين السالب في الحساسية المغناطيسية للجسم الاول يمكن ان يكون مرتبط بالمغطة المتبقية.

6. الاستنتاجات

1. تعد الطريقة المغناطيسية من الطرق الجيوفيزيائية التي اثبتت نجاحها في تطبيقها للكشف عن الآثار وذلك لسهولة وسرعة التطبيق وكذلك سهولة الاجهزة المستعملة في المسح المغناطيسي.
2. وجد أن للشواذ المحلية تأثير كبير على طبيعة خارطة الشدة المغناطيسية الكلية فقد اظهرت هذه الخارطة تأثيرات محلية بصورة رئيسية وهذا يرجع الى صغر مساحة المنطقة المدروسة.
3. تم اقتراح اجسام لتفسير الشواذ المغناطيسية باستخدام برنامج (Mag2dc2.10)، وفُسر الشواذ في الموديل A-A` بأنها قد تكون ناتجة عن الخنادق أو القنوات أو أقبية. وقد بلغت اعماق هذه الاجسام من (0.5-2) متر، ويتراوح

عرض هذه الاجسام من (2.5-5) امتار. وفُسرَت الشواذ في الموديل B - B بأنها قاعدة اساس للبناء والتي ربما تعرضت للهدم بفعل وتأثير عوامل التجوية اذ بلغت اعماق هذه الاجسام بين (0.5-1.8) متر، ويتراوح عرض هذه الاجسام من (6-13) متر.

7. التوصيات

1. نقترح استعمال جهاز آخر اثناء المسوحات المغناطيسية يوضع في المحطة الاساسية (Base Station).
2. يُفضل استخدام برنامج لعمل موديلات للنماذج ثلاثية الابعاد حتى يتم حساب التأثيرات التي تأتي من جميع الاتجاهات والنتيجة عن تداخل شواذ عديدة تابعة لأجسام او جدران متقاربة.
3. تم اهمال المغناطيسية المتبقية في هذا البحث ونقترح ان تؤخذ هذه المغناطيسية بعين الاعتبار عند اجراء التفسيرات الكمية للنتائج وهذا يتم من طريق دراسة اتجاه مغناطيسية الطابوق الاثري ومن ثم معرفة مقدار واتجاه محصلة المغناطيسية للطابوق المكون للجدران والأسس.
4. نقترح القيام بمسوحات مغناطيسية أخرى للمناطق المجاورة خصوصاً جنوب غرب منطقة الدراسة من أجل التعرف على امتداد التراكيب الأثرية فيها.
5. يُفضل استعمال الطرق الجيوفيزيائية الاخرى بجانب الطريقة المغناطيسية من أجل التحري الدقيق والمفصل عن التراكيب الاثرية مثل الطريقة الكهربائية والكهرومغناطيسية، رادار الاختراق الارضي.

المصادر

- [1] T. Buday, and S. Z. Jassim, "*The Regional Geology of Iraq. Tectonism, Magnetism, Metamorphism*", Geol. Surv. Mineral Investigation, (1987).
- [2] S. Z. Jassim, and J. C. Goff, "*Geology of Iraq*", Dolin , Hlavni 2732 , Prague, Czech Republic, (2006).
- [3] M. J. Aitken, "*Magnetic prospecting*", Antiquity, 33(131), 205 (1958).
- [4] S. Breiner, "*Application on Manual for Portable Magnetometers*", Geometrics, Sunnyvale, California, U.S.A, 58 (1973).

- [5] N. B. Hammo, "*The use of magnetic method in archaeological investigation*" , M. Sc. Thesis , University of Baghdad , Iraq (1977) .
- [6] D. H. Griffiths, and R. F. King, "*Applied Geophysics for Geologists and Engineers*", 2nd. Edition , Pergamon Press, Oxford, 230 (1981).
- [7] M. B. Dobrin, and C. H. Savit, "*Introduction to geophysical prospecting*", 4th edition, McGraw Hill Book Co., 865 (1988).
- [8] محمود عبدالله محمد الداود، "استكشاف مغناطيسي لأجزاء من مدينة خرسباد (دورشروكين) الاثرية"، رسالة ماجستير، كلية العلوم ، جامعة الموصل ، العراق (1984).
- [9] D. H. Tarling, "*Principles and Applications of palaeomagnetism*", London, Chapman and Hall, 164 (1971).
- [10] N. Linford, "*Mineral magnetic profiling of archaeological sediments*", Archaeological Prospection, 1(1) , 37 (1994).
- [11] S. H. Ahmed, "*The application of the magnetic method to Archaeological Investigation (The Ctesiphon Archaeological site)*" , M. Sc. Thesis , University of Baghdad , Iraq (1979) .
- [12] محمود عبد الله المفرجي، " استخدام التقنيات الحديثة في الكشف عن الاثنا"، المؤتمر العلمي السنوي لكلية الآداب / جامعة الموصل، العراق 9-10 تشرين الاول (2002).
- [13] Beijing orange lamp Co. , "*Product catalog , MCL-2 microcomputer magnetometer*" , China (2009).
- [14] Heritage Group , "*Magnetic Susceptibility meter ; user's manual*" , Brno , Czech Republic, 54, (2008) .



-
- [15] W.B. Agocs, "*Least square residual anomaly determination*", Geophysics , 16(4) ,686 (1951).
- [16] L. L. Nettelton, "*Gravity and magnetics in oil prospecting*", New York, McGraw-Hill Book Company Inc., 464 (1976).
- [17] G. R. J. Cooper, "*Mag2dc 2.10. An interactive 2.5D Magnetic modelling and inversion program for Microsoft windows*", School of Geosciences University of the Witwatersrand, Johannesburg 2050 South Africa , (2003) .