استخدام تقنية الرادار الأرضي في تحديد موقع الخندق بالمدينة المنورة كأثر إسلامي عظيم

أ. د. فتحي فوزي شعبان، د. عصام عبد الحليم مرسي، د. عبد الله فيصل السباعي
معهد خادم الحرمين الشريفين لابحاث الحج والعمرة – جامعة ام القرى

ملخص البحث:

اندثر موقع الخندق بالمدينة المنورة وعفا أثره قبل عدة قرون، وقد حاول بعض المعاصرين تحديد موقع الخندق، حيث قام بعضهم بتحديده بطرف حرة واقم شرقًا وغربيّ وادي بطحان حيث طرف الحرة الغربية (الوبرة) غربًا. وقيل أنه على شكل شبه نصف دائرة عند طرفها الغربي يقع غربي مسجد المصلى والشرقي عند مبتدأ حرة واقم في الشمال الشرقي.

يعتبر المسح الراداري طريقة جيوفيزيائية غير مكلفة، طورت خلال الثلاثة عقود الماضية للاستكشاف الضحل وبدقة عالية، والفكرة العامة للرادار الأرضي المخترق هي إرسال موجات (نبضات) كهرومغناطيسية عالية التردد (١٠- ٢٠٠٠ ميجاهيرتز) تحت سطح الوسط، حتى تقابل أهداف أو مواقع مختلفة (من ناحية الخصائص الكهربية) ثم تنعكس وترتد إلى السطح ويتم استقبالها في نفس الجهاز، ومن ثم يتم تحليل ومعالجة هذه الموجات بواسطة برامج التحليل للحصول على صورة للوسط الذي مرت فيه هذه الموجات. وتتأثر هذه الموجات بالخصائص الكهربية المختلفة وتعتمد على مدى التباين في تلك الخصائص، حيث ينعكس جزء منها ويتم تسجيلها بواسطة جهاز الاستقبال والجزء الآخر ينكسر أو يتشتت. وتستخدم خاصية انعكاس الموجات الكهرومغناطيسية لمعرفة خصائص التربة، مواقع الأجسام المعدنية، التنقيب عن الآثار المدفونة (قد قام الباحثون بتطبيقات عديدة في مجال الآثار منها تحديد مواقع مراكب الشمس بمنطقة الأهرامات والتنقيب عن الآثار بمناطق وادي المومياوات ومعبد الكرنك وحتشبسوت وغيرها ...) وتحديد مواقع الخدمات العامة المدفونة مثل الأنابيب والكابلات وغيرها.

وتهدف هذه الدراسة إلى إستخدام الطرق الجيوفيزيائية خاصة الرادار الأرضي لدراسة موقع الخندق بالمدينة المنورة، والتحديد العلمي الدقيق لموقع الخندق كأثر إسلامي عظيم. تم إجراء ١٤ قطاعا راداريا بمنطقة الدراسة بأطوال تتراوح بين ١٥٠ متر إلى ١٠٠٠ متر، وذلك باستخدام الهوائي ١٠٠ ميجاهيرتز وجهاز SIR 3000. تمت معالجة وتحليل البيانات باستخدام برنامج Radan 7. أظهرت تفسير القطاعات الرادارية وجود ظواهر وبصمات رادارية تعزي إلى أثر الخندق في عدة نقاط من منطقة الدراسة، تم وضع تصور علمي لكيفية حفر الخندق كذلك تم عمل توصيات بدراسة تفصيلة متكاملة للحصول على المزيد من المعلومات ووضع صورة نهائية مؤكدة لشكل وموقع الخندق.

المقدمة:

الخندق معلمٌ من معالم المدينة المنورة المندثرة منذ قرون، وتعود بدايته إلى غزوة الأحزاب في شوال من السنة الخامسة من الهجرة، حين اجتمعت قبائل المشركين على حرب المسلمين بالمدينة، فأشار سلمان الفارسي ﷺ على النبي صلى الله عليه وسلم بحفر الخندق لصد هجوم الأحزاب. وذكر بن هشام في السيرة النبوية أن النبي صلى الله عليه وسلم عمل في حفر الخندق ترغيبًا للمسلمين، وعمل معه المسلمون فيه، وتكاسل رجالٌ من المنافقين فكانوا يتظاهرون بالعمل في حفر الخندق ويتسللون إلى أهليهم بغير إذن، أما المسلمون فكانوا يستأذنون رسول الله صلى الله عليه وسلم فيما يطرأ عليهم من حاجات.

وكان حفر الخندق في الجهة الشمالية من المدينة، لمنع دخول جيوش الأحزاب إليها، واشتدّ الخوف والبلاء على المسلمين، حتى ظهر نفاق المنافقين، وثبت المؤمنون، ونجح حفر الخندق في صدّ الأحزاب، وفرّ المشركون منهزمين.

وكان مقرّ القيادة قُبّة نصبت للنبي صلى الله عليه وسلم عند ما يعرف اليوم بمسجد الفتح عند الطرف الغربي لجبل سلع. وقد اندثر موقع الخندق وعفا أثره قبل عدة قرون، وهو ما جزم به الفيروز آبادي في «المغانم المطابة في معالم طابة»، مؤكدًا أنه لم يبقَ معروفًا من الخندق في زمانه إلا جهته .وقد حاول بعض المعاصرين تحديد موقع الخندق، فذهب عبد القدوس الأنصاري صاحب كتاب «آثار المدينة المنورة» إلى تحديده بطرف حرة واقم شرقًا وغربيّ وادي بطحان حيث طرف الحرة الغربية (الوبرة) غربًا.

وقال إنه على شكل شبه نصف دائرة عند طرفها الغربي يقع غربي مسجد المصلى والشرقي عند مبتدأ حرة واقم في الشمال الشرقي.

وأكد الأنصاري أنه كان قد عزم على تحديد موقعه الدقيق، غير أنه عدل عن مسعاه بعد ما قرأ كلام المطري في القرن الثامن الهجري الذي يقول فيه: «وقد عفا أثر الخندق اليوم ولم يبق منه شيٌ يعرف إلا ناحيته، لأن وادي بطحان استولى على موضع الخندق وصار مسيله في الخندق الدكتور تنيضب الفايدي الباحث في معالم المدينة المنورة زوّد المدينة بخريطة من تصميمه قال إنها تطابق تحديد الخندق في ٢٥ مرجعًا و١٨ خارطة ما بين أطالس وكتب تتفق مع تلك المراجع. وحدد الفايدي الخندق بأنه يبدأ شرقًا من عند أكمة الشيخين عند الجزء الشمالي الغربي من حرة بني واقم، ويستمر بطول خمسة آلاف ذراع غربًا حتى يصل إلى أطم المذاد وهو أطم لبني حرام من بني سلمة غربي مسجد الفتح.

شكل (١): رسم توضيحي لموقع غزوة الخندق

شكل (٢): رسم تقريبي لمواصفات الخندق

شكل (٣): خريطة توضح الموقع المفترض للخندق

الجيوفيزياء الاستكشافية هي الفرع التطبيقي لعلم فيزياء الأرض، والذي يستخدم طرقًا خاصة بالأرض لقياس الخصائص الفيزيائية لطبقة الأرض الموجودة تحت السطح، وكذلك الشذوذ في هذه الخصائص، وذلك من أجل التنقيب عن وجود المعادن الخام والهيدروكربونات والخزانات الحرارية الأرضية، وخزانات المياه الجوفية وغيرها من البنية الجيولوجية، والكشف عن الآثار المدفونة تحت سطح الأرض واستنتاج أماكنها. والجيوفيزياء الاستكشافية هي التطبيق العملي للطرق الفيزيائية مثل الزلزالية والجاذبية والمغناطيسية والكهربائية، والكهرومغناطيسية، لقياس الخصائص الفيزيائية للصخور، وعلى وجه الخصوص، للكشف عن الاختلافات الفيزيائية القابلة للقياس بين الصخور. وقد استخدمت طريقة الرادار الأرضي في الكشف عن الآثار المدفونة في مصر ومعظم دول العالم (Abbas, et.al., 2012 , Shaaban, et.al., 2012, Abbas, et.al., 2011, Atya, et.al., 2011, Odah, et.al., 2011, Shaaban, et.al., 2008, Atya, et.al., 2006)

وتتمثل أهداف الدراسة في التالي:

١. استخدام الطرق الجيوفيزيائية خاصة الرادار الأرضي لدراسة موقع الخندق بالمدينة المنورة.
٢. التحديد العلمي الدقيق لموقع الخندق كأثر إسلامي عظيم.

طرق القياس الحقلية: (Field measurements)

طريقة الرادار الأرضي Ground Penetration Radar GPR:

يعتبر المسح الراداري طريقة جيوفيزيائية غير مكلفة، طورت خلال الثلاثة عقود الماضية للاستكشاف الضحل وبدقة عالية، والفكرة العامة للرادار الأرضي المخترق هي إرسال موجات (نبضات) كهرومغناطيسية عالية التردد (١٠-٢٠٠٠ميجاهيرتز) تحت سطح الوسط، حتى تقابل أهداف أو مواقع مختلفة (من ناحية الخصائص الكهربية) ثم تنعكس وترتد إلى السطح ويتم استقبالها في نفس الجهاز، ومن ثم يتم تحليل ومعالجة هذه الموجات بواسطة برامج التحليل للحصول على صورة للوسط الذي مرت فيه هذه الموجات. وتتأثر هذه الموجات بالخصائص الكهربية المختلفة وتعتمد على مدى التباين في تلك الخصائص، حيث ينعكس جزء منها ويتم تسجيلها بواسطة جهاز الاستقبال والجزء الآخر ينكسر أو يتشتت.

وتستخدم خاصية انعكاس الموجات الكهرومغناطيسية لمعرفة الظروف داخل وتحت المبنى أو الكتلة الخراسانية، وأماكن الرصف والتربة، وهذه الطريقة يمكن أن تستخدم لتحديد مواقع الأجسام المعدنية، والأسطح الخراسانية والأماكن عالية الرطوبة. ويمكن أن تستخدم لقياس سُمْك الأجزاء الخراسانية، أو الصخور والتربة المتطبقة وتحديد مواقع الخدمات العامة المدفونة مثل الأنابيب والكابلات وغيرها، وتطلب الطريقة وجود سطح مستوى لسحب الهوائي الخاص بإرسال الموجات الرادارية.

يتكون جهاز الرادار الأرضي من عدة أقسام:

وحدة التحكم (control unit)

الهوائي المرسل (transmitter antenna)

الهوائي المستقبل (receiving antenna) بطاريات وأسلاك توصيل (Batteries and cables)

شكل (٤): جهاز الرادار الأرضي SIR 3000 مع الهوائي 100MHz.

جمع وتحليل البيانات:

تم قياس ١١ قطاعا راداريا في منطقة الدراسة باستخدام الهوائي ذي التردد ١٠٠ ميجاهيرتز، بأطوال تتراوح بين ٣٠٠ متر إلى ١٠٠٠ متر وبإتجاهات متعامدة مع الموقع المقترح تاريخيا للخندق كما هو موضح بشكل (٥). وفيما يلي البيانات المرتبطة بالعوامل التي تم استخدامها أثناء أجراء القياسات الجيورادارية الميدانية:

الجهاز المستخدم SIR 3000

الشركة المصنعة : GSSI

تردد الهوائيات المستخدمة : ١٠٠ ميجا هرتز

المعدل التكراري : ١٦ (يتم إرسال و استقبال الموجة ١٦ مرة و عمل متوسط لهم)

المسافة البينية بين الراسل و المستقبل : ١ متر

أقصى وقت زمني لذهاب وعودة الموجة: ٢٥٠ نانوثانية

طبيعة عمل الهوائيات: إحادية Monostatic Mode

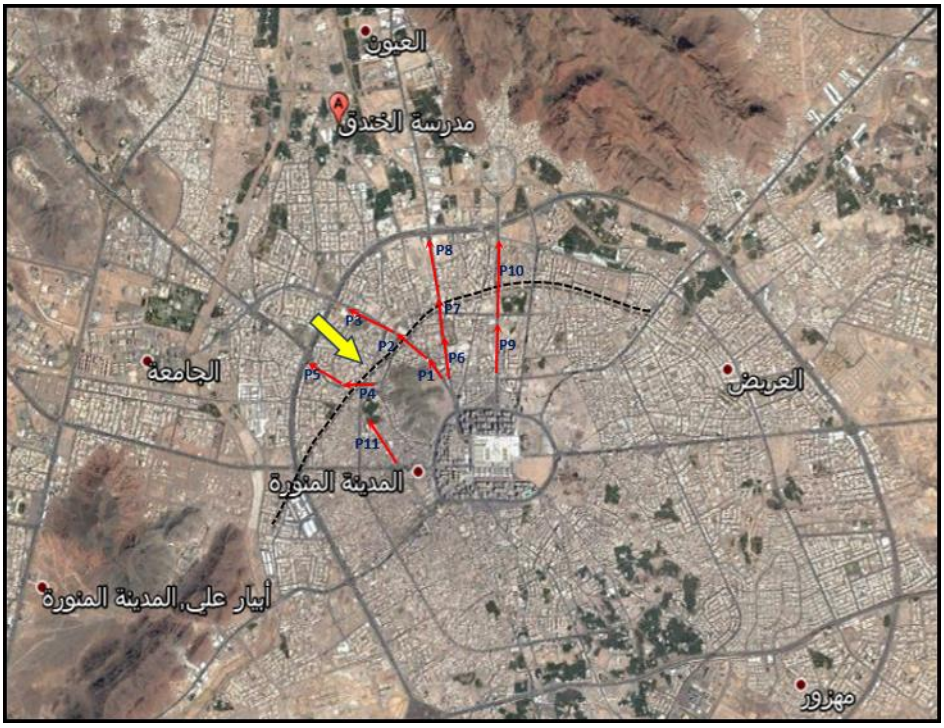
متوسط سرعة الموجات الكهرومغناطيسية المستخدمة: ٧ م/نانوثانية

عدد القطاعات الجيورادارية التي تم إجراؤها: ١١ قطاع

إجمالي أطوال القطاعات الجيورادارية التي تم إجراؤها: ٧٠٠٠ متر

اتجاهات القطاعات الجيورادارية: باتجاه الشمال و الشمال الغربي

طريقة المسح الجيورادراي: المسح المستمر الانعكاسي Continuous Reflection Profiling



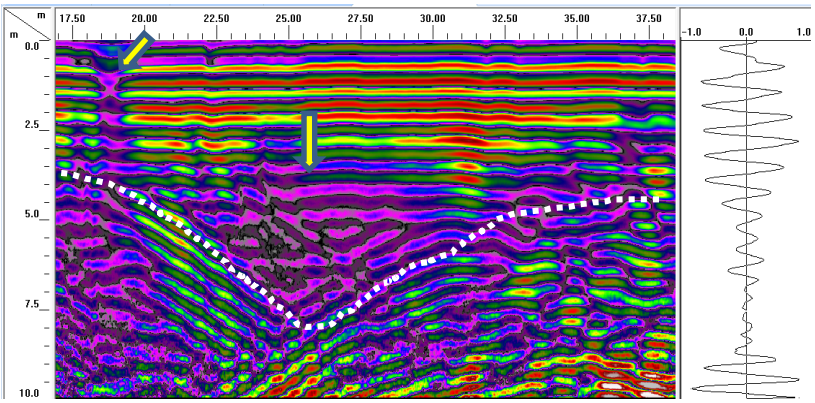
شكل (٥): أماكن القطاعات الرادارية بمنطقة الدراسة

بعد تجميع البيانات الرادارية تم معالجتها باستخدام برنامج (Radan 7 from GSSI) وهو أحد مجموعة البرامج التي تستخدم في معالجة بيانات الرادار الأرضي والسيزمية الانعكاسية حيث يتم عمل العديد من العمليات والخوارزميات الرياضية فيما يتعلق بمعالجة البيانات وعمل Filtering باستخدام هذا البرنامج المتخصص.

النتائج والمناقشة:

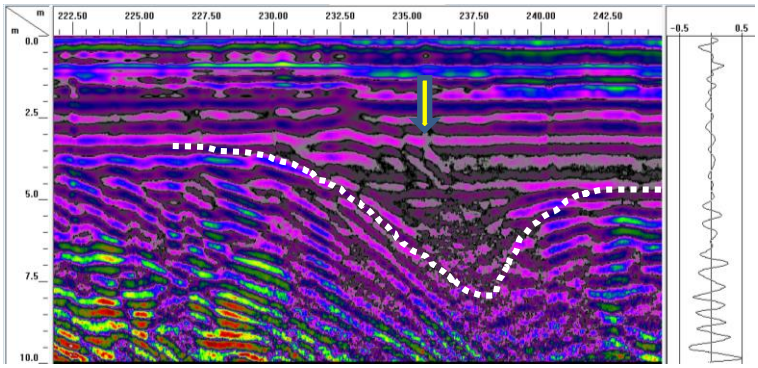
تم فحص القطاعات الجيورادارية لاكتشاف الظواهر والبصمات الرادارية التي تدل على وجود أثر للخندق على امتداد تلك القطاعات، وكانت النتائج كالتالي:

- القطاع الجيوراداري P8: والذي تم قياسه بشارع عثمان بن عفان، لوحظ وجود بصمة رادارية في بداية القطاع من مسافة أفقية ٢٠ مترا حتى ٣٠ مترا وبعمق يتراوح من ٣ مترا – ٨ مترا ، كما هو موضح بالشكل رقم (٦).



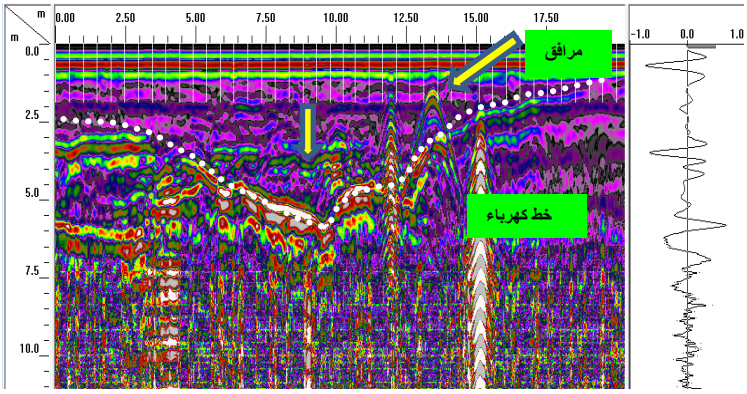
شكل (٦): جزء من القطاع الراداري رقم P8

- القطاع الجيورادار‌ي P2 : أظهر فحص هذا القطاع الذي تم قياسه بشارع أبو بكر الصديق، وجود بصمة رادارية في نهاية القطاع عند مسافة افقية ٢٣١ مترا حتى ٢٣٩ مترا وبعمق يتراوح من ٣ مترا – ٨ مترا ، كما هو موضح بالشكل رقم (٧).



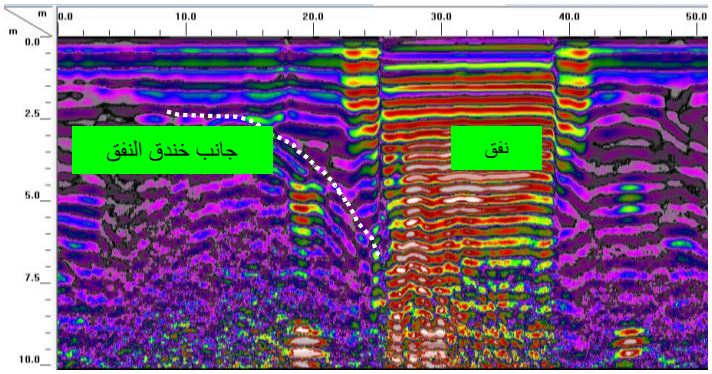
شكل (٧): جزء من القطاع الراداري رقم P2

- القطاع الجيورادار‌ي P5: أظهر فحص هذا القطاع الي تم قياسه بشارع خالد بن الوليد، وجود بصمة رادارية في بداية القطاع عند مسافة أفقية ٥ مترا حتى ١٥ مترا وبعمق يتراوح من ٢ مترا – ٦ مترا ، كما هو موضح بالشكل رقم (٨).

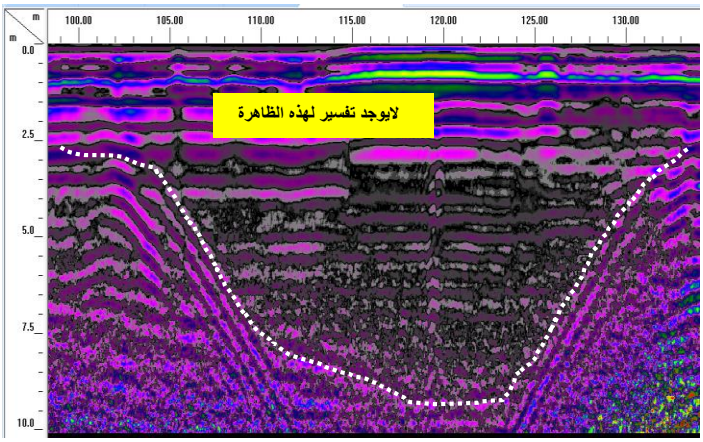


شكل (٨): جزء من القطاع الراداري رقم P5

- القطاع الجيورادار‌ي P10: أظهر فحص هذا القطاع الي تم قياسه بشارع الملك فهد، وجود بصمة رادارية في بداية القطاع عند مسافة أفقية ٢٥ مترا حتى ٣٨ مترا وبعمق يتراوح من ١ مترا – ٧ مترا ، وهذه الظاهرة ناتجة عن نفق للسيارات أسفل يمر الشارع كما هو موضح بالشكل رقم (٩)، كما أظهر وجود بصمة رادارية في المسافة الأفقية من ١٠٥ مترا حتى ١٣٠ مترا باتساع ٢٥ مترا وعمق يتراوح بين ٢,٥ مترا حتى ٨ مترا وهي التي صعب تفسيرها على أنها جزء من الخندق شكل (١٠).

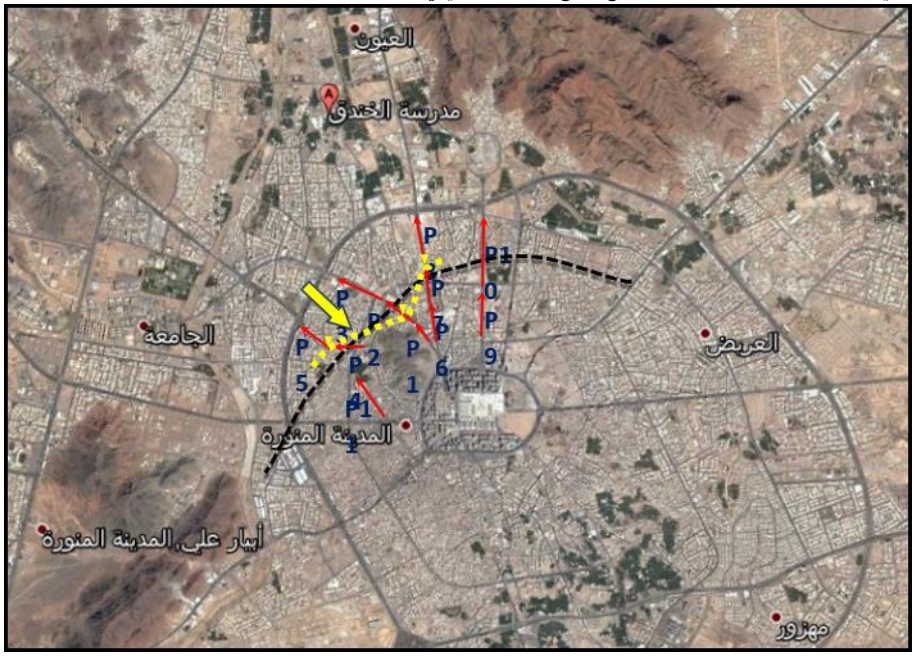


شكل (٩): جزء من القطاع الراداري رقم P10



شكل (١٠): جزء من القطاع الراداري رقم P10

- بعد فحص جميع القطاعات الرادارية تم تحديد النقاط التي ظهر فيها بصمات رادارية تعود إلى وجود خندق أرضي وتم توصيل هذه النقاط سويا لتظهر خطا متماشيا إلى حد ما مع موقع الخندق التاريخي كما بالشكل (١١).



شكل (١١): موقع الخندق كما استنتج من القطاعات الرادارية

الخلاصة:

لما كان للخندق بالمدينة المنورة أثر عظيم في نفوس المسلمين فقد تمت الدراسة في محاولة لتتبع أثر الخندق بالطرق العلمية الحديثة، استخدم الباحثون طريقة الرادار الأرضي والتي تستخدم للكشف عما هو تحت سطح الأرض ومنها الآثار والمرافق والأنفاق. تم عمل دراسة عامة في بعض الشوارع الرئيسية العمودية على الموقع التاريخي للخندق، وقد أظهر فحص القطاعات الرادارية وجود بعض الظواهر والبصمات التي تعزي إلى وجود أثر الخندق بتلك المناطق.

تم تجميع النتائج الايجابية لتعطي موقعا متطابق إلى حد كبير مع موقع الخندق المقترح تاريخيا، ويوصي الباحثون بعمل دراسة أكثر تفصيلا لمنطقة الدراسة بهدف التحديد الكلي والدقيق لموقع الخندق، واستغلاله كأثر ديني وسياحي.

مراجع البحث:

- Atya M. A., Abbas M. A., Shaaban F. A., El- Said A. Al- Sayed, El Kotb A. El-Imam, M. A. Hafez (2006): Integrated GPR and Magnetic Studies at Roman Tombs North of Al Nadura Temple, Al-Kharga City, New Valley, Egypt, Journal of Geophysics, NRIAG, Egypt. P. 33-44.

- Atya M. A., Abbas M. A., Shaaban F. A., Odah H., Abdallatif T. F., Kamei H., Abdalla M. A., El-Hemaly I., El- Kenawy A. A. (2006): Geophysical Mapping of the Remains of Chephern Pyramidal Complex, Giza Necropolis, Egypt. Journal of Geophysics, NRIAG, Egypt. P. 113-132.

- Fathy A. Shaaban, Magdy A. Atya, Abbas A. Abbas, Mahfouz A. Hafez (2008): Ground-Penetrating Radad Exploration for Ancient Monuments at the Valley of Mummies – Kilo 6, Bahariya Oasis, Egypt. Accepted and Published online at the Journal of Applied Geophysics, Link: www.elsevier.com/locate/jappgeo

- Hatem Odah, Ahmed Ismail, Ibrahim Elhemaly, Neil Anderson, Abbas M. Abbas and Fathy Shaaban (2011): Archaeological exploration using magnetic and GPR methods at the first court of Hatshepsut Temple in Luxor, Egypt. in press Arabian Journal of geosciences.

- Abbas Mohamed Abbas, Magdy A. Atya, Ahmed E. El Emam, Fathy A. Shaaban , Hatem H. Odah and Ahmed M. Lethy (2011): Integrated Geophysical Studies to Image The Remains of Amenemeht II Pyramid's Complex in Dahshour Necropolis, Giza, Egypt. Journal of Petroleum and Mining Engineering, Suez Canal .In press

- Abbas M. Abbas, Hani Salah, Usama Masoud, Ahmed M. Lethy, Fathy A. Shaaban and Ahmed E. El Emam (2012): The Implementation of Multi-Task Geophysical Survey to Locate Cleopatra Tomb at Tap-Osiris Magna, Borg El-Arab, Alexandria, Egypt. "Phase I". Journal of Petroleum and Mining Engineering, Suez Canal .In press

- Abbas Mohamed Abbas, Fathy A. Shaaban, El-said A. El-Sayed and Tarek Abdel-Hafez (2012): Uncovering The Pyramids Plateau-Giza Plateau In A Search For Archaeological- Relics By Utilizing Ground Penetrating Radar. Journal of American Science 2012; 8(2):168 -174].(ISSN: 1545-1003). http://www.americanscience.org.26