الجيوفيزياء الأثرية: تقنياتها، استخداماتها وآفاقها.

Archaeological geophysics: their techniques, uses and prospects

توامة نعناعة.

ـ المركز الجامعي الشريف بوشوشة؛ بآفلو-الأغواط؛ (الجزائر).

البريد الإلكتروني: *T.naanaa@cu-aflou.edu.dz*

تاريخ الإرسال: 2022/12/29؛ تاريخ القبول:2023/05/01؛ تاريخ النشر:2023/06/09.

الملخص:

يتطرق هذا البحث إلى استخدامات تقنيات الجيوفيزياء الحديثة في الأبحاث الأثرية، فبعد استعراض المفاهيم العامة المتعلقة بعلم الأثار والجيوفيزياء، تم شرح وتبسيط جملة من أهم التقنيات الجيوفيزيائية ومبادئ عملها، ومن ثم ربط الاحتمالات الممكنة للنتائج وما تحدده من قياسات فيزيائية للموقع مع التفسيرات والاستنتاجات الأثرية، وهو ما كشف عن فاعلية كبيرة لأهم التقنيات الجيوفيزيائية المستخدمة في علم الأثار الحديث وعلى رأسها المسح الكهربائي، المغناطيسي، الراداري والصوتي، حيث أن القدر الكبير من المعلومات الدقيقة، المتكاملة والشاملة المتحصل عليها يتم جمعها بأقل جهد ووقت ممكنين، كما أن مساهمة هذه التقنيات لا تتعلق فقط بالمخلفات المادية للإنسان بل إنها كفيلة باستيضاح تام للجانب البيئي، بالإضافة لكونها تعزز بشكل حاسم المعلومات المتحصل عليها بالطرق التقليدية، وتدعم

تقنيات ووسائل التسجيل والتوثيق، حتى أنه يمكن لكل تلك المعطيات وما يرافقها من المعطيات الستراتيغرافية والبيبليوغرافية أن تمنحنا حدا أقصى من المعلومات حول الظواهر الاثرية والبيئية بشكل قد يغنينا عن الحفرية الأثرية.

الكلمات المفتاحية: الجيوفيزياء؛ المسح الأثري؛ تفسير؛ النشاط البشري؛ تقنيات.

Abstract:

This paper addresses the uses of geophysical techniques in archaeological research, Having reviewed the general concepts of archaeology and geophysics, The most important geophysical techniques and working principles have been explained and simplified, Thus linking the possible possibilities of the results and their physical measurements of the site with archaeological interpretations and conclusions, This revealed great effectiveness of the most important geophysical techniques used in modern archaeology, mainly electrical, magnetic, radar and acoustic scanning, As much accurate, integrated and comprehensive information obtained is collected with minimal effort and time, The contribution of these technologies is not only related to human material residues but also ensures full clarification of the environmental aspect. In addition, it critically promotes information obtained through traditional methods and supports registration and documentation techniques. So that all these data and the associated stratigraphic and bibliographic data can give us a maximum amount of information about archaeological and environmental phenomena. All these data and the associated strategic and bibliographic data can even give us a maximum amount of information about archaeological and environmental phenomena in such a way that we may abandon the archaeological Excavations.

Keywords: Geophysics; Archaeological Survey; Explanation; Human Activity; Techniques.

مقدمة:

يلجأ علم الأثار في إطار مجالات نشاطه المتعلقة أساسا بالإنسان ومخلفاته المادية وكذلك بيئته خلال فترة ومكان معينين إلى الاستعانة بمختلف العلوم والتقنيات دون استثناء تقريبا، وذلك بما يقتضيه مستوى واختصاص وهدف البحث أو العمل الأثري، وعليه لا غرابة أن نجد علاقة

علم الاثار ببعض العلوم تصل حد التداخل كما هو الحال بالنسبة للجيولوجيا والانثروبولوجيا وبعض اختصاصات علم الأثار مثلا، وكما هو الحال لموضوع بحثنا هذا الجيوفيزياء، والتي آلت بأن أصبحت أحد اختصاصات علم الأثار إضافة لما هو معروف بكونها اختصاصا جيولوجيا متعلقا بدرجة كبيرة بفرع البحث عن الموارد، وهذه إشارة واضحة للدور الكبير الذي أضحت تلعبه الجيوفيزياء في علم الأثار، وهو ما سنحاول تحديده وشرحه في هذا البحث انطلاقا من الإشكالية التالية: ما هي أهم استخدامات التقنيات الجيوفيزيائية في مجال البحوث الأثرية؟

يهدف بحثنا هذا إلى التعريف بأبرز التقنيات الجيوفيزيائية ذات الاستخدام الأكثر فعالية وتأثيرا في البحوث الأثرية لاسيما الاستكشافية منها، ودونما التفصيل في التجهيزات المختلفة التي تعرف تنوعا كبيرا وتطورا متواصلا نركز على مبدأ عمل التقنية والظاهرة الجيوفيزيائية التي ترصدها في التربة، والتي يمكن أن تتأثر بالنشاط البشري أو أن ترتبط بالعناصر المشكلة للبيئة كالمناخ والغطاء النباتي والموارد المختلفة، وعليه فإن أهمية هذا البحث تكمن فيما يمنحه من خبرات نظرية لتفسير الظواهر الجيوفيزيائية تفسيرا أثريا، وذلك من خلال ما يستعرضه من تصورات ومواقف تربط بين نتيجة الفحص الجيوفيزيائي وما يمكن أن يقابله من تفسيرات تتعلق بالنشاط البشري.

1- علم الأثار والعلوم المساعدة بين التعاون والتداخل:

قبل التطرق لعلاقة علم الأثار بمجموعة من العلوم المساعدة تجدر الإشارة أولا إلى ما آل إليه مفهوم علم الأثار الحديث ومناهجه وأهدافه، سيما ما تعلق بالمكانة البالغة الأهمية للمعطيات البيئية:

أ- مفهوم علم الأثار:

يشير مفهوم علم الأثار الحديث إلى الدراسة العلمية للمخلفات المادية للإنسان والتي تشمل عضوية الانسان في حد ذاته والبيئة التي عاش فيها هذا الانسان ووجدت فيها مخلفاته السابقة الذكر، حيث تتضمن الدراسة هنا مجموع ما نقوم به من عمليات مسح واكتشاف وتنقيب ووصف وتصنيف وتأريخ وتحليل للأشكال العامة والمضامين الزخرفية والمواد والتقنيات الصناعية والزخرفية وصولا إلى صيانة وترميم وحماية هذه الأثار، والتي يمكن أن تمتد إلى حفظها وتخزينها وعرضها وحتى استغلالها، تسمح هذه الدراسة بل تهدف إلى التعرف على مختلف جوانب النشاط البشري الفكرية والروحية والمادية، وإلى التعرف على حيثيات تفاعل هذا الانسان مع البيئة التي عاش فيها وتأثير هذه الأخيرة على نشاطه وإنتاجه.

وعليه يصبح من اليسير فهم وتوقع فروع واختصاصات علم الأثار، فمنها ما يتعلق بالاختصاصات الثقافية والكرونولوجية كعلم أثار ما قبل التاريخ أو الاثار الكلاسيكية أو الإسلامية وما ينضوي عليه كل منها من فروع أخرى، أو ما يتعلق بنوع من المنتوجات أو المواد كالفخار أو المسكوكات أو الخشب أو السفن، ومنها ما تعلق بطبيعة التدخل الأثري كالصيانة والترميم أو علم الأثار الوقائي أو الإنقاذي، وغيرها ما تعلق بتقنيات البحث كالجيوفيزيائي أو الفوتومتري أو الستراتيغرافي أو التجريبي...الخ.

من خلال المفهوم أعلاه يمكن استيضاح المكانة الهامة التي تحتلها المعطيات البيئية في علم الأثار الحديث، فجمع المعطيات البيئية وبالإضافة لما يمكن أن يعطيه من أفاق لتفسير السلوك الإنساني

كاستخدام مادة دون غيرها أو نظام تسقيف دون الآخر، هو أيضا جزء من البحث الأثري ومجالاته، ذلك لأن البيئة ببساطة تحتضن مشهد إعادة البناء الحضاري للموقع، فهي تؤطر وتكمل الصورة.

كما يتضح أيضا تعدد مستويات وطبائع البحث الأثري واختلاف أوجهها ومراحلها، فهو قد يكون وصفا بسيطا في مرحلة ما كما قد يكون بحثا معقدا يحتاج لمساعدة تقنيين أو علماء ومختصين في مجالات أخرى، وهو ما يفسر تعدد العلوم المساعدة لعلم الأثار والتي قد يتعذر حصرها لاتساعها.

ب- العلوم المساعدة لعلم الأثار:

سواء تعلق الأمر بالجانب التقني أو بالنظريات والتفسيرات فإن حضور العلوم المساعدة يكاد يكون حتميا، سواء عبر الأثريين الذين يطورون مهاراتهم المنهجية والتقنية في علم ما بما يتماشى وتخصصهم الأثري، أو باللجوء إلى علماء ومختصين في العلوم الأخرى من غير الأثريين.

كما هو معلوم فإن ارتباط البحث الأثري بـ**الخرائط** المختلفة وثيق جدا، فهي مصدر لجمع المعلومات حول البيئة وخصائص الموقع وما يحتاجه من تجهيزات في إطار برمجة بعثة ما، وعلى الخرائط الطبوغرافية يتم توقيع وتسجيل كل ظاهرة أثرية صغيرة أو كبيرة، وفي نفس الإطار يساهم علم **الجغرافيا** في رصد المعالم الطبيعية والبشرية والموارد، وزيادة على ذلك تقدم **الجيولوجيا** مساعدة هائلة في إعادة رسم العناصر البيئية السائدة في الموقع خلال فترة ما من مناخ وتضاريس ومسطحات مائية وموارد وغطاء نباتي وحيواني، إضافة لمساهمتها في عملية التأريخ والمسح، وهي المساهمة التي يأتي جزء كبير منها في علم

الجيوفيزياء كما سنفصل فيه لاحقا، وعلى هذا تتوطد علاقة الجيولوجيا ببعض فروع علم الاثار حد التداخل، وفي عمليات المسح فإن اللجوء لعلم **البيولوجيا** و**الكيمياء** يعد خيارا مثاليا عبر التحليل البيولوجي والكيميائي لعينات التربة، فالاستيطان البشري وما يرافقه من أنشطة يخلف شذوذا في الخصائص الكيميائية والبيولوجية للتربة، والعلمان حاضرات بفاعلية في الصيانة والترميم.

تعرف **الانثروبولوجيا** بكونها العلم الذي يهتم بالإنسان ومعرفته معرفتا كليتا وشاملتا (تيلوين، م، 2011: 19) كعضوية بيولوجية وبمختلف جوانب نشاطه وسلوكه وتفاعلاته، وتطور مختلف هذه الجوانب (بيرني، ج، 2010: 20)، وبالعودة إلى المفهوم السابق الذي قدمناه لعلم الاثار تتجلى بوضوح علاقة التداخل بين العلمين، فعلم الأثار هو فعليا دراسة أنثروبولوجية تعنى أكثر بالجانب المادي للنشاط البشري لكنها تسعى في الوقت نفسه لكشف مختلف الجوانب الأخرى المتعلقة بنشاط وتفاعل الانسان مع بيئته، إضافة لذلك يمتلك علم الأثار المناهج والتقنيات اللازمة لاكتشاف المخلفات المادية للإنسان وتأريخها والتي تعبر من منظور انثروبولوجي عن ثقافته (بيرني، ج، 2010: 57،58)، وتتعدد الأمثلة بما يصعب معها الحصر.

قد يتضمن **التاريخ** إشارات مباشرة أو غير مباشرة لمواقع أو معالم في مصادره فيكون بذلك منطلقا لعمليات استكشاف أثرية، فيما تشكل **الهندسة المعمارية** جزء من البحث الأثري الميداني من خلال رسم المخططات في إطار عملية التسجيل والتوثيق أو خلال عملية الترميم، ويعد التصوير بأنواعه المختلفة تقنية فعالة يستخدمها الأثريون في مجال

المسح الأثري والتسجيل والتوثيق كما هو الحال بالنسبة للتصوير الجوي خاصة.

كانت تلك نماذج لأهم العلوم المساعدة لعلم الأثار، وبين ما سبق تحتل الجيوفيزياء مكانة رائدة وهو ما سنكتشفه فيما يلي:

2- الجيوفيزياء وعلاقتها بعلم الأثار:

يمكن تعريف الجيوفيزياء ببساطة على أنها العلم الذي يدرس طبقات الأرض أي التربة والصخور اعتمادا على رصد خصائصها الفيزيائية، أي اعتمادا على فحص وقياس مجموعة من المظاهر والخصائص الفيزيائية ومنها: الكثافة، الحرارة، الاشعاعات المختلفة، الكهربائية والمغناطيسية ...الخ، هذه القياسات يمكن ترجمتها وقراءتها بصورة مباشرة وغير مباشرة بما يشير إلى تركيبة التربة والصخور وطبيعتها من حيث الكثافة أو الغنى بالأملاح المعدنية والرطوبة وما إلى ذلك. والجيوفيزياء فرع من فروع الجيولوجيا الذي يعنى بتطبيق مجموعة من التقنيات لرصد الخصائص الفيزيائية للطبقة الجيولوجية السابقة الذكر (Kamil Erkan, 2008: 01) بغرض التعرف على تركيبتها وتاريخها، وهذه التقنيات تستخدم على نطاق واسع في إطار البحث عن الثروات الطبيعية والموارد المعدنية والبترولية (Aydın Büyüksaraç, 2021: 678) والمائية حتى أنه كثيرا ما يصطلح على هذا الفرع باسم علم الموارد.

أما عن مكمن العلاقة بين هكذا تقنيات مع علم الآثار والتي تجعلنا نتساءل عن علاقة التركيبة الفيزيائية للتربة بالنشاط البشري، فهي مع مراعات التبسيط تكمن فيما يحدثه الاستيطان البشري وما يمكن أن يرافقه من أنشطة من تغيير في فيزيائية تربة الموقع، فحتى وإن

افترضنا حدا أدنى من النشاط البشري سوف يكون للاستبطان البشري تأثيرا على تركيبة التربة بما سينعكس على جيوفيزيائيتها، إذ أن تحلل الفضلات الناتجة عن الطعام أو تحلل بقايا الحيوانات أو حتى جثث البشر سيخلف زيادة في عدد من الاملاح المعدنية للموقع والتي بدورها ستنعكس على مقاومة التربة للتيار الكهربائي مثلا، ففي وجود حد أدنى من الرطوبة ستنخفض المقاومة، وفي حالات أخرى تخلف عمليات الحرق في المواقد أو الخاصة بصناعة الفخار تأثيرا على مغناطيسية الأماكن والمواد المعرضة للحرق، وتتعدد الأمثلة وترجمتها في هذا السياق كما سيأتي على تفصيله لاحقا.

3- أهم التقنيات الجيوفيزيائية المستخدمة في علم الأثار:

كما سبق وأشرنا فإن تطبيقات الجيوفيزياء تستخدم على نطاق واسع في مجال علم الاثار وخاصة المسح الأثري، حيث نسعى من خلالها لرصد الشذوذ الفيزيائي للتربة الناجم عن النشاط البشري، ويعود استخدام هذه التقنية التي ظهرت مع مطلع القرن العشرين في مجال المسح الأثري إلى سنوات الأربعينيات، غير أن استخداماتها في بادئ الأمر كان استخداما تكميليا لا رئيسيا يهدف غالبا لتعزيز عمليات المسح المجرات بالطرق التقليدية، وبالنظر للنتائج التي حققتها وبحلول الستينات سرعان ما احتلت مكانة رئيسية لا تزال تتعزز في مجال المسح الاثري خاصة (Kevin Greene, 2003: 46)، وذلك بالتوازي والتطور في الأجهزة المستخدمة. وتتعدد وتتنوع هذه التقنيات كما تتعدد وتختلف المعايير الفيزيائية التي ترصدها وبالتالي الأجهزة والوسائل المستخدمة فيها والعمق الذي يمكن أن تصله وخاصة تفسيراتها الجيولوجية والاثرية،

ويمكن أن نبسط أهم التقنيات الجيوفيزيائية المستخدمة في علم الأثار لا سيما في مجال المسح فيما يلي:

أ-مقاومة التيار الكهربائي:

وهي أولى التقنيات الجيوفيزيائية المستخدمة في علم الآثار منذ أربعينات القرن العشرين وإلى وقتنا الحالي لا تزال تعطي نتائج ناجحة ودقيقة، يمكن الكشف من خلالها عن الأثار المبنية أو المنقولة ومناطق تركيز الاملاح المعدنية وتركيز الرطوبة التي يمكن أن ترتبط بالنشاط البشري (Peter Milo, Michal Vágner, others, 2022: 3,4).

ويقوم مبدأ عمل هذه التقنية على استخدام أجهزة خاصة نرسل من خلالها تيارا كهربائيا عبر أقطاب (Kevin Greene, 2003: 47) من النقطة "أ" ونسجل في نقطة "ب" شدة التيار الكهربائي الواصل، وتكرر العملية على أعماق ونقاط أفقية بأبعاد متساوية في كل الموقع المراد مسحه، وتسجل القياسات بدقة لنحصل في النهاية على خريطة كهربائية ثنائية الأبعاد للموقع تظهر فيها أفقيا وعموديا نقاط ومناطق الشذوذ الكهربائي، حيث تكون المقاومة أعلى أو أقل من المعدل.

كما هو معروف فإن مقاومة التيار الكهربائي تختلف من مادة لأخرى فهي مرتفعة جدا في الخشب الجاف والماء المقطر والصخور الغير رسوبية (Kamil Erkan, 2008: 4)، ومنخفضة جدا لدى المعادن والمياه الغنية بالأملاح المعدنية مثلا، من جهة أخرى وكما سبقت الإشارة فإن الاستيطان والنشاط البشري يؤدي لزيادة في الاملاح المعدنية الناتجة عن تحلل الطعام الفضلات والجثث وفي وجود الرطوبة الكافية يؤدي هذا إلى انخفاض في مقاومة التربة في الأمكنة التي تركزت فيها الفضلات أو تركت فيها الجثث، والأنشطة البشرية التي يمكن أن تتسبب في

شذوذ كهربائي (زيادة أو انخفاض في شدة مقاومة التيار الكهربائي) مختلفة ومتعددة، قد يحفر الانسان خندقا أو قبرا يردم لاحقا بالحصى أو قد يبني سورا أو طريقا بالحجارة وكلها حالات نسجل فيها ارتفاع للمقاومة الكهربائية.

ب-المجال المغناطيسي:

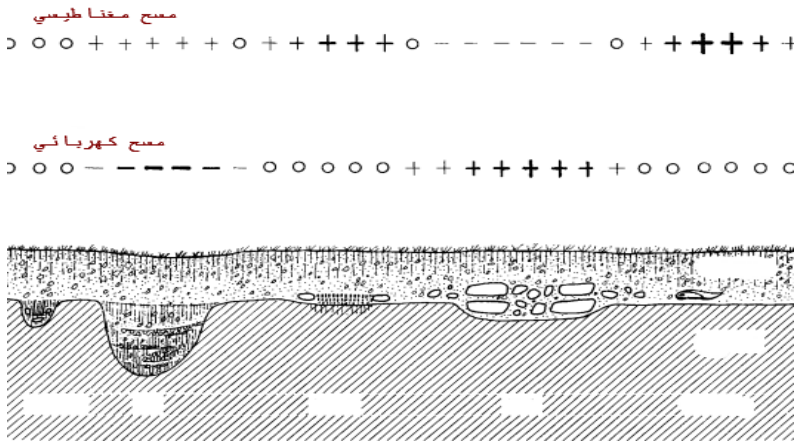
تمتلك الأرض مجالا مغناطيسا ناشئا عن صهارة المعادن في لبها والذي يتركز في القطبين الشمالي والجنوبي ويتناقص لأدناه عند خط الاستواء، يبدوا هذا المجال من الجنوب إلى الشمال مطابقا للشمال الجغرافي مع وجود انحراف بزاوية 11° (Kamil Erkan, 2008: 3)، وعليه فإنه ومن الناحية النظرية وفي حالة تجانس التربة في منطقة وطبقة ما سنسجل مجالا مغناطيسيا متجانسا، غير أن بعض الاجسام تمتلك شذوذا أو انحرافا في مجالها المغناطيسي لا سيما المعادن والصخور البركانية حسب نسبة المعادن التي تدخل تركيبها، والاجسام المتعرضة لدرجات عالية من الحرارة تفوق 500° مئوية كالخزف، ويكون هذا الانحراف مؤقتا فبمرور الزمن يستمر المجال المغناطيسي في التحول نحو ما كان عليه قبل الانحراف، وعليه وكما تسمح هذه الطريقة بالكشف عن الاجسام التي تنطبق عليها المواصفات سابقة الذكر يمكن أن تستخدم أيضا في التأريخ والتصنيف.

للحصول على خارطة مغناطيسية أو تأريخ موقع نقوم برصد الشذوذ والاختلالات في المجال المغناطيسي التي قد تسببها عوامل طبيعية مختلفة أو عوامل بشرية (أفران ومواقد ومحارق أو فخار أو صناعات معدنية...الخ) وباستخدام جهاز المجنيتومتر *Magnetometer* (Peter Milo, Michal Vágner, others, 2022: 6) وذلك بعد تقسم الموقع إلى

شبكة من المربعات والقيام بالفحص على مسافات متساوية توقع القياسات على خرائط طبوغرافية لنحصل في النهاية على خريطة مغناطيسية للموقع تظهر فيها مناطق الاختلالات إن وجدت بما يساهم في تفسيرها بدقة وترجيح ما إذا كانت نتاج لنشاط بشري أو طبيعي، يمكن لهذه التقنية أن تعطي نتائج دقيقة في الكشف عن أعمال البناء عبر رصد تواجد سمات مغناطيسية متشابهة في مناطق بناء الجدران والاسوار مثلا والتي استخدمت فيها حجارة فقيرة من المعادن فيؤدي ذلك لاختلالها المغناطيسي مقارنة لما هو سائد في التربة، كما تؤدي أعمال الحفر للخنادق لهذه الاشرات، وتسمح المعلومات المسجلة والموقعة على الخرائط بالحصول على أشكال يسهل التعرف عليها (خندق، غرفة، طريق...الخ) (Kevin Greene, 2003: 46).

ونشير في الأخير إلى حساسية هذه التقنية وسهولة التشويش عليها من قبل المواد الممغنطة لاسيما المعادن، لذلك يجب أن تتم بمعزل عن المناطق الحضرية حيث توجد المشوشات بكثافة عالية.

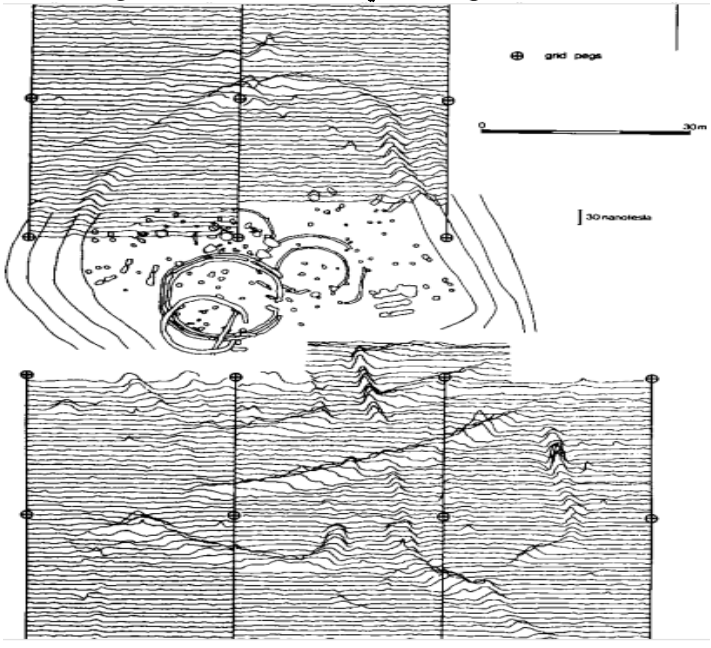
شكل 1: تصور يوضح مؤشرات عامة لمسح مغناطيسي وكهربائي



المصدر: Kevin Greene, 2003: 47

في الشكل أعلاه تصور لنتائج عامة لمسح موقع متخيل، تشير العلامة (+) إلى تسجيل استجابة مغناطيسية أو شذوذ مغناطيسي كبير والتي تتطابق مع وجود موقد وفأس حديدية، وتشير نفس العلامة إلى وجود مقاومة كهربائية عالية تتطابق مع الجدار أو السور الحجري، بينما تشير العلامة (-) إلى انخفاض في المجال المغناطيسي الذي يتطابق مع الجدار الحجري، أو انخفاض في المقاومة الكهربائية الذي يتطابق مع الحفرة المطمورة بالتربة والتي يبدوا أنها عضوية وغنية بالأملاح المعدنية والرطوبة، أما بالنسبة للعلامة (0) فهي تشير إلى تسجيلات عادية تتوافق والمعدل العام للموقع بمعنى بدون اختلالات بالنظر لتجانس التربة وغياب المؤثرات الطبيعية أو الناجمة عن النشاط البشري (Kevin Greene, 2003: 47).

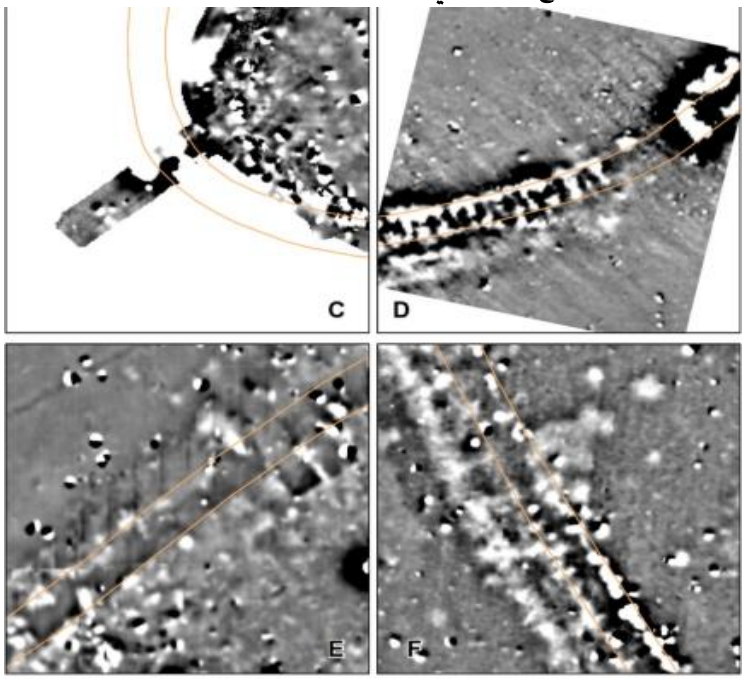
شكل 2: مسح مغناطيسي يظهر امتداد الأثار في الموقع.



المصدر: Kevin Greene, 2003: 49

الشكل (2) لنتائج المسح المغناطيسي التي أظهرت امتدادات الخنادق والعناصر المعمارية المكتشفة في الموقع.

شكل 3: مسح المغناطيسي يكشف عن وجود تحصينات عسكرية.



المصدر: Peter Milo, Michal Vágner, others, 2022: 12

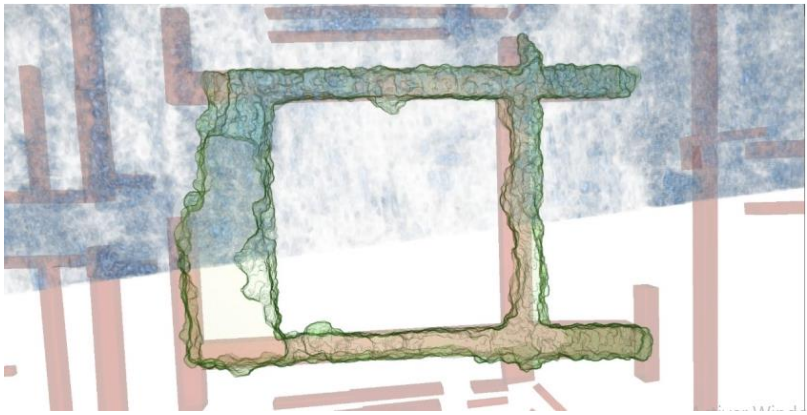
بالنظر لتركيبتها لا سيما محتواها من المعادن تظهر الصخور شذوذا مغناطيسيا، فيما تحسم الصورة الكاملة والتي تظهر وجود الصخور مرصوصة بشكل معين علاقتها بالنشاط البشري، ويزيد من احتمالية صحة التفسير بكونها تحصينات عسكرية.

ج- المسح الراداري والصوتي:

موجات الرادار المخترقة للأرض *GPR* هي أحد التقنيات التي تحقق نتائج واعدة في مجال المسح الأثري، والقائمة على إرسال موجات كهرومغناطيسية بترددات عالية في اتجاهات مختلفة وتسجيل ارتدادات

هذه الموجات (Peter Milo, Michal Vágner, others, 2022: 5) وشدتها وزمنها، والتي تعبر عن كثافة المحيط والاجسام التي ارتطمت بها وكذلك عن عمقها، تعزز هذه التقنية من حجم المساحات الممسوحة ومن دقة نتائج المسح الأخرى، خاصة عندما نحصل على صورة المسح الراداري الشاملة للموقع حيث تظهر فيها امتدادات الأجسام الأكثر أو الأقل كثافة بصورتها الشاملة والموحية مما يسهل تفسيرها والتنبؤ بطبيعتها (Kevin Greene, 2003: 50) والتأكد من كونها نتاج نشاط بشري.

شكل 4: مسح راداري.

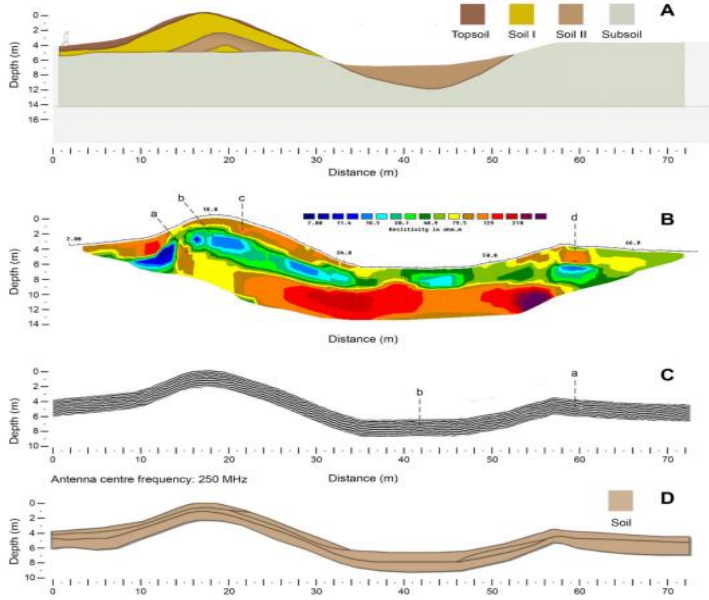


المصدر: Trinks. I, Hinterleitner. A, And others, 2020: 3

في الشكل أعلاه نرى كيف أنه واعتمادا على الصورة الكاملة للرادار أمكن اكتشاف وتحديد وحدات معمارية مدفونة.

إضافة للتقنيات السابقة الذكر المستخدمة على نطاق واسع هناك تقنيات جيوفيزيائية أخرى أثبتت فاعليتها في مجال البحث الاثري سيما ما تعلق باكتشاف المواقع الاثرية والأثار، ومن بينها المسح الصوتي والتي تعتمد على أجهزة السونار *SONARS* في رصد الشذوذ في كثافة الاجسام وعمقها، من خلال ارسال الموجات الصوتية بأجهزة خاصة

وتسجيل شدة الصدى وزمن الارتداد والمتعلقان بكثافة الجسم الذي ارتطمت به الموجة، فتكون شدة الصدى أقوى كلما زادت كثافة الجسم، ويكون زمن الارتداد أقصر كلما كان الجسم أقرب للسطح على سبيل المثال والتبسيط، وعليه تسمح برسم خريطة شاملة تتدرج فيها كثافة الألوان بما يعكس كثافة المحيط أو الاجسام، وتستخدم هذه التقنية خاصة في الأوساط البحرية (Roberto E. G. D and William L. B and others , 201 : 271) سيما في الصيد البحري وفي الأنشطة العسكرية البحرية، وهو ما سمح بتطوير أجهزتها التي أضحت تمتلك قدرات مسح هائلة في وقت وجيز كونها قادرة على ارسال عدد ضخم من الموجات الصوتية في وقت واحد، ويمكن للصور والخرائط الشاملة الناتجة عن هذه التقنية أن تحسم بنسبة كبيرة تفسير الظواهر الناتجة عن النشاط البشري. **شكل 5: المسح الجيوفيزيائي بتقنياته المختلفة.**



المصدر: **Peter Milo, Michal Vágner, others, 2022: 10**

يوضح الشكل السابق نتائج مسح أثري قصد البحث عن تحصينات عسكرية مدفونة، يظهر المستوى (A) خريطة المسح العادي، في حين يظهر المستوى (B) خارطة المسح بقياس شدة مقاومة التيار الكهربائي والتي تكون عالية في المناطق الصخرية، ويوضح المستوى (C) نتائج أولية للمسح الرادراي والتي تم ترجمتها وتبسيطها في المستوى (D) لتصبح ذات دلالة أثرية وستراتيغرافية.

خاتمة:

كانت تلك مجموعة من أهم تقنيات الجيوفيزياء الأثرية التي فتحت بما تضمه من مناهج دقيقة ووسائل حديثة وتكنلوجيا متقدمة آفاقا واسعة أمام علم الأثار، لا سيما فيما يتعلق بعمليات المسح الأثري واكتشاف المواقع الاثرية ورصد امتدادها وطبيعتها وتحديد أماكن وجو الأثار بدقة، ومن أشكال التطبيقات الفعالة للجيوفيزياء الأثرية:

تغطية مساحة كبيرة في فترة وجيزة، وتحديد أكثر دقة للمناطق الاثرية وامتدادها وأماكن تواجد أو تركز الأثار المدفونة بشكل أكبر، وبالتالي توجيه أكثر للمناطق الجدير بانطلاق المسح أو التنقيب.

يمكن للتقنيات الجيوفيزيائية أن تستخدم في إطار تعزيز نتائج عمليات المسح الأخرى التقليدية أو الحديثة على غرار المسح بالتصوير الجوي، من خلال ما تضيفه من معلومات دقيقة وخرائط شاملة، وتزيد بذلك من صحة التفسيرات والتوقعات الأثرية.

تساهم الجيوفيزياء بفعالية كبيرة في جمع وتحليل وتفسير المعطيات البيئية للمواقع المختلفة مهما كان تصنيفها الثقافي أو الكرونولوجي، وهي مساهمة بالغة الأهمية خاصة في ظل ما شددنا عليه من أهمية للبيئة في علم الآثار الحديث.

يمكن أن تكون المعطيات الجيوفيزيائية سجلا أثريا ومعلوماتيا ثريا ودقيقا تتم بواسطته عملية التسجيل والتوثيق البالغة الأهمية في علم الأثار، حيث يمكن جمع كم هائل من المعطيات عن الموقع والتواريخ وكل المعلومات المتعلقة بظروف الاكتشاف.

في ظل التطور التكنلوجي الحديث أضحت التقنيات الجيوفيزيائية تنفذ ببرامج وأجهزة ذكية تمنح قدرا هائلا من المعلومات العالية الدقة والمعالجة والمحللة بشكل مباشر، والأهم من ذلك أنها تظهر لنا خرائط سهلة القراءة والتفسير مما يزيد من فاعلية التخمين والتوقع الأثري.

تمنح الفيزياء الأثرية فرصا كبيرة لنجاح عمليات المسح واكتشاف الأثار وهي عملية حيوية للقيام بحماية التراث وتثمينه، كما تمنح فرصا لتعزيز الخارطة الأثرية والموروث الثقافي.

في ظل وجود مشاكل تقنية، مادية أو بشرية وفي ظل الاعتراف بكون أن عملية الحفرية الاثرية مهما كانت علمية وممنهجة فإنها تعد من منظور علم الأثار عملا تخريبيا، إضافة لما تتطلبه الأخيرة من إمكانات مادية وبشرية ضخمة، تحول دون اجرائها وفي ظل ما تتطلبه من فترات زمنية طويلة وأعباء أمنية فإن الجيوفيزياء يمكن أن ترتقي بعملية المسح إلى أسمى أهدافها ألا وهي الاستغناء عن الحفرية.

في الأخير يمكن الجزم بأن اللجوء إلى التقنيات الجيوفيزيائية يعد أكثر من ضروري، غير أن المشاكل المالية وما تكلفه هذه التكنولوجيات وبعض العراقيل البيروقراطية يحول دون أن تطبق هذه التكنلوجيا في كثير من الدول ومنها الجزائر.

قائمة المصادر والمراجع:

1- تيلوين مصطفى، (2011). **مدخل عام إلى الأنثروبولوجيا**، ط1، بيروت: دار الفارابي.

2- بيرني. ج، (2010). **دراسة الانثروبولوجيا، المفهوم والتاريخ**، تر: كاظم سعد الدين، بغداد: بيت الحكمة.

3-Aydın Büyüksaraç, (2021). "*The Place of Geophysical Studies in Archaeological and Anthropological Research*". ***Journal of Anthropological and Archaeological sciences***, Vol 5 (5), PP 678_680, Lupine publishers.

4-Kamil Erkan, (2008). ***A Comparative Overview of Geophysical Methods***. Ohio: The Ohio State University.

5-Kevin Greene, (2003). ***Archaeology an introduction***. 3ed Ed, London: Routledge.

6-Peter Milo, Michal Vágner and others, (2022). "*Application of Geophysical Methods in Archaeological Survey of Early Medieval Fortifications*". ***Remote Sens***. Vol 14 (10), pp 1-30, Basel: MDPI.

7-Roberto E. Galindo Domínguez, William L. Bandy, and others, (2013). "*Geophysical-Archaeological Survey in Lake Tequesquitengo, Morelos, Mexico*". ***Geofísica Internacional***, Vol 52 (3), pp 261-275, Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México.

8-Trinks. I, Hinterleitner. A, and others, (2020), "*Towards an automated analysis of geophysical archaeological prospection data*". ***Proceedings of the 25th Conference on Cultural Heritage and New Technologies***, Vienna.