مجلة جامعة دمشق للآداب والعلوم الإنسانية

اسم المقال: الاستشعار عن بعد وأهميته في الكشف عن الآثار
اسم الكاتب: د. زياد سلهب
رابط ثابت: https://political-encyclopedia.org/index.php/library/2796
تاريخ الاسترداد: 2026/05/12 23:53 +03

الموسوعة السياسيّة هي مبادرة أكاديمية غير هادفة للربح، تساعد الباحثين والطلاب على الوصول واستخدام وبناء مجموعات أوسع من المحتوى العلمي العربي في مجال علم السياسة واستخدامها في الأرشيف الرقمي الموثوق به لإغناء المحتوى العربي على الإنترنت.
لمزيد من المعلومات حول الموسوعة السياسيّة - Encyclopedia Political، يرجى التواصل على info@political-encyclopedia.org

استخدامكم لأرشيف مكتبة الموسوعة السياسيّة - Encyclopedia Political يعني موافقتك على شروط وأحكام الاستخدام المتاحة على الموقع https://political-encyclopedia.org/terms-of-use

تم الحصول على هذا المقال من موقع مجلة جامعة دمشق للآداب والعلوم الإنسانية ورفده في مكتبة الموسوعة السياسيّة مستوفياً شروط حقوق الملكية الفكريّة ومتطلبات رخصة المشاع الإبداعي التي ينضوي المقال تحتها.

الاستشعار عن بعد وأهميته في الكشف عن الآثار

د. زياد سلهب*

الملخص

يعدُّ الاستشعار عن بعد من العلوم الحديثة العهد نسبيًا، التي استطاعت خلال مدة قصيرة أن تؤدي دورًا مهمًا في مختلف المجالات الأخرى، من زراعة وجيولوجيا وغيرها من العلوم، فضلًا عن التطور الكبير الذي أحدثه هذا العلم في مجال البحث والتوثيق الأثري.

تناول هذا البحث في جزئه الأول، بشكل موجز، تعريف علم الاستشعار عن بعد وأهم المحطات التاريخية لنشأة هذا العلم، فضلًا عن تعريف بالمراحل الأساسية التي يعمل من خلالها هذا العلم، وأهم الأجهزة المستخدمة فيه، وأهم تطبيقات الاستشعار عن بعد في عدد من العلوم الأخرى.

أمَّا الجزء الثاني، فتناول علاقة هذا العلم وتطبيقاته في مجال علم الآثار، وأهم تقنيات الاستشعار عن بعد المستخدمة في البحث الأثري.

وفي النهاية تناول هذا البحث تطبيقات الاستشعار عن بعد في مجال نظم المعلومات الجغرافية الأثرية، ودوره في أعمال حماية وصيانة المواقع الأثرية.

* جامعة دمشق، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، قسم الآثار.

Remote Sensing Of Archaeology

Dr. Ziyad Salhab[**]

Abstract

Remote sensing is one of the modern sciences, which managed in a short period to play an important role in various areas, such as agriculture and geology, and other sciences; it has also played an important role due to the development it brought to the field of archaeological research and documentation.

This search deals with in its first part with the definition of remote sensing and the most important historical defining moments of the origin of this science. It also introduces the main stages of the development and methodology of this science, and its main available tools and devices. The research analyzes also the most important remote sensing application in some other sciences.

The second part deals with the connection of remote sensing and its application in the field of archaeology, along with the most important techniques used in the archaeological search.

Finally, this search deals with the remote sensing application in the field of the archaeological GIS, and its role in the protection and maintenance of archaeological sites.

[**] Department of Archeology, Faculty of Arts and Humanities, Damascus University

المقدمة:

يعدُّ الاستشعار عن بعد من العلوم الحديثة العهد نسبيًا، التي لم تحظ بالقدر الكافي من الاهتمام إلا مؤخرًا، إذْ بدأ الاستشعار عن بعد يثبت نفسه كعلم مساعد، للعديد من مجالات العلوم الأخرى وأصبح في يومنا هذا فرعًا مستقلًا من العلوم له باحثون ومختصون به.

وقد ارتبط تطور الاستشعار عن بعد ارتباطًا وثيقًا بالتقدم العلمي في مجالات الاتصالات وتقدم التقنيات التكنولوجية، إذْ إنَّ حجم أجهزة الاستشعار عن بعد في تناقص مستمر، وتناولنا في بحثنا هذا أهمية الاستشعار عن بعد كعلم مستقل، وحاولنا توضيح مبادئه والمراحل الرئيسية للعملية الاستشعارية، كما تطرّقنا بشكل موجز لأهم تطبيقات الاستشعار عن بعد وتطبيقاته في مجالات العلوم الأخرى ومنها علاقة الاستشعار عن بعد وتطبيقاته في مجال علم الآثار، والذي هو موضوع البحث، في محاولة لإيضاح أهمية هذا العلم في الكشف عن المواقع الأثرية وفي توفير كثير من الجهد والوقت والمال الذي تتطلبه عمليات التنقيب، فضلًا عن دور الاستشعار عن بعد في عمليات التوثيق والحفظ للمواقع الأثرية، في محاولة للوصول إلى إجابة عن السؤال المطروح هل كان دخول تقنيات الاستشعار عن بعد، في مجال علم الآثار، نقطة تحول مفصلية في تاريخ البحث والاستكشاف الأثري أم لا؟

1- الاستشعار عن بعد، وبداياته:

الاستشعار عن بعد هو علم دراسة الأهداف والظواهر على سطح الأرض دون الاحتكاك المباشر أو التماس الفيزيائي مع الأهداف المدروسة، ويتم هذا الأمر عن طريق استشعار، وتسجيل الأشعة الكهرومغناطيسية[1] المنعكسة أو الصادرة عن الأهداف المدروسة، ومن ثم معالجتها، وتحليلها بهدف الحصول على خصائص الأهداف المدروسة، ويكون ذلك باستخدام مجموعة الوسائل، من طائرات، أو أقمار صناعية، أو بالونات، وأجهزة التقاط البيانات ومحطات الاستقبال، ومجموعة من برامج معالجة البيانات المستقبلة التي تسمح بفهم المواد والظواهر عن طريق خواصها الطيفية.

ارتبط ظهور علم الاستشعار عن بعد باختراع آلة التصوير عام 1839، إذْ كان الفرنسي (نادار) أول من التقط صورة ضوئية لقرية petit bicetre من ارتفاع 80 مترًا، ثم أخذت صورة لمدينة بوسطن الأمريكية عام 1860 من منطاد ارتفاع 360 مترًا وبعدها أخذت صورة لأغراض الأحوال الجوية من طائرة ورقية عام 1882.

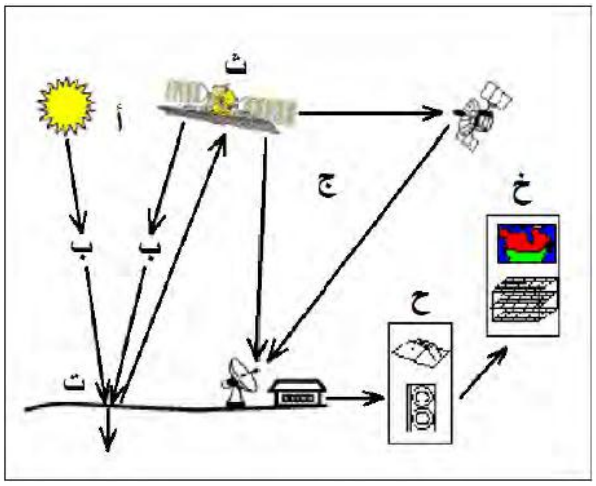
[1]- هي عبارة عن إشعاع يتألف من حركتين اهتزازيتين متوافقتين تتحركان في مستويين متعامدين، مصدر الحركة الأولى حقل كهربائي والأخرى مغناطيسي تشكلان معا حقلًا كهرومغناطيسيًا (اختصار ودمج لكلمتي كهربائي ومغناطيسي).

ثم جاء اختراع الأخوين (رايت) الطائرة عام 1903 الذي أسهم بدوره في تطوير طرائق التصوير، وفي عام 1915 صُنِّعَ جهاز تصوير خاص بالطائرات قام بتصميمه ضابط في سلاح الجو البريطاني لأغراض التجسس العسكري، حيث كان التصوير الجوي هو أول أشكال الاستشعار عن بعد. ومع بداية عصر الفضاء قامت الولايات المتحدة عام 1946 بإطلاق صاروخ لغرض الاستكشاف الفضائي على ارتفاع 120 كيلومترًا، وفي عام 1957 قام الاتحاد السوفييتي بإطلاق القمر الصناعي الأول، الأمر الذي ساعد بشكل كبير على تطور تقنيات الاستشعار عن بعد.

ومن الجدير بالذكر أن أول استخدام لمصطلح الاستشعار عن بعد كان في العام 1960م.[2]

2- المراحل الرئيسية للعملية الاستشعارية:

يعتمد الاستشعار عن بعد يعتمد اعتمادًا أساسيًا على التفاعل الحاصل بين الأشعة الساقطة (أشعة الشمس أو أية أشعة أخرى) والأهداف المدروسة، ومن ثَمَّ تبسيط العملية الاستشعارية كما في الشكل (1)



الشكل (1): مكونات عملية الاستشعار عن بعد[3]

[2]- محمد داود، جمعة: أسس وتطبيقات الاستشعار عن بعد، ط1، القاهرة، 2015.

[3]- وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي: الاستشعار عن بعد، دورة تدريبية، دمشق، 2010، ص: 2.

يقسم الاستشعار عن بعد إلى عدة مراحل أساسية هي:

أ- مصدر الأشعة أو الإضاءة:

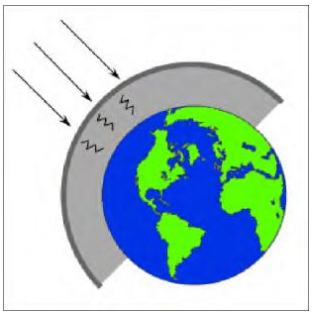
إن أول ما تتطلبه العملية الاستشعارية هو وجود مصدر إضاءة أو مصدر طاقة، وتعدُّ الشمس مصدر الطاقة في معظم أنواع الاستشعار عن بعد، وقد تستخدم مصادر أخرى؛ والهدف من مصدر الطاقة هو إمداد الهدف المدروس بالطاقة الكهرومغناطيسية.

ب- الأشعة والغلاف الجوي:

عند انتقال الأشعة من مصدرها إلى الهدف المدروس فإنها تحتك مباشرة بالغلاف الجوي وتدخل معه في تفاعل يؤدي إلى تغير في طبيعة الأشعة، وكذلك الأمر عند انعكاسها عن الهدف ومرورها بالغلاف الجوي مرة ثانية.

ويمكن أن يؤدي التفاعل الحاصل بين الأشعة المنعكسة والغلاف الجوي إلى تشوهها، وينقسم هذا التشوه إلى ما يعرف بالتشتت أو الامتصاص.

يحدث التشتت scattering عندما توجد جزيئات كبيرة من الغازات في الغلاف الجوي؛ ممَّا يجعل الإشعاع الكهرومغناطيسي ينحرف أو يتشتت عن مساره الأصلي، ويعتمد حجم هذا التشتت على عدة عوامل منها طول موجة الإشعاع، ووفرة جزيئات الغازات، والمسافة التي يقطعها الإشعاع، خلال الغلاف الجوي كما هو موضَّح في الشكل(2).



الشكل (2): الامتصاص في الغلاف الجوي[4]

أمَّا الامتصاص فيحدث بصورة مغايرة للتشتت، فالامتصاص يتسبب في أن تقوم جزيئات الغلاف الجوي بامتصاص الطاقة في أطوال الموجات المختلفة، ويعدُّ الأوزون وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء العوامل الثلاثة المسببة للامتصاص.[5]

[4]– محمد داود، جمعة: المرجع السابق، ص:8.

[5]– وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، الدورة التدريبية: الاستشعار عن بعد أسس ومبادئ، دمشق، 2010م.

ت- التفاعل مع الهدف:

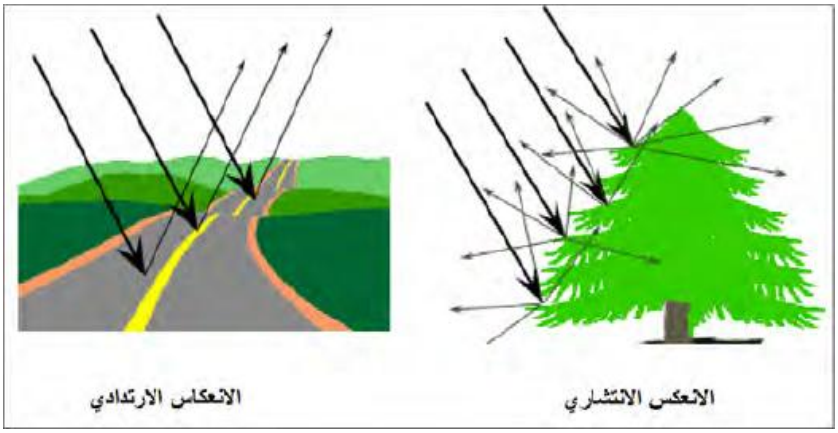
يمكن للإشعاع الذي لا يمتص أو يتناثر في الغلاف الجوي أن يصل ويتفاعل مع الأهداف الموجودة على سطح الأرض، وهناك ثلاث صور لتفاعل الإشعاع الساقط وهي: الامتصاص، والنفاذ، والانعكاس:

- الامتصاص: يحدث عندما يقوم الهدف بامتصاص الإشعاع الساقط.
- النفاذ: يحدث عندما يمرُّ الإشعاع من خلال الهدف.
- الانعكاس: يحدث عندما يعكس الهدف الإشعاع ويعيد توجيهه.

ويجري التفاعل مع الأهداف في واحدة أو أكثر من هذه الصور بناء على طول موجة الإشعاع وخصائص الأهداف ذاتها.

وفي الاستشعار عن بعد نهتم بقياس الإشعاع المنعكس عن الأهداف، والانعكاس بدوره على نوعين:

- انعكاس ارتدادي: عندما يكون الهدف أملسَ أو ناعمًا يحدث الانعكاس الارتدادي، أو ما يمكن تسميته الانعكاس شبه المرآة، حيث تنعكس كل الطاقة الساقطة أو معظمها بعيدا سطح الهدف في اتجاه واحد.
- انعكاس انتشاري: عندما يكون سطح الهدف خشنًا تنعكس الطاقة بانتظام تقريبًا في الاتجاهات جميعها[6]، انظر الشكل (3).



الشكل (3): أنواع الانعكاس[7]

[6]- داود، محمد جمعة: المرجع السابق.

[7]- محمد داود، جمعة: المرجع السابق، ص: 11.

ث- تسجيل الأشعة المنبعثة من قبل الحساسات:

حيث تُسْتَقْبَلُ الأشعة المنعكسة عن الهدف المدروس بواسطة حساس لجمع الأشعة الكهرومغناطيسية وتسجيلها (أجهزة الاستشعار عن بعد)، وهي عدة أنواع منها:

- آلات التصوير العادية.
- آلات التصوير متعددة الأطياف.
- اللاقط الطيفي للأشعة تحت الحمراء الحرارية.
- الرادار.
- اللاقط متعدد الأطياف.
- آلات تصوير أخرى مثل أجهزة الأشعة السينية، وأشعة غاما، وأشعة الليزر والمايكروويف.

ج- التحليل والتفسير:

تُحَلَّلُ وتُفَسَّرُ الصور المستقبلة بصريًا وآليًا للحصول على المعلومات المتعلقة بالهدف المدروس وإظهار خصائصه[8].

3- تطبيقات الاستشعار عن بعد:

إن الإدارة الجيدة والمستدامة للموارد الطبيعية المختلفة هي أحد أهم أسس تطور الدول الغنية والفقيرة على السواء، ولخدمة هذه الغاية قدَّم علم الاستشعار عن بعد خدمات كبيرة في مختلف المجالات كإحصاء الموارد الطبيعية، وإدارة الكوارث، والأزمات الطبيعية، والبيئية، والمدنية؛ كالاكتظاظ السكاني، وفيما يأتي شرح لتطبيقات الاستشعار عن بعد في أهم المجالات:

أ- تطبيقات زراعية:

تؤدي الزراعة دورًا رئيسيًا في اقتصاد الدول المتقدمة والدول النامية على السواء، فالإنتاج بشكله الاقتصادي هو هدف المزارع والمؤسسات الزراعية على حد سواء؛ ومن هذا المبدأ هناك حاجة ملحة لمعرفة كمية المحصول المنتظر ونوعيته للتحكم في السعر، ومتطلبات التجارة (استيراد، وتصدير).

تستخدم الصور الجوية والفضائية كأدوات تقنية لتطوير الخرائط الخاصة لتحديد أنواع المحاصيل وفحص صحتها وجودتها، ومراقبة العمليات الزراعية، وتضم التطبيقات الزراعية للاستشعار عن بعد:

---

[8]- أبو القاسم، الحسن؛ وأحمد، محمد علي؛ وعباس، سيد أحمد: الاستشعار عن بعد واستخداماته في علم الآثار، جامعة السلطان قابوس، سلطنة عمان، 1986.

- تحديد أنواع المحاصيل.
- تقييم حالات المحاصيل.
- تقدير الإنتاج.
- مراقبة انجراف التربة المائي.[9]
- خرائط حالات التربة.
- خرائط إدارة التربة.
- متابعة خطوات الزراعة.

ب- تطبيقات مراقبة إزالة الغابات:

تعدُّ إزالة الغابات مشكلة عالمية كبرى لها تأثيرات متعددة في الحياة البري، ومصادر مياه الشرب فضلًا عن الإنتاج الزراعي، إذْ يساعد الاستشعار عن بعد على تحليل أفضل لمشكلة إزالة الغابات. فالصور متعددة النطاقات توفر وسيلة جيدة لتحليل التغيرات حيث يتم دمج صور من سنوات سابقة مع صور حديثة، ومن ثمَّ تُقاسُ الفروق في المساحة، وامتداد الغابات، وتحديد المناطق الأكثر عرضة لهذه المشكلة، وتحديد أسبابها.[10]

ت- تطبيقات جيولوجية:

يهتم علم الجيولوجيا بدراسة تراكيب سطح الأرض، وأنواعها، والسطوح التحتية.

وتشمل الجيولوجيا دراسة المخاطر الطبيعية كالبراكين والزلازل فضلًا عن صورتها التقليدية في استكشاف المعادن والبترول واستخراجها، إذْ يقدم الاستشعار عن بعد وسيلة جيدة لاستخراج معلومات عن تراكيب سطح الأرض، والسطوح التحتية؛ ممَّا يؤدي إلى تحديد الأماكن المحتملة للبترول والغاز.[11]

ث- تطبيقات هيدرولوجية:

يهتم علم الهيدرولوجيا بدراسة المياه على الأرض، سواء كانت جوفية أو سطحية أو أمطار أو ثلوج وعادة فإن معظم هذه الدراسات تتطلب رصدًا متكررًا، وهو ما يسمح للاستشعار عن بعد بأن يؤدي دورًا فعالًا في هذا المجال من حيث إمكانية رصد الأهداف المطلوبة بصورة دورية، وبأقل التكاليف المادية، ومن الأمثلة المهمة على تطبيق الاستشعار عن بعد في الهيدرولوجيا (مراقبة الفيضانات):

---

[9]- الصالح، نبال؛ والميسر، وسيم؛ وياغي، أحمد: استخدام نظام المعلومات الجغرافي في نمذجة انجراف التربة المائي في منطقة ضهر الجبل/السويداء، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد (31)، العدد (2)، 2015.

[10]- وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي: المرجع السابق.

[11]- رقية، محمد: البنيات الحلقية في الصور الفضائية وأهميتها في استكشاف الثروات الباطنية في الصفيحة العربية، دمشق، 2006.

إذْ تعدُّ الفيضانات ظاهرة طبيعية، ولكن على الجانب الآخر فإن الفيضانات قد تكون مدمرة وتتسبب في وقوع وفيات وأضرار كبيرة في البنية التحتية، وتستخدم تطبيقات الاستشعار عن بعد في مراقبة الحدود المكانية وقياسها للمناطق التي تعرضت للفيضانات، ومن ثمَّ تحديد طرائق الإخلاء، والإنقاذ، وتقييم مخاطر، وأضرار الفيضان.[12]

ج- تطوير الخرائط:

تساعد الصور الجوية والفضائية على وضع الخرائط وتحديث القديمة بدقة عالية، إعطائها معلومات متعددة بدقة أكبر عن التضاريس والارتفاعات وغيرها.

4- أنواع الاستشعار عن بعد:

يصنف الاستشعار عن بعد طبقًا لنوع البيانات المستقبلة إلى:

أ- **الاستشعار عن بعد الإيجابي:** تكون البيانات المستقبلة فيه عبارة عن انعكاس للموجات الكهرومغناطيسية التي ترسلها أجهزة الاستشعار عن بعد إلى الأهداف المراد دراستها، فتنعكس عنها لتستقبلها المستشعرات التي تقوم بدورها بإرسالها إلى محطات الاستقبال الأرضية لتحليلها وتفسيرها.

ويتميز هذا النوع من الاستشعار بأنه يعمل في أي وقت من اليوم وفي فصول السنة كلّها، كما أنَّها توفر أطوال موجات لا يمكن توافرها في طاقة الشمس مثل الموجات القصيرة أو المايكروويف.[13]

ب- **الاستشعار عن بعد السلبي:** وتكون البيانات المستقبلة فيه عبارة عن انعكاس طاقة الشمس عن سطوح الأهداف المدروسة كما في حالة الضوء المرئي، أو أن تُمتصُ ثم تنبعثُ مرة أخرى كما في حالة الأشعة تحت الحمراء الحرارية، أي أن هذه المستشعرات السالبة تقيس الطاقة المنعكسة فقط في النهار، فلا وجود للطاقة المنعكسة في الليل، أمَّا الطاقة المنبعثة فمن الممكن قياسها، وتحسسها نهارًا وليلًا ما دامت كانت كميتها تكفي للسماح بالتحسس.[14]

5- أنواع المظاهر الأثرية:

تقسم أنواع المظاهر الأثرية إلى نوعين رئيسيين، هما: المظاهر الأثرية السطحية التي تكون واضحة على سطح الأرض، والمظاهر الأثرية تحت السطحية التي تكون مطمورة تحت سطح الأرض.

---

[12]- المومني، لطفي: الاستشعار عن بعد في الهيدرولوجي، وزارة الثقافة، الأردن، 1997.

[13]- الاستشعار عن بعد: المساحة، الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، المملكة العربية السعودية، 2014.

[14]- وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي: المرجع السابق.

ورغم أن بعض المواقع الأثرية، مثل مدينة البتراء في الأردن أو مدينة تدمر في سورية، لم يتم انطمارها تمامًا، فإن أغلبية المواقع واللقى الأثرية تكون مطمورة تحت سطح الأرض، إذْ إنَّ السبب الأول الذي يتبادر إلى ذهننا عند الحديث عن اللقى الأثرية، بأن البشر الذين عاشوا في تلك المرحلة هم من قاموا بدفنها مثل القبور، أو طمر بعض الأشياء كمؤونة، مثل النقود والمجوهرات حيث كانت تلك الطريقة الوحيدة حينذاك لحماية الأموال وإخفائها لعدم وجود المصارف والأقفال، ومن الجدير بالذكر أن بعض حالات الدفن هذه كانت عبارة عن قرابين أو أضاحٍ، أي أنّه لم تكن هناك نية لاستردادها.

وهناك أيضًا نماذج أُخرى للقى والمواقع الأثرية المدفونة عن غير قصد، مثل مدينة بومباي الرومانية في إيطاليا، إذْ تسبب انفجار بركان فيزوف عام 79 م بدفن هذه المدينة بشكل كامل تحت الرماد البركاني، إذْ تُعدُّ البراكين إلى جانب العواصف الرملية وانهيارات التربة من الظواهر الطبيعية التي يمكن أن تؤدي إلى انطمار المواقع الأثرية انطمارًا كاملًا.

كما أن عملية إزالة الأبنية القديمة وهدمها تمهيدًا لإنشاء أبنية أحدث بشكل مستمر ومتتالٍ تؤدي مع الزمن إلى ارتفاع مستوى سطح أرض الموقع الأثري، وتشكل أكوامًا ترابيةً تعرف بالتلال، التي تحوي في باطنها على طبقات الاستيطان الأقدم.

وتعدُّ سلسلة العمليات الطبيعية من الانحلال وتجدد النمو من أكثر الأسباب شيوعا لاندثار المواقع الأثرية حيث تدفن، هذه المواقع، عبر السنين تحت طبقات الأتربة والبذور التي تذرها الرياح.[15]

6- تقنيات الاستشعار عن بعد المستخدمة في الكشف عن الآثار:

أ- التصوير الجوي التقليدي:

يقصد بالتصوير الجوي التصوير الفوتوغرافي الذي يجري بواسطة طائرات خاصة مجهزة بآلات تصوير خاصة.

توضّح للآثاريين في نهاية القرن العشرين قيمة المعلومات التي يمكن استنتاجها من الصور الجوية للمواقع الأثرية، إذْ يمكن لهذه الصور أن تعطي معلومات قيمة لا يمكن ملاحظتها بالعين المجردة من على سطح الأرض، في حين تبدو بوضوح وجلاء عند النظر للموقع من الأعلى انظر الشكل (4)

[15]- وروي آدكينز، لسلي: مدخل إلى علم الآثار، ترجمة: همام حسن زينة، وزارة الثقافة، دمشق، 2010.

الشكل (4): المقابر الركامية في موقع منطقة قرية الفاو[16]

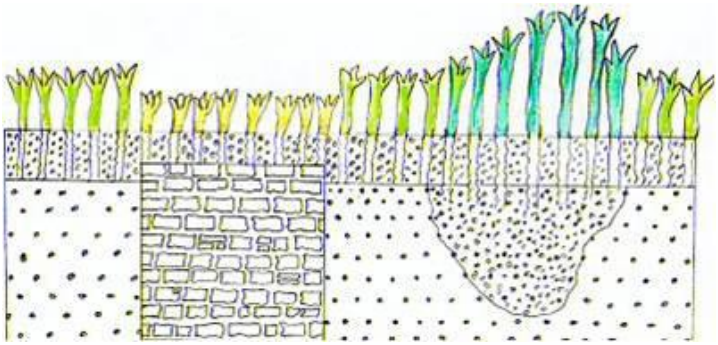
كانت أقدم صورة جوية لموقع أثري قد التقطت عام 1906 لموقع أستون هنج في بريطانيا، لكن الطائرات لم تستعمل بشكل خاص كمنصة للتصوير الجوي إلا في عام 1909[17]

وكما ذكرنا سابقًا بأن هناك الكثير من التفاصيل عن الأرض يمكن رؤيتها بوضوح من الجو لعدة أسباب:

- إن الاختلاف في مستوى سطح الأرض يعكس ظل المرتفعات؛ ولذا يعكس لون الظل الذي يختلف عما حوله.
- إن الجدران الموجودة تحت سطح الأرض في المناطق المزروعة تعطي للنباتات التي تنمو فوقها لونًا وشكلًا مختلفًا عن النباتات البقية نظرًا إلى أنَّ نمو النباتات يستند إلى طبيعة الأرض تحتها، انظر الشكل (5).

[16]– أبو القاسم، الحسن؛ أحمد، محمد علي؛ عباس، سيد أحمد: الاستشعار عن بعد واستخداماته في علم الآثار، جامعة السلطان قابوس ،سلطنة عمان، 1986، ص: 18.

[17]– أبو القاسم، الحسن؛ وأحمد، محمد علي؛ وعباس، سيد أحمد: المرجع السابق.



الشكل (5): اختلاف نمو النباتات فوق المواقع الأثرية[18]

- الاختلاف في لون التربة يبدو بوضوح في الصور الجوية إذْ إنَّ لون التربة الطبيعية يختلف عن لون التربة المنقولة التي نتجت عن تراكم المخلفات الأثرية، كما أن الأحماض العضوية التي تكون موجودة في المخلفات العضوية في المواقع الأثرية تعطي لونًا مختلفًا للتربة.[19]
- يمكن من خلال الصور الجوية المأخوذة في الصباح الباكر أو بعد تساقط الثلوج، الكشف عما تحت سطح الأرض من أساسات، أو جدران مدفونة التي لا تمتص الرطوبة بالقدر الذي تمتصه التربة إذْ تظهر على سطح الأرض على شكل خطوط مبللة بالماء، وتعتمد درجة وضوح هذه الخطوط على درجة برودة أو حرارة الجوفي اليوم الذي التقطت فيه الصور وتعتمد أيضًا على مدى عمق هذه الأساسات والجدران وبعدها عن سطح التربة.[20]

والصور الجوية بدورها تقسم إلى نوعين: الصور الجوية الرأسية، والصور الجوية المائلة، وتعدُّ الصور الجوية الرأسية أكثر استخدامًا من الصور المائلة إذْ تلتقط الصور عموديًا على الموقع ويظهر المقياس فيها حقيقيًا، لذلك يفضل هذا النوع من الصور في حال أردنا الحصول على قياسات دقيقة للظواهر الأثرية، ويمكن استخدامها لإعداد الخرائط، أمَّا الصور الجوية المائلة فهي تلتقط بدرجة ميل، ولذا فهي تستطيع أن تغطي مساحات أكبر من تلك التي تغطيها الصور العمودية، كما أنها تعطي أشكالًا مألوفة للعين

[18]- الشوكي، أحمد: علم الحفائر الأثرية، جامعة عين شمس، كلية الآداب، القاهرة، 2013، ص: 37.

[19]- Landsat data users note, vol (6), no (1)، 1991

[20]- الهيئة العامة للاستشعار عن بعد: أطلس آثار سورية من الفضاء، دمشق، 2002.

البشرية أكثر من الصور العمودية، فضلًا عن أن الصور المائلة تستطيع أن توضح ظواهر لا تظهرها الصور الجوية الرأسية، مثل الكهوف الأثرية والملاجئ الصخرية التي تقع تحت أطراف المرتفعات، لكنها لا تصلح لأخذ قياسات دقيقة أو إعداد الخرائط.

وهنالك عدة شروط وأسس لالتقاط الصور الجوية، وهي:

- تفضل الطائرات عن البالونات الطائرة (المناطيد)، وذلك لإمكانية التحكم بحركة الطائرة وتوجيهها إلى المكان المراد تصويره، بعكس المناطيد التي غالباً ما تتحرك حسب اتجاه الريح.
- يحدد عالم الآثار المواقع بعد طلعة جوية واحدة أو أكثر بمتوسط ارتفاع يراوح بين 500 إلى 1000 متر.
- يجب أيضًا أن تَصَوَّرَ المواقع التي تُحَدَّدُ على ارتفاع منخفض يراوح بين 150 إلى 300 متر.
- يجب تجنب اعتماد الصور الجوية المشوشة نتيجة اهتزازات الطائرة.
- يجب على الطائرات أن تحلق بشكل دائري حلزوني حول الموقع المراد تصويره، ما يسمح بالتقاط صور بارتفاعات وزوايا ودرجات إضاءة مختلفة.

تُدْرَسُ بعد ذلك الصور بحثًا عن علامات المواقع الأثرية التي ذكرناها سابقًا.[21]

وكدليل على فعالية تقنية التصوير الجوي في اكتشاف المواقع الأثرية، نورد شمال فرنسا مثالًا حيث اِكْتُشِفَتْ مواقع لأكثر من ألف دارة (فيلا) رومانية بالاعتماد على تحليل الصور وملاحظة اختلاف نمو النباتات فوق هذه الدارات عما حولها من بقية النباتات. انظر الشكل التوضيحي(6)

الشكل (6)[22]

[21]– الشوكي، أحمد: المرجع السابق.

[22]– الشوكي، أحمد: المرجع السابق، ص: 37.

وتجب الإشارة إلى أنه ليس كل الأشكال المرئية والاختلافات التي تظهر في الصور الجوية تمثل مواقع أثرية، فعلامات التربة وفروق نمو النباتات يمكن أن تحدثها المعالم والاختلافات الجيولوجية للتربة نفسها.

ومن الجدير بالذكر أن الفرنسي R. A. poidebard قد كان رائد علم الآثار الجوي في سورية، الذي كان أول من صَوَّرَ عددًا من المواقع الأثرية من الجو منها على سبيل المثال، تل براك، وقصر الحير الغربي.[23]

ب- التصوير الفضائي:

مع أن التصوير الجوي يعود إلى تاريخ طويل، إلّا أنَّ التصوير الفضائي يعدُّ وسيلة حديثة استخدمت في الكشف ورسم الخرائط، والتحليل الآثاري. يعدُّ التصوير الفضائي وسيلة مهمة لاستكشاف المواقع الأثرية خاصة أنه يغطي مساحات جغرافية شاسعة، ويمكن من خلال فحص الصور الفضائية اكتشاف أماكن المواقع الأثرية من خلال ملاحظة ظواهرها على الصور مثل درجة اللون والنمط والشكل والحجم والظل، كما هو الحال بالنسبة إلى الصور الجوية التقليدية[24].

كما تفيد الصور الفضائية في الإجابة عن استفسارات قد يعجز التنقيب وحده عن الإجابة عنها، إذْ يكشف التصوير الفضائي في بعض الأحيان مجاري الأنهار والأودية والآبار القديمة، ويمكن بذلك أن تساعد بالتنبؤ بالأماكن المحتملة للمواقع الأثرية، كما حدث في حالة الصحراء الليبية حيث ظهرت بالصور الفضائية وديان ومجاري أنهار قديمة، وعثر فيها عند الحفر على مخلفات نباتية وحيوانية[25] ممَّا دفع إلى الاعتقاد بوجود نشاط بشري دفع بدوره إلى إجراء تنقيبات في عدة مواقع مختارة بناءً على الصور الفضائية، حيث عثر على أدوات حجرية تعود إلى العصر الآشولي المتأخر الذي يؤرخ للمرحلة الممتدة من 250 – 100 ألف سنة خلت.[26]

ت- التصوير بالأشعة تحت الحمراء وأجهزة المسح الحراري:

يتأثر نمو النباتات فوق المواقع الأثرية المدفونة بالتربة، كما ذكرنا سابقًا، إيجابيًا أو سلبيًا طبعًا لنوع الآثار الدفينة وطبيعتها، ولكن هذه التغيرات والتأثيرات قد تكون في بعض الحالات دقيقة لدرجة يصعب ملاحظتها بالعين المجردة، وهنا يؤدي التصوير

---

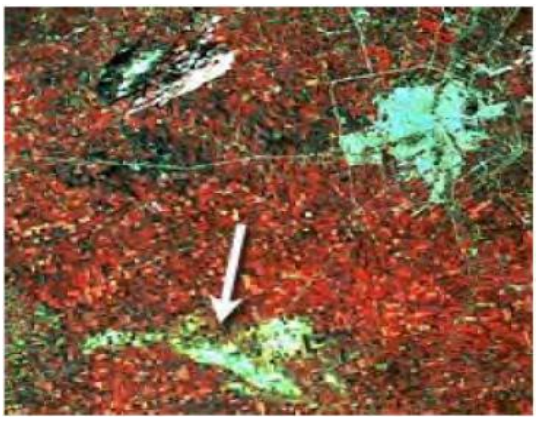
[23]- ليلساند، توماس؛ وكيفر، رالف: الاستشعار عن بعد وتفسير المرئيات، ترجمة: حسن خاروف، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، 1994.

[24]- American society of photogrammetry، manual of remote sensing، no 2، falls church، 1983

[25]- أبو القاسم، الحسن؛ وأحمد، محمد علي؛ وعباس، سيد أحمد: المرجع السابق.

[26]- الشوكي، أحمد: المرجع السابق.

بالأشعة تحت الحمراء دورًا مهمًا في ملاحظة هذه التغيرات، إذْ يمكننا بسهولة ملاحظة الفروق في صحة النباتات ضمن المنطقة المدروسة[27]، كما في الشكل (7).



الشكل (7): النباتات ذات النمو الجيد تبدو باللون الأحمر[28]

أمَّا بالنسبة إلى المسح الحراري فيكون بواسطة أجهزة قياس المجالات الحرارية المخصصة للكشف عن الآثار وتكون هذه الأجهزة مثبتة على الأقمار الصناعية، إذْ تقوم بتمييز الفروق الحرارية للمظاهر الأثرية السطحية وتحت السطحية، إذْ تكون درجة الحرارة في المناطق الأثرية أكبر من تلك الخالية منها، ويمكن لهذه الأجهزة _ في وقتنا الحالي _ أن تقيس فوارق الحرارة بدقة تصل إلى 0.1 درجة.[29]

ث– أجهزة الاستشعار الرادارية:

طُوِّرَتْ أجهزة الاستشعار الرادارية في المدة الواقعة بين عامي 1950 – 1960، وتعتمد فكرة هذه التقنية على إرسال موجات كهرومغناطيسية إلى باطن الأرض، حيث تنعكس هذه الموجات عند اصطدامها بمكونات التربة وما تحتويه بدرجات متفاوتة تبعًا لدرجة صلابة هذه المكونات، وترتد على شكل موجات يقوم الجهاز باستقبالها، ورسم خرائط للأبنية، والمواد المدفونة في باطن الأرض، أي أن الرادار يميز الاختلافات البنيوية تحت سطح الأرض اعتمادًا على بنية المواد المدفونة فيها.[30]

---

[27]– أبو القاسم، الحسن؛ وأحمد، محمد علي؛ وعباس، سيد أحمد: المرجع السابق.

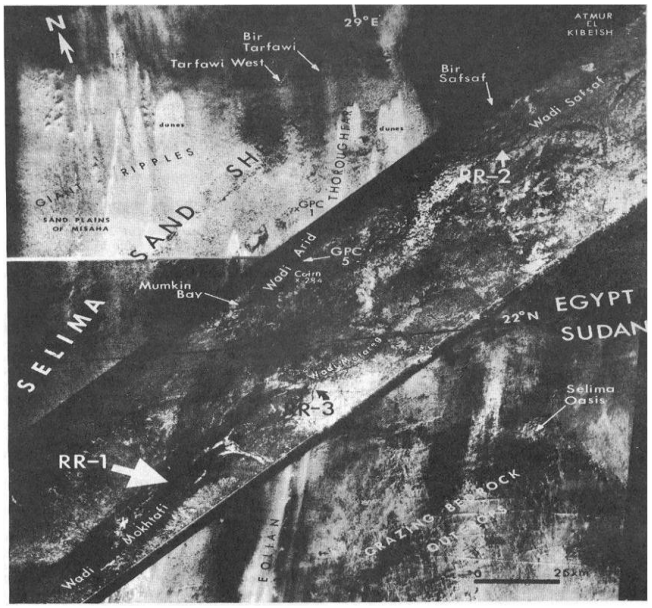
[28]– محمد داود، جمعة: المرجع السابق، ص: 127.

[29]– رقية، محمد: استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في الكشف والتوثيق الأثري في سورية، مجلة مهد الحضارات، دمشق، العدد (11)، المجلد (12)، 2012.

[30]– الهيئة العامة للاستشعار عن بعد: أطلس آثار سورية من الفضاء، المرجع السابق.

ومن أنواع الرادار المستعمل في الكشف عن الآثار، الرادار ذو الفتحة الجانبية، والرادار النقطي، وتتميز أجهزة الاستشعار الرادارية بأنه:

- يمكن استخدامها في الأوقات كلّها وفي الظروف المختلفة ويعدُّ وسيلة فعالة في الكشف والتوثيق الأثري.
- لـه حساسية عالية بالنسبة إلى الأشكال المختلفة لسطح الأرض والتضاريس والمياه بمختلف أشكالها ورطوبة التربة والنبات والجليد والأرض المليئة بالمستنقعات، وكذلك لأمواج البحر والمحيطات.
- يستطيع المسح الراداري اختراق الترب والصخور الرخوة عشرات الأمتار أحيانًا في حالة الرادار النقطي، وتحديد الأشكال الباليوجغرافية للعصور الجيولوجية الحديثة ومجاري الأنهار القديمة وغيرها[31]، انظر الشكل (8).



الشكل (8): صورة رادارية تظهر شبكة من الأودية القديمة تحت سطح الصحراء الليبية.[32]

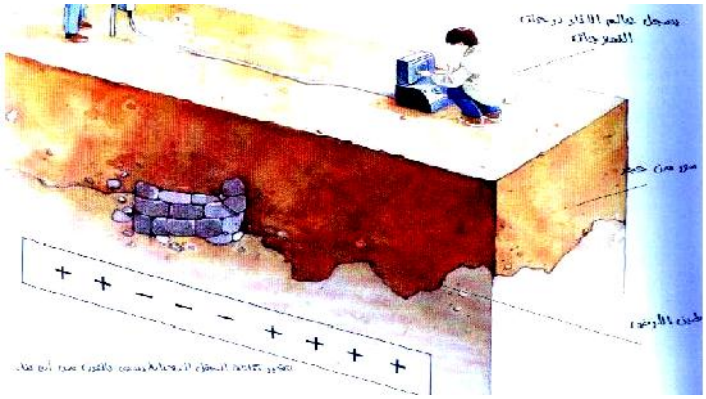
[31]- رقية، محمد: استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في الكشف والتوثيق الأثري في سورية، المرجع السابق.

[32]- أبو القاسم، الحسن؛ أحمد، محمد علي؛ عباس، سيد أحمد: المرجع السابق، ص: 17.

ج– أشعة الجيوماغنتيك:

بدأ تطبيق هذه التقنية في مجال الكشف عن الآثار في بريطانيا عام 1958، وترتكز هذه التقنية على مبدأ قياس شدة المجال المغناطيسي داخل التربة؛ إذْ إنَّ التربة المتجانسة التي تخلو من أساسات وجدران أوبقايا أثرية ستعطي قراءة شدة مغناطيسية واحدة، أمَّا في حالة في حال اختلاف القراءة في المنطقة المدروسة فهذا يشير إلى وجود مواد لها مجال مغناطيسي مختلف يحتمل أن تكون مخلفات أثرية.[33]

ومن أمثلة المواد التي يمكن أن يكشف عنها بواسطة هذه التقنية: الجدران المبنية من اللبن، أو اللبن المحروق والمقابر الأثرية والأفران الأثرية والخنادق والأدوات المعدنية [34]، انظر الشكل (9).



الشكل (9): كيفية قراءة الشدة المغناطيسية[35]

وقد استعملت هذه التقنية في سورية لإعداد خريطة لسطح موقع تل جنديرس في شمال غرب البلاد حيث كشفت عن المدينة الرومانية الموجودة تحت سطح التل، وقد أعطت مخططًا لها يظهر بوضوح الأبنية والشوارع المتعامدة وفق المخطط الشطرنجي الذي كان سائدًا في المدن الرومانية حينها.[36]

---

[33]– الشوكي، أحمد: المرجع السابق.

[34] – Lyons. T. R; and Avery. T. E: remote sensing: A hand book for archeologists and cultural resource mangers, national park serrice, washingtoon D. C, 1977.

[35]– الشوكي، أحمد: المرجع السابق، ص: 40.

[36]– عبد الرحمن، عمار: سهل العمق وتنقيبات جنديرس 2006 – 2011، المديرية العامة للآثار والمتاحف، دمشق، 2016.

ح- المقاومة الكهربائية:

تعتمد هذه التقنية على فكرة أن أنواع التربة كلّها هي ناقلة للتيار الكهربائي بسبب وجود الأملاح والطوبة فيها، وفي حالة وجود آثار تحت سطح الأرض في الموقع الذي يتم فحصه بواسطة هذه التقنية فإن المقاومة الكهربائية ستكون مختلفة، الأمر الذي سيكشفه جهاز المسح.

تَطْبَقُ هذه التقنية من خلال تمرير تيار كهربائي في الأرض بواسطة قطبين يغرسان في الأرض، ثم تُحْسَبُ المقاومة الكهربائية الخاصة بتلك التربة من خلال قطبين آخرين عند السطح.

ولشرح مبدأ عمل هذه التقنية على سبيل المثال: إن السور الأثري المدفون تحت سطح التربة سيبدي مقاومة كهربائية كبيرة، إذْ إنَّ الحجارة التي يتكون منها السور تتميز بأنها تحتفظ بالرطوبة بدرجة أقل من التربة التي تحيط بها؛ ممَّا يعني أن التيار الكهربائي سيمر بسهولة أكبر في التربة وتجاويفها؛ لأنَّها ستكون أكثر رطوبة من الجدار، وهذا الأمر يمكن اكتشافه بواسطة جهاز المسح بالموجات الكهربائية.[37]

ومن الأمثلة على هذه التقنية البحث الذي جرى في منطقة وادي البقعة شمال غرب مدينة عمان في الأردن حيث حُدِّدَ العديد من الأماكن التي تحوي مخلفات عمائر أثرية.[38]

خ- الطريقة التناقلية:

انتشر استخدام العلوم الجيوفيزيقية في الكشف عن الآثار في السنوات الأخيرة بدرجة كبيرة في كثير من المواقع الأثرية، ومنها الطرائق التناقلية التي تستخدم لتحديد الفراغات الموجودة تحت سطح الأرض بطريقة ذات دقة عالية في تحديد أبعاد هذه الفراغات بشكل ثلاثي الأبعاد.

وقد أُجْرِيَتْ دراسةً تطبيقية لمنطقة وادي الملوك والدير البحري بالأقصر في مصر نظرًا لما تحتويه من آثار كثيرة تحت سطحية، وقد أمكن من خلال هذه الدراسة تحديد الأبعاد الحقيقية للمقابر المعلومة، واكتشاف عدد من الفراغات تحت سطح الأرض؛ ممَّا يجل على وجود مقابر أخرى غير مكتشفة.[39]

---

[37]- الشوكي، أحمد: المرجع السابق.

[38]- أبو القاسم، الحسن؛ وأحمد، محمد علي؛ وعباس، سيد أحمد: المرجع السابق.

[39]- المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم: استخدام التقنيات الحديثة في علم الآثار، مؤتمر الآثار والتراث الحضاري العربي، الشارقة، 1998

د- أجهزة الرصد الزلزالي:

أجهزة الرصد الزلزالي: يستخدم علماء الآثار أجهزة الرصد الزلزالي تمامًا، كما يستخدمها علماء الجيولوجيا في رصد الزلازل. لكن أجهزة الرصد الزلزالي التي يستخدمها علماء الآثار تقيس الذبذبات التي تنتج من موجات صوتية صنعية، وتُرْسَمُ حركة وشكل صدى الموجات الصوتية هذه على ورق يسجل سرعة وصولها، حيث يحدد زمن وصولها عمق طبقات سطح الأرض التي ينبعث منها الصدى. وهناك عدة أصناف من هذه الأجهزة يمكنها رصد أعماق مختلفة تحت سطح الأرض.[40]

ذ-أجهزة كشف المعادن:

بدأت فكرة هذه الأجهزة مع الاستخدامات العسكرية لها للكشف عن الألغام، ثم طورت هذه التقنية لتناسب الاستخدامات المدنية، وبدأ تطبيقها في مجال الكشف عن الآثار، حيث يقوم هذا الجهاز بإطلاق صوت رنين عند تمريره فوق المعادن.

وتعدُّ هذه التقنية غير دقيقة في مجال الكشف عن الآثار، حيث تختلف هذه الأجهزة وتتفاوت من حيث الموجات التي ترسلها وقدرتها على اختراق التربة لمسافات أبعد، وقدرة هذه الأجهزة على كشف أنواع معينة من المعادن، كما أن هذه الأجهزة لا تستطيع تمييز المخلفات المعدنية الأثرية من الحديثة، فعلى سبيل المثال سيصدر الجهاز رنينًا عند تمريره فوق علبة معدنية لمشروب غازي مدفونة تحت سطح الأرض؛ ممَّا يؤدي إلى إضاعة الوقت والجهد.

نظم المعلومات الجغرافية:

نتيجة للتطور الكبير في مجال إعداد الخرائط وتصميمها، فضلًا عن التطور الحاصل في تقنيات الاستشعار عن بعد والتقدم الكبير في أجهزة الحاسوب (الكمبيوتر)، طُوِّرَتْ أنظمة المعلومات الجغرافية التي هي عبارة عن أتمتة للخرائط ومعطيات أجهزة الاستشعار عن بعد، إذْ أصبح بالإمكان تحديد شبكة انتشار المواقع الأثرية بالاستعانة بالصور الجوية الفضائية والتقليدية، وبالنتيجة استنتاج معلومات عدة عن النظم الاجتماعية والسياسية وتوزع المستوطنات والمواقع الأثرية.

وقد أصبحت نظم المعلومات الجغرافية أمرًا ملحًا خاصة مع زيادة حجم المعلومات عن المواقع الأثرية وتنوعها، إذْ أصبح من الصعب الإفادة منها بالطرائق التقليدية.[41]

---

[40]- الباز، فاروق: علم الآثار في عصر الفضاء، مجلة العلوم، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت، المجلد(14)، 1998

[41]- أبو القاسم، الحسن؛ وأحمد، محمد علي؛ وعباس، سيد أحمد: المرجع السابق.

وتتميز نظم المعلومات الجغرافية بأنها تسمح للآثاري بتخزين المعطيات والمعلومات والبحوث العلمية وتحليلها، حيث تخزن في عدة مستويات تتكامل مع بعضها بعضًا لتعطي صورة مجسمة تعكس الواقع، وتفيد في الحصول على نتائج جديدة تزيد من المعرفة.

7- حماية المواقع الأثرية وصيانتها:

تمكننا الصور الفضائية من تعيين حدود المواقع الأثرية بدقة على الخرائط لحمايتها من التعديات والأخطار البشرية مثل الزحف العمراني واستصلاح الأراضي، ونظرًا لاستمرارية معلومات الصور الفضائية وتكرارها في وقت قصير، ممَّا يجعلها وسيلة تختصر الوقت والجهد والتكاليف[42]، ولدى المديرية العامة للآثار والمتاحف تجربة فريدة في دراسة تنظيم الأراضي في منطقة حمص في سورية، من خلال تجربة الدكتور مأمون عبد الكريم، بالإفادة من الصور الجوية المأخوذة بواسطة الأقمار الصناعية، التي كان لها دورٌ في دراسة الآثار القديمة عبر التقسيمات الموجودة في أرض المنطقة، التي من خلالها تبين أن المدينة توسعت شرقًا وشمالًا وغربًا.[43]

كما تستعمل الصور الجوية والفضائية، في أعمال الرفع المساحي والمعماري والتوثيق الفوتوغرافي لجميع أجزاء الأثر المراد إصلاحه أو نقله أو فكه وإعادة تركيبه، كما حدث في مشروع إنقاذ أعمدة معبد الأقصر في مصر، الذي أنجز بين عامي 1994 – 1997.

استخدمت تقنيات الاستشعار عن بعد أيضًا في دراسة البيئة المحيطة بالمركب الثاني المفكك والمدفون في مخزن بالقرب من هرم خوفو، حيث كُشِفَ عن المركب الأول عام 1954 ، وقد كان مفككًا أيضًا حيث استخرجت الأخشاب وأعيد تركيبها وعرضها في المتحف، لكن اتضح لاحقًا أن بيئة المتحف غير مناسبة للحفاظ على المركب الذي بدأت أخشابه تتكمش قليلًا، وقد كان هذا السبب في دراسة بيئة المركب الآخر حيث طبقت تقانة الاستشعار عن بعد عن طريق جهاز قام بثقب سطح المخزن وسحب عينة من هواء المخزن لتحليلها، دون أن يسمح باختلاط جو المخزن الداخلي مع الهواء الخارجي.[44]

وقد كان الهدف من هذه العملية معرفة تركيب الهواء الذي حفظت فيه هذه الأخشاب، وتحديد نسب الرطوبة والحرارة من أجل توفير جو مناسب داخل المتحف بحيث يكون مناسبًا لعرض هذا المركب دون إلحاق الأذى بأخشابه.

---

[42]- Wilson. D. R: air photo interpretation for archaeologists, S. T. martins press, new York, 1982.

[43]- عبد الكريم، مأمون: المرجع السابق.

[44]- الباز، فاروق: المرجع السابق.

نتائج البحث:

- ممَّا سبق يتضح لدينا مبدأ عمل تقنيات الاستشعار عن بعد، والمراحل الرئيسية التي تمر بها العملية الاستشعارية وأنواع الأشعة المستخدمة في العملية الاستشعارية، وأنواع انعكاس هذه الأشعة، فضلًا عن أنواع الحساسات المستخدمة في الاستشعار عن بعد، كآلات التصوير العادية، وآلات التصوير متعددة الأطياف، أو الرادار.

- كما يتضح لدينا أهمية وسائل الاستشعار عن بعد وتقنياته في مختلف المجالات والدور الكبير والمساعد الذي يمكن له أن يؤديه إن كان في مجال التطبيقات الزراعية، مثل تحديد أنواع المحاصيل وجودتها أو تقدير كميات الإنتاج، أو إن كان في مجال دراسة تراكيب سطح الأرض واستكشاف مكامن النفط والغاز والمياه الجوفية، فضلًا عن التقدم الكبير الذي أحدثه الاستشعار عن بعد في مجال علم الخرائط.

- كما يتبيّن لنا ممَّا سبق، أنواع المظاهر الأثرية بنوعيها، السطحي الذي تكون آثاره واضحة على سطح الأرض، والمظاهر الأثرية التي تكون مدفونة في طبقات التربة، فضلًا عن تبيان أسباب دفن هذه المظاهر الأثرية واندثارها، والعوامل التي ساعدت على تواري هذه المظاهر الأثرية عن الأنظار عبر مئات السنين، مثل العوامل الطبيعية كالبراكين، أو العوامل غير الطبيعية كالدفن المقصود لبعض أنواع اللقى الأثرية.

- كما يتبيَّن لنا التطور الكبير الذي حققه الاستشعار عن بعد في مجال علم الآثار تحديدًا، إذْ يقدم لنا نحن الآثاريين طيفًا واسعًا من التقنيات الاستشعارية التي يمكن استخدامها في الكشف والتوثيق الأثري بدءًا من التصوير الجوي التقليدي والتصوير الفضائي، وليس انتهاءً بأجهزة الاستشعار الرادارية، أو أجهزة الاستشعار التي تعتمد الطريقة التناقلية التي تساعد على اكتشاف الفراغات الموجودة تحت سطح الأرض، كما حدث في حالة الدير البحري بالأقصر في مصر.

- ولعل الأهم ممَّا سبق كلّه هوما يوفره الاستشعار عن بعد على علماء الآثار من الجهد الكبير والوقت الضائع والتكاليف المادية الكبيرة، فعلى سبيل المثال أصبح بالإمكان الاستدلال مسبقًا على المناطق التي يحتمل أن تحوي مواقع أثرية، وتوفير عناء القيام بأسبار اختبارية وما تحمله من عناء وجهد للعمال والآثاريين على حد سواء، فضلًا عن الوقت الكبير الذي نحتاجه لإتمام هذه الأسبار والتكاليف المادية الكبيرة التي تتطلبها عمليات السبر والتنقيب التقليدية، كما حدث في حالة الصحراء الليبية على سبيل المثال، إذْ تم بواسطة صور الأقمار الصناعية الاستدلال على أماكن الوديان ومجاري الأنهار القديمة، ومن ثَمَّ التنبؤ بالأماكن المحتملة للنشاط

البشري القديم حيث أُجْرِيَتْ تنقيبات في أماكن مختارة بالاعتماد على هذه الصور، أدت إلى اكتشاف أدوات حجرية تعود للعصر الآشولي.

- كما يمكن من خلال الصور الجوية الملتقطة تحديد امتداد المدينة الأثرية القديمة وتوسعها عبر تقسيمات الأراضي الزراعية، كما رأينا من دراسة مدينة حمص التي قامت بها المديرية العامة للآثار والمتاحف في سورية.

- وفي النهاية، لا يمكن لنا أن ننكر بأن دخول تقنيات الاستشعار عن بعد في مجال علم الآثار، كانت نقطة تحول في تاريخ هذا العلم في مجال البحث والتوثيق الأثري، وفي مجال الصيانة وإعداد الخرائط الأثرية أيضًا، حتى أن بعض الجامعات في يومنا هذا أَنْشَأَتْ فرعًا مستقلًا لما أصبح يعرف بعلم الآثار الفضائي.

المراجع العربية:

1. أبو القاسم الحسن: أحمد، محمد علي: عباس سيد أحمد، الاستشعار عن بعد واستخداماته في علم الآثار، جامعة السلطان قابوس، سلطنة عمان، 1986.
2. الباز، فاروق: علم الآثار في عصر الفضاء، مجلة العلوم، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، المجلد (14)، 1998.
3. رقية، محمد: استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في الكشف والتوثيق الأثري في سورية، مجلة مهد الحضارات، دمشق، العدد (12/11)، 2012.
4. رقية، محمد: الاستشعار عن بعد وأهميته في الكشف عن الآثار الدفينة، مجلة الاستشعار عن بعد، دمشق، العدد (6)، 1991.
5. رقية، محمد: البنيات الحلقية في الصور الفضائية وأهميتها في استكشاف الثروات الباطنية في الصفيحة العربية، دمشق، 2006.
6. سليمان، محمد محمود: دور الجغرافية في حل المشكلات البيئية العاصرة، مجلة جامعة دمشق، المجلد 20، العدد (2/1)، دمشق، 2004.
7. الشوكي، أحمد: علم الحفائر الأثرية، جامعة عين شمس، كلية الآداب، القاهرة، 2013.
8. الصالح، نبال؛ الميسر، وسيم؛ ياغي، أحمد: استخدام نظام المعلومات الجغرافي في نمذجة انجراف التربة المائي في منطقة ضهر الجبل/السويداء، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد (31)، العدد (2)، 2015.
9. عبد الرحمن، عمار: سهل العمق وتنقيبات جنديرس 2006 – 2011، المديرية العامة للآثار والمتاحف، دمشق، 2016.
10. عبد الكريم، مأمون: محاولة في تحديد شبكة الحقول الزراعية القديمة في منطقة حمص في سورية، مجلة الحوليات العربية الأثرية السورية، العدد (46/45)، 2002–2003.
11. ليلساند، توماس؛ وكيفر، رالف: الاستشعار عن بعد وتفسير المرئيات، ترجمة: حسن خاروف، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، 1994.
12. محمد الخزامي، عزيز: نظم المعلومات الجغرافية – أساسيات وتطبيقات للجغرافيين، منشأة المعارف، مصر، 1998.
13. محمد داود، جمعة: أسس وتطبيقات الاستشعار عن بعد، ط1، القاهرة، 2015

14. المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم: استخدام التقنيات الحديثة في علم الآثار، مؤتمر الآثار والتراث الحضاري العربي، الشارقة، 1998.
15. المومني، لطفي: الاستشعار عن بعد في الهيدرولوجي، وزارة الثقافة، الأردن، 1997.
16. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد: أطلس آثار سورية من الفضاء، دمشق، 2002.
17. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد: الدورة التدريبية، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق، 2010.
18. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد: المساحة، الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، المملكة العربية السعودية ، 2014.
19. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد: موجز عن الاستشعار عن بعد ومعالجة الصور الفضائية، دمشق.
20. وروي آدكينز، لسلي: مدخل إلى علم الآثار، ترجمة: همام زينة، دمشق، 2010.
21. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي: الاستشعار عن بعد، الدورة التدريبية، دمشق، 2010.

المراجع الأجنبية:

1. American Society of Photogrammetry: Manual of Remote Sensing, No (2), Falls Church, 1983.
2. Landsat data users note, vol (6), no (1), 1991.
3. Lyons T. R; Avery. T. E: Remote Sensing: Handbook for Archeologists and Cultural Resource Managers , National Park Series, Washigton, D. C, 1977.
4. Wilson. D. R: Air Photo Interoretation for Archaeologists, S. T. Martins Press , New York, 1982.