علم الاثار وتقنيات التحسس عن بعد

د. جمعة الطلبي

كلية الآداب/ قسم الآثار

مقدمة

علم الآثار من العلوم التي تحتاج إلى كثير من العلوم المساعدة التي تقدم معونات فنية لعالم الآثار وتساعده على أن يصل إلى ما يصبو إليه مع الحفاظ وشرح وعرض الآثار التي يعثر عليها([1]).

ويعد مشروع جرمو الآثاري في شمال العراق من أقدم وأهم الأمثلة التي تبين مدى قيمة التعاون بين علم الآثار والعلوم الأخرى في منطقة الشرق الأدنى. فقد استعان الآثاري الامريكي السيد روبرت بريدوود مدير المشروع بمجموعة من علماء الحيوان والنبات والبيئة القديمة والمناخ. وكان هدف المشروع الأساسي هو الإجابة عن مجموعة من الأسئلة حول التحول من مرحلة جمع القوت إلى مرحلة إنتاج القوت في العصر الحجري الحديث.

وقام هؤلاء العلماء بفحص الأدلة الحيوانية والنباتية بأساليب علمية بارعة للرد على استفسارات تتعلق بطبيعة هذا المستوطن بشكل خاص والمنطقة بشكل عام والحالة الاقتصادية فيها([2]).

لقد أدرك علماء الآثار أن التعاون بين علم الآثار والعلوم الطبيعية مثلاً إنما ينطوي على مصلحة متبادلة ونفع عظيم لكل فروع العلم وأمر ضروري لتقديم البحوث العلمية في كل المجالات. خصوصاً وان التطورات المستقبلية في مجال العمل الآثاري تتضمن نزوعاً نحو تطبيقات تحليلية معقدة بصورة متزايدة منها تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية (Geographical Information Systems=GIS) بالتزامن مع الاعتماد على البرامج الميدانية المكثفة واستخدام تقنيات التصوير الجوي (Aerial Photography) بواسطة الطائرات أو الصور المرسلة عبر الأقمار الصناعية أو المحطات الفضائية.

تقنيات التحسس عن بعد

التحسس عن بعد هو مجموعة الوسائل والطرق العلمية التي يمكن بواسطتها الحصول على معلومات عن أهداف معينة من مسافات دون الاتصال أو التلامس مع الهدف المراد دراسته وذلك باستعمال أجهزة الالتقاط أو السمع أو التصوير.

ويمكن تعريفه من الناحية التقنية بأنه علم وفن لدراسة أو التعرف على هدف أو ظاهرة ما دون الحاجة للإتصال المباشر بهذا الهدف أو الظاهرة وذلك عن طريق دراسة الأشعة أو الكهرومغناطيسية التي تنعكس عنه والتي تحمل خواصه المراد دراستها، ونعني بالطاقة الكهرومغناطيسية بأنها ذلك الطيف الذي يتم ارساله من المصدر سواء كان ذلك المصدر طبيعياً كالشمس أو صناعياً كالأقمار الصناعية وهذه الطاقة تشكل الأساس لعلم الاستشعار عن بعد.

لتقنيات التحسس عن بعد أساليب كثيرة وأوجه متعددة فمن ناحية مصدر الأشعة التي تنعكس عن الأهداف المختلفة مثلاً فإنها تنقسم إلى أشعة طبيعية مثل أشعة الشمس وتسمى عمليات الاستشعار عن بعد التي تعتمد على هذا النوع من الأشعة بالاستشعار السلبي أو غير الفعال (Passive)، أما إذا كان مصدر الأشعة صناعياً أي نقوم بتوليده بأنفسنا وتصويبه على الهدف المطلوب مثل الرادار فتسمى عندها عملية الاستشعار الناتجة من هذا النوع بعملية الاستشعار الفاعلة (Active)([٣]).

يرتبط علم التحسس عن بعد بقياس وتفسيرات الاشعاع الإلكتروني المنعكس أو المنبعث من الهدف بواسطة مستقبل أو متلقي يقع بعيد أو على مسافة من الهدف. تتضمن أدوات التحسس عن بعد المألوفة لدى الآثاريين كاميرات

التصوير والأدوات الجيوفيزيائية مثل جهاز قياس المغناطيسية التي ترتبط بالأرض وغيرها([٤]).

تظهر أهمية تقنيات الاستشعار عن بعد بأنواعها؛ الصور الجوية ومناظر الأقمار الصناعية والرادار وغيرها في أنها ذات قدرة هائلة على تقديم معلومات غزيرة عن الأرض، والاحتفاظ بهذه المعلومات بأشكال مختلفة(صور وسجلات رقمية) للرجوع إليها. كما أنها تساعد على المراقبة والمتابعة للأرض ومواردها وإجراء المقارنات بين مدد زمنية مختلفة ([٥]).

هناك عدة تقنيات متبعة في كشف وتثبيت المواقع الأثرية بواسطة نظام الاستشعار عن بعد منها؛ التصوير الجوي، التقنيات الجيوفيزيائية، نظم المعلومات الجغرافية.

وتتميز هذه الطرائق والتقنيات والأجهزة بأنها ليست ذات آثار تدميرية في تحري واستكشاف المواقع الأثرية، لذا فإنها ذات فوائد واضحة على التنقيب وخاصة عندما تتعامل مع المصادر الأثرية المحدودة.

مصادر المعلومات في الاستشعار عن بعد :

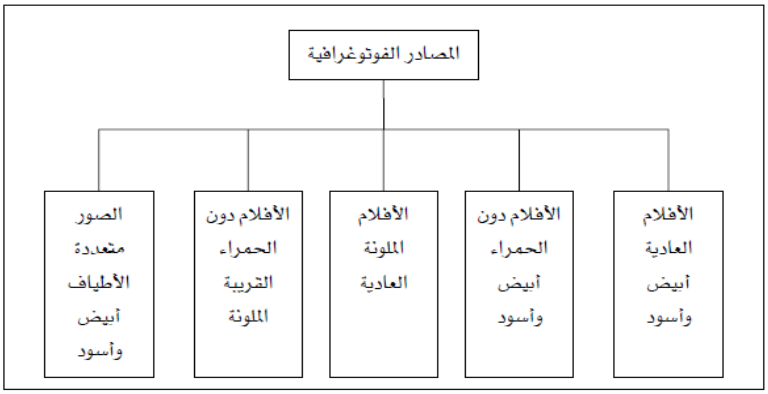
هناك نوعان من مصادر المعلومات في الاستشعار عن بعد هما:

١- المصادر الفوتوغرافية

كانت المصادر الفوتوغرافية حتى وقت قريب هي الوسيلة الوحيدة التي يمكن استخدامها للحصول على معلومات جوية، ولا تزال تلعب دوراً هاماً ضمن مصادر الاستشعار عن بعد المستخدمة في الوقت الحاضر([٦]).

وتجهز آلات الاستشعار الفوتوغرافية بأفلام أبيض وأسود أو ملونة أو كلا النوعين يستشعر الأشعة المرئية فقط، أي إنها تسجل الانعكاسات التي تراها العين البشرية. عموماً يمكن تقسيم الأفلام المستخدمة في وسائل الاستشعار

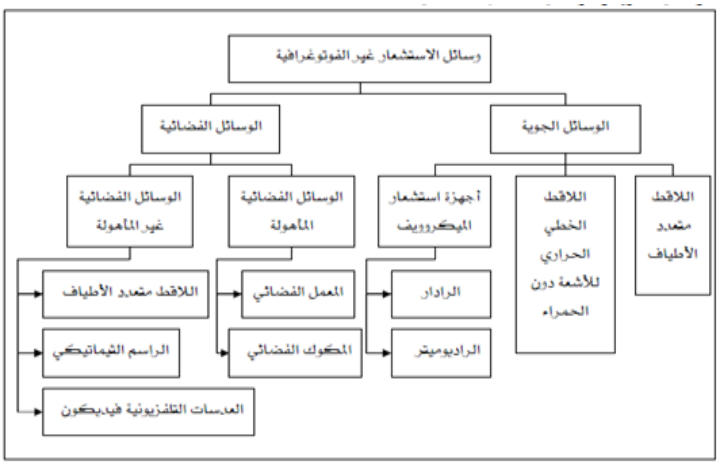
عن بعد إلى خمسة أنواع، كما يظهر ذلك الشكل الآتي:



وتستخدم الأفلام العادية أبيض وأسود في إعداد خرائط المواقع الأثرية وتحديد فروع الأنهار والقنوات المائية القديمة، كذلك يمكن أن تساهم الصور الملونة في الدراسات الأثرية المختلفة.

٢- مصادر الاستشعار غير الفوتوغرافية

تختلف وسائل الاستشعار عن بعد غير الفوتوغرافية تبعاً لنوع الوسيلة التي تحملها، كالطائرات والأقمار الصناعية، وبصورة عامة يمكن تقسيم الوسائل غير الفوتوغرافية حسب وسيلة الحمل إلى قسمين هما: الوسائل الجوية والفضائية([٧]) كما في المخطط التالي:



- الوسائل الجوية : يقصد بها وسائل الاستشعار عن بعد التي تحملها الطائرات العادية والتي تصل إلى ارتفاعات كبير فوق سطح الأرض، حيث تقوم بتسجيل مناظر لسطح الأرض باستخدام الأشعة الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من سطح الأرض. وأهم هذه الوسائل اللاقط متعدد الأطياف وهو يستشعر موجات أقصر من ١٤ ميكرومتر، والرادار وهو يسجل موجات أطول من ٥ ملم والراديومتر(٨).
- الوسائل الفضائية : لقد تطور استخدام الوسائل الفضائية في الاستشعار عن بعد لدراسة الموارد الأرضية خلال العقود الثلاث الماضية من مرحلة التطبيق العملي لحل كثير من المشكلات التي تواجه البشر، بشكل لم يكن متوقعاً أن يتم في هذه المدة القصيرة (٩).

ويمكن أن تكون الوسائل الفضائية مأهولة أو غير مأهولة. يمثل النوع الأول منها سفن الفضاء التي تحمل رجال الفضاء وأجهزة فوتوغرافية وتقوم بالتقاط صور ومناظر لسطح الأرض. وتتميز بكونها ذات مهام محددة وقصيرة جداً. اما الثانية وهي الوسائل الفضائية غير المأهولة فإنها تسجل الموجات المرئية

والقريبة من المرئية وتسجل الموجات الحرارية في الأشعة دون الحمراء وأشعة الميكروويف([١٠]).

إن من أهم إن من بين أهم الأقمار الفضائية التي ساعدت وساهمت في مجال العمل الآثاري منذ عام ١٩٧٢ القمر الأمريكي لاندسات(LANDSAT) والفرنسي سبوت(SPOT)([١١]).

وتعتبر النتائج التي قدمتها الصور من خلال هذه الوسائل في حقل الآثار مدهشة وعلى قدر كبير من الأهمية، فمن السهل تمييز المباني والبقايا الأثرية البارزة على سطح الأرض في الصور، وذلك لظهورها بأشكال مميزة وغريبة عما يحيط بها([١٢]).

علم الآثار وتقنيات التحسس عن بعد

أشرنا إلى أنه من بين آلات وتقنيات التحسس عن بعد المألوفة للآثاريين كاميرات التصوير والآلات والأدوات الجيوفيزيائية مثل آلات قياس المغناطيسية التي لا تتصل بشكل مباشر بسطح الأرض والتصوير الجوي وغيرها.

١- التصوير الجوي

أدى دخول التصوير الجوي إلى مجال التنقيب عن الآثار إلى نتائج مذهلة، وكان من بين أوائل من نادوا بإستخدام الإمكانيات التي يمكن أن توفرها هذه التقنية الآثاري(فلندرز بتري)، الذي كان يحاول التغلب على عدم إتاحة طائرة بالنسبة له في ذلك الوقت عن طريق تثبيت آلة تصوير على طائرة ورقية تقوم بتصوير الموقع بلقطات عشوائية يقوم بدراساتها لاحقاً، وعندما أصبحت الطائرات أكثر إنتشاراً عدت من الوسائل الأساسية لمحاولة الكشف عن الآثار، وقد بدأ استخدام التصوير الجوي في مجال الآثار إبان الحرب العالمية الأولى.

ورغم أن مصطلح التحسس عن بعد استخدم لأول مرة عام ١٩٦٠، إلا أن بعض التقنيات التي تندرج ضمنه قد دخلت في مجال علم الآثار منذ مطلع عشرينات القرن المنصرم. فتقنية التصوير الجوي كإحدى تقنيات التحسس عن بعد، والتي تستند إلى قانون المسح الجوي العمودي عن طريق الموجات الطولية للأشعة تحت الحمراء، استخدمت في الأعمال الأثرية منذ ذلك التاريخ. وهي التقنية الأوسع استعمالاً من بين هذه التقنيات في كونها ومنذ مدة طويلة كانت أداة فعالة في البحث في المجال الآثاري (١٣). فقد أثبت الجغرافي والطيار الأنكليزي ج. كراوفورد، مكتشف تقنية التصوير الجوي من الطائرات، أن المباني الآثارية يمكن أن ترسم أو تخطط من خلال الظلال والتربة وعلامات المحاصيل على الصور الجوية. ومنذ ذلك الوقت، فإن كل من المسح الجوي المائل(المنحرف) والعمودي استعملت على نحو واسع في الاستكشافات الأثرية ورسم الخرائط في معظم مناطق العالم. لقد ساهم هولاء الرواد الأوائل في إدخال تحسينات على هذه الأدوات والآلات وتأسيس طرق وأساليب ظلت تستعمل إلى الآن (١٤).

مكنت هذه التقنية الآثاريين من فحص مناطق كبيرة كان من الصعب عليهم إجراء عمليات مسح عليها، بواسطة الطرق التقليدية في المسح، وبشكل خاص عن طريق السير في أراضيها. فالتصوير الجوي لا يقدم رؤية عين الطائر فقط لتضاريس الأرض ولكنه يكشف أيضاً سمات ومعالم آثارية غير واضحة في مستوى الأرض. وقدم التصوير بالأشعة فوق الحمراء بعد الحرب العالمية الثانية زيادة في قدرة التحسس عن بعد، فاستطاع الآثاريون فحص مقاطعات أكثر مما كانوا يفعلون عندما كانوا يمشون على أقدامهم، وعملوا الكثير من الخرائط باستعمال التصوير الجوي لعلاقات مكانية مختلفة(١٥). وقد ساهم

التصوير الجوي في العمل الأثري في دراسة وسبر أغوار المخلفات والمواقع الأثرية المنتشرة على مساحات كبيرة حيث تعجز العين البشرية عن الوصول إليه أو إدراك شموله ([١٦]).

كما ساهم المسح الجوي بتقنية التصوير الجوي في إنتاج الخرائط الرقمية المتعددة الاغراض والمتنوعة المقاييس وذلك لما تتميز به من دقة وسرعة واقتصاديات تشغيل ممتازة مع توفير في الوقت والجهد ([١٧]).

وقد تبنى السيد روربرت آدمز (R. Adams) في نهاية الخمسينات في مشروع حوض ديالى منهاج جديدة في أعماله منها استخدام الصور الفضائية المأخوذة من القمر الصناعي (LANDSAT) لرسم خرائط لمجاري المياه والسدود القديمة المندرسة([١٨]). واستند السيد ويلكينسون (Wilkinson) في مشروع ري الجزيرة في شمال العراق في عمل خرائطه على التصوير الجوي وصور من القمر الأمريكي(LANDSAT)، بالاشتراك مع معلومات طبوغرافية عالية الدقة. كما استخدم تقنية كورونا (CORONA)، وهي أقدم تقنيات صور الستلايت، وكانت نافعة ومفيدة جداً حين عملت على ربط البقايا البشرية بالمشهد العام. وقد استخدمها ليس فقط لتحديد المواقع وإنما لفهم المواقع ضمن إطارها البيئي، وبشكل خاص الطرقات الوعرة التي تؤدي إلى خارج المواقع، وأحياناً فقط إلى الحقول، وفي أحيان أخرى تقود إلى مواقع في الجوار ([١٩]).

لقد أدى استعمال تقنية التصوير الجوي إلى التعرف على أماكن الآثار ولاسيما الأبنية الطينية منها عن طريق تحديد مخططات هذه الأبنية طبقاً لعلامات معينة تظهر في التربة والنباتات والظلال، ومع أن هذه العلامات جميعاً تبدو بغير معنى أو مفهوم عندما يراها الانسان العادي وهو واقف بينها على ظهر

الأرض، فإنها تترابط في الصورة المأخوذة من الجو بشكل يوضح للمنقب المتمرس الكثير من الظواهر الأثرية للموقع الذي يريد الحفر فيه ([٢٠]).

فالتصوير الجوي هو أقدم أدوات وآلات التحسس عن بعد، وربما يبقى الأكثر أهمية من بينها في مجال البحث الأثري للكشف عن المواقع الجديدة ([٢١]). وللقيام بالتصوير الجوي لأية منطقة من المناطق يتوجب استخدام الطائرات أوالمناطيد أو الأقمار الصناعية. وقد استخدم الطيران في حقل المسوحات الأثرية منذ بداية القرن العشرين كما ذكرنا. وتبرز الأهمية الكبرى للاستفادة من صور الأقمار الصناعية في الكشف عن المواقع الأثرية، وإن كان الغرض من التصوير أموراً أخرى غير المواقع الأثرية ([٢٢]).

تشبه آلة التصوير الجوي نظيرتها آلة التصوير العادية في مبدأ عملها، لكنها تختلف عنها من حيث الغرض والاستخدام وظروف التصوير، كما إنها يجب أن تحتوي على عدسة دقيقة لها قوة تفريق كبيرة (Resolving) والتقاط آلي للصور ومحافظة على الاتزان ومقاومة الارتجاج ([٢٣]).

ورغم أن التصوير الجوي في بعض الحالات يكون جيداً ومتاحاً ويمكن استخدامه في العمل الأثري، لكنه ليس شائعا في العمل الاثري في العراق، لذا فإن الخيار المتاح أمام الآثاريين هو أن يقوموا بأنفسهم بعمل الصور الجوية، كما فعلت السيدة إليزابيث ستون في موقع مشكن شابير ومواقع أخرى في جنوب العراق، وقد استخدمت تقنيات مختلفة في التصوير الجوي منها المناطيد والطائرات الورقية. وتظهر الصور الجوية آثار الجدران الطينية وخاصة بعد الأمطار، حيث تظهر حدودها بوضوح ويمكن تمييزها من خلال هذه الصور. لكن يبقى المسح الجوي مكلف مادياً لذلك يبقى قليل الإستعمال بالقياس للتقنيات الأخرى([٢٤]).

٢- التصوير الجوي بواسطة الأشعة تحت الحمراء

للأشعة تحت الحمراء القدرة على النفاذ في الأجسام وقوة هذا النفاذ تتوقف على كثافة الجسم المراد بحثه واظهار ما بداخله، لذا يستخدم التصوير بواسطة الأشعة تحت الحمراء للكشف عن كل شيء مطمور تحت الأرض أو مطموس بحيث لا يمكن رؤيته بواسطة العين المجردة ولا تصويره بالوسائل والكاميرات العادية. وبذلك تعطي الأشعة تحت الحمراء تسجيلاً دقيقاً لحالة الأثر بكل تفاصيلها. لهذا استخدمت هذه الأشعة في مجال العمل الأثري للكشف عن بعض الطبقات المحتمل وجودها تحت الطبقة السطحية لأثر من الآثار والتي بها بقايا أثرية أو لها طبيعة مختلفة للطبقة السطحية الموجودة فوقها ([٢٥]).

3- المسح بالرادار الجوي

يعمل الرادار الجوي في الحقل الأثري بنفس الطريقة التي تعمل بها رادارات علماء الأرصاد والسفن والطائرات، فهو يرسل موجات قصيرة إلى الأرض ويسجل المعلومات المنعكسة عنها. وهو يعمل بشكل أكثر جودة في الأراضي الصلبة منها في الأراضي الرخوة، لذا فإنه يكون أكثر فائدة حين استخدامه في مواقع شمال العراق منها في جنوبه، فمثلاً يمكن استخدامه في فهم نظم قنوات الري في العواصم الآشورية على نطاق واسع([٢٦]).

4- الطرق الجيوفيزيائية في المسح الأرضي (Geophysical Methods)

تعد مناهج وتقنيات المسح الجيوفيزيائي جزءاً من تقنيات التحسس عن بعد، وتتميز هذه المناهج بأنها ليست ذات آثار تدميرية في تحري واستكشاف المواقع الأثرية، وهي بهذا ذات فوائد واضحة على التنقيب وخاصة عندما تتعامل مع المصادر الأثرية المحدودة.

ليس هناك في الواقع تعريفاً مباشراً للجيوفيزياء الأثرية، ولكن يمكن القول أنها:(فحص الخواص المادية للأرض باستعمال تقنيات المسح الأرضي غير التدميري لكشف المعالم الآثارية المدفونة في المواقع والمنطقة بشكل العام)([٢٧]). تعتمد الطرق الجيوفيزيائية، التي يمكن لها مساعدة علماء الآثار،على استخدام نظريات علم الفيزياء في الكشف عن التركيبات الجيولوجية للقشرة الأرضية، والتعرف من ثم على ما في باطن هذه الأرض من كنوز سواء كانت أثرية أو غير أثرية ([٢٨]).

يرتبط عمل هذه الآلات والتقنيات بشكل عام بالمناطق والمواقع الصغيرة نسبياً، ويلجأ إليها عادة من أجل تحديد واختيار نقطة الشروع والمباشرة في الحفر، والهدف من استخدام هذه التقنيات هو تحديد الموقع المفترض حيث يوجد الأثر وخاصة البقايا البنائية أو القبور، فهي بهذا يمكن أن تحقق منطلق جيد للشروع في عمليات الحفر والتنقيب، وهي تعتمد على الأرض التي يراد الحفر والتنقيب فيها وشدة المقاومة فيها لهذه الأجهزة ([٢٩]).

بدء استعمال هذه التقنيات منذ عام ١٨٩٣م بتقنية بسيطة عرفت بـ (Pitt– River)، نسبة إلى العالم البريطاني بيت ريفير(Pitt– River)، الذي يعد واحد من أشهر العاملين في هذا المجال وهو أول من استعمل آلة لاستكشاف باطن الأرض. إلا أن أول استعمال لآلات تسجل معلومات جيوفيزيائية كان قد جرى تحت اشراف البروفسور(ريتشارد اتكنسون= R. Atkinson) في انكلترا عام ١٩٤٦، في موقع دورشستر في شرق انكلترا ([٣٠]). وقد تمثلت تقنية (Pitt– River) ببساطة بضرب الأرض بالرأس المستدق للفأس، والاستماع إلى الاختلافات للصوت العائد، فالصوت المكتوم ربما يشير إلى خندق مملوء مثلاً،

بينما الصوت ذو الرنين ربما يمثل وقوع التربة الجيولوجية تماماً تحت السطح. (٣١).

عموماً هناك عدة طرائق جيوفيزيائية تتبع من قبل بعض الآثاريين في أعمال الكشف عن ما في باطن الموقع الأثري، من أبرزها :

أ- تقنية قياس المقاومة الكهربائية.

ب- تقنية قياس القوة المغناطيسية

ت-تقنية الرادار المخترق لطبقات الأرض (٣٢).

بشكل عام يلجأ بعض الآثاريين إلى الطريقتين الكهربائية والمغناطيسية، ليتسنى لهم الحسم في أية نقطة أو النقاط سيباشرون الحفر، والغاية من هذه المناهج، هو الكشف عن أبنية مدفونة ممكنة، يمكن أن تلبي مصلحة خاصة. وبذلك يستطيع الباحث الأثري أن يحسم قرار البدء بالحفر، حيث تقوم الأبنية التي تم التي تم كشفها في هذه العملية (٣٣).

أ- تقنية قياس المقاومة الكهربائية

هي أول الطرائق الجيوفيزيائية التي استخدمت في الكشف عن الآثار المدفونة في باطن الأرض منذ سنة ١٩٤٦. تقوم فكرة المسح الكهربائي على إعتبار أن كل أنواع التربة توصل التيار الكهربائي بشكل أو بآخر، والتربة لا تحيد عن ذلك نظراً لإحتوائها على أملاح ذائبة في الماء الذي يتخللها، فإذا وجد في هذا المكان آثار من مواد مغايرة لمادة التربة فإن المقاومة الكهربائية في هذا المكان تكون مختلفة، لذا يمكن وضع الأقطاب الكهربائية على أعماق مختلفة أسفل التربة (إن لم تكن صلدة جداً) حتى يمكن الحصول على معلومات من الأعماق (٣٤).

وقد أتضح أن التيار الكهربائي على سبيل المثال يمر بصعوبة أكبر من خلال سور أو جدار، إذ أن أحجاره تتميز بإحتفاظها بالرطوبة بدرجة أقل من التربة التي تحيط بها، وبالعكس فإن التيار الكهربائي يمر بسهولة داخل تجاويف التربة نظراً لأن التربة في التجويف تكون أكثر رطوبة من الصخور([٣٥]). أي أن الأرض التي يراد التنقيب فيها يكون لها مقاومة بشدة ما صعبة أو سهلة، عندما يمرر فيها تياراً كهربائياً، لأن هذه المقاومة ستتغير تبعاً لنوع المخلفات المدفونة في الموقع عند تمرير التيار الكهربائي فيها([٣٦]).

ب-تقنية قياس القوة المغناطيسية

تعدد هذه الطريقة من أبسط الطرائق التي يمكن بواسطتها الكشف عن الآثار ذات الأعماق البعيدة التي تصل إلى ما يقرب من ٦ م، وتكون نتائجها سريعة لذا فإنها من أفضل الطرائق التي يمكن استخدامها في الكشف عن الآثار المدفونة في باطن الأرض ([٣٧]).

يعتمد منهج المسح المغناطيسي على مبدأ التغييرات التي تسببها المخلفات المدفونة في الأرض، إذ يكون الحقل المغناطيسي الطبيعي للتربة ذا إستجابة ما، عندما يتم مسح الحقل في نقطة محددة، لكن هذه الاستجابة تختلف بسبب الخصائص الخاصة التي تعكسها هذه المخلفات ([٣٨]).

فإذا كانت التربة ذات طبيعة واحدة وخالية من أية آثار، فإن الجهاز المستخدم في القياس يؤشر قراءات واحدة، أما إذا وجدت في هذه التربة أجسام ذات تأثير مغناطيسي كالحديد والآجر ونحوها، فإن قراءات الجهاز تكون مختلفة وغير عادية مما يعطي دلالات واضحة على وجود آثار فيها ([٣٩]).

بالمجمل يمكن قياس اضطراب شدة المغناطيسية بواسطة المقياس المغناطيسي، الذي يسمح بتمييز مغناطيسية الحقل الأرضي عن المغناطيسية الترددية([٤٠]).

ت- تقنية الرادار المخترق لطبقات الأرض

- **الرادار GPR**

دخلت أجهزة الرادار في الأعمال الأثرية منذ منتصف سبعينات القرن الماضي، وبالرغم من كونه جهازاً مألوفاً بشكلٍ عام للجميع، فإن تقنيته أكثر تعقيداً مما يتصور. وتكون هذه التقنية نافعة ومفيدة في ظل الظروف المثالية لأنه يكشف عن مدى واسع من هيئات القبور(الدفن) وموادها ([٤١]).

يستعمل هذا الجهاز وبفعالية عالية في الكشف عن الهياكل الداخلية من المباني، كما أنه فعال في مراكز المدن حيث يمكنه اختراق الاسفلت. ويكون نافعاً ايضاً عند العمل على بقايا المدافن والقبور القريبة من السطح ([٤٢]).

- **جهاز كشف المعادن**

يعد هذا الجهاز من أكثر الأجهزة المستعملة من قبل الآثاريين للبحث عن الأشياء المصنعة. ويكون أفضل استخدام له على التقسيمات الشبكية. ويستعمل بشكل رئيس في الكشف عن الأشياء، وتحديداً المعدنية منها والتي تقع على عمق حوالي ١٥ سم، لذا فإن المستكشف عديم الخبرة سوف يضيع الكثير من الوقت من خلال الكشف عن الركام المعدني والحطام الناتج من العمليات الزراعية الحديثة ([٤٣]).

5- الأقمار الصناعية

شهد العقد الأخير من القرن الماضي ومطلع القرن الحالي ثورة حقيقية في نظم المعلومات الجغرافية، إذ ظهرت التقنيات الالكترونية المتطورة والتي تمثلت بنظام (GIS) أي نظام المعلومات الجغرافية، ونظام (GPS) أي النظام العالمي لتحديد المواقع وغيرها .

وتعد هذه ال من الوسائل الحديثة في مجال الكشف عن الآثار، ومع تطور الأقمار الصناعية أصبح من السهل الآن معرفة ما يحتويه باطن الأرض بل ورسم خرائط لذلك. وبصفة عامة فإنه يمكن الإعتماد بصفة مبدئية على برنامج (Google Earth) بإصداراته الحديثة وهو مجاني في أغلبه، وذلك لما يوفره من صور بدرجات وضوح متنوعة وبإرتفاعات مختلفة عن سطح الأرض، وعلى الرغم من بساطة هذه الصور– مقارنة بالأقمار الأكثر تطوراً– فلا شك أنها فتحت الباب واسعاً أمام الدراسات الأثرية عامة وأما التنقيب الأثري بصفة خاصة ([٤٤]).

إن استعمال التقنيات الحديثة في مجال العمل الأثري ساهم في تقديم فهم وتفسير جديد لطبيعة الموقع أو المواقع الأثرية، فالموقع هو الوحدة الأساسية للعمل الآثاري، وهو مكان مع بعض الأدلة الواضحة من النشاطات الحضارية، والتي يحصرها الآثاريون ضمن حدود، داخل أو خارج الموقع الأثري ([٤٥]).

ترتبط هذه الأنظمة المتطورة بالأقمار الصناعية، وهي تقدم صور جوية وخرائط فائقة الجودة وعالية الدقة، وإن كانت هذه التقنيات مكلفة مادياً، لكنها دخلت في مجال الأعمال الأثرية التي تجري في مختلف دول العالم تقريباً، لأهميتها الشديدة ولما تقدمه من عمل يقتصر الكثير من الجهد والوقت، ويقدم فائدة كبرى في هذا المجال. هذه التقنيات جعلت العمل الأثري أكثر فعالية، وأصبح من الممكن تسجيل موضع المخلفات والمنتجات الانسانية على الموقع، كما أنها تعطي من يعمل في هذا الحقل انطباعاً واضحاً عن النشاطات الانسانية عبر جميع أنحاء المشهد العام للحقل الأثري أكثر من الموقع الأثري المنفرد ([٤٦]). ومن أهم هذه التقنيات نظام العلومات الجغرافي ونظام تحديد المواقع العالمي :

١- نظام المعلومات الجغرافي (= Geographic Information System (GIS

نظام المعلومات الجغرافي (GIS) يمثل حالة خاصة من نظم المعلومات والتي تحتوي على قواعد معلومات تعتمد على دراسة التوزيع المكاني للظاهرات والنشاطات والأهداف التي يمكن تحديدها في المحيط المكاني كالنقط والخطوط والمساحات، حيث يقوم نظام المعلومات الجغرافي بمعالجة المعلومات المرتبطة بتلك النقط أو الخطوط أو المساحات لجعل البيانات جاهزة لاسترجاعها لاجراء تحليل لها أو الأستفسار عن بيانات من خلالها (٤٧).

إن المعلومات أساس هذا النظام، لأن وظيفة النظام أخذت من أسمه وهي إدارة ومعالجة تخزين المعلومات، وهذه المعلومات بمختلف أنواعها لا بد أن يكون لها مصدر، ومصادر البيانات لنظم المعلومات الجغرافية كثيرة ومتنوعة ومتباينة وتختلف حسب الغاية والهدف المطلوب تحقيقه، منها الاستشعار عن بعد والمسح الجوي وبيانات نظم تحديد المواقع العالمية والخرائط بأنواعها والمخططات وغيرها (٤٨).

تعتمد نظم المعلومات الجغرافية على معلومات الصور الفضائية أو ما يعرف بالاستشعار عن بعد، والتي يمكن الحصول بواسطتها على بيانات مكانية للمواقع الأثرية التي لا يمكن الحصول عليها من المصادر الأخرى كطرق المسح الأرضي والمسح الجوي. وتعتبر الصور الفضائية من المصادر الرخيصة نسبياً بالمقارنة بالتكاليف التي تنفق على الطرق التقليدية الأخرى. ومن أهم الميزات في منتجات الاستشعار عن بعد الحصول على معلومات بسرعة أكثر من الصور الجوية، لأن التصوير الفضائي يتم على مدار الساعة ويخزن إلى أن تأتي الحاجة له، بعكس الصور الجوية فإن التصوير لا بد أن

يكون بطلب مستقل غالباً مما يزيد من تكلفة الصور الجوية مقارنة بمنتجات الاستشعار عن بعد.

ونظام (GIS) هو نظام يربط بين الموقع الحقيقي العالمي لأي نشاط أو معلم على سطح الأرض، ويُحدد الموقع بواسطة أجهزة صغيرة تحمل باليد وترتبط مع منظومة أقمار صناعية معدة لهذا الغرض، منها جهاز الأسترقام اليدوي عن طريق طاولة الأسترقام (المرقم) ([٤٩]).

ويمثل الموقع بواسطة هذه الأجهزة على شكل صورة فضائية أو جوية أو خارطة تكون مصممة بعمليات يتناولها علم المساحة، وتظهر النشاط أو الموقع بصورة واضحة وتمثل الموقع الحقيقي لتربطه مع المعلومات المتوفرة عن هذا النشاط أو المعلم، وهذه المعلومات تجمع حقلياً وتغذي للبرنامج لترتبط بهذا النشاط، وبعد تغذية المعلومات تصبح الصورة الفضائية أو الجوية صورة ناطقة ومعبرة بعد أن كانت صماء ومن خلالها يمكن إجراء العمليات التحليلية أو الاحصائية والاستنتاج بعد الحصول على النتائج المرئية، مثلاً تحديد عدد المواقع الأثرية في مدينة أثرية، واظهارها موقعياً على الصورة أو الخارطة. وكل هذا من أجل أن يقدم هذا النظام النتائج لبناء قاعدة معلومات رقمية جغرافية للموقع والنشاطات، مما يسهل إجراء عمليات الاحصاء والتحليل ومن ثم خزنها وجعلها معلومات أرشيفية. وهذا العمل يتطلب توفر خبرة ومهارة وتدريب على البرمجة وعلى العمل على أجهزة GIS([٥٠]).

٢- نظام تحديد المواقع العالمي(Global Positioning System= GPS)

تم استحداث نظام الرصد العالمي (GPS) ليواكب احتياجات الجيش الامريكي عام ١٩٧٣، وقد روعي في هذا النظام تغطية جميع المناطق على سطح

الأرض وكذلك دقة نتائج تحديد المواقع والاحداثيات. وقد بدأ اطلاق أول قمر صناعي لخدمة هذا النظام في عام ١٩٧٨ وتبع ذلك اطلاق باقي الأقمار وإلى الآن. وتعد هذه الأقمار بمثابة نقاط ثابتة ضمن شبكة جيوديسية عالمية ثلاثية الأبعاد ([٥١]).

تعتمد فكرة عمل هذا النظام على الرصد على الأقمار الصناعية حيث يتم الرصد (إرسال إشارة) من أقمار صناعية معلومة الموقع والاحداثيات على مدارات بعيدة عن الأرض إلى النقاط الأرضية غير معلومة الموقع والاحداثيات (أجهزة تستقبل الاشارة). وتعتمد فكرة العمل أيضاً على التغطية المستمرة لأي موقع باستخدام ٢٤ قمراً صناعياً على ستة مدارات أساسية تغطي الكرة الأرضية تغطية كاملة طوال اليوم([٥٢]).

الخاتمة

لا شك أن علم الآثار كان ولا يزال في حاجة إلى خدمات كثير من العلوم الأخرى، لتزداد إضافاته عن حياة الإنسان وحضارته في ماضيه القريب والبعيد، لذا إتجه علماء الآثار منذ نشأة هذا العلم وإنتشاره إلى الكثير من العلوم الأخرى لتقدم له العون في فحص ودراسة ما خلفه الإنسان من حضارة مادية، أو ما تركه من كتابات ونقوش، وصولاً إلى تحقيق الكثير من أهدافه.

لذا إتجه علماء الآثار مؤخراً إلى العلم الحديث ليساعدهم ويسهل عملهم ويوفر جهدهم ووقتهم ومالهم، وقد حدث هذا الإتجاه منذ القرن الماضي عندما وجه العلم بحوثه ودراساته إلى أمور غير محسوسة ولا سيما الموجات الكهرومغناطيسية والأشعة السينية والكونية وغيرها في محاولة دائبة للاستفادة التطبيقية منها، وقد توصل ولا شك إلى كثير من الانجازات في هذا الصدد.

فقد ساهمت هذه المناهج والتقنيات في مساعد علماء الآثار في إختيار نقطة البداية أو النقاط التي سيباشرون الحفر والتنقيب فيها، كذلك يمكنها أن تستخدم في إيجاد المواقع الأثرية الجديدة، فضلاً عن قدرتها على الكشف عما في باطن هذه المواقع من ثروات وكنوز دون أن يقوم عالم الآثار بالحفر فيها.

لقد كانت التقنيات ذات نفع كبير لعلماء الآثار وجعلت عملهم أكثر يسراً، كما أنها وفرت وقتهم وجهدهم ومالهم، وساهمت في الوصول إلى الكثير من الإنجازات لكل فروع هذا العلم وحققت المزيد من النجاح في كل مجالات العمل الآثاري.

الهوامش

[١] – غالان، رودريغيز مالاتين (1998). مناهج البحث الأثري ومشكلاته. ترجمة خالد غنيم، دمشق. ص ٣٣.

[2] –Braidwood, R. J(1960). Excavations in Iraq Kurdistan. Chicago.

[٣] – الإدارة العامة التصميم وتطوير المناهج (2006). الاستعشار عن بعد. الرياض.ص ٢–٣.

[4] – Donoghue , D.N.M (2001). Remote Sensing .in. Brothwell ,D .R. Pollard, A.M (Ed) Handbook of Archaeological Sciences. USA. p. 556–557.

[٥] – الإدارة العامة التصميم وتطوير المناهج (2006). الاستعشار عن بعد. الرياض.ص ٣.

[6] – Drewett, P.L (2003–2004). Field Archaeology, An Introduction. London ,p.p.37.

[٧] – الإدارة العامة التصميم وتطوير المناهج (2006). الاستعشار عن بعد. الرياض.ص٧، ١٧.

[8]– Donoghue , D.N.M (2001).OP.cit.p.555.

[9]– Kennedy, D(1998).Declassified Satellite Photographs and Archaeology in the Middle East : case studies from turkey. Journal Antiquity, Vol.72,p.p.553–561.

[١٠] – الإدارة العامة التصميم وتطوير المناهج (2006). الاستعشار عن بعد. الرياض.ص١٩.

[11] –Shennan,I , Donoghue,D.N.M (2005).Remote Sensing in Archaeological Research. Journal Proceeding of the British Academy, Vol 77,P.225.

[١٢] – الإدارة العامة التصميم وتطوير المناهج (2006). الاستعشار عن بعد. الرياض.ص ٣٧.

[13] – Shennan,I , Donoghue,D.N.M (2005).Op.cit. p.p.223-224.

[14] – Donoghue , D.N.M (2001).OP.cit. p. 555.

[15] – Ibid. p.p.37-38.

[١٦] – غالان، رودريغيز مالاتين (1998). المصدر السابق الذكر. ص ٧٩.

[١٧] – الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج (2006). نظم المعلومات الجغرافية. الرياض، ص 47.

[18] –Adams, R.M (1981).Heartland of cities. Surveys of Ancient Settlement and Land Use on the Central Floodplain of the Euphrates. Chicago,London,p.p.27-43.

[19] – Ur, J(2002). CORONO Satellite Photography and Ancient Road Networks: A Northern Mesopotamia Case Study. USA.p.104.

[٢٠] – رزق، عصام محمد(١٩٩٦). علم الآثار بين النظرية والتطبيق. مطبعة مدبولي، القاهرة، ص ٣٨.

[21] – Drewett , P.L (2003-2004).OP.cit.p.37.

[22]– Jim G, Sam. G, Neil, F (2002).The Archaeology Coursebook. London.p.19.

[٢٣] – الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج (2005). المساحة التصويرية. الرياض، ص 17.

[24] – Donoghue , D.N.M (2001). Remote Sensing .In. Brothwell ,D .R. Handbook of Archaeological Sciences.USA.p.27.

[٢٥] – حسن، علي(١٩٩٣).الموجز في علم الآثار. القاهرة. ص 88.

[26]– Kenneth ,K. L (2003).Geophysical Surveys as landscape Archaeology. American Antiquity, Vol 68,№ 3.p.p.441-443.

[27] – Drewett , P.L (2003-2004).OP.cit.p.50.

[٢٨] – رزق، عصام محمد(١٩٩٦). المصدر السابق الذكر. ص ٤٣.

[٢٩] – غالان، رودريغيز مالاتين (1998).المصدر السابق الذكر. ص 146.

[30] – Clarke, J (1973). Archaeology: the Loss Innocence. Antiquity. No. 47. p. p.9-11.

[31]– Drewett , P.L (2003-2004).OP.cit.p.50.

[32] – Kenneth ,K. L (2003). OP.cit.p.439.

[٣٣] – غالان، رودريغيز مالاتين (1998).المصدر السابق الذكر. ص ١٤٦.

[34] – Kenneth ,K. L (2003).OP.cit.p.441.

[٣٥] – الشوكي، أحمد(٢٠١٣).علم الحفائر الأثرية. القاهرة، ص ٤١-٤٢.

[36]– Kenneth ,K. L (2003).OP.cit.p.p.441-442.

[٣٧] – غالان، رودريغيز مالاتين (1998). المصدر السابق الذكر، ص ٤٤.

[38] – Drewett , P.L (2003-2004).OP.cit.p.53.

[٣٩] –– رزق، عصام محمد(١٩٩٦).المصدر السابق الذكر، ص ٤٤.

[٤٠] – غالان، رودريغيز مالاتين (1998). المصدر السابق الذكر، ص ١٤٧.

[41] – Kenneth ,K. L (2003).OP.cit.p. 442.

[42] – Jim. G, Sam. G, Neil, F (2002).The Archaeology Coursebook. London. p.p.18-19.

[43]– Conner, D. Scott ,D (1998). Metal Detector Use in Archaeology: an Introduction for Historical Archaeology. London.p.p.76-80/ Jemes, C. Brian, L (2003).Archaeology Survey. U.S.A.p.p.80-81/ Jim G, Sam. G, Neil, F (2002).OP.cit.p.18.

[44]– Drewett , P.L (2003-2004).OP.cit.p.59.

[45] – Jim G, Sam. G, Neil, F (2002).OP.cit. p.p.36-37.

[٤٦] – رزق، عصام محمد(١٩٩٦). المصدر السابق الذكر، ص ٣٧/ Drewett , P.L (2003-2004).OP.cit.p.p.59-60

[47] – Kenneth, L. K(1999). OP.cit. p.p. 154- 160.

[٤٨] – الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج (2006). نظم المعلومات الجغرافية، مسح 213. الرياض، ص ٩٨.

[٤٩] – المصدر نفسه، ص 106-107.

[٥٠] -- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج (2006). نظم المعلومات الجغرافية، مسح 213. الرياض، ص ١٠٦/ Jim G, Sam. G, Neil, F (2002).OP.cit. p.9.

[٥١] – الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج (2006). مساحة، مدن 102 . الرياض، ص ٤.

[52] –Charis ,G. John ,G (2003).Revealing the buried past. London, p. 87.

قائمة المصادر

1–الإدارة العامة التصميم وتطوير المناهج (2006). الاستعشار عن بعد. الرياض.

2–الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج (2006). نظم المعلومات الجغرافية.

3–الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج (2006). نظم المعلومات الجغرافية، مسح 213. الرياض.

4–الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج (2006). مساحة، مدن 102 . الرياض.

5–الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج (2005). المساحة التصويرية. الرياض.

6–حسن، علي(١٩٩٣).الموجز في علم الآثار. القاهرة.

7– الشوكي، أحمد(٢٠١٣).علم الحفائر الأثرية. القاهرة.

8–رزق، عصام محمد(١٩٩٦). علم الآثار بين النظرية والتطبيق. مطبعة مدبولي، القاهرة.

٩- غالان، رودريغيز مالاتين (1998). مناهج البحث الأثري ومشكلاته. ترجمة خالد غنيم، دمشق.

10- Adams, R.M (1981).Heartland of cities. Surveys of Ancient Settlement and Land Use on the Central Floodplain of the Euphrates. Chicago,London.

11- Braidwood, R. J(1960). Excavations in Iraq Kurdistan. Chicago.

12- Charis ,G. John ,G (2003).Revealing the buried past. London.

13- Clarke, J (1973). Archaeology: the Loss Innocence. Antiquity. No. 47.

14- Conner, D. Scott ,D (1998). Metal Detector Use in Archaeology: an Introduction for Historical Archaeology. London.

15- Donoghue , D.N.M (2001). Remote Sensing .in. Brothwell ,D .R. Pollard, A.M (Ed) Handbook of Archaeological Sciences. USA.

16- - Drewett, P.L (2003-2004). Field Archaeology, An Introduction. London.

17- Kennedy, D(1998).Declassified Satellite Photographs and Archaeology in the Middle East : case studies from turkey. Journal Antiquity, Vol.72.

18- Jemes, C. Brian, L (2003).Archaeology Survey. U.S.A.

19- Jim. G, Sam. G, Neil, F (2002).The Archaeology Coursebook. London.

20- Shennan,I , Donoghue, D.N.M (2005).Remote Sensing in Archaeological Research. Journal Proceeding of the British Academy, Vol 77.

21- Ur, J(2002). CORONO Satellite Photography and Ancient Road Networks: A Northern Mesopotamia Case Study. USA.