## المقياس الزمني

اعتمد المقياس الزمني الجيولوجي بشكل أساسي على الأعمار النسبية لتسلسل الطبقات الرسوبية، كما أن تحديد أعمار الطبقات داخل منطقة ما وكذلك أعمار الطبقات في مناطق أخرى وفي قارات مختلفة ينطوي على الارتباط الطبقي من مكان إلى آخر، وعلى الرغم من أن ارتباط الطبقات على مسافات متواضعة يمكن تحقيقه في كثير من الأحيان من خلال تتبع أسرة معينة من مكان إلى آخر، فإن الارتباط عبر مسافات طويلة وعبر المحيطات يتضمن بشكل شبه دائم مقارنة الحفريات ومع استثناءات نادرة توجد الحفريات فقط في الطبقات الرسوبية؛ لذلك فإن علم الحفريات وهو علم الحياة القديمة ويتعامل مع الحفريات، ويعتمد بشكل متبادل مع طبقات الأرض والجيولوجيا التاريخية، ويمكن اعتبار علم الحفريات أيضاً فرعاً من علم الأحياء. واهم مبادئ استخدام علم الأحافير هي:

- **التطور العضوي** هو المبدأ الأساسي الذي ينطوي عليه استخدام الأحافير للارتباط الطبقي حيث أنه يدمج تغييرات تدريجية لا رجعة فيها في تعاقب الكائنات الحية عبر الزمن...
- لقد خضعت نسبة صغيرة من أنواع الكائنات الحية لتغييرات قليلة أو معدومة على مدى فترات طويلة من الزمن الجيولوجي، لكن معظم الكائنات الحية قد تغيرت تدريجياً وانقرضت الأشكال السابقة وبدورها نجحت أشكال أكثر حداثة.
- الكائنات الحية المحفوظة كأحافير عاشت على مدى فترة قصيرة نسبياً من الزمن الجيولوجي والتي كانت منتشرة جغرافياً مفيدة بشكل خاص للارتباط الطبقي، إن هذه الأحافير عبارة عن فهارس للعمر الجيولوجي النسبي ويمكن تسميتها حفريات مؤشر .
- تؤدي الحفريات دوراً رئيسياً آخر في الجيولوجيا ؛ لأنها تعمل كمؤشرات للبيئات القديمة
- يسعى المتخصصون الذين يطلق عليهم علماء البيئة القديمة إلى تحديد الظروف البيئية التي يعيش فيها الكائن الأحفوري والقيود الفيزيائية والبيولوجية على تلك الظروف، ومعرفة أن الكائن الحي يعيش في البحار أو البحيرات أو المستنقعات أو في أي نوع من المجتمع البيولوجي.
- نظراً لأن النفط والغاز الطبيعي يتراكمان فقط في البيئات المقيدة يمكن لعلم الأحياء القديمة أن يقدم معلومات مفيدة لاستكشاف الوقود الأحفوري.

**الأحفورة** هي أثر أو بقايا نبات أو حيوان كان يعيش منذ آلاف أو ملايين السنين. بعض هذه الأحافير أوراق نبات أو أصداف أو هياكل، كانت قد حفظت بعد موت النبات أو الحيوان. وبعضها الآخر آثار ومسارات أقدام نتجت عن الحيوانات المتنقلة. وتوجد معظم الأحافير في صخور رسوبية تشكلت هذه الأحافير من بقايا نباتات أو حيوانات طمرت في الرسوبيات مثل الطين أو الرمل المتجمع في قاع الأنهار والبحيرات والمستنقعات والبحار. وبعد مرور آلاف السنين، فإن ثقل الطبقات العليا الضاغطة على الطبقات السفلى يحولها إلى صخور. وهناك عدد قليل من الأحافير التي تمثل نباتات أو حيوانات كاملة لأنها حفظت في جليد أو قطران أو إفرازات الأشجار المتجمدة.

ومع أن السجل الأحفوري غير مكتمل، فإن العديد من المجموعات النباتية والحيوانية الهامة قد ترك بقايا أحفورية. وقد مكنت هذه الأحافير العلماء من تصور نماذج الحياة التي وجدت في عصور زمنية مختلفة في الماضي، وكذلك معرفة كيف عاشت أنواع ما قبل التاريخ. كما تشير هذه الأحافير لكيفية تغير الحياة مع الزمن على الأرض. ويستفاد من دراسة الأحافير في العديد من الجوانب الجيولوجية الاثارية وأهمها ما يلي:

- تحديد العمر الجيولوجي للصخر المكتشف
- إتمام عمل الخرائط الجيولوجية
- التعرف على البيئة القديمة
- المساعدة في مضاهاة الوحدات الصخرية.
- التمكن من التعرف على أنماط وأشكال الحياة الغابرة.
- تساعد علماء الأحياء وعلم الارتقاء والتطور على سد الثغرات وتصنيف الكائنات الحية.
- تساعد على إنشاء الخرائط الجغرافية القديمة

**أولاً: الاحافير أو المتحجرات النباتية**

الحفرية النباتية هي أي جزء محفوظ من نبات مات منذ فترة طويلة. قد تكون مثل هذه الحفريات مجرد انطباعات لنباتات ما قبل التاريخ والتي قد تعود إلى ملايين السنين، أو أجزاء من الفحم لا يتجاوز عمرها مئات السنين النباتات من فترة ما قبل التاريخ هي مجموعات مختلفة من النباتات التي عاشت قبل التاريخ المسجل قبل ( ٣٥٠٠ قبل الميلاد).

- **الحفاظ على الحفرية النباتية:**

يمكن الحفاظ على أحافير النباتات بعدة طرق، يمكن لكل منها إعطاء أنواع مختلفة من المعلومات حول النيات الأصلي، ولكن يمكن تلخيصها في سياق الكائنات الحية القديمة على النحو التالي.

١. **الانضغاطات والانطباعات** هذه الطريقة هي الأكثر شيوعاً بين الأحافير النباتية. حيث أنها توفر التفاصيل المورفولوجية بشكل جيد، ولاسيما أجزاء النبات المسطحة كالأوراق. إذا تم الحفاظ عليها، فإنها يمكن أن تسفر أيضاً عن التفاصيل التشريحية الدقيقة للورقة. يتم الاحتفاظ عادة بالقليل من التفاصيل الأخرى للتشريح الخلوي.
٢. **التحجر التمعدن أو (الحفريات المحفوظة تشريحياً)** توفر هذه الطريقة التفاصيل الدقيقة التشريح الخلية للأنسجة النباتية. يمكن أيضاً تحديد التفاصيل المورفولوجية عن طريق المقطع التسلسلي، لكن هذا يستغرق وقتاً طويلاً.
٣. **القولبة** تميل هذه الطريقة فقط إلى الحفاظ على الأجزاء النباتية الأكثر قوة مثل البذور والسيقان الخشبية. يمكن لأحافير هذه الطريقة تقديم معلومات حول الشكل ثلاثي الأبعاد للنبات، وفي حالة قوالب جذوع الأشجار يمكن أن توفر دليلاً على كثافة الغطاء النباتي الأصلي. ومع ذلك، فإنها نادراً ما تحافظ على أي تفاصيل شكلية دقيقة أو تشريحية للخلية. بعد الموت، تدخل الرواسب وتشكل مجموعة التجويف المركزي للساق.
٤. **قلم الفحم** عادة ما تدمر الحرائق الأنسجة النباتية، ولكن في بعض الأحيان يمكن للبقايا التي تحتوي على الفحم الحفاظ على تفاصيل مورفولوجية دقيقة تضيع عادة في الأنماط الأخرى للحفظ؛ تم الحفاظ على بعض من أفضل الأدلة على الزهور في وقت مبكر في أقلام الفحم. أحافير أقلام الفحم حساسة للغاية وصغيرة في كثير من الأحيان، ولكن بسبب طفوها يمكن أن تنجرف في معظم الأحيان لمسافات طويلة، وبالتالي يمكن أن توفر أدلة على الغطاء النباتي بعيداً جداً عن مناطق الترسيب.

- **اما اهم التقنيات المستخدمة لمعرفة وتحديد التاريخ الزمني من بقايا النباتات فهي تتمثل بالآتي:**

**١- استخدام العناصر المشعة**

تستخدم العديد من النظائر المشعة وتقنيات مختلفة لتحديد التاريخ وكلها تعتمد على حقيقة ان بعض العناصر خاصة اليورانيوم والبوتاسيوم تحتوي على عدد من النظائر المختلفة التي تعرف بنصف العمر، وبالتالي فإن نسبة التركيز لهذه النظائر داخل الصخور او المعادن يمكن قياس عمرها، كما انها تبين التسلسل الزمني الجيولوجي قياس الزمن الجيولوجي) واهم العناصر المشعة المستخدمة مع بقايا النباتات لمعرفة اعمارها هي البوتاسيوم واركون ٤٠ والثوريوم ٢٣٠ واليورانيوم ٢٣٨ واليورانيوم ٢٣٥ ، اما العناصر المستخدمة في تحديد آزمان العصور هو الكاربون ١٤ الذي يعد احد اشكال الكاربون الاعتيادي لكنه يختلف في الوزن الذري داخل الكائن الحي الذي يدخل له عن طريق غذائه النباتي وهي ثابتة ما دام على قيد الحياة وعند موته تتوقف عملية امتصاص الكاربون فيبدأ بالتناقص لكونه عنصر مشع وبشكل منتظم بحسب المدة الزمنية التي تقدر بـ ( ٥٧٥٠) او ٥٦٠٠) عام وتسمى هذه بدورة نصف العمر وتستخدم هذه الطريقة في المواد العضوية كالخشب القديم او المتفحم والحبوب الغذائية والجلود وغيرها التي لم تتعرض الى تغير كيميائي او تحجر ومن عيوبها انها لا تتعدى في قياس الزمن أكثر من (٥٠٠٠٠ (٦٠٠٠٠) سنة وبذلك لا تستخدم في معرفة الأدوار الأولى للعصر الحجري القديم.

**٢- استخدام حلقات الاشجار**

ويسمى علم تحديد عمر الاشجار الذي يستخدمه علماء الطبيعة ليتمكنوا من تحديد عمر الشجرة عن طريق حساب الحلقات الموجودة في مقطع جذعها واهميته تكمن في معرفة السياق التاريخي الصحيح لنموها من اجل فهم افضل للعمليات البيئية وظروفها القديمة والحالية. فأن تحديد زمن الآثار بواسطة حلقات الاشجار يتم بمقارنة حلقات النموذج الاثري المصنوع من الخشب بجدول او تقويم حلقات اعمدة خشبية أو مواد خشبية سالمة او محترقة معروفة الزمن اذ ان هناك اشجار تتميز بحلقات سنوية متتالية تختلف باختلاف موسم فصل النمو فعرض جدار الحلقة يكون واسعاً في الفصل الذي يكون غزيراً بالأمطار ولكن لا تنطبق هذه الطريقة في حساب عمر الشجرة على جميع انواع الاشجار فمثلاً اشجار النخيل ليس لها حلقات واشجار الحمضيات لها أكثر من حلقة سنوية، في حين اشجار الصنوبر (نوع دوكلاس كانت من افضل الانواع لتحديد عمر الاشجار بشرط وجود اخشاب قديمة غير تالفة أو متفحمة في

الموقع الاثري. ومن الملاحظ ان هذه الطريقة لا تستخدم في المواقع الاثرية في العراق بسبب رطوبة التربة التي تتلف المواد العضوية كالاخشاب والنسيج وغيرها.

**ثانياً : الاحافير أو المتحجرات الحيوانية**

ترتبط إحدى التقنيات التي يستخدمها علماء آثار الحيوان ارتباطا وثيقا بعلم تافونومي (taphonomy). (علم التاريخ الحفري) والذي يمكن تعريفه بأنه العلم الذي يهتم بالمراحل التي تمر بها بقايا الكائن من موته إلى دفنه أي أنه علم متخصص بماذا حصل للكائن الميت من زمن موته إلى حين اكتشافه المصطلح الإنجليزي مأخوذ من اليونانية والتي تعني حرفياً قانون الدفن ويشمل ذلك كيفية دفن الأشياء وحفظها في الموقع محل البحث، وما الظروف التي ساعدت في حفظ تلك الأشياء، وكيف تدمرت تلك الأشياء، ومن ثم يتم تفسير تلك المعلومات.

- **التحليل المعملي للحفريات**

إن التحليل المعملي هو التقنية الأخرى التي يستخدمها علماء آثار الحيوان ويشمل هذا التحليل مقارنة الهياكل العظمية التي تم العثور عليها في الموقع مع الهياكل العظمية للحيوانات المعروفة من قبل ولا يساعد هذا فقط في تعريف ماهية الحيوان، ولكنه يحدد ما إذا كان هذا الحيوان مستأنسا أم لا، ولكن هناك تقنية أخرى يستخدمها علماء آثار الحيوان وهي التحليل الكمي فهم يضعون التفسيرات بناءً على عدد وحجم العظام . وتضم تلك التفسيرات معلومات عن مدى أهمية الحيوانات المختلفة في غذاء الحيوان واهم التقنيات التي يمكن القيام بها لتحليل الآثار لبقايا الحيوانات التي تتواجد في المواقع الاثرية هي:

١- **التحليل الجيولوجي:** يتضمن هذا النوع من التحليل تحليل تركيبة الصخور والتربة المحيطة بالمنطقة الأثرية وتحديد العناصر الكيميائية الموجودة فيها.
٢- **التحليل البيئي:** يستخدم هذا النوع من التحليل لتحديد النظام البيئي الذي كان موجوداً في المنطقة الأثرية في الماضي، والتعرف على الحيوانات والنباتات التي كانت تعيش فيها.
٣- **التحليل البيولوجي** يستخدم هذا النوع من التحليل لتحديد الحيوانات والنباتات التي كانت تستخدم في الحياة اليومية في المنطقة الأثرية، وتحديد الأشكال الحيوانية والنباتية الموجودة في البقايا الأثرية.
٤- **التحليل الكيميائي** يستخدم هذا النوع من التحليل لتحديد تركيبة المواد العضوية واللاعضوية الموجودة في البقايا الأثرية، وتحديد الأشكال الكيميائية والمواد الموجودة فيها.

٥- **التحليل الجيني** يستخدم هذا النوع من التحليل لتحديد الحيوانات والنباتات التي كانت موجودة في المنطقة الأثرية، وتحديد العلاقات الوراثية بينها وبين الحيوانات والنباتات الحالية.

وتتضمن تلك التقنيات بعض التحاليل المهمة الأخرى وهي:

- **تحليل الحمض النووي:** يتم استخدام تحليل الحمض النووي لتحديد الأنواع الحيوانية المستخدمة في الأطعمة والملابس والأدوات والأسلحة.
- **تحليل البروتين** يتم استخدام تحليل البروتين لتحديد الأنواع الحيوانية المستخدمة في الأطعمة والأدوات والأسلحة.
- **تحليل العظام** يتم استخدام تحليل العظام لتحديد الأنواع الحيوانية والأوقات التي تم قتلها وتحضيرها للاستهلاك.
- **تحليل البقايا الحيوانية في الفحم** يتم استخدام تحليل البقايا الحيوانية في الفحم لتحديد الأنواع الحيوانية التي كانت موجودة في المنطقة في الأزمان الماضية.
- **تحليل الإيزوتوبات:** يتم استخدام هذا التحليل لتحديد الأوقات التي تم فيها استخدام النباتات والحيوانات في الأطعمة والملابس والأدوات والأسلحة.

ملاحظة: معنى الأيزوبوتات (isotope) : (النظائر المشعة هو مصطلح تمت صياغته من قبل (ماركريت تود) عام (١٩١٣م) وهي طبيبة اسكتلندية وهناك نوعين من النظائر يعرف النوع الأول منها بالنظائر المستقرة، أما النوع الثاني يعرف النظائر المشعة، أو النظائر غير المستقرة باستخدام تحليل الإيزوتوبات تتفكك العناصر الإشعاعية مثل اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم تنتج أشكالا جديدة من العناصر التي تسمى الإيزوتوبات، وستخدم النظائر لتحديد عمر الحفريات والصخور من خلال عملية تسمى التاريخ الإشعاعي.