# الباب السادس

# حقائق الحياة

إن التطور حقيقة واقعة مثله مثل المدار الإهليلجى للكواكب حول الشمس. هناك تحولات بين الأنواع واضحة فى الحفائر وفى الحياة المعاصرة بنفس القدر. لقد توصل تشارلز دارون وألفريد راسل والاس كل على حدة إلى نظرية التطور(*) فى النصف الثانى من القرن التاسع عشر، تمثل هذه النظرية نموذجا لكيفية حدوث التطور مثلها فى ذلك مثل نظرية الجاذبية لنيوتن. لقد طور أينشتين نظرية الجاذبية ووضع النظرية النسبية العامة لتصف تفاعلات مجالات الجاذبية القوية. بالنسبة لنظرية دارون – والاس فهى صحيحة إذا اقتصر العرض على عدد صغير من الأنواع وتفاعلها بعضها مع البعض ومع البيئة المحيطة بها.

تتلخص نظرية التطور فى ثلاث خطوات منطقية: يشابه أول مولود أبويه، ويرث الصفات ذاتها التى تنتقل من جيل لآخر، ولكن ميكانيكية نسخ هذه الصفات ليست مثالية؛ ولذا تحدث بعض الاختلافات البسيطة (أحيانا غير بسيطة) بين الأفراد فى جيل واحد. النقطة الأساسية التالية هى أنه ليس كل المواليد فى جيل واحد تعيش لتلد جيلا ثانيا – والسؤال هنا – لماذا يعيش بعض الأفراد حتى تتوالد بينما يموت الآخرون؟ الأفراد الذين يعيشون هم الأفراد الذين تأقلموا بشكل أفضل مع البيئة المحيطة – بمعنى: هم الأفراد الأقدر على الحصول على الغذاء، وكذلك فى جذب الجنس الآخر للتزاوج وأيضا الأقدر فى أساليب النجاة من أن تأكلهم كائنات أخرى. هذا هو معنى «البقاء للأصلح».

لنعد الآن إلى بداية السلسلة المنطقية: يبقى الأفراد الأصلح ويتزاوجون ويتكاثرون ويعنى ذلك أنهم يورثون صفات التفوق هذه للجيل القادم، ومن هذه الصفات، القدرة على التأقلم إذا ظلت هذه البيئة المحيطة دون تغير (وهذا قلما يحدث) فإن هؤلاء الأفراد وما بعدهم من أجيال سوف يكتسبون صفات أفضل وأفضل للتأقلم مع البيئة المحيطة – هذا هو ما قاد دارون إلى ما أسماه «قانون الانتخاب الطبيعى». توصل دارون إلى المبدأ هذا بعد دراسة أنواع الطيور فى أرخبيل «جالاباجوس» حيث لاحظ اختلاف مناقير الطيور باختلاف نوع الثمار ومدى صلابتها من جزيرة لأخرى. ليس الصراع فقط مع النباتات التى تحمل الثمار التى تتغذى عليها هذه الطيور وإنما هناك أيضا صراع بين أفراد النوع الواحد. ثمة مثل آخر : إذا كان نوع ما من التلوث يؤثر

(*) تسمى كذلك نظرية النشوء والارتقاء أو ببساطة نظرية دارون.

على ذوى الأنوف الصغيرة، فإن الأفراد ذوى الأنوف الكبيرة سوف يملكون ميزة معينة مقارنة بذوى الأنوف الصغيرة، وبالتالى من جيل إلى آخر سوف يزداد حجم الأنوف فى هذه العائلة.

لنورد مثالا عمليا على هذا: لقد قام الزوجان بيترو روزمارى جرانت (Peter & Rosemary Grant) فى ١٩٧٠م بدراسة الطيور فى جزيرة دافنى (Daphne) فى أرخبيل «جالاباجوسى» الذى ورد ذكره، وهى موطن العصافير الأرضية التى تحمل اسم (Geospiza Fortis) ، والتى تستخدم مناقير طويلة لكسر البذور. فى عام ١٩٧٧م حدث جفاف شديد على الجزيرة، مات بسببه حوالى ألف من العصافير هذه من أصل ١٢٠٠ عصفور كانت تتم دراستهم. مات هذا العدد لأن النباتات التى يتغذون عليها قد جفت، ووجد الباحثان أن الطيور التى نجت كانت هى الضخمة ذات المناقير الكبيرة. قام فريق الدراسة بقياس أطوال المناقير ووجد أنها زادت بمقدار ٤٪ بعد الجفاف مقارنة بأطوالها قبل الجفاف. بهذا نصل إلى نهاية هذا التسلسل المنطقى إلى أن الانتخاب الطبيعى يقودنا إلى ما يسمى (الإستراتيجية) نحو استقرار تطورى» (ESS) "Evolutionary Stable - Strategy" .

تأتى هذه الرؤية من استخدام قوانين «نظرية الألعاب» (Games Theory) – والتى لعبت دورا مهما فى الحرب الباردة. لقد كان جون مايناردسميث John My-nard Smith من جامعة سسكس University of Sussex أحد المتخصصين البارزين فى هذا المجال ، لقد أورد المثال التالى:

لنتصور أن جماعة من المخلوقات يمكن وصفها بإحدى صفتين: إما «صقور» وتتصرف بعنف مع أعضاء الجماعة الآخرين، و«حمائم» وهؤلاء مسالمون إلى حد كبير. عندما يلتقى صقران حول قطعة من الطعام فسوف يتصارعان ويتقاتلان حتى يموت أحدهما، وبالتالى يفوز الآخر بالغذاء. عندما تلتقى حمامتان عند قطعة من الغذاء سوف تنسحب إحداهما بهدوء وتفوز الأخرى بالوجبة. حتى نحصل على نتائج كمية لابد أن نضع نقاطا لكل حدث. فمثلا نضع خمسين نقطة للطعام، إذا فاز اللاعب بالوجبة فهو يكسب ٥٠ نقطة، وإذا هرب من المواجهة فلن يحصل على أية نقطة، وإذا تعارك الفرد من أجل الطعام فربما يحدث له جرح ويفقد مائة نقطة، وإذا فاز بالطعام فإنه يحرز خمسين نقطة. إذا قام بما يعتبر تهديدا قبل الفوز يضاف له عشر نقاط، ولنأخذ مثالا عدديا: لنفرض أننا بدأنا بمجموعة من الحمائم ننتهى إلى أن كل فرد يحصل على ١٥ نقطة ولا يؤذى أحد الآخر، وبذا نجد أنفسنا أمام مجتمع مثالى (يوتوبيا).

لنتصور الآن أن صقرا واحدا ظهر فى هذه المجموعة نتيجة لطفرة جينية. طالما

كان عدد الصقور قليلا فلن يحدث تغير كبير فى المجموعة، وسيحصل كل فرد على الطعام وما يقرب من ١٥ نقطة، ولكن سوف يتكاثر الصقر وينتج صقورا أكثر وأكثر، وبالتدريج سوف تتفوق صفات الصقور. ماذا لو كانت المجموعة مكونة من صقور فقط؟ بالتأكيد سوف تحدث كارثة حيث سيفوز فى كل مواجهة أحد الصقرين بخمسين نقطة، ويفقد آخر مائة نقطة، ويكون المتوسط (- ٢٥) نقطة، يعنى هذا أن هذه المجموعة سوف تفنى وبسرعة ما لم يوجد غذاء وفير جدا. لنتصور ظهور حمامة واحدة فى هذه المجموعة . سوف تتكاثر الحمامة وسوف تتفوق صفات الحمامة فى هذه المجموعة بعد فترة.

هاتان الحالتان المتطرفتان ليستا مستقرتين، وإنما سوف يكون هناك دائما تطور نحو حالة الوسط. أفضل نسبة تحفظ استقرار مثل هذه المجموعة هو خمس حمائم لكل سبعة صقور . فى هذه الحالة سوف يحصل كل فرد على ٦,٢٥ نقطة فى كل مواجهة . أهم نقطة هنا أن «إستراتيجية الاستقرار التطورى» سوف تدفع النظام كله إلى هذا الوضع . هذا الوضع ليس بالضرورة الأفضل مقارنة مثلا بالنتيجة ١٥ نقطة لكل فرد إذا كانت المجموعة كلها حمائم.

لقد تأكد دور «إستراتيجية الاستقرار التطورى» فى علم البيولوجيا التطورية فى الكشف عن الصور الفعلية التى نراها فى بعض المجموعات، ولكن كما يوضح المسمى نفسه فإنها تتفاعل مع النظم المستقرة مثلها فى ذلك مثل الديناميكا الحرارية الكلاسيكية. فى مثل هذه النظم يتفاعل عدد قليل من المكونات (فى هذه الحالة السلوك الصقورى والسلوك الحمائمى يمثلان مكونين مرتبطين برابطة واحدة) توجد أمثلة أعقد بقدر ضئيل ولكنها مثل الشبكات البسيطة من المصابيح التى تعمل حسب قواعد جبر بول (Boolean Algebra) - حيث تتجمد عند حالة واحدة أو عند عدد محدود من الحالات. ولكن هناك إمكانية أخرى أن تكون البيئة البيولوحية متغيرة وتكون المجموعة السكانية سريعة التغير لتلاحق تغير هذه البيئة. من أفضل الأمثلة على هذا وإن يكن بعيدا عن البيولوجيا ولكنه معبر عن هذا الوضع بشكل واضح جدا:

نقصد بهذا سباق التسلح إبان الحرب الباردة ويسمى هذا «بظاهرة الملكة الحمراء» مقتبسا من كتاب لويس كارول (Lewis Carroll) - بعنوان «من خلال زجاج الرؤية» والتى كان لابد لها أن تجرى بأقصى قوة حتى تثبت فى نفس المكان.

يحب كاوفمان أن يستخدم مثالا عن الضفدعة الافتراضية التى تتغذى على حشرة افتراضية، فهناك عدة فرضيات حول كيفية نجاح الضفدعة فى اقتناص الذبابة، أما إذا كان جسم الذبابة أملسا فيمكنها الإفلات بشكل أفضل. لنفترض أنه

بالقرب من بركة ما يعيش عدد معين من الضفادع التى تأكل نسبة معينة من الذباب، إذا حدث وأن أصبح لسان إحدى الضفادع أكثر لزوجة فسوف تفوق أقرانها وسوف يتحور لسان الأجيال التالية من الضفادع ويصبح أكثر لزوجة. فى نفس الوقت سوف تتحور أجسام الذباب لتصبح أكثر ملامسة ونعود لنفس النسبة، ولكن أصبحت ألسنة الضفادع أكثر لزوجة وأجسام الذباب أكثر ملاسة.

يحدث هذا فى كل النظم وكل يوم حتى يحدث استقرار، لكن فى النظم الحقيقية هناك أنواع عديدة تتفاعل بعضها مع بعض. إذا كان أى تغير فى أى نوع يؤثر على الأنواع الأخرى فنحن أمام شواشى مؤكد، لأن أى تأثير صغير سيؤدى إلى تغيرات كبيرة ويستحيل توقع ماذا سيحدث فعلا. فى العالم الحقيقى، أى تغير فى نوع ما سوف يؤثر على الأنواع المجاورة، وهذه بدورها تؤثر على جيرانها وهكذا.

لنأخذ مثالا آخر من الحياة – تأكل الثعالب الأرانب – وما يحدث للأرانب سوف يؤثر مباشرة على الثعالب والعكس، ولكن الثعالب لا تأكل الحشائش ولذلك ما يحدث للثعالب لا يؤثر على الحشائش، ولكن الأرانب تأكل الحشائش إذن الأرانب والثعالب عقدتان مرتبطتان مباشرة فى الشبكة، والأرانب والحشائش عقدتان مرتبطتان مباشرة فى نفس الشبكة وهكذا، فإذا قل عدد الأرانب فإن الحشائش سوف تنمو أطول وسوف يؤثر هذا على أنواع أخرى من الكائنات التى تتغذى على الحشائش . إذا أضفنا السمك فى البحيرة والذى يتغذى أيضا على الذباب أصبحنا أمام شبكة معقدة والتى سميت بشبكة الحياة (Web of Life) حتى قبل أن يستخدم كاوفمان وغيره هذا التعبير.

نخلص من هذا أنه نظرا للترابط الشديد بين المكونات سوف تتجه هذه الشبكة إلى مرحلة «التنظيم الذاتى الحرج» أى إلى تحول حالة قرب الشواش. إذا انغلقت مجموعة من الكائنات فى إستراتيجية مستقرة، فطفرة فى أحد الأنواع سوف يؤدى إلى انفتاح فى الشبكة، وبالتالى يمكن أن تبدأ فى التطور، مما يؤثر على بقية المكونات فى الشبكة ويدفعها إلى حالة الشواش.

يوسع كل هذا فهمنا لما يحدث فى النظم البيولوجية، مما يذكرنا بما فعله إليا بريجوجين فى الديناميكا الحرارية الكلاسيكية ، لقد بدأ هذا العمل ر. ا. فيشر (R. A. Fisher [١٨٩٠ – ١٩٦٢م] فى محطة تجارب روثامستيد Rothamsted Experimental Station) . لقد كان فيشر أول من وضع الأسس الرياضية للبيولوجيا التطورية على أساس أن الانتقاء الطبيعى فى أحد أعضاء المجموعة يؤدى إلى تغير فى توزيع الجينات فى هذه المجموعة، ولكن فيشر كان مهتما بالحالات المستقرة للنظم المختلفة مثله فى ذلك مثل علماء الديناميكا الحرارية الكلاسيكية.

قام العالم سيوال رايت (Sewall Wright) (١٨٨٩ - ١٩٨٨م)، والـذى عمل فى جامعة ييل (Yale University) فى الخمسينيات من القرن الماضى، بوضع تصورا عن المنظر الطبيعى (Landscape) حيث تمثل التلال، استراتيجية تطورية ناجحة (چينات جيدة - وبشكل أدق مجموعة من الچينات التى تعمل جيدا بعضها مع البعض) ، وتمثل الوديان إستراتيچية تطورية غير جيدة (أو چينات سيئة). تمثل كل نقطة فى هذا المنظر الطبيعى فردا من مجموعة. فى هذه الحالة نرى أن المنظر الطبيعى هذا يمثل فراغا طوريا فى الواقع، حيث تكون الوديان هى الجاذبات، ولكن لأن أفراد المجموعات يختلف كل منها عن الآخر، ففى الواقع سوف تمثل المجموعة بتجمع من النقاط مثل قطيع من الغنم. سوف تترك الغنم التى تقع فى أعالى المنظر الطبيعى عددا أكبر من الصغار، وتلك التى فى قاع المنظر الطبيعى سوف تترك عددا قليلا من الصغار، ومع مرور الأجيال سوف تصعد هذه المجموعة إلى أماكن أعلى حتى تصل إلى قمة ما وتبقى عندها.

هذه الصورة مثالية إذا كنا نتعامل مع نوع واحد يتفاعل مع عدد قليل من المكونات الأخرى وفى وسط محيط مستقر - مثال جيد لما حدث للطيور التى درسها دارون فى جالاباجوس ، يؤمن الكثير أن هذه الطيور قد انحدرت من عدد قليل من الطيور وربما من زوج واحد من هذه الطيور، تطور بعض أفراد هذه المجموعة ونمت لهم مناقير أطول، وبذا صعدت بعض التلال فى هذا المنظر الطبيعى، ونمت للبعض الآخر مناقير أقوى وصعدت إلى قمم تلال أخرى، وهكذا أصبح النوعان مختلفين، ثم تطور آخر عندما تطول أو تتضخم المناقير بحيث تصبح عائقا فى تناول الطعام، فعند هذا الحد يتوقف التطور.

لقد صور نموذج فيشر بشكل جميل ما يحدث مستخدما فى ذلك رياضيات ببسيطة، ولكن ظهرت مشكلة! لنفرض أن المناقير التى تطورت وضعت هذه الطيور عند قمة تل منخفضة فى حين هناك قمم أخرى أعلى (أى حالات تطور أفضل) ، إضافة إلى هذا لا تستطيع هذه الطيور اختراق الحواجز لتصعد لقمم أعلى، فهى لكى تحقق هذا لابد وأن تتطور للأسوأ ثم تبدأ عملية تطور جديدة لتصعد إلى قمة أعلى، وكأنها دخلت طريقا مسدودا لا تستطيع الهرب منه. بذا يصبح نموذج فيشر ستاتيكيا، بحيث تبقى الأنواع عند قمم معينة وتظل هناك.

إن «ظاهرة الملكة الحمراء» مثال لكيف تؤدى التفاعلات بين الأنواع لتغيير هذه الصورة. إن التغير فى أحد الأنواع سواء كان طفرة أو حتى اندثار سوف يؤثر على بقية الأنواع - يبدو هذا وكأن القمم نفسها فى المنظر الطبيعى قد تغيرت. فى النظام الإستاتيكى لا تتغير القمم، أما فى النظام الشواشى فالتغيرات تتم بسرعة،

بحيث لا تلاحقها تغيرات الأنواع. أما على حافة الشواشى حيث تتغير قمم المنظر الطبيعى ولكن ببطء، بحيث يُفتح كل هذا المجال لتطور المجموعات أو أفراد هذه المجموعات ضمن نفس الوسط البيئى المحيط.

وهكذا يمكن أن ننتقل إلى تصور أن هذا المنظر الطبيعى هو من مطاط يتغير شكله مع تحرك الأنواع عليه بحيث يتيح الفرصة لتطور لا نهائى. فى المثال الذى سقناه سابقا عن الضفدعة والذبابة – إذا أتى الإنسان بكمية من المبيد الحشرى فسوف يدفع الذباب من القمة التى يجلس عليها إلى القاع، ولكن ما لم تفن كلها وتندثر فإنها سوف تكتسب مناعة ضد المبيد هذا، وهكذا يصعد الذباب إلى قمة أعلى، لم يكن ليحدث هذا ما لم يحدث الفناء الجزئى لهذا الذباب، وهكذا.. وعلى عكس تصور فيشر فإنه لا يوجد «أفضل مكان» يستقر عنده النوع ويبقى، لابد وأن يظل النوع يتطور متى ما أُتيحت له الفرصة، ورغم أن ما يمكن وصفه بأنه وضع أفضل لجيل ما، يمكن أن يكون سيئا بعد عدة أجيال.

لقد لفت النظر جون هولاند (John Holland) – من جامعة متشجان فى آن أربور – إلى أهمية تفاعلات الأفراد فى المجموعات . يندرج هذا من التفاعل بين الجينات داخل الخلية، إلى مجموعة الخلايا فى عضو بالجسم، إلى مجموعة من الأنواع مرتبطة بعضها بالبعض فى شبكة تتفاعل تفاعلا يقع بين «إستراتيجية الاستقرار التطورى» والانفصال التام غير المعتمد على أى عوامل خارجية. عبر هولاند عن تصوره فى نص «إن وقف أو محاولة التطور تكمن ليس فى الوصول إلى حيوان جيد، ولكن فى الوصول إلى قوالب جيدة تُنتج حيوانات جيدة عندما توضع معا». يورد هولاند أفضل مثال على ذلك طريقة «أجزاء الصور» التى كانت تستخدم قبل تطور الحاسب فى البحث الجنائى لتركيب صورة مجرم ما، بناء على الأوصاف التى يعطيها الشهود. انبنت هذه الطريقة على جمع قطع من الصور تحوى تسريحة الشعر، حجم الأنف.. وهكذا للوصول إلى صورة تشبه الأوصاف التى ذكرها الشهود. ويتم ذلك بسرعة ملحوظة، خاصة إذا تذكرنا أنه كان يتم التعامل مع ١٠١٠ من التركيبات المختلفة، وهو عدد يفوق بكثير جدا عدد سكان الأرض الحالى. يفضى كل هذا إلى الحديث عن التطور المشترك (coevolution) وليس عن التطور فقط.

إن ليى فان فالن (Leigh Van Valen) بعد دراسة الحفريات البحرية والتى قادته لوضع «ظاهرة الملكة الحمراء» فى عام ١٩٧٣م التى سبق التنويه عنها – وجد أنه بالنسبة لأى نوع (أو جنس) مثل الأسماك العظيمة – هناك احتمالية الاندثار من السجل الأحفورى، بصرف النظر عن المدة التى عاشها هذا النوع. إن فرص الاندثار عند أى فترة مختارة من السجل الأحفورى متطابقة. نفس الشىء ينطبق على

المستويات الأخرى من «شبكة الحياة»، يعنى هذا أن الأنواع لا تكتسب فرصا أفضل أو أسوأ بناء على التطور – إنها تندثر عشوائيا. يبنى فان فالين تصوره هذا على أساس أن الصراع من أجل البقاء هو خيار صعب كما كان فى كل العصور الماضية. نظرا لأن هذا الصراع يشمل أنواعا مختلفة يتفاعل بعضها مع البعض فإن الكل يحاول أن يكون أكثر كفاءة إلى أن يحدث شىء يزيل نوعا ما من الحياة. يؤدى هذا إلى إعادة ترتيب الأنواع فى المواضع البيئية المخصصة لها، ويتبع ذلك سباق تسلح جديد يستلزم جريا أسرع فى المكان، أى على كل الأنواع أن تبذل أقصى ما عندها لكى تتعايش مع الأنواع الأخرى حسب «ظاهرة الملكة الحمراء» كما سبق.

يؤدى هذا إلى تسارع عملية التطور والتأقلم وأفضل مثل على ذلك هو التطور عن طريق التكاثر الجنسى، حيث تختلط جينات الأبوين لينتج مولود كبير، ينمو ببطء قادر على التنافس فى معركة سباق التسلح مع المخلوقات الصغيرة، مثل البكتريا والطفيليات والتى تتكاثر بسرعة كبيرة.

ثمة جانب مهم لابد أن نشير إليه: رغم تركيزنا على الانتخاب الطبيعى للأفراد، إلا أن مجموعة الأفراد هذه تتفاعل مع بعضها البعض بشكل إيجابى، مثل فريق كرة القدم والذى يتكون من إحدى عشر لاعبا عدا المدرب والمديرين وغيرهم – إلا أننا ننسب النصر والهزيمة إلى النادى أو الفريق بصرف النظر عن أداء كل فرد فيه.

وهكذا نرى وباختزال معقول كيف تتم التغيرات التطورية فى السجل الجيولوجى بدلالة «طفرات» أو «فناء» لأنواع ما كلية – دون النظر إلى الانتخاب على مستوى الأفراد. إن المثل المفضل ليوضح هذا هو مثال الفأر الافتراضى الذى يتطور ببطء ليصبح فى حجم الفيل.

لنتصور أن فأرا ينمو بحيث يكون أكبر بقليل من والديه، ويظل معدل النمو ثابتا فى كل جيل، بحيث يحتاج ذلك إلى ٢٠ ألف جيل لكى يصبح الفأر فى حجم الفيل. لكن الفئران تنمو بسرعة كبيرة، والفيل ينمو ببطء شديد. لنفرض فى مثالنا الافتراضى هذا أن كل جيل يحتاج إلى خمس سنوات لكى يصبح فردا بالغا – وهى فترة بين فترة بلوغ الفأر والفيل؛ لذا يحتاج نمو الفأر إلى حجم الفيل مائة ألف عام. بمقياس الحفريات يعتبر هذا التحول لحظيا، بحيث سنرى فى الحفريات فى طبقة ما فأرا بحجم الفأر المعتاد وفى الطبقة التالية فأرا بحجم الفيل – ولا شىء آخر بينها بالطبع سوف يؤثر هذا التغير على الأنواع الأخرى، ورغم أن كل هذا يتم ببطء وحسب نظرية الارتقاء لدارون.

كل هذا مهم نظرا للخلاف الذى نشب بين المتخصصين فى نظريات التطور

حول ما سُمى «بالتطور الفاصلى» (Punctuatory evolution) الذى يبينه السجل الأحفورى حيث تمر فترات طويلة دون تطور ملحوظ للأجناس عدا تأقلم بسيط مع الفتحات البيئية المخصصة لهذه الأنواع.

ثم «تطور فاصلى» يتم خلال فترات زمنية صغيرة نسبيا، تعتبر لحظية على المقياس الجيولوجى، لذا نرى أحيانا إندثار أنواع وظهورا فجائيا لأنواع أخرى. كان كل هذا يعتبر متناقضا مع نظرية داروين عن التطور والارتقاء والذى يسمى أحيانا «بالتطور التدريجى». وهنا نجد أنه لا محل للتناقض - حيث إن كل تطور يتم تدريجيا - إذا لم نر فأرا يلد فيلا، ولا يمكن أن يحدث هذا والعكس بالعكس(*).

يمكن أن نوضح هذا على مثال كومة الرمل - عندما تكون «كومة الرمل» فى حالة التنظيم الذاتى الحرج تحدث بها الانهيارات، وتفصل هذه الانهيارات فترات معقولة من الزمن تقضيها الكومة فى هدوء، وتتراكم حبات الرمل بعضها فوق البعض - حبات الرمل متشابهة حيث إنها كلها تخضع للجاذبية ونفس قوانين نيوتن، وقوى الاحتكاك .. وغيرها. العبرة هنا تكمن فى الكيفية التى نرصد بها هذه الانهيارات، فإذا كنا نسقط حبة رمل كل ثانية وننظر إلى الكومة كل نصف ساعة، نجد أن شكل الكومة قد تغير كلما نظرنا إليها، وسوف تبدو الكومة فى حالة تغير مستمر ، ولكن إذا نظرنا للكومة كل ميكروثانية سوف نرى أن شكل الكومة يتغير تدريجيا،حيث سنرى أن حبات الرمل ظلت فى أماكنها عندما نظرنا إليها فى هذه الفترات الزمنية القصيرة جدا. وحيث إن الشبكات البيئية تظل كما هى عبر مئات الملايين من السنين فسوف تبدو الصورة ثابتة خلال مليون عام ، فهذا هو «الاتزان الفاصلى» ، وإن كانت الأنواع المشاركة فى هذه التغيرات لا تحس بأى تغير درامى يحدث لها وإذا استغرقت التغيرات مائة مليون سنة، فإن الكمون لمدة مليون سنة يمكن أن نسميه «الشواش الفاصلى». ويمكن أن نطبق هذا على الشبكات عندما تكون مكوناتها متصلة بعضها بالبعض بشكل مبعثر . هناك نقطة هامة أغفلها كاوفمان ولكن تنبه لها بر باك "Per Bak" وزملاؤه فى منتصف التسعينيات.

فى كل الأعمال السابقة كان الباحثون يستخدمون نماذج حاسوبية حيث تحدث طفرات بشكل عشوائى، وكانوا يرصدون كيف تنتشر هذه التغيرات لتؤثر على بقية مكونات الشبكة، مثلها فى ذلك مثل الانهيارات التى تحدث فى كومة الرمل، ومع هذا لم تندفع المنظومة نحو حافة الشواش، حدث تطور مهم جدا عندما زار كيم سنيبن (Kim Sneppen) - من معهد نيلس بور (Nils Bohr) فى الدانمرك -

(*) يمكن أن نعتبر أن الأحداث التى صاحبت الجفاف الذى حدث فى عام ١٩٧٧م فى جزر جالاباجوس كمثال على «الاتزان الفاصلى "Punctuated Equilibrium".

زاره فى بروك هافن فى عام ١٩٩٣م – لقد كان سنيين مهتما بتفاعلات الأسطح – مثلا: ماذا يحدث عندما يلقى قليل من القهوة على مفرش ونرصد كيف تتغير أشكال بقع الماء على المفرش أيضا . يسمى هذا الوضع فى الفيزياء «بديناميكا الحدود القصوى» "extremal dynamics" – اتفق باك وسنيپن على استخدام شكل ما من أشكال هذا التصور لوضع نموذج للمنظومة البيئية حتى تصل إلى حافة الشواش. القيم القصوى فى المنظومة البيئية هنا تعبر عن المكونات المتوائمة تماما مع البيئة، وتلك غير المتوائمة مع البيئة المحيطة.

وضع الباحثان رقما لكل عينة تقع بين الصفر والواحد، بحيث يكون الرقم الأعلى للنوع الأفضل تلاؤما مع البيئة والأقل للأقل تلاؤما – لتمثيل التفاعلات بين المكونات ثم الاكتفاء برابطتين فقط لكل نوع. تم إجراء البرنامج مع حذف العينات غير المتوائمة مع جاريْها واستبدالهم بثلاثة جدد، ذوى مواءمة عشوائية. فى الواقع هذا النموذج هو المنظر الطبيعى المطاطى.

فى البداية تختار المنظومة بشكل عشوائى ، حيث توجد عقد تمثل مواءمة تغطى كل القيم من الصفر إلى الواحد. عند إزالة النوع ذى المواءمة المنخفضة واستبدالها بأنواع أخرى سوف تكون بالضرورة ذات مواءمة أفضل، وبالتدريج ترتفع مواءمة الشبكة ككل، وتنتهى الشبكة إلى مواءمة قدرها ثلثان لكل مكونات الشبكة، وتستقر المنظومة عند هذا الوضع. ولكن ماذا يحدث عندما تحدث طفرة لنوع ما تقلل من مواءمته والتى ستؤثر حتما على جيرانه؟ سوف ينتشر هذا التأثير فى الشبكة التى تمثل صورة طبيعية مطاطية، ورغم عدم حدوث انخفاض فى مواءمة هذه الأنواع، لكن يمكن أن تتغير الصورة الطبيعية نفسها لتجد هذه الأنواع نفسها فى وضع أسوأ مما كانت عليه. سوف تمر المنظومة بفترات استقرار تتبعها فترات اندثار لبعض الأنواع وهكذا، رغم أن القواعد التى اخترناها ثابتة وتعمل بنفس الطريقة خلال فترات الاندثار والاستقرار. مرة أخرى نحصل على قانون أسّى ولكن قيمة الأس تختلف عن قيمته المستنتجة من السجل الأحفورى.

رغم نقد الناقدين بأن النموذج بسيط بدرجة تجعله غير واقعى إلا أنهم يتجاهلون حقيقة أن النماذج البسيطة تصف بشكل جيد ما يحدث فى الواقع. العبرة فى النموذج ليس مدى بساطته، وإنما مدى قدرته على تبيان الصورة الداخلية لما يحدث فى النظام الذى يمثله. مثل جيد على ذلك هو نموذج بور للذرة على بساطته فإنه أعطى قيما صحيحة لأطوال موجة الأشعة التى تصدر عن ذرات العناصر المختلفة، وكلنا نعلم الآن أن هذا النموذج احتاج لتحسينات عديدة مع اكتشاف خواص أعمق

لهذه الخطوط. كذلك من الواضح أن نموذج باك – كاوفمان يحتاج لتحسين أكبر حتى يعطى نتائج أفضل تتوافق مع نتائج دراسة السجل الأحفورى.

قام كل من لويس أمارال (Lewis Amaral) من معهد ماساتشوستس للتقانه ومارتين ماير (Martin Meyer) من جامعة بوسطون، بإضافة عنصر جديد إلى هذا النموذج يتمثل فى الحيوانات المفترسة والفرائس، وإن كان النموذج يظل بسيطا إلا أنه أحدث تقاربا هائلا بين النموذج والواقع.

فى هذا النموذج توجد ست طبقات من الغذاء، حيث تتغذى الأنواع فى طبقة واحدة على عدة أنواع من الطبقة الأسفل، وفى كل طبقة آلاف من الفتحات البيئية (ecological niches) – تكافئ العقد فى نموذج باك – سنيبن . يبدأ النموذج بكل الفتحات البيئية فارغة وقليل من الأنواع موزعة بشكل عشوائى على الطبقة السفلى من هذه السلسلة، ثم اختيار قاعدة بسيطة عبارة عن احتمالية ضئيلة لكل نوع فى البداية أن ينقسم إلى نوعين جديدين يتوزعان عشوائيا على الفتحات البيئية المتاحة على نفس المستوى أو فى مستوى أعلى أو أقل بالنسبة للوالدين. لكل نوع جديد تخصص عدة أنواع من المستوى الأدنى لكى تكون فرائس لهذه الأنواع. فى كل خطوة تختار بشكل عشوائى عدة أنواع من الطبقة السفلى لتندثر . هنا يكمن الفارق الجوهرى بين هذا النموذج ونموذج باك – سنيبن ، حيث لا يؤثر اندثار نوع ما على جيرانه فى نفس الطبقة، وإنما على نوع من الطبقة الأعلى والذى يمثل النوع الذى يفترسه. بهذه الطريقة وجد أن المنظومة تنظم نفسها وتتجه نحو حافة الشواش. مرة أخرى نجد أن عملية الاندثار تتبع قانونا أسيا، والأهم من ذلك أن كل هذا يحدث دون الحاجة إلى أى مؤثر خارجى.

ولكننا نعلم يوجود بعض المؤثرات الخارجية كتلك التى ارتبطت بتأثير سقوط نيزك على الأرض أدى لاندثار الديناصورات. فى التسعينيات قام مارك نيومان (Mark Newman) – من جامعة كورنيل – بدراسة نموذج يعتبر أن المؤثر الخارجى هو السبب الوحيد لفناء أحد الأنواع مع إهمال التفاعلات البيئية بين الأنواع على المنظر الطبيعى المطاطى. فى هذا النموذج تزال كل الأنواع منخفضة المواءمة، وتبقى فقط الأنواع الأعلى تواؤما – وتملأ بعد ذلك الفتحات البيئية الفارغة بأنواع جديدة بشكل عشوائى . أيضا تم إدخال مؤثرات خارجية عالية ومتوسطة القوة. أكدت النتائج العملية لهذا النموذج مدى جودته، إذ نتج عنه قانون أسى للاندثارات بقيمة أس تساوى الأس الناتج عن دراسة السجل الأحفورى.

تتم الصورة بشكل تدريجى حيث يعمل تطور دارون ويتنامى الإجهاد فى المنظومة حتى يصل إلى قيمة حرجة فيحدث زلزال فى كل أو فى جزء من

المنظومة. يكون جزء من هذا الإجهاد المتنامى بسبب تأثير الملكة الحمراء. فى نفس الوقت لا توجد وسيلة لكى نتوقع قيمة أو مقدار الحدث التالى هل هو ضعيف أم قوى .. وهكذا . بهذا تتبع النظم الحية وغير الحية نفس النظام . كل هذه المؤثرات تؤدى فى النهاية إلى القانون الأسّى لعمليات الاندثار. نخلص من هذا أن السجل الأحفورى يمكن أن يشى فقط بعمليات الاندثار وهى بدورها يمكن أن تكون بسبب مؤثرات خارجية مثل اصطدام نيزك أو حدوث براكين أو زلازل أو أشياء أخرى، أو بمجرد التطور التدريجى أو كل ذلك، كما فى رواية أجاثا كريستى «جريمة فى قطار الشرق السريع» حيث يمكن أن يكون الجميع مذنبين.

هكذا نرى أن هذا النموذج على بساطته، إلا أنه يعطى فكرة عميقة عن سلوك النظم الحية، حيث يبين كيف تتطور هذه النظم، من أى بدايات وتحت تأثير تأثيرات مختلفة داخلية وخارجية، فإنها تصل إلى حالة تنظيم ذاتى حرجة على حافة الشواشى حيث يحدث تغير كبير فى النظام ككل تحت تأثير مؤثر خارجى ضعيف. هذا هو ما يحدث فى الحياة حقيقة.

حسب نموذج نيومان نرى أنه عند تغير البيئة الفيزيائية يتغير المنظر الطبيعى – وتغير الحياة المنظر الطبيعى الخاص بالتواؤم، وهكذا تتأثر الحياة بكلا هذين المؤثرين . يؤكد هذا الاندثار الأكبر الذى حدث عند نهاية العصر البيرمى، ولم يكن ليحدث هذا ما لم تكن كل هذه المكونات مرتبطة مع بعضها البعض فى شبكة حياتية واحدة. الآن إذا حدث مثل هذا الحدث فى أمريكا الشمالية فسوف يؤثر غالبا فقط فى الأمريكتين ولن يمتد تأثيره إلى أفريقيا وآسيا وأستراليا وأوربا، أما فيما سبق فكانت كل هذه القارات مساحة يابسة واحدة – فتأثرت كل أنواع الحياة على اليابسة، وفى الجزء البحرى قرب شواطئ تلك اليابسة . وهكذا نرى أن البيئة الفيزيائية والبيئة البيولوجية مرتبطتين بقدر فوق ما تصورنا.

ولكن هل العكس ممكن؟ هذا ما يمثل أساس فرضية الجايا (Gaia) التى وضعها العالم البريطانى «جيم لوفلوك» "Jim Lovelock" فى عام ١٩٦٥م وتسبق بكثير نماذج التعقيد والنشوء التى قمنا بعرضها فيما سبق. يمكن الآن الأخذ بفرضية لوفلوك وتعميمها على دراسة الشواش، التعقيد والنشوء لكى تشمل كل الكواكب، ولكى تعطى إشارات عن كيف يمكن أن تكون هناك حياة تطورت على كواكب أخرى خارج المجموعة الشمسية.