

السلطة والمحفوظات (الأرشيف)

إن الدنيا بالخارج تمطر حامض د ن أ. على ضفة قناة أوكسفورد أسفل حديقتي ثمة شجرة صفصاف كبيرة، وهي تضخ في الهواء بذورا ذات زغب. ويتحرك الهواء بلا نظام، فتنجرف البذور إلى الخارج من الشجرة في كل اتجاه. ويقدر ما تصل إليه نظاراتي المكبرة، فإن الماء أعلا القناة وأسفلها قد ابيض بالنقط القطنية السابحة، وفي وسعنا أن نتيقن أنها قد كست الأرض بساطا يمتد إلى نفس البعد أيضا في اتجاهات أخرى. وزغب القطن قد صنع في أغلبه من السليولوز، وهو يحجم كالكزوم تلك الكابسولة الدقيقة التي تحوى حامض د ن أ، المعلومات الوراثية. ف د ن أ هو المحتوى الذى يجب أن يكون نسبة صغيرة من الكل، وإذن فلماذا أقول أن الدنيا تمطر د ن أ بدلا من أن أقول أنها تمطر سليولوزا؟ والإجابة هى أن د ن أ هو ما يهيم، وزغب السليولوز رغم حجمه الأكبر، إلا أنه مجرد باراشوت، سوف يهمل أمره. والعرض كله، زغب القطن والنورات والشجرة وكل شئ، يعمل من أجل دعم شئ واحد وشئ واحد فحسب، هو أن ينتشر د ن أ فيما حوله من الأرض. وليس أى د ن أ، وإنما د ن أ الذى توضح حروفه الشفوية تعليمات محدودة لبناء أشجار صفصاف سوف تسقط جيلا جديدا من البذور ذات الزغب. فهذه النقط ذات الزغب تنشر بالمعنى الحرفي تعليمات بأن تصنع نفسها. وهى موجودة هناك لأن أسلافها قد نجحت فى صنع نفس الشئ. إن الدنيا تمطر تعليمات هناك بالخارج، إنها تمطر برامج، إنها تمطر أرقاما شفوية تنمى الشجر وتنشر الزغب، وليست هذه إستعارة مجازية، إنها الحقيقة الواضحة. ولا يمكن أن يكون الأمر أكثر وضوحا لو كانت الدنيا تمطر أقراص كمبيوتر لينة Floppy discs.

فالأمر واضح وحقيقي، ولكنه لم يتم فهمه من زمن طويل. فمنذ سنوات قليلة، لو سألت تقريبا أيا من البيولوجيين عما هو خاص فيما يتعلق بالشئ الحي مقارنة بما لاحياة فيه، لأنبأك عن مادة خاصة تدعى البروتوبلازم. والبروتوبلازم كان مما لايمائل أى مادة أخرى، إنه مادة حيوية، رعاشة، خفاقة، نابضة، «قابلة للاستثارة» (وهذه طريقة تعبير مدرسية للقول بأنها مادة ذات رد فعل). ولو أخذت جسدا حيا وقطعته إلى أصغر ما تستطيع من أجزاء صغيرة، ستصل فى النهاية إلى بقع من البروتوبلازم النقى. وقد حدث ذات مرة فى القرن الماضى، أن أستاذا يقابل فى الحياة الواقعية الأستاذ تشالنجر (المتحدى) عند آرثر كونان دويل (*). .. كان يظن أن نزل الجلوبيجيرينا (***) globigerina فى قاع البحر هو بروتوبلازم نقى. وعندما كنت تلميذا فى المدرسة، كان كبار السن من مؤلفى المراجع مازالوا يكتبون عن البروتوبلازم، رغم أنه كان ينبغى عليهم حقا حينذاك أن يكونوا أفضل معرفة من ذلك. وفى وقتنا هذا لاتسمع قط هذه الكلمة ولاتراها. لقد أصبحت ميتة مثل كلمة اللاهوب (***) phlogiston والأثير الكونى. وليس من شئ خاص فيما يتعلق بالمواد التى تصنع منها الأشياء الحية. فالأشياء الحية هى مجموعات من الجزئيات، مثل أى شئ آخر.

وماهو خاص هو أن هذه الجزئيات توضع معا فى أنماط على درجة من التعقد أكبر كثيرا مما فى الأشياء غير الحية، ووضعها معا هكذا يتم باتباع برامج، أى مجموعات من التعليمات عن كيفية النمو، تحملها الكائنات الحية معها من داخل أنفسها. ولعلها بالفعل ترعش وتخفق وتنبض «بالاستثارة» وتتوهج بالدفء «الحي»، ولكن هذه الخصائص كلها تنبثق اتفاقا. أما ما يكمن فى لب كل شئ حى، فهو ليس باللهب، ولا بدفء الأنفاس، ولا «بشرارة الحياة». إنه المعلومات. الكلمات، التعليمات. وإذا أردت استعارة من مجاز، فلا نفكر فى النيران والشرر والأنفاس. وإنما فكر بدلا من ذلك فى بليون من الأحرف المرقومة

(*) كاتب روائى انجليزى اشتهرت بعض الشخصيات التى ابتكرها فى رواياته مثل المخبر الشهير شرلوك هولمز. (المترجم)

(**) من الحيوانات البحرية الدنيا ذات الأصداف المثقبة، المثقبات أو المنجريات. المترجم.

(***) مادة كيماوية رهمية كان يعتقد أنها من المقومات الأساسية للمواد الملتهبة. (المترجم).

المحفورة فى أقراص من البلىور. وإذا أردت أن تفهم الحياة، فلا تفكر فى هلاميات ونزات رعاشة خفاقة، وإنما فكر فى تكنولوجيا المعلومات - وهذا هو ما كنت ألمح له فى الفصل السابق، عندما أشرت إلى ملكة النمل كبنك المعلومات المركزى.

والمطلب الأساسى للتكنولوجيا المتقدمة للمعلومات هو نوع من وسط للتخزين له عدد كبير من مواضع الذاكرة. ويجب أن يكون لكل موضع القدرة على أن يكون فى حالة واحدة من عدد من الحالات المتميزة. ويصدق هذا، بأى حال، على تكنولوجيا المعلومات «المرقومة» التى تسيطر الآن على عالمنا هذا ذى البدع. وثمة نوع بديل من تكنولوجيا المعلومات يتأسس على المعلومات «بالتماثل» Analogue. فالمعلومات على أسطوانة الجرامافون العادى هى تماثل. وهى مخزونة فى حزم متموج. والمعلومات التى على قرص الليزر الحديث (الذى كثيرا ما يدعى «بالقرص المضغوط» Compact disc وهو أمر يؤسف له، لأنه اسم لا يعطى معلومة كما أنه كثيرا ما يساء نطقه بالضغط على المقطع الأول) هى معلومات مرقومة، مخزونة فى سلسلة من نقر دقيقة، كل منها إما أن يكون موجودا بالتحديد أو غير موجود بالتحديد: فليس من نصف حدود. وهذه سمة تشخيصية للنظام المرقوم: إن عناصره الأساسية إما أن تكون على وجه التحديد فى إحدى الحالات أو على وجه التحديد فى حالة أخرى، وذلك من دون نصف حدود ولاتوسيطات ولاتوفيقات.

وتكنولوجيا المعلومات فى الجينات هى من النوع المرقوم. وقد اكتشف هذه الحقيقة جريجور مندل فى القرن الماضى، وإن كان هو ليس بمن يبينها على هذا النحو. لقد وضع مندل أننا لانزج ميراثنا من والدنا الاثنى. إننا نتلقى ميراثنا فى جسيمات متميزة. وفيما يتعلق بكل جسيم، فإننا إما أن نرثه أو لانرثه. والواقع كما يوضح رأ. فيشر أحد الآباء المؤسسين لما يسمى الآن بالداروينية الجديدة، أن هذه الحقيقة من ميراث الجسيمات كانت دائما تبرز صارخة فى وجهنا كلما فكرنا فى الجنس Sex. إننا نرث خواصا من والدين ذكر وأنثى، ولكن كل منا يكون إما ذكرا أو أنثى، وليس خنثى. وكل طفل مولود جديد لديه تقريبا «احتمال» متساو لأن يرث الذكورة أو الأنوثة، ولكن أى طفل واحد لا يرث إلا إحدى الصفتين، ولا يجمع بين الاثنتين. ونحن الآن نعرف أن الشئ نفسه

ينطبق عليّ كل جسيمات الميراث عندنا. إنها لا تمتزج، ولكنها تبقى متميزة منفصلة بينما هي تخلط وتعيد تخليط مسارها عبر الأجيال. وطبيعي أنه كثيرا ما يكون ثمة مظهر قوى من مزج لتأثيرات الوحدات الوراثة في الأجساد. فإذا تزواج شخص طويل مع قصير، أو شخص أسود مع أبيض، فكثيرا ما تكون سلالتهما توسطية. على أن مظهر المزج لا ينطبق إلا على التأثيرات في الجسد، وهو يرجع لمحصلة التأثيرات الصغيرة لعدد كبير من الجسيمات. والجسيمات نفسها تظل منفصلة متميزة عندما يصل الأمر إلى تمريرها للجيل التالي.

والتمييز بين التوارث المزدجي وبين توارث الجسيمات كان له أهميته الكبرى في تاريخ الأفكار التطورية. ففي زمن داروين كان كل فرد (عدا مندل الذي انطوى بعيدا في ديره، فتم لسوء الحظ تجاهله إلى ما بعد ممانه) يظن أن التوارث هو امتزاج. وثمة مهندس اسكتلندي يدعى فلمنج جنكن دلت (بما كان يظن أنه الحقيقة) على أن التوارث بالمزج ينفي تماما الانتخاب الطبيعي كنظرية معقولة للتطور. ويلاحظ إرنست ماير بلا شفقة أن مقال جنكن «يتأسس على كل أوجه التحيز وسوء الفهم المعتادة» للعلماء الفيزيائيين». ومع كل فإن داروين شغل انشغالا عميقا بمحااجة جنكن. وكانت هذه تتجسد بأكثر الصور حيوية في مثل عن تحطم سفينة رجل أبيض على جزيرة يسكنها «الزواج»:

«ولنمنحه كل ميزة يمكن تصور أن الرجل الأبيض يتفوق بها على المواطن المحلي، ولنسلم بأنه في صراعه من أجل البقاء ستتفوق فرصته للحياة لزمن طويل تفوقا أكبر كثيرا من فرصة الرؤساء المحليين، على أن كل هذه التسليمات لا يترتب عليها استنتاج أنه بعد عدد من الأجيال محدود أو غير محدود، سيصبح سكان الجزيرة بيضا. وربما أصبح رجلنا بطل حطام السفينة ملكا، ولعله سيقتل عددا هائلا من السود في صراع البقاء، ولعله سيصبح له عدد هائل من الزوجات والأطفال، بينما يعيش ويموت الكثيرون من رعاياه وهم عزاب.. ومن المؤكد أن ستترع صفات رجلنا الأبيض نزوعا شديدا لأن تبقية عمرا طويلا جدا، ولكن ليس هناك أى عدد من الأجيال يكفيه لتحويل سلالة رعاياه إلى اللون الأبيض.. وسوف يوجد في الجيل الأول بضع عشرات من صغار الخلاسين الأذكاء، يتفوقون كثيرا على الزوج في متوسط الذكاء. ويمكننا توقع أن يشغل العرش لعدة أجيال

بملك لونه أصفر بدرجة أو أخرى؛ ولكن هل يمكن لأى فرد أن يصدق أن الجزيرة كلها ستكتسب تدريجيا سكانا ذوى لون أبيض أو حتى أصفر، أو أن سكان الجزيرة سيكتسبون الطاقة، والشجاعة، والإبداع، والجلد، وضبط النفس، والتحمل، تلك الصفات التى بفضلها قام بطلنا بقتل الكثير جدا من أسلافهم، وأنجب الكثير جدا من الأطفال، تلك الصفات التى هى فى الحقيقة ماسينتخبه الصراع للبقاء، إذا كان يستطيع أن ينتخب أى شىء؟

ولا تجعل المزاем العرقية لتفوق البيض تصرف ذهنك بعيدا. فقد كانت فى زمن جنكن وداروين مما لايشك فيه، تماما مثلما لا يشك اليوم فى المزاем المتعصبه لجنسنا عن «حقوق الإنسان» وكرامة «الإنسان» و«قدسية حياة الإنسان». ويمكننا إعادة صياغة محاجة جنكن فى تمثيل هو أكثر حيادا. فلو مزجت معا طلاء أبيض وطلاء أسود، فإن ما تحصل عليه هو طلاء رمادى. ولو مزجت طلاء رمادى، فلن تتمكن من إعادة تكوين الطلاء الأصيلى لا الأبيض ولا الأسود. وخلط الألوان لايتعد كثيرا عن رؤية الوراثة ما قبل مندل، وحتى الثقافة الشعبية الحالية كثيرا ماتعبر عن الوراثة بلغة من اختلاط «الدماء». ومحاجة جنكن هى محاجة عن الغمر. فمرور الأجيال، وتحت زعم الوراثة بالمزج، فإن التباين لايد وأنه سيعمر. وسيعم تجانس أعظم وأعظم. وفى النهاية لن يكون ثمة تباين يبقى ليعمل الانتخاب الطبيعى تأثيره فيه.

ومع ماتبدو عليه هذه المحاجة من معقولية، إلا أنها ليست فحسب محاجة ضد الانتخاب الطبيعى. إنها أكثر ما تكون محاجة ضد حقائق لامهرب منها بشأن الوراثة نفسها! فمن الواضح أنه ليس من «الحق» أن التباين يختفى بمرور الأجيال. والناس الآن «لا» يتشابه أحدهم بالآخر أكثر مما فى زمن أجدادهم. إن التباين يظل باقيا. وثمة مستودع Pool للتباين ليعمل الانتخاب تأثيره فيه. وقد وضع و. وينبرج هذا الأمر رياضيا فى ١٩٠٨، كما وضعه على نحو مستقل الرياضى الغربى الأطوار ج. هـ. هاردى، والذى يتفق أنه كما سجل فى سجل المراهنات بكليته (وكليتى)، قد تراهن ذات مرة مع زميل «بنصف بنس مقابل ثروته حتى الممات، على أن الشمس ستشرق غدا». على أن الأمر تطلب أن

يقوم ر.أ. فيشر وزملاؤه، الذي أسسوا الورايات الحديثة للعشائر، بإنشاء الإجابة الكاملة على فلمنج جنكن بلغة نظرية مندل عن وراثيات «الجسيم». وكان في هذا ما يبعث على السخرية وقتها، والسبب، كما سوف نرى في الفصل الحادى عشر، أن القادة من أتباع مندل فى أوائل القرن العشرين كانوا يظنون أنفسهم ضد المذهب الداروينى. وقد بين فيشر وزملاؤه أن الانتخاب الداروينى أمر معقول، ومشكلة جنكن يتم حلها ببراعة، عندما يكون ما يتغير فى التطور هو «التواتر» Frequency النسبى للجسيمات المنفصلة للوراثة أو الجينات، التى إما أن يكون كل منها موجودا أو لا يكون موجودا فى أى جسد فرد بذاته. والداروينية ما بعد فيشر تسمى الداروينية الجديدة. وطبيعتها المرقومة ليست حقيقة عارضة يتفق أنها تصدق على تكنولوجيا المعلومات الوراثة. فالمرقومية لعلها هى الشرط المسبق الضرورى حتى تصبح الداروينية نفسها مما يصلح.

وفى تكنولوجيانا الالكترونية تكون المواضع المرقومة المنفصلة فى حالتين لاغير، تمثلان تقليديا بصفر ، و (١)، وإن كان يمكنك أن تتصورهما كعالى ومنخفض، ويعمل ولا يعمل، وفوق وتحت: وكل ما يهيم هو أنه ينبغى أن يتميز أحدها عن الآخر، وأن يكون فى الإمكان «قراءة» أنماط أحوالها، بحيث يمكن أن يكون لها تأثير ما فى شىء ما. وتستخدم التكنولوجيا الالكترونية وسائط فيزيائية مختلفة لتخزين واحداثها وأصفارها، ويشمل ذلك أقراص ممغنطة، وشرائط ممغنطة، وشرائط وبطاقات مثقبة، ورقائق متكاملة بداخلها الكثير من وحدات صغيرة شبه موصلة.

ووسيط التخزين الرئيسى داخل بذور الصفصاف والنمل وكل الخلايا الحية الأخرى ليس وسيطا الكترونيا وإنما هو كيماوى. وهو يستغل حقيقة أن أنواعا معينة من الجزيئات لها القدرة على «التبلمر» polymerizing، أى أن تتصل معا فى سلاسل طويلة لحدود طولها. وثمة أنواع كثيرة مختلفة من البوليمر. «فالبوليثين» مثلا يتألف من سلاسل طويلة من جزئى صغير يدعى الإيثيلين - الإيثيلين المبلمر. والنشا والسليولوز هى سكريات مبلمرة. وبعض البوليمرات، بدلا من أن تكون سلاسل متجانسة من جزئى صغير واحد كالإيثيلين، تكون سلاسل من نوعين مختلفين أو أكثر من الجزيئات الصغيرة. وما إن

يدخل عدم التجانس هكذا في سلسلة البوليمر حتى تصبح تكنولوجيا المعلومات في الإمكان نظريا. وإذا كان ثمة نوعان من الجزيئات الصغيرة في السلسلة، فإنه يمكن تصور الاثنين على أنهما ١ وصفر بالتتالي، ويمكن في التو تخزين أى قدر من أى نوع من المعلومات، بشرط واحد هو أن تكون السلسلة طويلة بما يكفى. والبوليمرات التى تستخدمها بالذات الخلايا الحية تسمى النيوكليوتيدات المتعددة Polynucleotides وهناك عائلتان رئيسيتان منها فى الخلايا الحية، تسميان بأختصار د ن أ، و ر ن أ. وكلتاها سلاسل من جزيئات صغيرة تدعى النيوكليوتيدات. وكل من د ن أ، و ر ن أ، يتكون من سلاسل غير متجانسة، بها أربعة أنواع مختلفة من النيوكليوتيدات. وهذا بالطبع هو موقع فرصة تخزين المعلومات. فبدلا من حالتى ١ وصفر فحسب، تستخدم تكنولوجيا معلومات الخلايا الحية أربعة حالات، يمكن تمثيلها تقليديا بحروف (*) A، T، C، G. ومن حيث المبدأ فليس هناك غير فارق صغير جدا بين تكنولوجيا معلومات ثنائية من حالتين مثل تكنولوجيانا، وتكنولوجيا من أربع حالات مثل تكنولوجيا الخلية الحية.

وكما ذكرت فى آخر الفصل الأول، فإن سعة اختزان المعلومات فى الخلية البشرية الواحدة تكفى لخزن ثلاثة أو أربعة أضعاف «الموسوعة البريطانية» بكل أجزائها الثلاثين. ولست أعرف الرقم المقابل لذلك فى بذرة الصفصاف أو فى النملة، ولكنه سيكون على نفس الدرجة من الإذغال. وسعة الاختزان فى د ن أ ببذرة واحدة من بذور السوسن أو فى حيوان منوى واحد للسمندل تكفى لخزن ستين ضعفا «للموسوعة البريطانية». وبعض أنواع مايسمى ظلما الأميبيا «البدائية» يكون فيما لديها من د ن أ معلومات تبلغ ألف «موسوعة بريطانية».

ومن المدهش أنه يبدو أن ١ فى المائة فحسب من المعلومات الوراثية فى الخلايا البشرية مثلا، هى مايستخدم فعلا: وهو بالتقريب مايساوى جزءا واحدا من «الموسوعة البريطانية». ولا أحد يعرف السبب فى وجود الـ ٩٩ فى المائة الأخرى هناك. وفى كتاب سابق

(*) حروف ترمز للمواد القاعدية الموجودة فى كل نوع من النيوكليوتيدات وهى أدنين (أ) وثيمين (ث)، وسيتوزين (س)، وجوانين (ج). (المترجم).

اقترحت أنها قد تكون كمية طفيلية تلقى عبأها على مجهودات الواحد فى المائة، وهى نظرية قد اتخذها مؤخرًا علماء بيولوجيا الجزيمات تحت إسم «د ن أ الأنانى». وخلية البكتريا لها سعة معلومات أصغر من الخلية البشرية، بعامل يقرب من واحد من الألف، ويحتمل أنها تستخدمها كلها تقريبا: فليس من متسع للطفيليات. وما فيها من د ن أ يستطيع الاحتفاظ بنسخة واحدة «فقط» من العهد الجديد!

ومهندسو الوراثة الحديثون لديهم بالفعل التكنولوجيا لكتابة العهد الجديد أو أى شىء آخر فى د ن أ بخلية البكتريا. و«المعنى» الذى يكون للرموز فى أى تكنولوجيا معلومات هو شىء تعسفى، وما من سبب لأنه ينبغى ألا يجعل عددا من التوليفات، فى ثلاثيات مثلا، من الحرف الأبجدية الأربعة لـ د ن أ، مخصصة لحروف من أبجديتنا ذات الستة والعشرين حرفا (وسيكون هناك متسع لكل حروف الصفوف العليا والسفلى لآلة كاتبة مع علامات الترقيم الاثنى عشرة). ولسوء الحظ، فإن كتابة العهد الجديد فى خلية بكتريا سيستغرق ما يقرب من خمسة قرون انسانية، ولهذا فإننى أشك أن أى فرد سيهتم بهذا. ولو حدث ذلك، فإن سرعة تكاثر البكتريا هى بحيث يمكن طباعة ١٠ مليون نسخة من العهد الجديد فى يوم واحد، وهذا ما يحلم به أى رجل تبشير لو أن الناس فقط يستطيعون قراءة حروف أبجدية د ن أ، ولكن وبالأسف، فإن الحروف هنا صغيرة جدا حتى أن كل الملايين العشرة من نسخ العهد الجديد تستطيع أن ترقص فى نفس الوقت معا على سطح رأس دبوس.

وذاكرة الكمبيوتر الالكترونى تصنف تقليديا إلى روم Rom ورام Ram. وروم ترمز إلى ذاكرة «للقراءة فقط». وعلى نحو أدق فهى ذاكرة «للكتابه مرة واحدة، وللقراءة مرات كثيرة». ونمط أرقام الصفر والواحد «يستهلِك» فيها، لأول وآخر مرة، بمجرد انتاجه. وهو يظل بعدها بلا تغيير طيلة حياة الذاكرة، بينما يمكن تكرار استخراج قراءة المعلومات لأى عدد من المرات. والذاكرة الالكترونية الأخرى التى تسمى رام، يمكن «الكتابة فيها» بمثل ما يمكن القراءة منها (سرعان ما يعود المرء على هذه الرطانة غير المهذبة للغة الكمبيوتر). فإم إذن تستطيع أن تقوم بكل ما تستطيعه روم، وأكثر منه. وما ترمز له فعلا

حروف رام يساء فهمه ولذا فإنني لن أذكره. والنقطة الهامة بشأن رام هي أنك تستطيع أن تضع أى نمط من أرقام الصفر والواحد فى أى جزء تشاء منها، ولأى عدد من المرات تشاء. ومعظم ذاكرات الكمبيوتر من نوع رام. وأنا إذ أطبع هذه الكلمات فإنها تذهب مباشرة إلى رام، وبرنامج تنسيق الكلمات الذى يتحكم فى الأشياء هو أيضا من نوع رام، وإن كان من الممكن من الوجهة النظرية استهلاكه فى روم ثم لا يتبدل بعدها قط. وروم تستخدم كذخيرة Reperatoire ثابتة للبرامج القياسية، التى يحتاج لها المرة بعد الأخرى، والتى لا يمكنك تغييرها حتى لو أردت ذلك.

و د ن أ هو من نوع روم. ومن الممكن قراءته مايزيد عن ملايين المرات، ولكنه لا يكتب إلا مرة واحدة - عندما يتم تجميعه أول الأمر عند ميلاد الخلية التى يقع فيها. و د ن أ فى خلايا أى فرد قد تم «استهلاكه»، ولا يتبدل قط خلال حياة ذلك الفرد، فيما عدا ما يحدث نادرا جدا بواسطة تلف عشوائى. على أنه يمكن إعادة نسخه. وهى ينسخ متضاعفا كلما انقسمت الخلية. وأنماط نيوكليوتيدات أ، و، ث، وس، وج تُنسخ بأمانة فى د ن أ بكل من ترليونات الخلايا الجديدة التى تُصنع أثناء نمو الطفل. وعندما يحبل بفرد جديد، يتم «استهلاك» نمط جديد منفرد من المعلومات فيما يخصه من روم الـ د ن أ، ويثبت فيه هذا النمط بقية عمره. ويتم نسخه فى كل خلاياه (فيما عدا الخلايا التكاثرية، حيث ينسخ فيها نصف عشوائى مما لديه من د ن أ، كما سوف نرى).

وكل ذاكرة للكمبيوتر سواء روم أو رام تكون «معنونة». بمعنى أن كل موضع فى الذاكرة له لافتة، هى عادة أحد الأعداد وإن كان هذا تقليد تعسفى. ومن المهم فهم الفارق بين «عنوان» و «محتوى» الموضع فى الذاكرة. إن كل موضع يعرف بعنوانه. وكمثل فإن أول حرفين فى هذا الفصل IT هما فى هذه اللحظة يقبعان بالكمبيوتر الخاص بى فى موضعين من رام هما ٦٤٤٦، و ٦٤٤٧، والجهاز فيه إجمالا ٦٥٥٣٦ موضع من رام. وفى وقت آخر، سيكون محتوى هذين الموضعين مختلفا. فمحتوى موضع ما، هو أحدث ما يكتب فى هذا الموضع أيا ما كان. وكل موضع فى روم له أيضا عنوان ومحتوى. والفارق هو أن كل موضع قد ثبتت فيه محتوياته نهائيا لأول وآخر مرة.

و د ن أ ينتظم بطول كروموزومات خيطية، تشبه شرائط طويلة للكمبيوتر. وكل حامض د ن أ فى كل واحدة من خلايانا معنون بنفس معنى عنونة ذاكرة روم فى الكمبيوتر، أو بالأحرى عنونة شريط الكمبيوتر. والأعداد أو الأسماء المضبوطة التى نستخدمها لوضع لافتة لعنوان بعينه هى اعتباطية، تماما مثلما تكون لذاكرة الكمبيوتر. فما يهم هو أن هذا الموضوع المعين فيما عندى من د ن أ يقابل على نحو دقيق موضعا واحدا معينا فيما عندك من د ن أ: إن لديهما نفس العنوان. ومحتويات المواضيع ٣٢١٧٦٢ فى د ن أ ، عندى قد تكون أو لا تكون مماثلة لمحتويات الموضوع ٣٢١٧٦٢ عندك. ولكن الموضوع ٣٢١٧٦٢ عندى هو بالضبط فى نفس الموقع فى خلاياى مثل الموضوع ٣٢١٧٦٢ فى خلاياك. و«الموقع» هنا يعنى موقعا على طول كروموزوم معين، والموقع الفيزيائى المضبوط للكروموزوم فى الخلية أمر لا يهمل. والحقيقة أنه يدور سابحا فى سائل بحيث يتغير موقعه الفيزيائى، ولكن كل موضع على طول الكروموزوم معنون بدقة بلغة من ترتيبه فى الصف على طول الكروموزوم، تماما مثلما يعنون بالضبط كل موضع على طول شريط الكمبيوتر، حتى لو نشر الشريط فيما حوله على الأرضية بدلا من أن يلف فى نظام. وكلنا، كل الكائنات البشرية، لدينا نفس المجموعة من «عناوين» د ن أ، ولكن ليس لدينا بالضرورة نفس «محتويات» تلك العناوين. وهذا هو السبب الرئيسى فى أننا كلنا يختلف أحدنا عن الآخر.

والأنواع الأخرى ليس لديها نفس مجموعة «العناوين» مثلنا. فأفراد الشمبانزى مثلا، لديها ٤٨ كروموزوما بالمقارنة بما لدينا من ٤٦. وعلى وجه التحديد، فإنه لا يمكن مقارنة محتويات، عنوانا بعنوان، لأن العناوين لا يقابل أحدها الآخر عبر حواجز النوع. على أن الأنواع التى على صلة قرابة وثيقة، مثل الشمبانزى والبشر، يكون فيها قدر وافر من الاشتراك فى المحتويات المتجاورة، بحيث يمكننا بسهولة تمييزها على أنها متماثلة أساسا، حتى وإن كنا لانستطع تماما استخدام نفس نظام العنونة للنوعين. إن ما يحدد أحد الأنواع هو أن كل أفراد لديهم نفس نظام العنونة لما عندهم من د ن أ. وإذا أضفنا أو حذفنا بعض استثناءات قليلة تافهة، فإن كل الأفراد لديهم نفس العدد من الكروموزومات، وكل موضع على أحد الكروموزومات له بالضبط العدد المقابل فى نفس الموقع على الكروموزوم

المقابل في كل الأفراد الآخرين للنوع. أما ما يمكن أن يختلف بين أفراد النوع فهو محتويات تلك المواضع.

واختلاف المحتويات في الأفراد المختلفة يأتي بالأسلوب التالي، وينبغي هنا أن أؤكد على أنني أتحدث عن الأنواع التي تتكاثر جنسيا مثل نوعنا. إن حيواناتنا المنوية أو بويضاتنا يحوى كل منها ٢٣ كروموزوما. وكل موضع معنون في أحد حيواناتنا المنوية يقابل موضعا معنونا بعينه في كل حيوان آخر من حيواناتنا المنوية، وفي كل بويضة من بويضاتك (أو حيواناتك المنوية). وكل خلاياى الأخرى تحوى ٤٦ كروموزوما - كمجموعة مزدوجة. وتستخدم نفس العناوين مرتين في كل من هذه الخلايا. فتحوى كل خلية كروموزومان من رقم ٩. ونسختان من الموضع ٧٢٣٠ على الكروموزوم ٩. ومحتويات الاثنين قد تكون أو لا تكون متماثلة، تماما مثلما تكون أو لا تكون متماثلة عند أفراد النوع الآخرين. وعندما يتم صنع حيوان منوى بكروموزوماته الثلاثة والعشرين، من خلية جسدية لها ٤٦ كروموزوما، فإنه يحصل فقط على نسخة واحدة من النسختين اللتين في كل من الموضعين المعنوين. أما أى نسخة سيحصل عليها من الاثنتين فهذا مما يعد أمرا عشوائيا. وينطبق الشيء نفسه على البويضات. والنتيجة أن كل حيوان منوى يتم إنتاجه وكل بويضة يتم إنتاجها هي شئ متفرد بلغة «محتويات» مواضعها، رغم أن نظام عنونها يتطابق في كل أفراد النوع الواحد (مع استثناءات تافهة لا يجب أن تشغلنا). وعندما يخصب الحيوان المنوى بويضة فمن الطبيعي أن سيتكون نسخة متممة كاملة من ٤٦ كروموزوما، ثم تضاعف كل الكروموزومات الستة والأربعين في كل خلايا الجنين النامي.

وقد قلت أن روم لا يمكن الكتابة فيها إلا مرة واحدة عند إنتاجها أول مرة، وأن هذا يصدق أيضا على د ن أ في الخلايا، فيما عدا أخطاء عشوائية عارضة عند النسخ. ولكن من الممكن بمعنى ما أن يكون بنك المعلومات المجموعة الذى يتكون من ذاكرات روم للنوع بأسره هو الذى يكتب فيه كتابة بناءة. إن البقاء اللاعشوائى والنجاح التكاثرى للأفراد داخل النوع يقومان بفعالية «بكتابة» تعليمات محسنة للبقاء، تكتب في الذاكرة الوراثية المجموعة للنوع على مر الأجيال. والتغير التطورى في أحد الأنواع يتألف إلى حد كبير حسب التغيرات التي تحدث في عدد من النسخ الموجودة لكل واحد من تلك

«المحتويات» المتنوعة المحتملة عند كل موضع معنون لـ د ن أ، مما يحدث على مر لأجيال. وبالطبع، فإنه بالنسبة لوقت بعينه، ينبغي أن تكون كل نسخة موجودة في الداخل من جسد فردى. ولكن الأمر الهام في التطور هو التغيير في تواتر المحتويات البديلة الممكنة عند كل عنوان في «العشائر» Populations. ونظام العنونة يبقى كما هو، ولكن المنظور الاحصائي الجانبى (البروفيل) لمحتويات الموضع يتغير على مر القرون.

ونظام العنونة نفسه لا يتغير إلا بعد فترة طويلة جدا. وأفراد الشمبانزى لديها ٢٤ زوجا من الكروموزومات ونحن لدينا ٢٣ زوجا. ونحن نشترك مع الشمبانزى بجد مشترك، وهكذا فإنه لا بد وأنه عند نقطة ما فى سلفنا نحن أو سلف الشمبانزى قد حدث تغيير فى عدد الكروموزومات. وإما أننا فقدنا كروموزوما (اندماج اثنان)، أو أن أفراد الشمبانزى قد اكتسبت واحدا (انقسام واحد). ولا بد من أن ثمة فردا واحدا على الأقل كان عدد الكروموزومات عنده يختلف عن والديه. وثمة تغيرات أخرى عارضة فى كل النظام الوراثى. فكما سوف نرى، يحدث أحيانا أن تُنسخ أطوال بأسرها من الشفرة إلى كروموزومات مختلفة تماما، ونحن نعرف ذلك، لأننا نجد حول الكروموزومات خيوطا طويلة مبعثرة من نصوص من د ن أ، هى نصوص متطابقة.

وعندما تُقرأ المعلومات التى فى ذاكرة أحد الكمبيوترات عند موضع معين، فإن شيئا من اثنين قد يحدث لها. إما أنها يمكن ببساطة أن تكتب فى مكان آخر، أو أنها يمكن أن تشارك فى «فعل» ما. وكتابتها فى مكان آخر تعنى نسخها. وقد رأينا من قبل أن د ن أ يُنسخ بسهولة من أحد الخلايا إلى خلية جديدة، وأن مقادير وافرة من د ن أ يمكن نسخها من أحد الأفراد إلى فرد آخر، أى ابنه، أما «الفعل» فأمره أكثر تعقيدا. وأحد أنواع الفعل فى الكمبيوترات هو تنفيذ تعليمات البرنامج. وفى ذاكرة روم فى جهاز الكمبيوتر عندى، إذا أخذنا معا أرقام المواضع ٦٤٤٨٩، و ٦٤٤٩٠، و ٦٤٤٩١، فإنها تحوى نمطا معيناً من المحتويات - أرقام من واحد وصفر - عندما تترجم كتعاليم ينتج عنها أن يخرج عن مكبر الصوت الصغير فى الكمبيوتر صغير متقطع. وهذا النمط من الصغير هو ١١٠٠٠٠٠٠. ١٠١٠١١٠١٠٠٠٠٠٠٠٠٠. وليس هناك صغيراً متأسلاً أو ضجة متأسلة فى هذا النمط الصغير. وليس فيه ماينبتك أنه سيكون له هذا التأثير على مكبر

الصوت. وإنما يكون له هذا التأثير فحسب بسبب الطريقة التي يتم بها توصيل باقى الكمبيوتر. وبنفس الطريقة، فإن الأنماط فى شفرة د ن أ ذات الحروف الأربعة يكون لها تأثيراتها، كما مثلا على لون العين أو على السلوك، ولكن هذه التأثيرات ليست متأصلة فى أنماط معطيات د ن أ ذاتها. إن لها تأثيراتها فحسب كنتيجة للطريقة التى ينمو بها باقى الجنين، والتى بدورها تتأثر بتأثيرات الأنماط التى فى أجزاء أخرى من د ن أ. وهذا التفاعل بين الجينات سيكون موضوعا رئيسيا فى الفصل السابع.

وقبل أن تستطيع رموز شفرة د ن أ الإسهام فى أى نوع من الفعل فإنها ينبغى أن تترجم فى وسيط آخر، وهى أولا تترجم بما يقابلها بالضبط من رموز حامض ر ن أ RNA. و ر ن أ له أيضا أبجدية من أربعة حروف. ومن هنا تتم ترجمة الرموز فى نوع مختلف من المواد المبلمرة يدعى متعدد الببتيدات Poly peptide أو البروتين. وهو ما يمكن أن يسمى متعدد الأحماض الأمينية Poly-aminoadic، لأن وحداته الأساسية هى الأحماض الأمينية. وهناك ٢٠ نوعا من الأحماض الأمينية فى الخلايا الحية. وكل البروتينات البيولوجية هى سلاسل مصنوعة من هذه الأحجار الأساسية العشرين للبناء. ورغم أن البروتين هو سلسلة من الأحماض الأمينية، إلا أن معظمها لايقى كسلسلة خطية طويلة. فكل سلسلة تلتف فى عقدة معقدة، يتحدد شكلها بالضبط حسب ترتيب الأحماض الأمينية. وإذن، فشكل العقدة هذا لايتغير قط بالنسبة لأى تتابع بعينه من الأحماض الأمينية. وتتابع الأحماض الأمينية بدوره تحدد بالضبط الرموز الشفرية فى طول معين من د ن أ (عن طريق ر ن أ كوسيط). وإذن، فأحد المعانى، يتحدد الشكل الملتف ذو الأبعاد الثلاثة للبروتين بواسطة التتابع ذى البعد الواحد لرموز الشفرة فى د ن أ.

وعملية الترجمة تجسد «الشفرة الوراثية» الشهيرة ذات الحروف الثلاثة. وهذا قاموس، حيث كل من ٦٤ (٤×٤×٤) «ثلاثية» ممكنة من رموز د ن أ (أو ر ن أ) تتم ترجمتها إلى واحد من الأحماض الأمينية العشرين أو إلى رمز «لعلامة وقف». وهناك ثلاثة من علامات الترقيم «بالوقف» هذه. والكثير من الأحماض الأمينية له شفرة من أكثر من ثلاثية واحدة (الامر الذى يمكن تخمينه من حقيقة أن هناك ٦٤ ثلاثية وليس هناك سوى عشرين حامض أمينى). وكل الترجمة، من روم د ن أ ذات التتابع الصارم إلى

شكل البروتين المحدد غير المتغير ذى الأبعاد الثلاثة، هي إنجاز فذ لتكنولوجيا المعلومات المرقومة. والخطوات التالية التي تؤثر بها الجينات فى الأجساد هى فى مشابهتها للكمبيوتر أقل وضوحا إلى حد ما.

إن كل خلية حية، حتى خلية البكتريا الواحدة، يمكن تصورها على أنها مصنع كيمائى ضخم. وأنماط د ن أ، أو الجينات، تمارس مفعولها بالتأثير فى سياق الأحداث فى المصنع الكيمائى، وهى تفعل ذلك بتأثيرها فى الشكل الثلاثى الأبعاد لجزيئات البروتين. وكلمة ضخم قد يبدو فيها مايدعش بالنسبة لخلية، خاصة إذا تذكرت أنه يمكن أن تقبع عشرة ملايين خلية بكتريا من فوق سطح رأس دبوس، ولكنك ستذكر أيضا أن كلا من هذه الخلايا له القدرة على الاحتفاظ بالنص الكامل للعهد الجديد، وهى فوق ذلك ضخمة «فعلا» عندما تقاس بعدد الماكينات المعقدة التى تخويها. وكل ماكينة هى جزيء بروتين كبير، تم تجميعه بتأثير طول معين من د ن أ. وجزيئات البروتينات المسماه بالإنزيمات هى ماكينات بمعنى أن كل واحد منها يسبب حدوث تفاعل كيمائى معين. وكل نوع من ماكينات البروتين يجرى فيه خض منتج الكيمائى الخاص به هو نفسه. وهو كى يفعل ذلك يستخدم مواد خام مما تنجرف فيما حولها بالخلية، وهى فى أغلب ما يحتمل، منتجات لماكينات بروتينية أخرى. وحتى تأخذ فكرة عن حجم هذه الماكينات البروتينية، فإن كل واحدة منها قد صنعت من حوالى ٦٠٠٠ ذرة، وهذا قدر كبير جدا بالمقاييس الجزيئية، ويوجد مايقرب من مليون من هذه الأجهزة الكبيرة فى الخلية الواحدة، وثمة أكثر من ٢٠٠٠ نوع مختلف منها، كل نوع متخصص فى أداء عملية معينة فى المصنع الكيمائى - أى الخلية. وهذه المنتجات الكيمائية المتميزة لهذه الإنزيمات هى مايعطى الخلية شكلها وسلوكها الفرديين.

ولما كانت كل خلايا الجسد تحوى نفس الجينات، فإنه قد يبدو من المدعش أن خلايا الجسد كلها لاتماثل إحداها الأخرى. والسبب هو أنه فى أنواع الخلايا المختلفة «تقرأ» مجموعة فرعية مختلفة من الجينات، بينما تهمل الأخرى. ففى خلايا الكبد لا تقرأ تلك الأجزاء من روم د ن أ التى تتعلق خاصة ببناء خلايا الكلى، والعكس بالعكس. ويعتمد شكل الخلية وسلوكها على أى الجينات داخل تلك الخلية هى التى تقرأ وترجم إلى منتجاتها البروتينية. وهذا بدوره يعتمد على الكيمائيات الموجودة من قبل فى الخلية، الأمر

الذى يعتمد فى جزء منه على أى الجينات قد قرأت من قبل فى الخلية، ويعتمد فى الجزء الآخر على الخلايا المجاورة. وعندما تنقسم خلية إلى اثنتين، فإن الخليتين الإبتنيتين لا تكون كل منهما بالضرورة مماثلة للأخرى. ففي البويضة الأصلية المخصبة مثلا، تتجمع كيماويات معينة عند أحد أطراف الخلية، وكيماويات أخرى عند الطرف الآخر. وعندما تنقسم خلية مُستقطبة هكذا، فإن الخليتين الإبتنيتين تتلقيان مخصصات كيماوية مختلفة. وهذا يعنى أنه ستقرأ جينات مختلفة فى الخليتين الإبتنيتين، ويتواصل نوع من تباين للصفات مدعوم ذاتيا. والشكل النهائى للجسد كله، وحجم أطرافه، وتوصيلات مخه، وتوقيت أنماط سلوكه، هى كلها نتائج غير مباشرة للتفاعلات بين الأنواع المختلفة من الخلايا، التى تكون الإختلافات التى فيما بينها قد نشأت بدورها من طريق قراءة جينات مختلفة. وهذه العمليات التباينية يتم تصورها أحسن تصور بأنها ذات استقلال ذاتى محلى بأسلوب الطريقة «التكرارية» فى الفصل الثالث، بدلا من تصورها على أنها متآزره فى نوع من تصميم مركزى كبير.

«الفعل» بالمعنى المستخدم فى هذا الفصل، هو ما يتحدث عنه عالم الورايات عندما يذكر ما للجين من «تأثير المظهر». فذن أله تأثيرات فى الأجساد، وفى لون العين، وتجمعه الشعر، وشدة السلوك العدوانى، والآلاف من الخصائص الأخرى، التى تسمى كلها تأثيرات المظهر، وذن أ يعمل تأثيراته هذه فى أول الأمر موضعيا، بعد أن تتم قراءته بواسطة رن أ وترجمته إلى سلاسل بروتين، تؤثر بعدها فى شكل الخلية وسلوكها. وهذه هى إحدى الطريقتين التى يمكن بها قراءة المعلومات التى فى نمط د ن أ. والطريقة الأخرى هى أنه يمكن مضاعفته إلى جديلة د ن أ جديدة. وهذا هو النسخ الذى ناقشناه فيما سبق.

وهناك فارق رئيسى بين هاتين الطريقتين لانتقال معلومات د ن أ، الانتقال الرأسى والأفقى. فالمعلومات ترسل رأسيا إلى حمض د ن أ آخر فى الخلايا (التي تصنع خلايا أخرى) التى تصنع الحيوانات المنوية أو البويضات. وهكذا فإنها تنقل رأسيا إلى الجيل التالى مرة أخرى، إلى عدد غير محدد من أجيال المستقبل. وسوف أسمى هذا «د ن أ

المحفوظات». وهو خالد إمكانا. وتتالى الخلايا الذى ينتقل د ن أ المحفوظات عبره يسمى انخط الجرثومى germ line. والخط الجرثومى هو تلك المجموعة من الخلايا، داخل أحد الأجساد، التى تعمل كأسلاف للحيوانات المنوية والبويضات، وهكذا فهى أسلاف لأجيال المستقبل. و د ن أ يتم انتقاله أيضا «جانبيا» أو أفقيا: أى إلى د ن أ فى خلايا خط غير جرثومى مثل خلايا الكبد أو الجلد، ويتم انتقاله داخل هذه الخلايا إلى ر ن أ، ومن ثم إلى بروتين وتأثيرات مختلفة فى النمو الجنينى، فتأثيرات بالتالى فى شكل البالغ وسلوكه. ويمكن تصور الانتقال الأفقى والانتقال الرأسى على أنها تقابل البرنامجين الفرعيين اللذين أسميا النمو والتكاثر فى الفصل الثالث.

والانتخاب الطبيعى كله يدور حول مدى التمايز فى نجاح حامض د ن أ المتنافس للوصول إلى نقل نفسه رأسيا فى محفوظات النوع. و «د ن أ المتنافس» يعنى المحتويات البديلة لعناوين معينة فى كروموزومات النوع. فبعض الجينات تكون أنجح من الجينات المنافسة فى البقاء فى المحفوظات. ورغم أن الانتقال «الرأسى» خلال محفوظات النوع هو فى النهاية مايعنيه «النجاح»، إلا أن معيار النجاح هو طبيعيا مايكون للجينات من «فعل» على الأجساد، بواسطة إنتقالها «الجانبى». وهذا أيضا، يشبه بالضبط بيومورف نموذج الكمبيوتر. ولنفرض كمثال أنه يوجد فى النمر جين معين يؤثر بواسطة مفعوله الجانبى فى خلايا الفك، مسببا أن تصبح الأسنان أحدَ شيئا قليلا عن الأسنان التى قد تنمو تحت مفعول جين منافس. والنمر الذى تكون أسنانه أكثر حدة يستطيع قتل الفريسة بكفاءة أكثر من النمر الطبيعى، وهكذا سيكون لديه سلالة أكثر، وبالتالي فإنه يمرر، رأسيا، عددا أكثر لنسخ الجين الذى يصنع أسنانا أحدَ. وهو طبعا، يمرر فى نفس الوقت كل جيناته الأخرى، ولكن جين «الأسنان الحادة» الخاص هو وحده الذى سوف يجد نفسه، «فى المتوسط» فى أجساد النمر حادة الأسنان. فالجين نفسه يستفيد، بلغة الانتقال الرأسى، مما له من متوسط التأثيرات على سلسلة كاملة من الأجساد.

وأداء د ن أ كوسيط للمحفوظات لهو أداء مذهل. فهو فى قدرته على حفظ إحدى انرسائل يفوق بمراحل نقش الأقراص الحجرية. إن البقر ونباتات البازلاء (بل وكل سائرنا)

لها مايكاد يكون جينا متماثلا يسمى جين هستون هـ ٤ histone H4. ونصه في د ن أ يصل في طوله إلى ٣٠٦ حرفا. ولا نستطيع القول بأنه يشغل نفس العناوين في كل الأنواع، لأننا لا يمكننا أن نقارن على نحو مفهوم لافتات العناوين عبر الأنواع. إلا أن مايكنا قوله هو أن ثمة طولا يبلغ ٣٠٦ حرفا في البقر، يكاد يكون مماثلا بالفعل لطول من ٣٠٦ حرفا في البازلاء. والبقر والبازلاء يختلف أحدهما عن الآخر في حرفين فقط من تلك الحروف الست والثلاثمائة. ونحن لانعرف بالضبط منذ كم من الزمن كان يعيش الجد المشترك للبقر والبازلاء، ولكن دليل الحفريات يبين أنه كان يعيش في وقت ما منذ مدة ما بين ألف وألفي مليون من السنين. ولنقل أنها منذ مدة ١,٥ بليون سنة. وخلال هذه المدة التي لا يمكن تصور طولها (بالنسبة للبشر) فإن كلا من السلالتين اللتين تفرعتا من هذا الجد البعيد قد احتفظا بـ ٣٠٥ حرف من الحروف الست والثلاثمائة (وذلك في المتوسط: فمن الممكن أن أحد الخطين قد احتفظ بكل الحروف الست والثلاثمائة والآخر قد احتفظ بأربعة وثلاثمائة حرف). هذا والحروف المحفورة على شواهد القبور تصبح غير مقروءة بعد مجرد مئات من السنين.

وبطريقة ما فإن الإبقاء على وثيقة د ن أ هستون هـ ٤ ليحدث حتى إنطبعا أقوى، لأنه بخلاف أقراص الحجر، ليست البنية الفيزيائية التي تبقى وتبقى على النص هي نفسها. فالنص يتكرر نسخه ونسخه ثانية على مر الأجيال مثل النصوص العبرية التي كانت تنسخ طقسيا بواسطة النساخ كل ثمانين عاما لتحاشى بليها. ومن الصعب أن نقدر بالضبط عدد مرات إعادة نسخ وثيقة هستون هـ ٤ في السلالة التي أدت إلى البقر ابتداء من جدها المشترك مع البازلاء، على أن من المحتمل أن قدر ذلك هو عشرين بليون مرة. ومن الصعب أيضا العثور على مقياس يمكن بواسطته مقارنة عملية الاحتفاظ بما يزيد عن ٩٩ في المائة من المعلومات في ٢٠ بليون نسخة متتالية. ويمكننا استخدام صورة من لعبة تمرير الهمسات بين الجدات تصور ٢٠ بليون طابع على آلة كاتبة يجلسون في صف واحد. إن صف الطابعين سيصل بالضبط إلى الدوران حول الأرض خمسمائة مرة. ويكتب الطابع الأول صفحة من الوثيقة ويناولها لجاره. وينسخها هذا ويناولها لجاره التالي. وهذا ينسخها ثانية ويناولها للتالي وهلم جرا. وأخيرا تصل الرسالة إلى نهاية الصف، ونقروها

نحن (أو الأخرى أن حفيد حفيدنا الأثني عشر ألف سيفعل ذلك ، لو فرضنا أن الطابعين كلهم لديهم السرعة النمطية للسكرتير الجيد). كم ستكون أمانة نقل الرسالة الأصلية هكذا؟

للإجابة عن هذا علينا أن نفرض فرضاً ما بشأن دقة الطابعين. هيا نلوى السؤال للناحية الأخرى. مامدى الجودة التى ينبغى أن يكون عليها كل طابع، حتى يضاهاى أداء د ن أ؟ إن الإجابة تكاد تكون أغرب من أن يعبر عنها. وكما يجدر هنا، فإن على كل طابع أن يكون له معدل خطأ يقرب مما لايزيد عن واحد فى الترليون، أى أن عليه أن يكون على قدر من الدقة بحيث لايقع إلا فى خطأ واحد وهو يكتب دفعة واحدة الإنجيل المائتى وخمسين ألف مرة. والسكرتير الجيد فى الحياة الواقعية له معدل خطأ يقرب من خطأ واحد فى كل صفحة. وهذا يقرب من نصف بليون ضعف معدل الخطأ فى جين هستون هـ ٤. وصف السكرتيرين فى الحياة الواقعية سوف يتلف هكذا من النص ليقبى ٩٩ فى المائة من حروفه الأصلية عند العضو العشرين من صف البلايين العشرين. وبالوصول إلى العضو الـ ١٠,٠٠٠ من الصف، لن يقبى من النص الأصلي إلا أقل من واحد فى المائة. وهذه النقطة التى تكاد تصل إلى إتلاف النص بالكامل يتم الوصول إليها حتى قبل أن يرى النص ٩٩,٩٩٩٥ فى المائة من الطابعين.

وهذه المقارنة بأسرها فيها شىء من الخداع، ولكن ذلك من جانب شيق كاشف. لقد أعطيت الانطباع بأن مانقيسه هو أخطاء النسخ. ولكن وثيقة هستون هـ ٤ لم يتم فحسب نسخها، وإنما هى قد تعرضت للانتخاب الطبيعى. والهستون مهم للبقاء أهمية حيوية. فهو يستخدم فى الهندسة الانشائية للكروموزومات. وربما قد حدثت أخطاء أكثر كثيراً فى «نسخ» الهستون هـ ٤، ولكن الكائنات العضوية الطافرة لم تبق حية، أو هى على الأقل لم تتكاثر. وحتى نجعل المقارنة منصفة، ينبغى أن نفترض أن ثمة بندقية قد بنيت من داخل كرسى كل طابع، وهى موصلة بحيث أنه لو وقع الطابع فى خطأ فإنها تطلق عليه النار دون هوادة، ليأخذ مكانه طابع احتياطى (وربما يفضل الحساسون من القراء نخيل كرسى له زنبك قاذف ينطلق بنعومة بالكتابة الأوغاد إلى خارج الصف، على أن البندقية تعطى صورة أكثر واقعية للانتخاب الطبيعى).

وهكذا، فإن هذه الطريقة لقياس اتباع مبدأ المحافظة عند د ن أ، بأن ننظر إلى عدد التغيرات التي حدثت بالفعل خلال الزمن الجيولوجي، لهي طريقة تتألف من تركيبة من الأمانة الأصلية في النسخ هي والتأثيرات الفرزية التي للإنتخاب الطبيعي. فنحن لانرى إلا سلالة التغيرات الناجحة من د ن أ. ومن الواضح أن التغيرات التي أدت إلى الموت غير موجودة معنا. هل يمكننا أن نقيس الأمانة الفعلية للنسخ فوق الأرض، قبل أن يبدأ الانتخاب الطبيعي مفعوله في كل جيل جديد من الجينات؟ نعم، فهذا هو معكوس مايعرف بمعدل الطفر، وقياسه ممكن. واحتمال أن يحدث أن حرفا معنا يخطأ نسخته في أى مناسبة نسخ واحدة يثبت في النهاية أنه أكثر قليلا من الواحد في البليون. والفرق بين هذا، أى معدل الطفر، وبين المعدل الأقل الذى تم به إدخال التغير فى جين الهستون أثناء التطور هو مقياس لفعالية الانتخاب الطبيعي فى المحافظة على هذه الوثيقة القديمة.

واتباع جين الهستون لمبدأ المحافظة عبر الدهور لهو أمر استثنائى بالمعايير الوارثية. فالجينات الأخرى تتغير بمعدل أعلى، لأن الانتخاب الطبيعي فيما يفترض، يكون أكثر تسامحا بالنسبة لما فيها من التباينات، وكمثل فإن الجينات التى فيها شفرة البروتينات المعروفة بالبيتيدات الفبرينية Fibrino peptides تتغير فى التطور بمعدل يقترب اقترابا وثيقا من المعدل الأساسى للطفر. ولعل هذه يعنى أن الأخطاء فى تفاصيل هذه البروتينات (التى يتم إنتاجها أثناء عملية تجلط الدم) لانهم كثيرا بالنسبة للكائن الحي. وجينات الهيموجلوبين لها معدل للتغير هو وسط بين الهستونات والبيتيدات الفبرينية. وفيما يفترض فإن تحمل الانتخاب الطبيعي لأخطائها هو تحمل وسط. والهيموجلوبين يقوم بمهمة لها أهميتها فى الدم، وتفصيلاته هي مما يهم حقا، على أن ثمة بدائل عديدة من تبايناته يبدو أن لها القدرة على القيام بالمهمة بدرجة متساوية من الجودة.

ولدينا هنا شئ يبدو أن فيه قليلا من المفارقة، حتى نفكر فيه المزيد من التفكير. إن أبطأ الجزيمات تطورا، مثل الهستونات، يثبت فى النهاية أنها تلك التى تعرضت أكثر للانتخاب الطبيعي. والبيتيدات الفبرينية هي أسرع الجزيمات تطورا لأن الانتخاب الطبيعي يكاد يتجاهلها بالكلية. فهي حرة فى أن تتطور حسب معدل الطفر. والسبب فى أن هذا يبدو

فيه مفارقة هو أننا نشدد تشديدا كثيرا على الانتخاب الطبيعي بصفة أنه القوة الدافعة للتطور. فلو لم يكن هناك انتخاب طبيعي، إذن لأمكننا أن نتوقع أن لن يكون ثمة تطور. وعلى العكس، فإن « ضغط الانتخاب » القوى، وليُغفر لنا تفكيرنا هذا، هو مما يمكننا توقع أنه سيؤدى إلى تطور سريع. وبدلا من ذلك، فإن ما نجد هو أن الانتخاب الطبيعي يمارس تأثيرا كابحا للتطور. فمعدل خط الأساس للتطور، فى غياب الانتخاب الطبيعي، هو أقصى معدل ممكن. وهذا مرادف لمعدل الطفر.

وليس فى هذا الأمر حقا أى مفارقة. ولو فكرنا فيه بعناية، سنرى أنه لا يمكن أن يكون على غير ذلك. إن التطور بالانتخاب الطبيعي لا يمكن أن يكون أسرع من معدل الطفر، لأن الطفر هو فى النهاية، الطريقة الوحيدة التى يدخل بها تباين جديد إلى النوع. وكل ما يستطيع الانتخاب الطبيعي أن يقوم به هو أن يتقبل تباينات معينة جديدة، ويرفض غيرها. ومعدل الطفر هو ولا بد الذى يضع الحد الأعلى للمعدل الذى يمكن أن يجرى به التطور. والحقيقة أن الانتخاب الطبيعي مشغول فى أغلبه بمنع التغير التطورى بدلا من أن يدفعه. وأبادر هنا للتأكيد على أن هذا لا يعنى أن الانتخاب الطبيعي هو عملية تدميرية محض. إنه يستطيع البناء أيضا، بطرق سيشرحها الفصل السابع.

بل إن معدل الطفر لهو معدل بطئ نوعا. وهذه طريقة أخرى للقول بأنه حتى من دون الانتخاب الطبيعي، فإن أداء شفرة د ن أ للاحتفاظ بدقة بمحفوظاتها لهو أداء يحدث إنطباعا قويا جدا. ومع التحفظ فى التقدير، فإن د ن أ فى غياب الانتخاب الطبيعي، يتكرر نسخة بانضباط بحيث أن الأمر قد يستلزم التناسخ لخمسة ملايين جيل حتى يحدث خطأ فى نسخ ١ فى المائة من الحروف. وطابعونا المفترضون مازال د ن أ يتفوق عليهم تفوقا ميثوسا منه، حتى لو لم يكن ثمة انتخاب طبيعي. وحتى يمكنهم مضارعة د ن أ من دون الانتخاب الطبيعي، فإنه ينبغى على كل طابع منهم أن يكون قادرا على طبع كل العهد الجديد بخطأ واحد لا غير. بمعنى أنه ينبغى على كل منهم أن يكون على درجة من الانضباط تصل إلى ما يزيد ٤٥٠ مرة عن السكرتير النمطى فى الحياة الواقعية. ومن الواضح

أن هذا الرقم أقل كثيرا من رقم نصف البليون عند المقارنة به، وهو رقم المعامل الذى يكون به جين الهستون هـ ٤ «بعد الانتخاب الطبيعي» أكثر انضباطا عن السكرتير النمطى، على أن الرقم على قلته مازال رقما يحدث انطباعا قويا جدا.

إلا أننى لا أنصف الطابعين. لقد فرضت بالفعل أنهم غير قادرين على ملاحظة أخطائهم وتصحيحها. وقد افترضت الغياب الكامل للقراءة التصحيحية. والواقع أنهم طبعا يقومون فعلا بقراءة تصحيحية. وصفى هذا المكون من بلايين الطابعين لن يسبب إذن تلف الرسالة الأصلية على ذلك الأسلوب جد البسيط الذى صورته. وميكائزم نسخ د ن أ يقوم بنفس النوع من تصحيح الخطأ أوتوماتيكيا. ولو لم يفعل، لما أنجز أى شئ على شاكلة الضبط المذهل الذى وصفته. وطريقة نسخ د ن أ تتضمن تطبيقات مختلفة «للقراءة التصحيحية». وهذا ضرورى بالأكثر، لأن حروف شفرة د ن أ ليست على الإطلاق ستاتيكية، مثل الهيروغليفيه المنحوتة فى الجرانيت. وعلى العكس، فإن الجزئيات المساهمة صغيرة جدا - ولتذكر كل تلك النسخ من العهد الجديد التى تجد مكانا على رأس دبوس - بحيث أنها تكون تحت هجوم متواصل من التصادم العادى للجزئيات الذى يظل مستمرا بسبب الحرارة. وثمة تدفق مستمر، استقلاب turn over للحروف فى الرسالة. وفى كل يوم يتلف فى كل خلية بشرية مايقرب من خمسة آلاف من حروف د ن أ، ويتم استبدالها فى التو بواسطة ميكائزمات الإصلاح. ولو لم تكن ميكائزمات الإصلاح هناك وتعمل بلا توقف، لتحللت الرسالة على نحو مطرد. والقراءة التصحيحية للنص المنسوخ حديثا هى وحسب حالة خاصة من أعمال الإصلاح الطبيعية. والقراءة التصحيحية هى أساسا المسئولة عما هو ملحوظ من دقة د ن أ وأمانته فى اختزان المعلومات.

وقد رأينا أن جزئيات د ن أ هى المركز لتكنولوجيا المعلومات المذهلة. وهى قادرة على تعبئة قدر هائل من المعلومات المرقومة المضبوطة فى حيز صغير جدا، وهى قادرة على المحافظة على هذه المعلومات - بقدر من أخطاء قليلة إلى حد الإذهار، إلا أنه مازال ثمة بعض أخطاء - لزم من طويل جدا، يقاس بملايين السنين. إلى أى شئ تقودنا هذه الحقائق؟ إنها تقودنا فى اتجاه حقيقة محورية عن الحياة على «الأرض»، الحقيقة التى أشرت إليها فى فقرتى الاستهلالية عن بذور الصفصاف. وهذه الحقيقة هى أن الكائنات

الحية توجد لفائدة دن أ بأولى من أن يكون الأمر على العكس. ولعل هذا أمر ليس واضحا بعد، ولكننى أمل أن سأقنعك به. إن الرسائل التى تحويها جزئيات د ن أ تكاد تكون خالدة عند النظر إليها بالمقارنة بالمقياس الزمنى لحيوات الأفراد. فحيوات رسائل د ن أ (بحدف أو إضافة طفرات معدودة) تقاس بوحدات تتراوح من ملايين السنين إلى مئات الملايين، أو بكلمات أخرى تتراوح ابتداءا مما يبلغ ١٠,٠٠٠ مرة زمن حيوات الأفراد حتى الترليون مرة. وينبغى النظر إلى كل كائن عضوى فرد كوسيلة نقل مؤقتة، تقضى فيها رسالات د ن أ جزءا ضئيلا من أزمنة حيواتها الجيولوجية.

إن العالم ملىء بأشياء موجودة...! ولا نقاش فى ذلك، ولكن هل يقودنا هذا إلى أى مكان؟ إن الأشياء توجد إما لأنها أتت إلى الوجود حديثا أو لأنها لها صفات جعلتها غير عرضة للفناء فيما مضى. والصخور لاتأتى للوجود بمعدل عالى، ولكنها توأن توجد تكون صلبة باقية. ولو لم تكن كذلك لما أصبحت صخورا، وإنما تصبح رمالا. والحقيقة أن بعضها كذلك، وهذا هو السبب فى أن لدينا شواطئ! إن ما يتفق أن يكون منها متينا هو ما يوجد كصخر. وقطرات الندى، من الجانب الآخر، توجد، لا لأنها مما يبقى، ولكن لأنها قد أتت إلى الوجود فى التوفحسب ولم يمر عليها بعد الوقت الكافى للتبخر. ويبدو أن لدينا نوعين من «جدارة الوجود»: نوع قطرة الندى، التى يمكن تلخيصها على أنها «مما يحتمل أن يأتى للوجود ولكنها ليست باقية طويلا»، ونوع الصخر، الذى يمكن تلخيصه على أنه «ليس مما يحتمل كثيرا أن يأتى للوجود، ولكنه مما يحتمل أن يبقى زمنا طويلا ما إن يوجد». فالصخور لديها القدرة على البقاء وقطرات الندى لديها «القدرة على التعاقب جيليا» generatability (حاولت أن أفكر فى كلمة أقل بشاعة ولكننى لم أستطع).

إن د ن أ يحصل على أفضل ما فى العالمين. فجزئيات د ن أ نفسها، ككيانات فيزيائية، هى مثل قطرات الندى. فهى فى الظروف المناسبة تأتى إلى الوجود بمعدل هائل، ولكن أيا منها لا يبقى طويلا، وكلها ستفنى خلال أشهر معدودة. إنها ليست باقية مثل الصخور. ولكن «الأنماط» التى تحملها فيما يتعاقب منها تماثل فى قدرتها على البقاء أصلب الصخور. فلديها مايتطلبه بقاؤها لملايين الأعوام، وهذا هو السبب فى أنها مازالت موجودة حتى الآن. والفارق الجوهري عن قطرات الندى هو أن قطرات الندى الجديدة

ليست وليدة قطرات ندى قديمة. ولاشك أن قطرات الندى تشبه قطرات الندى الأخرى، ولكنها لاتشبهه بخاصة قطرات ندى «والدة» لها نفسها. وهي بخلاف جزيمات د ن أ، لاتكوّن سلاّات، ولذا فهي لاتستطيع أن تمرر رسالات، فقطرات الندى تأتي إلى الوجود بالتولد التلقائي، بينما تأتي رسالات دن أ بتكرار النسخ.

والحقائق البديهية من نوع أن «العالم مليء بأشياء فيها ما يتطلبه لأن تكون في العالم» هي توافه، تكاد تكون سخيفة، إلاحينما نصل إلى تطبيقها على نوع خاص من القدرة على البقاء، القدرة على البقاء في شكل سلاّات من نسخ متعددة. ورسالات د ن أ لها نوع من قدرة البقاء يختلف عن تلك التي للصحور، ونوع من التعاقب جيليا يختلف عن ذلك الذي لقطرات الندى. فبالنسبة لجزيمات د ن أ، فإن «ما يتطلبه وجودها في العالم» يصل إلى أن يكون له من المعنى ما لا يكون البتة واضحا ولاحشوا. إن «ما يتطلبه وجودها في العالم» يثبت في النهاية أنه يشمل القدرة على بناء ماكينات هي مثلى ومثلك، أكثر الأشياء تعقيدا فيما يعرف من الكون. هيا نرى كيف يمكن أن يكون هذا هكذا.

السبب أساسا هو أن خصائص د ن أ التي حددناها يثبت في النهاية أنها المقومات الرئيسية الضرورية لأي عملية من الانتخاب التراكمي. وفي نماذجنا بالكمبيوتر في الفصل الثالث، بنينا عامدين في الكمبيوتر المقومات الرئيسية للانتخاب التراكمي. وإذا كان للانتخاب التراكمي أن يحدث واقعا في العالم، فإنه ينبغي أن تنشأ بعض الكيانات التي تكون خصائصها تلك المقومات الأساسية. ولننظر الآن إلى ماتكونه هذه المقومات. وإذا نفعل ذلك، سنحتفظ في ذهننا بحقيقة أن هذه المقومات ذات نفسها وهي على الأقل في شكل بدائي ما، قد نشأت ولابد تلقائيا على الأرض القديمة، وإلا فإن الانتخاب التراكمي، وبالتالي الحياة، ما كان لأيهما قط أن يبدأ في المقام الأول. ونحن نتحدث هنا ليس بالذات عن د ن أ، ولكن عن المقومات الأساسية اللازمة لأن تنشأ الحياة في أي مكان في الكون.

عندما كان النبي حزقيال في وادي العظام ألقى نبوءة للعظام وجعلها تتصل معا. ثم ألقى نبوءة لها فجعل اللحم والأعصاب تلتف من حولها. ولكنها ظلت بلا أنفاس فيها.

فالمقوم الحيوى، مقوم الحياة، كان ينقصها. والكوكب الميت فيه ذرات، وجزيئات، وكتل أكبر للمادة، ترتطم إحداها بالأخرى أو تحتضنها عشوائيا، حسب قوانين الفيزياء. وأحيانا تسبب قوانين الفيزياء أن تنضم الذرات والجزيئات معا مثل عظام حرقال الجافة، وأحيانا تجعلها تنشط منفصلة. ومن الممكن أن تتشكل التحامات كبيرة جدا من الذرات، ومن الممكن أن تقوض ثانية وتفتت منفصلة. ولكنها تظل بلا أنفاس فيها.

وقد استدعى حرقال الرياح الأربع لتبث النفس الحى فى العظام الجافة. فما هو المقوم الحيوى الذى يجب أن يحوزه كوكب ميت مثل الأرض القديمة، إذا كان له أن ينال فرصته لأن يصبح فى النهاية حيا كما فعل كوكبنا؟ أنه ليس بالنفس، ولا الريح ولا أى نوع من الإكسير أو الجرعات، وهو ليس بمادة على الإطلاق، إنه «خاصية»، خاصية نسخ الذات، فهذا هو المقوم الأساسى للانتخاب التراكمى. وينبغى بطريقة ما أن تأتى إلى الوجود كيانات «ناسخة للذات»، أى هى كما سأسميتها «الناسخات» وذلك كنتيجة مترتبة على قوانين الفيزياء العادية. وفى الحياة الحديثة يكاد هذا الدور أن يشغل كله بجزيئات د ن أ، على أن أى شئ تصنع منه نسخ سيكون وافيا بالعرض. ولعلنا نخال أن الناسخات الأولى فى الأرض البدائية لم تكن جزيئات د ن أ، فمن غير المحتمل أن ينبثق للوجود جزئى لـ د ن أ كامل النمو دون عون من الجزيئات الأخرى التى توجد طبيعيا فى الخلايا الحية وحدها. ومن المحتمل أن الناسخات الأولى كانت أكثر فجاجة وبساطة من د ن أ.

وثمة مقومان أساسيان آخران، ييزغان طبيعيا بصورة أوتوماتيكية من المقوم الأول، أى من نسخ الذات نفسه. فيجب أن يكون ثمة أخطاء عارضة فى نسخ الذات، وحتى نظام د ن أ يرتكب أخطاء فى أحيان جد عارضة، ويبدو أن من المحتمل أن الناسخات الأولى على الأرض كانت خطاءة إلى حد أكبر كثيرا. وعلى الأقل فإن بعضا من الناسخات ينبغى أن تمارس «السلطة» على مستقبلها الخاص بها. وهذا المقوم الأخير يبدو شريرا أكثر مما هو فى الواقع فكل ما يعنيه الأمر هو أن بعض خواص الناسخات ينبغى أن يكون لها نفوذ على مالها من احتمالات تناسخها. ومن المحتمل، على الأقل فى أحد الأشكال البدائية، يكون هذا نتيجة محتومة للحقائق الأساسية لنسخ الذات نفسه.

وإذن، فإن كل ناسخة يتم لها صنع نسخ لذاتها. وكل نسخة تماثل الأصل، ولها نفس خواص الأصل. ومن بين هذه الخواص، بالطبع، خاصية صنع «مزيد» من النسخ لذاتها (وأحيانا يكون ذلك مع بعض أخطاء). وهكذا فإن كل ناسخة هي بالإمكان «السلف» لخط لانهاية لطوله من الناسخات السلالة، يمتد إلى المستقبل البعيد، ويتفرع، لينتج إمكانا، عددا فائق الكبر من الناسخات السلالة. وكل نسخة جديدة يجب أن تصنع من مواد خام، وحدات بناء أصغر تتخبط من حولها. والناسخات فيما يفترض تعمل كنوع من القوالب أو الطابعات. والعناصر الأصغر تقع معا في القالب بطريقة تؤدي إلى صنع نسخة ثانية للقالب. ثم تنفصل النسخة الثانية متحررة وتستطيع أن تعمل كقالب لصالح نفسها. وإذن فإن لدينا بالإمكان «عشيرة» متنامية من الناسخات، وهذه العشيرة لن تنمو إلى ما لانهاية، وسبب ذلك أن الإمداد بالمواد الخام، أو العناصر الأصغر التي تقع في القالب، يصبح في النهاية عامل تحديد.

والآن، فإننا ندخل مقومنا الثانى إلى محاجتنا. أحيانا لا يكون النسخ متقنا، وتحدث أخطاء. واحتمال الأخطاء لا يمكن حذفه قط بصورة كلية من أى عملية نسخ، وإن كان يمكن خفضه إلى مستويات منخفضة. وهذا هو ما يناضل منتجو أجهزة الدقة العالية Hi Fi للوصول إليه طول الوقت، وعملية تناسخ د ن أ هي، كما رأينا، تتفوق على نحو مذهل فى الإقلال من الأخطاء. على أن التناسخ الحديث ل د ن أ هو أمر من أمور التكنولوجيا الراقية، وله فى تصحيح القراءات تكتيكات بارعة قد تم إتقانها عبر أجيال كثيرة من الانتخاب التراكمى. وكما رأينا، فإن الناسخات الأولى ربما كانت عند المقارنة تُعد نسبيا بدعا فجة قليلة الدقة.

لنعد الآن إلى عشيرتنا من الناسخات، ولنر ماذا سيكون تأثير النسخ الخطأ. من الواضح أنه بدلا من أن يكون هناك عشيرة متجانسة من ناسخات متماثلة، سيكون لدينا عشيرة مختلطة. ولعله سيحدث أن الكثير من منتجات النسخ الخطأ ستفقد خاصية نسخ الذات التي كانت «لوالدها». إلا أن القليل منها سيحتفظ بخاصية نسخ الذات، بينما هي مختلفة

عن الوالد فى بعض ناحية أخرى. وهكذا سنحصل على نسخ من أخطاء تتضاعف فى العشرة.

وعندما نقرأ كلمة «خطأ»، أطرده من عقلك كل ما يرتبط بها من أوجه الإزدراء. فهى ببساطة تعنى خطأ من وجهة نظر النسخ بدقة عالية. من المحتمل أن الخطأ ينتج عنه تحسين. وأجدنى أجسر على القول أن أكثر من طبق رائع جديد قد تم خلقه بسبب أن أحد الطهاة، قد ارتكب خطأ أثناء محاولته إتباع إحدى الوصفات. وإذا كنت أستطيع أن أزعم أنه كان لى أى أفكار علمية أصيلة، فإنها كانت أحيانا نوعا من إساءة فهم أو إساءة التفسير لأفكار أناس آخرين. ولنعد إلى ناسختنا الأولية، فإذا كانت معظم النسخ الخطأ ينتج عنها فيما يحتمل إنقاص فعالية النسخ، أو فقدان التام لخاصية نسخ الذات، فإن قلة منها قد يثبت فعلا فى النهاية أنها بالنسبة لنسخ الذات تكون «أفضل» من النسخة الوالدة التى أنجبناها.

ماذا تعنى كلمة «أفضل»؟ إنها فى النهاية تعنى أكثر كفاءة فى نسخ الذات، ولكن ماذا قد يعنى هذا فى التطبيق؟ إن هذا يأتى بنا إلى «مقومنا» الثالث. لقد أشرت لهذا المقوم على أنه «السلطة»، وسوف ترى السبب فى لحظة. عندما ناقشنا التناسخ كعملية قولية، رأينا أن الخطوة الأخيرة فى العملية لا بد وأن تكون انطلاق النسخة الجديدة متحررة من القالب القديم. والوقت الذى يستغرقه ذلك قد يتأثر بخاصية سوف أدعوها «لزوجة» القالب القديم. هب أنه فى عشيرتنا من الناسخات، التى تتباين بسبب أخطاء نسخ قديمة ترجع وراء إلى «أسلافها»، قد اتفق أن بعض المتباينات تكون أكثر لزوجة من غيرها. إن المتباينة اللزجة جدا ستتمسك بكل نسخة جديدة لزمن هو فى المتوسط يزيد عن الساعة الواحدة وذلك قبل أن تنطلق النسخة الجديدة لتتحرر نهائيا وتستطيع العملية أن تبدأ من جديد. والمتباينة الأقل لزوجة ستطلق كل نسخة جديدة خلال جزء من الثانية من تكوينها. من هاتين المتباينتين سيصل إلى الهيمنة فى عشيرة الناسخات؟ إن الإجابة لاشك فيها. فإذا كانت هذه هى الخاصية الوحيدة التى تختلف فيها المتباينتان، فإن اللزجة منهما تكون

حتمًا أقل كثيرا في عددها بالعشيرة. أما غير اللزجة فإنها تزيد مخرجة نسخا من أفراد غير لزجة بمعدل يزيد آلاف المرات عن المعدل الذي تصنع به نسخ لزجة من المتباينات اللزجة. والمتباينات ذات اللزوجة الوسطى سيكون لها معدلات وسط للتكاثر. وسيكون ثمة «اتجاه تطوري» نحو اللزوجة الأقل.

وقد أمكننا تكرار صنع ما يشبه ذلك من انتخاب طبيعي بدائي في أنبوبة الإختبار. فثمة فيروس يسمى Q-beta يعيش كطفيلي على بكتريا الأمعاء *Escherichia coli*: وفيروس Q-beta ليس له حمض د ن أ، ولكنه يحوى فعلا، بل هو يتكون إلى حد كبير، من جديلة مفردة من جزئ على صلة قرابة هو حمض ر ن أ، و ر ن أ له القدرة عل أن يتناسخ بطريقة مماثلة لـ د ن أ.

وفي الخلية الطبيعية، يتم تجميع جزيئات البروتينات حسب مواصفات خطط ر ن أ. وتكون هذه نسخا تنفيذية لخطط طبعت عن أصول من د ن أ ومحفوطة في المحفوظات النفيسة للخلية. على أن من الممكن نظريا بناء ما كينة خاصة - جزئ بروتين مثل باقى الماكينات الخلوية - تطبع نسخ ر ن أ من نسخ أخرى لـ ر ن أ. وما كينة كهذه تسمى جزئ الإنزيم النساخ لـ ر ن أ. والخلية البكتيرية نفسها لا تستخدم فى الحالة الطبيعية آلات كهذه، ولا تبنى أيا منها. ولكن لما كان الإنزيم النساخ مجرد جزئ بروتين مثل أى جزئ بروتين آخر، فإن ما فى الخلية البكتيرية من ما كينات متعددة المهارات لبناء البروتينات تستطيع بسهولة أن تتحول إلى بنائه، تماما مثلما يحدث لما كينة أدوات فى مصنع سيارات حيث يمكن تحويلها سريعا فى زمن الحرب لانتاج الذخيرة: وكل ما محتاجه هو تغذيتها بطبعة المخطط الزرقاء الصحيحة. وها هنا يأتى الفيروس.

إن القسم العامل فى الفيروس هو خطة من ر ن أ. وهى ظاهريا لا يمكن تمييزها عن أى من المخططات الزرقاء التنفيذية من مخططات ر ن أ الأخرى التى تجوب فيما حولها فى خلية البكتريا، بعد أن تطبع عن أصل من أصول د ن أ التى فى خلية البكتريا. ولكنك لو قرأت حروف الطبع الصغيرة فى ر ن أ الفيروسي ستجد أن ثمة شيئا شيطانيا مكتوب هناك. إن الحروف تشى بخطة لصنع الأنزيم النساخ لـ ر ن أ:

لصنع آلات تصنع المزيد من نسخ من نفس خطط ر ن أ، التي تصنع المزيد من الآلات التي تصنع المزيد من الخطط، التي تصنع المزيد..

وهكذا، فإن المصنع يُسَطى عليه بواسطة تلك المخططات الزرقاء التي هي مشغولة بذاتها. وبأحد المعانى فقد كان المصنع يصرخ طالبا أن يُسَطى عليه فلو أنك ملأت مصنعك بماكينات حاذقة هكذا بحيث أنها تستطيع أن تفعل أى شئ تُنبؤها أى طبعة مخطط زرقاء بأن تصنعه، فإنه لا يكاد يكون مما يثير الدهشة أن يحدث آجلا أو عاجلا أن تظهر طبعة مخطط زرقاء تنبؤ هذه الماكينات أن تصنع نسخا من نفسها. وسيمتأ المصنع بالمزيد والمزيد من هذه الماكينات الشريرة، كل منها يزيد مخرجا طبعات تصميم زرقاء شريرة لصنع المزيد من الماكينات التي تصنع المزيد من نفسها. وفى النهاية، فإن الخلية البكتيرية سيئة الحظ تنفجر وتطلق ملايين من الفيروسات التي تعدى بكتريا جديدة. ويكفى هذا عن دورة الحياة الطبيعية للفيروس فى الطبيعة.

لقد أُسميت الإنزيم النساخ لـ ر ن أ هو و ر ن أ بالماكيـنة وطبـعة المخطـط الزرقاء بالترتيب، وهما هكذا بمعنى ما، (سوف يجادل فيه على أسس أخرى فى فصل تالى)، ولكنهما أيضا جزئيات، ومن الممكن أن يقوم الكيماويون البشر بتنقيتهما، وحفظهما فى قوارير واختزانها على رف. وهذا هو مافعله سول شبيجلمان وزملاؤه فى أمريكا فى الستينات. ثم إنهم وضعوا الجزئيين الاثنين معا فى محلول. وحدث شئ خلاب. ففى أنبوبة الاختبار قامت جزئيات ر ن أ بدور القوالب لتركيب نسخ من نفسها، بمساعدة وجود الانزيم النساخ لـ ر ن أ. وأدوات الماكيـنة وطبـعات المخطـط الزرقاء قد تم استخلاصهما وتخزينهما بالتبريد، وكل منهما منفصل عن الآخر. وبعدها، ما إن أصبح كل منهما متاحا للآخر، فى الماء، ومتاحا أيضا للجزئيات الصغيرة اللازمة كمواد خام، حتى عادا معا إلى حيلهما القديمة حتى وإن لم يكونا بعد فى خلية حية وإنما هما فى أنبوبة اختبار.

وليس ثمة غير خطوة قصيرة للوصول من هذا إلى الانتخاب الطبيعى والتطور فى المعمل. فهذا ليس إلا نسخة كيماوية من بيومورفات الكمبيوتر. ونهج التجربة هو أساسا أن يوضع صف طويل من أنابيب الإختبار التي يحوى كل منها محلول من إنزيم نساخ ر ن أ،

وأيضاً من المواد الخام، الجزيئات الصغيرة التي يمكن استخدامها في تركيب ر ن أ. وهكذا فإن كل أنبوبة اختبار تحوى أدوات الماكينة والمادة الخام، ولكنها حتى الآن ما زالت تقبع خاملة، لاتفعل شيئاً لأنها ينقصها طبعة المخطط الزرقاء حتى تعمل وقها. والآن يقطر قدر ضئيل من ر ن أ نفسه إلى أنبوبة الإختبار الأولى. وفي التو ينشط جهاز الإنزيم النساخ للعمل لينتج كميات وافرة من نسخ لجزيئات ر ن أ التي أدخلت حديثاً، فتنشر خلال أنبوبة الإختبار. والآن تؤخذ قطرة من المحلول الذى فى أنبوبة الإختبار الأولى وتضاف إلى أنبوبة الاختبار الثانية. وتكرر العملية نفسها فى أنبوبة الاختبار الثانية ثم تؤخذ منها قطرة تستخدم لبذر أنبوبة الإختبار الثالثة، وهلم جرا.

ويحدث أحياناً، بسبب أخطاء النسخ العشوائية، أن ينشأ تلقائياً جزئ طافر من ر ن أ يختلف اختلافاً بسيطاً. وإذا كان النوع الجديد، لأى سبب من الأسباب، يتفوق تنافسياً على النوع القديم، يتفوق عليه بمعنى أنه، ربما بسبب انخفاض «لزوجته» يجعل نفسه يتناسخ تناسخاً أسرع أو بمعنى آخر أكثر فعالية، فإن من الواضح أن النوع الجديد سينتشر خلال أنبوبة الإختبار التى نشأ فيها، فيتفوق عددياً على النموذج. الأبوى الذى أنشأه وبعدها، فعندما تؤخذ قطرة من المحلول الذى فى أنبوبة الاختبار هذه لبذر الأنبوبة التالية، فإن النوع الجديد الطافر هو الذى سيقوم بالبذار. ولو اختبرنا جزيئات ر ن أ فى تتال طويل من أنابيب الاختبار، سنرى مالا يمكن أن يسمى إلا بأنه تغير تطورى، وأنواع ر ن أ المتفوقة تنافسياً التى يتم انتاجها فى آخر «أجيال» عديدة من أجيال أنابيب الإختبار، يمكن وضعها فى قوارير وعنونتها لاستخدامها مستقبلاً. وكمثل فإن النوع المسمى V_2 يتناسخ بسرعة أكبر كثيراً من ر ن أ الطبيعى الموجود فى فيروس Q - beta، وربما يكون السبب أنه أصغر. وهو بخلاف ر ن أ فى Q - beta ليس عليه أن «يئالى» بأن يكون جاورياً لمخطط لصنع الإنزيم النساخ. فالإنزيم النساخ يوفره له مجاناً أصحاب التجربة. وقد استخدم ر ن أ فى كمنقطة بداية لتجربة شيقة قام بها لزللى أورجل وزملاؤه فى كاليفورنيا حيث فرضوا على التجربة بيئة «صعبة».

لقد أضافوا إلى أنابيب اختبارهم سمّاً يدعى بروميد الإيثيديوم مما يحبط تركيب ر ن أ: فهو يلصق الأجزاء العاملة لأدوات الماكينة. وقد بدأ أورجل وزملاؤه بمحلول ضعيف للسم. وفى أول الأمر، أبطأ السم من سرعة التركيب الكيماوى، ولكن بعد إجراء تطوير

ما يقرب من تسعة «أجيال» انتقل في أنابيب الاختبار، تم انتخاب سلالة جديدة من ر ن أ تقاوم السم. وأصبح معدل تركيب ر ن أ الآن مما يقارن بمعدل ر ن أ ف الطبيعي في غياب السم. والآن، فإن أورجل وزملاءه ضاعفوا تركيز السم. ومرة أخرى انخفض معدل تناسخ ر ن أ، ولكن بعد عشرة نقلات أخرى في أنابيب الاختبار أو ما يقرب من ذلك، تطورت سلالة من ر ن أ كانت محصنة حتى ضد التركيزات الأعلى من السم. ثم ضوعف تركيز السم مرة أخرى. وبهذه الطريقة، أمكنهم بواسطة التضاعفات المتتالية تطوير سلالة من ر ن أ تستطيع أن تنسخ ذاتها في تركيبات عالية جداً من بروميد الايثيديوم، تركيزها عشرة أمثال السم الذي كان يحبط الجد الأصلي من ر ن أ ف. وقد أسماوا ر ن أ المحصن الجديد ف 40. وتطور ف. 4 من ف. 2، قد استغرق ما يقرب من مائة «جيل» انتقال في أنابيب الاختبار (وطبيعي أن ثمة الكثير من أجيال التناسخ الفعلية لـ ر ن أ التي تتواصل فيما بين كل نقلة لأنابيب الاختبار).

وقد قام أورجل أيضاً بتجارب لم يصف فيها أى إنزيم. ووجد أن جزيئات ر ن أ تستطيع أن تنسخ نفسها تلقائياً تحت هذه الظروف، وإن كان ذلك فى ببطء شديد. ويبدو أنها تحتاج لمادة أخرى كعامل حفاز Catalyst، مثل الزنك. وهذا أمر مهم، لأنه بالنسبة للأيام المبكرة من الحياة عندما ظهرت الناسخات لأول مرة، لا يمكننا أن نفترض وجود إنزيمات فيما حول الجزيئات تساعد على التناسخ. وإن كان من المحتمل أن الزنك كان موجوداً.

والتجربة المكتملة تم تنفيذها منذ عقد فى معمل المدرسة الألمانية ذات النفوذ القوى والتي تبحث فى أصل الحياة تحت إشراف مانفريد أيجن. وقد قام هؤلاء الباحث بتوفير الإنزيم النساخ ووحدات بناء ر ن أ فى أنبوبة الاختبار، ولكنهم «لم» يبدروا المحلول بحامض ر ن أ. ومع هذا، فقد تم تطوير جزئ معين كبير من ر ن أ «تلقائياً» فى أنبوبة الاختبار، وكرر هذا الجزئ ذاته تطوير نفسه مرة وأخرى فى تجارب تالية مستقلة! وبين الفحص الدقيق أنه لا يوجد ثمة احتمال للعدوى بالمصادفة بجزيئات ر ن أ. وهذه نتيجة رائعة عندما تحسب إحصائياً قلة احتمال أن ينشأ نفس هذا الجزئ الكبير مرتين تلقائياً. فقلة احتمال ذلك تزيد كثيراً جداً عن قلة احتمال، الطبع التلقائى لعبارة ME- THINKS IT IS LIKE A WEASEL. وبمثل هذه العبارة فى نموذجنا بالكمبيوتر، فإن جزئ ر ن أ المحبذ بعينه قد تم بناؤه بالانتخاب «التراكمى» التدريجى.

ونوع ر ن أ الذى يتكرر إنتاجه فى هذه التجارب هو من نفس حجم وبناء الجزئيات التى أنتجها شبيجلمان. ولكن بينما قام شبيجلمان بتطويرها «بالتفسخ» degeneration من حامض ر ن أ الأكبر الموجود طبيعيا فى فيروس Q-beta، فإن جزئيات مجموعة أيجن قد بنت نفسها مما يكاد يكون لا شئ. وهذه المعادلة بالذات تتكيف على وجه حسن مع بيئة تتألف من أنابيب اختبار قد زودت بالإنزيم النساخ جاهزا مسبقا. وإذن فإنه يتم التلاقى عليها بواسطة الانتخاب التراكمى من نقطتى بدء تختلفان اختلافا تاما. فالجزئيات الأكبر ل ر ن أ فى فيروس Q-beta أقل تكيفا لبيئة أنبوية الإختبار ولكنها أحسن تكيفا للبيئة التى توفرها خلايا عصوى القولون.

والتجارب التى من هذا النوع تساعدنا على إدراك طبيعة الانتخاب الطبيعى الأتوماتيكية بالكامل وغير المعتمدة. «فماكينات» الإنزيم النساخ لا «تعرف» السبب فى أنها تصنع جزئيات ر ن أ: فما تفعله هو مجرد إنتاج جانبي لشكلها. وجزئيات ر ن أ نفسها لاترسم استراتيجية لأن تجعل نفسها تتناسخ. وحتى لو أمكنها التفكير، فما من سبب واضح ينبغى أن يدفع أى كيان مفكر لأن يصنع نسخا من نفسه. ولو أنى عرفت كيف أصنع نسخا لنفسى، لما وثقت من أنى سأعطى لهذا المشروع أولوية كبرى عندما أقارنه بكل الأشياء الأخرى التى أريد صنعها: فلماذا ينبغى على ذلك؟ على أن الدافع غير وارد بالنسبة للجزئيات. وكل ما فى الأمر أنه يتفق أن بنية ر ن أ الفيروسي تكون بحيث تجعل الماكينات الخلوية تزيد مخرجة نسخا من أنفسها. ولو اتفق أن أى كيان فى أى مكان من الكون، كان له خاصية إجادة صنع المزيد من النسخ لنفسه، فمن الواضح عندها أنه «سوف» يظهر للوجود أوتوماتيكية المزيد والمزيد من نسخ هذا الكيان. وليس هذا فحسب، بل إنه ما دامت هذه الكيانات تشكل أوتوماتيكية سلاطات، ويحدث عرضا أخطاء نسخ لها، فإن النسخ الأخيرة تتجه لأن تكون «أفضل» فى صنع نسخ لنفسها عن النسخ الأقدم، وذلك بسبب عمليات الانتخاب التراكمى قوية السلطان. إن الأمر كله بسيط وأتوماتيكي بالكلية. وهو قابل للتنبؤ به بما يكاد يجعله حتميا.

وجزئ ر ن أ «الناجح» فى أنبوية الاختبار، يكون ناجحا بسبب خاصة ما ذاتية مباشرة وجبلية، شئ مماثل «للزوجة» فى مثلى المفترض. على أن الخواص من مثل «اللزوجة»

تكاد تشير الملل. إنها خواص أولية للناسخة نفسها، خواص لها تأثير مباشر فى احتمال تناسخها فى نفسها. ماذا لو أن الناسخة كان لها تأثير مافى شىء غيرها، وهذا يؤثر فى شىء غيره، الذى يؤثر بدوره فى شىء غيره، الذى.. وفى النهاية يؤثر تأثيرا غير مباشر فى فرصة تناسخ الناسخة؟ يمكنك أن ترى، أنه لو وجدت سلاسل طويلة هكذا من الأسباب، فإن الحقيقة البديهية الأساسية ستظل باقية. فالناسخات التى يتفق أن يكون عندها مايلزم لتناسخها سوف تصل إلى أن تكون المسيطرة فى العالم، «مهما كان طول وعدم مباشرة» سلسلة الوصلات السببية التى تؤثر عن طريقها فى احتمالات تناسخها هى. وبنفس المنطق، فإن العالم سيصل إلى أن يمتلئ بتلك الوصلات التى فى هذه السلسلة السببية. وسوف ننظر الآن لتلك الوصلات، لنذهل منها.

إننا نراها طول الوقت فى الكائنات العضوية الحديثة - إنها الأعين والبشرات والعظام وأصابع الأقدام، والأمخاخ والفرائز. فهذه الأشياء هى أدوات تناسخ د ن أ. وهى تتسبب عن د ن أ بمعنى أن الإختلاف فى الأعين، والبشرات والعظام والفرائز، الخ تتسبب عن اختلافات فى د ن أ. وهى تحدث تأثيرا فى تناسخ د ن أ الذى سببها، وذلك بأن تؤثر فى بقاء وتكاثر أجسادها - التى تحوى د ن أ نفسه، وبالتالي فإن د ن أ يشاركها فى مصيرها. وإذن فإن د ن أ نفسه يمارس تأثيرا فى تناسخه هو ذاته، عن طريق خواص الأجساد. ويمكن القول أن د ن أ يمارس السلطة على مستقبله هو نفسه، وأن الأجساد وأعضائها وأنماط سلوكها هى أدوات هذه السلطة.

وعندما نتكلم عن السلطة، فإننا نتحدث عن نواجح الناسخات التى تؤثر فى مستقبلها الخاص بها، مهما كانت هذه النواجح غير مباشرة. ولا يهم عدد الوصلات الموجودة فى السلسلة إبتداء من السبب حتى النتيجة. وإذا كان السبب هو كيان نامخ لذاته، فالنتيجة مهما كانت بعيدة وغير مباشرة، فإنها يمكن أن تكون خاضعة للانتخاب الطبيعى. وسألخص الفكرة العامة بأن أحكى حكاية معينة عن القنادس، وهى فى تفصيلها حكاية مفترضة، ولكنها بالتأكيد لايمكن أن تكون بعيدة عن الحقيقة. فمع أن أحدا لم يقم ببحث على نمو اتصالات المخ فى القندس، فإن هذا النوع من البحث قد نفذ على حيوانات أخرى، مثل الديدان. وسوف اقترض الإستنتاجات لأطبقتها على القنادس، لأن القنادس أكر تشويقا للكثيرين وأكثر ملاءمة لمزاجهم عن الديدان.

إن جينا طافرا في أحد القنادس هو مجرد تغيير في حرف واحد من النص ذى البليون حرف، وليكن تغييرا في جين معين هو ج، وإذ ينمو القندس الصغير، فإن التغيير ينسخ، مع كل الحروف الأخرى في النص، في كل خلايا القندس. وفي أغلب الخلايا لا تتم قراءة الجين ج، بينما تتم قراءة الجينات الأخرى التي لها علاقة بمهام أنواع الخلايا الأخرى. على أن الجين ج تتم قراءته في بعض الخلايا في المخ النامي. وهو يُقرأ ويُترجم في نسخ من ر ن أ. ونسخ ر ن أ العاملة تدور منجرفة من داخل الخلية، وفي النهاية فإن بعضها يرتطم بالماكينات صانعه البروتين التي تسمى ريبوزومات Ribosomes. وتقرأ الماكينات صانعة البروتين الخطط التنفيذية لـ ر ن أ، وتنتج جزيئات بروتينية جديدة حسب مواصفاتها. وتلتف جزيئات البروتين هذه في شكل معين يحدده تتابع الأحماض الأمينية الخاص بها، وهذا بدوره يحكمه تتابع شفرة د ن أ في الجين ج. وعندما يطفر ج، فإن التغيير يحدث فارقا حاسما في تتابع الأحماض الأمينية الذي يحدده الجين ج طبيعيا، وبالتالي يحدث فارقا حاسما في الشكل الملتف لجزيء البروتين.

وجزيئات البروتين هذه التي تغيرت تغيرا طفيفا يتم إنتاجها بالجملة بواسطة الماكينات صانعه البروتين داخل خلايا المخ النامية. وهي بدورها تعمل كإنزيمات، أى الماكينات التي تصنع مركبات أخرى في الخلية، منتجات الجين. وتجد منتجات الجين ج طريقها إلى الغشاء الذى يحيط بالخلية. وتشارك في العمليات التي تقيم بها الخلايا اتصالات بالخلايا الأخرى. وبسبب التغيير الطفيف في خطط د ن أ الأصلية، فإن معدل إنتاج بعض المركبات المعينة بهذه الأغشية يتغير، وهذا بدوره يغير من الطريقة التي تتصل بها خلايا معينة من خلايا المخ النامية إحداها بالأخرى. وهكذا فقد حدث تغير رهيف في هيكل التوصيلات في جزء معين من مخ القندس، هو نتيجة غير مباشرة بل ونائية البعد، لتغيير في نص د ن أ.

والآن فقد اتفق أن هذا الجزء المعين من مخ القندس، بسبب موقعه في الهيكل الكلى للتوصيلات، يشارك في سلوك القندس في بناء السد. وبالطبع، فإن أجزاء كبيرة من المخ تقوم بالمشاركة كلما بنى القندس سدا، ولكن عندما أثرت طفرة ج في هذا الجزء المعين

من هيكَل التوصيلات بالمخ، فإن التغير كان له تأثير محدد فى السلوك. فهو يجعل القندس يقيم رأسه فى الماء على مستوى أعلى وهو يسبح بقطعة خشب بين فكليه. والمستوى الأعلى معناه أعلى من القندس الذى لم تحدث فيه طفرة. وهذا يقلل قليلا من احتمال أن يغسل الماء أثناء الرحلة ما يعلق بالخشبة من وحل. وهذا يزيد من لزوجة الخشبة، ويعنى بالتالى أنه عندما يلقي القندس الخشبة فى السد، سيكون احتمال بقاءها هناك أكبر. وينزع هذا إلى أن ينطبق على كل قطع الخشب التى يضعها أى قندس يحمل هذه الطفرة المعينة. وزيادة لزوجة قطع الخشب هى نتيجة، ومرة أخرى نتيجة غير مباشرة جدا، لتغيير فى نص د ن أ.

وزيادة لزوجة قطع الخشب تعنى أن السد سيكون له بنية أشد إحكاما، وأقل عرضة للانهار. وهذا بدوره يزيد من حجم البحيرة التى يخلقها السد، الأمر الذى يجعل المأوى الذى فى منتصف البحيرة أكثر أمانا ضد المفترسين. وينزع هذا إلى أن يزيد من عدد السلالة التى ينشؤها القندس بنجاح. وإذا نظرنا إلى كل عشيرة القنادس، فإن القنادس التى تحوز الجين الطافر ستزعم إذن، فى المتوسط، لأن تنشئ سلالة أكثر من تلك التى لا تحوز الجين الطافر. وهذه السلالة ستزعم إلى أن تراث من والديها نسخ محفوظات للجين المعدل ذات نفسه. وإذن، فإنه فى داخل العشيرة يصبح هذا الشكل من الجين هو الأكثر عددا بمرور الأجيال. وفى النهاية فإنه يصبح القاعدة، ولا يستحق بعد لقب «الطافر». وستكون سدود القندس بعامة قد تحسنت بدرجة أخرى.

وحقيقة أن هذه الحكاية بالذات افتراضية، وأن تفاصيلها قد تكون خطأ، هى مما لا تأثير له فى الموضوع. إن سد القندس قد تطور بالانتخاب الطبيعى، وإذن فإن ما يحدث لا يسكن أن يختلف كثيرا عن الحكاية التى رويتها إلا فى التفاصيل العملية. والدلالات العامة لهذه النظرية للحياة قد تم شرحها وإيضاحها فى كتابى «المظهر الممتد»، ولن أكرر حججى هنا. وسوف تلاحظ فى هذه القصة المفترضة أن هناك ما لا يقل عن ١١ وصله فى سلسلة السببية التى تصل الجين المعدل بالبقاء المتحسن. وقد يكون هناك حتى وصلات أكثر فى الحياة الحقيقية. وكل وصله من هذه الوصلات، سواء كانت تأثيرا فى الكيمياء من داخل الخلية، أو تأثيرا لاحقا فى الطريقة التى توصل بها خلايا المخ نفسها

معاً، أو حتى تأثيراً لاحقاً بأكثر في السلوك، أو تأثيراً نهائياً في حجم البحيرة، فهي كلها مما يعد بصورة صحيحة أنه قد «تسبب» عن تغير في د ن أ. ولا يهم أن يكون عدد الوصلات قد بلغ ١١١. وأي تأثير يحدثه تغيير الجين في احتمالات تناسخه هو نفسه، يكون بمثابة اللعبة المتاحة للانتخاب الطبيعي. إن الأمر كله بسيط بمسألة تامة، وأتوماتيكي على نحو مبهج، وغير متعمد. إن شيئاً كهذا ليكون محتوماً تماماً، بمجرد أن يظهر للوجود أول كل شيء المقومات الأساسية للانتخاب التراكمي - أي التناسخ والخطأ والسلطة. ولكن كيف حدث ذلك؟ كيف أتت هذه المقومات للوجود على الأرض قبل أن تكون هناك حياة؟ سوف نرى كيف تمكن الإجابة عن هذا السؤال الصعب في الفصل التالي.

