السلطة والمحفوظات (الأرشيف)

إن الدنيا بالخارج تمطر حامض د ن أ. على ضفة قناة أوكسفورد أسفل حديقتى ثمة شجرة صفصاف كبيرة، وهى تضخ فى الهواء بذورا ذات زغب. ويتحرك الهواء بلا نظام، فتنجرف البذور إلى الخارج من الشجرة فى كل اتجاه. وبقدر ما تصل إليه نظاراتى المكبرة، فإن الماء أعلا القناة وأسفلها قد ابيض بالنقط القطنية السابحة، وفى وسعنا أن نتيقن أنها قد كست الأرض بساطا يمتد إلى نفس البعد أيضا فى اتجاهات أخرى. وزغب القطن قد صنع فى أغلبه من السليولوز، وهو يحجّم كالقزم تلك الكابسولة الدقيقة التى تحوى حامض د ن أ، المعلومات الوراثية. فـ 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 مايهم، وزغب السليولوز رغم حجمه الأكبر، إلا أنه مجرد باراشوت، سوف يهمل أمره. والعرض كله، زغب القطن والنوارات 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 الشفرية تعليمات محدودة لبناء أشجار صفصاف سوف تسقط جيلا جديدا من البذور ذات الزغب. فهذه النقط ذات الزغب تنشر بالمعنى الحرفى 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 شفرية تنمى الشجر وتنشر الزغب، وليست هذه إستعارة مجازية، إنها الحقيقة الواضحة. ولايمكن أن يكون الأمر أكثر وضوحا لو كانت الدنيا تمطر أقراص كمبيوتر لينة Floppy discs.

فالأمر واضح وحقيقى، ولكنه لم يتم فهمه من زمن طويل. فمنذ سنوات قليلة، لو سألت تقريبا أيا من البيولوجيين عما هو خاص فيما يتعلق بالشئ الحى مقارنا بما لاحياة فيه، لأنبأك عن مادة خاصة تدعى البروتوبلازم. والبروتوبلازم كان مما لايماثل 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 أرثر كونان دويل(*) ..كان يظن أن نز الجلوبيجرينا(**)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 الجزيئات، مثل أى شئ آخر.

وماهو خاص هو أن هذه الجزيئات 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 «الحى»، ولكن هذه الخصائص كلها تنبثق اتفاقا. أما ما يكمن فى لب كل شئ حىّ، فهو ليس باللهب، ولابدفء الأنفاس، ولا «بشرارة الحياة». إنه المعلومات. الكلمات، التعليمات. وإذا أردت استعارة من مجاز، فلا تفكر 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 البللور. وإذا أردت أن تفهم الحياة، فلا تفكر فى هلاميات ونزات رعاشة خفاقة، وإنما فكر فى تكنولوجيا المعلومات ـ 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 حز متموج. والمعلومات التى على قرص الليزر الحديث (الذى كثيرا ما يدعى «بالقرص المضغوط» Compact disc وهو أمر يؤسف له، لأنه اسم لايعطى معلومة كما أنه كثيرا ما يساء نطقه بالضغط على المقطع الأول) هى معلومات مرقومة، مخزونه 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 ولاتوسطيات 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 وضح مندل أننا لانمزج ميراثنا من والدينا الاثنين. إننا نتلقى ميراثنا فى جسيمات متميزة. وفيما يتعلق بكل جسيم، فإننا إما أن نرثه أو لانرثه. والواقع كما يوضح ر.أ. 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 لايرث إلا إحدى الصفتين، ولايجمع بين الاثنتين. ونحن الآن نعرف أن الشئ نفسه

ينطبق على كل جسيمات الميراث عندنا. إنها لاتمتزج، ولكنها تبقى متميزة منفصلة بينما هى تـخـلّط وتعيد تخليط مسارها عبر الأجيال. وطبيعى أنه كثيرا مايكون ثمة مظهر قوى من مزج لتأثيرات الوحدات الوراثية فى الأجساد. فإذا تزاوج شخص طويل مع قصير، أو شخص أسود مع أبيض، فكثيرا ما تكون سلالتهما توسطية. على أن مظهر المزج لاينطبق إلا على التأثيرات فى الجسد، وهو يرجع لمحصلة التأثيرات الصغيرة لعدد كبير من الجسيمات. والجسيمات نفسها تظل منفصلة متميزة عندما يصل الأمر إلى تمريرها للجيل التالى.

والتمييز بين التوارث المزجى وبين توارث الجسيمات كان له أهميته الكبرى فى تاريخ الأفكار التطورية. ففى زمن داروين كان كل فرد (عدا مندل الذى انطوى بعيدا فى ديره، فتم لسوء الحظ تجاهله إلى ما بعد مماته) يظن أن التوارث هو امتزاج. وثمة مهندس اسكتلندى يدعى فلمنج جنكن دلل (بما كان يظن أنه الحقيقة) على أن التوارث بالمزج ينفى تماما الانتخاب الطبيعى 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 بمحاجة جنكن. وكانت هذه تتجسد بأكثر الصور حيوية فى مثل عن تحطم سفينة رجل أبيض على جزيرة يسكنها «الزنوج»:

«ولنمنحه كل ميزة يمكن تصور أن الرجل الأبيض يتفوق بها على المواطن المحلى، ولنسلم بأنه فى صراعه من أجل البقاء ستتفوق فرصته للحياة لزمن طويل تفوقا أكبر كثيرا من فرصة الرؤساء المحليين، على أن كل هذه التسليمات لايترتب 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 فى صراع البقاء، ولعله سيصبح له عدد هائل من الزوجات والأطفال، بينما يعيش ويموت الكثيرون من رعاياه وهم عزاب.. ومن المؤكد أن ستنزع صفات رجلنا الأبيض نزوعا شديدا لأن تبقيه عمرا طويلاً جدا، ولكن ليس هناك أى عدد من الأجيال يكفيه لتحويل سلالة رعاياه إلى اللون الأبيض.. وسوف يوجد فى الجيل الأول بضع عشرات من صغار الخلاسيين الأذكياء، يتفوقون كثيرا على الزنوج فى 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 شئ؟»

ولا تجعل المزاعم العرقية لتفوق البيض تصرف ذهنك بعيدا. فقد كانت فى زمن جنكن وداروين مما لايشك فيه، تماما مثلما لا يشك اليوم فى المزاعم المتعصبه لجنسنا عن «حقوق الإنسان» وكرامة «الانسان» وقدسية حياة «الانسان». ويمكننا إعادة صياغة محاجة جنكن فى تمثيل هو أكثر حيادا. فلو مزجت معا طلاءا أبيض وطلاءا أسود، فإن ماتحصل عليه هو طلاء رمادى. ولو مزجت طلاءا رمادى، فلن تتمكن من إعادة تكوين الطلاء الأصلى لا الأبيض ولا الأسود. وخلط الألوان لايتعد كثيرا عن رؤية الوراثة ماقبل مندل، وحتى الثقافة الشعبية الحالية كثيرا ماتعبر عن الوراثة بلغة من اختلاط «الدماء». ومحاجة جنكن هى محاجة عن الغمر. فبمرور الأجيال، وتحت زعم الوراثة بالمزج، فإن التباين لابد وأنه سيُغمر. وسيعم تجانس أعظم وأعظم. وفى النهاية لن يكون ثمة تباين يبقى ليُعمل 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 ليُعمل الانتخاب تأثيره فيه. وقد وضح و. وينبرج هذا الأمر رياضيا فى ١٩٠٨، كما وضحه على نحو مستقل الرياضى الغريب الأطوار ج.هـ. هاردى، والذى يتفق أنه كما سُجل 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، الذى أسسوا الوراثيات الحديثة للعشائر، بإنشاء الإجابة الكاملة على فلمنج جنكن بلغة نظرية مندل عن وراثيات «الجسيم». وكان فى هذا مايبعث على السخرية وقتها، والسبب، كما سوف نرى فى 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 مايتغير فى التطور هو «التواتر» Frequency النسبى للجسيمات المنفصلة للوراثة أو الجينات، التى إما أن يكون كل منها موجودا أو لايكون موجودا فى أى جسد فرد بذاته. والداروينية مابعد فيشر تسمى الداروينية الجديدة. وطبيعتها المرقومة ليست حقيقة عارضة يتفق أنها تصدق على تكنولوجيا المعلومات الوراثية. فالمرقومية لعلها هى الشرط المسبق الضرورى حتى تصبح الداروينية نفسها مما يصلح.

وفى تكنولوجيتنا 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 مايهم هو أنه ينبغى أن يتميز أحدها عن الآخر، وأن يكون فى الإمكان «قراءة» أنماط أحوالها، بحيث يمكن أن يكون لها تأثير ما فى شئ ما. وتستخدم التكنولوجيا الالكترونية وسائط فيزيائية مختلفة لتخزين واحداتها 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 لاحدود لطولها. وثمة أنواع كثيرة مختلفة من البوليمر. «فالبوليثين» مثلا يتألف من سلاسل طويلة من جزئ صغير يدعى الإيثيلين ـ الإيثيلين المبلمر. والنشا والسليولوز هى سكريات مبلمرة. وبعض البوليمرات، بدلا من أن تكون سلاسل متجانسة من جزئ صغير واحد كالإيثيلين، تكون سلاسل من نوعين مختلفين أو أكثر من الجزيئات الصغيرة. وما إن

يدخل عدم التجانس هكذا فى سلسلة البوليمر حتى تصبح تكنولوجيا المعلومات فى الإمكان نظريا. وإذا كان ثمة نوعان من الجزيئات الصغيرة فى السلسلة، فإنه يمكن تصور الاثنين على أنهما ١ وصفر بالتتالى، ويمكن فى 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**. وكلتاهما سلاسل من جزيئات صغيرة تدعى النيوكليويتدات. 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 (*) Aأ، Tث، Cس، Gج. ومن حيث المبدأ فليس هناك غير فارق صغير جدا بين تكنولوجيا معلومات ثنائية من حالتين مثل تكنولوجيتنا، 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 الإذهال. 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 مؤخرا علماء بيولوجيا الجزيئات 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. ومافيها من د ن أ يستطيع الاحتفاظ بنسخة واحدة «فقط» من العهد الجديد!

ومهندسو الوراثة الحديثون لديهم بالفعل التكنولوجيا لكتابة العهد الجديد أو أى شئ آخر فى د ن أ بخلية البكتريا. و «المعنى» الذى يكون للرموز فى أى تكنولوجيا معلومات هو شئ تعسفى، وما من سبب لأنه ينبغى ألا نجعل 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 الاثنتى عشرة). ولسوء الحظ، فإن كتابة العهد الجديد فى خلية بكتريا سيستغرق مايقرب من خمسة قرون انسانية، ولهذا فإنى 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 مايحلم به أى رجل تبشير لو أن الناس فقط يستطيعون قراءة حروف أبجدية د ن أ، ولكن ويالأسف، 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 «للكتابة مرة واحدة، وللقراءة مرات كثيرة». ونمط أرقام الصفر والواحد «يستهلك» 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 مايمكن القراءة منها (سرعان مايتعود المرء على هذه الرطانة غير المهذبة للغة الكمبيوتر). فرام إذن تستطيع أن تقوم بكل ماتستطيعه روم، وأكثر منه. وماترمز له فعلا

حروف رام يساء فهمه ولذا فإنى لن أذكره. والنقطة الهامة بشأن رام هى أنك تستطيع أن تضع أى نمط من أرقام الصفر والواحد فى أى جزء تشاءه منها، ولأى عدد من المرات تشاءه. 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 لايتبدل بعدها قط. وروم تستخدم كذخيرة Reperetoire ثابتة للبرامج القياسية، التى يحتاج لها المرة بعد الأخرى، والتى لايمكنك تغييرها حتى لو أردت ذلك.

و د ن أ هو من نوع روم. ومن الممكن قراءته مايزيد عن ملايين المرات، ولكنه لا يكتب إلا لمرة واحدة ـ عندما يتم تجميعه أول الأمر عند ميلاد الخلية التى يقبع فيها. و د ن أ فى خلايا أى فرد قد تم «استهلاكه»، ولايتبدل 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، وث، وس، وج تنسخ بأمانة فى د ن أ بكل من ترليونات الخلايا الجديدة التى تصنع 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 مايكتب فى هذا الموضع أيا ما كان. وكل موضح 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 الموضع 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 المواضع ٣٢١٧٦٢ فى د ن أ ، عندى قد تكون أو لاتكون مماثلة لمحتويات الموضع ٣٢١٧٦٢ عندك. ولكن الموضع ٣٢١٧٦٢ عندى هو بالضبط فى نفس الموقع فى خلايا مثل الموضع ٣٢١٧٦٢ فى خلاياك. و«الموقع» هنا يعنى موقعا على طول كروموزوم معين، والموقع الفيزيائى المضبوط للكروموزوم فى الخلية أمر لايهم. 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 صول 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 لايمكن مقارنة المحتويات، عنوانا بعنوان، لأن العناوين لايقابل 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 مايحدد أحد الأنواع هو أن كل أفراده 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 فى كل الأفراد الآخرين للنوع. أما ما يمكن أن يختلف بين أفراد النوع فهو محتويات تلك المواضع.

واختلاف المحتويات فى الأفراد المختلفة يأتى بالأسلوب التالى، وينبغى هنا أن أؤكد على أنى أتحدث عن الأنواع التى تتكاثر جنسيا مثل نوعنا. إن حيواناتنا المنوية أو بويضاتنا يحوى كل منها ٢٣ كروموزوما. وكل موضع معنون فى أحد حيواناتى المنوية يقابل موضعا معنونا بعينه فى كل حيوان آخر من حيواناتى المنوية، وفى كل بويضة من بويضاتك (أو حيواناتك المنوية). وكل خلاياى الأخرى تحوى ٤٦ كروموزوما ـ كمجموعة مزدوجة. وتستخدم نفس العناوين مرتين فى كل من هذه الخلايا. فتحوى كل خلية كروموزومان من رقم ٩. ونسختان من الموضع ٧٢٣٠ على الكروموزوم ٩. ومحتويات الاثنين قد تكون أو لاتكون متماثلة، تماما مثلما تكون أو لاتكون 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 فى كل من الموضعين المعنونين. أما أى نسخة سيحصل عليها من الاثنتين فهذا مما يعد أمرا عشوائيا. وينطبق الشئ نفسه على البويضات. والنتيجة أن كل حيوان منوى يتم إنتاجه وكل بويضة يتم إنتاجها هى شئ متفرد بلغة «محتويات» مواضعها، رغم أن نظام عنونتها يتطابق فى كل أفراد النوع الواحد (مع استثناءات تافهة لايجب أن تشغلنا). وعندما يخصب الحيوان المنوى بويضة فمن الطبيعى أن سيتكون نسخة متممة كاملة من ٤٦ كروموزوما، ثم تضاعف كل الكروموزومات الستة والأربعين فى كل خلايا الجنين النامى.

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

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

ونظام العنونة نفسه لايتغير إلا بعد فترة طويلة جدا. وأفراد الشمبانزى لديها ٢٤ زوجا من الكروموزومات ونحن لدينا ٢٣ زوجا. ونحن نشترك مع الشمبانزى بجد مشترك، وهكذا فإنه لابد وأنه عند نقطة ما فى سلفنا نحن أو سلف الشمبانزى قد حدث تغير فى عدد الكروموزومات. وإما أننا فقدنا كروموزوما (اندمج اثنان)، أو أن أفراد الشمبانزى قد اكتسبت واحدا (انقسام واحد). ولابد 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 تُقرأُ المعلومات التى فى ذاكرة أحد الكمبيوترات عند موضع معين، فإن شيئا من اثنين قد يحدث لها. إما أنها يمكن ببساطة أن تكتب فى مكان أخر، 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 إبنه، 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 معينا من المحتويات ـ أرقام من واحد وصفر ـ عندما تترجم كتعاليم ينتج عنها أن يخرج عن مكبر الصوت الصغير فى الكمبيوتر صفير متقطع. وهذا النمط من الصفير هو ١١٠٠٠٠٠٠. ١٠١٠١١٠١٠٠١١٠٠٠. وليس هناك صفيراً متأصلا أو ضجة متأصلة فى هذا النمط الصغير. وليس فيه ماينبئك أنه سيكون له هذا التأثير على مكبر

الصوت. وإنما يكون له هذا التأثير فحسب بسبب الطريقة التى 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 لايبقى 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 تحدده بالضبط الرموز الشفرية فى طول معين من د ن أ (عن طريق ر ن أ كوسيط). وإذن، فبأحد المعانى، يتحدد الشكل الملتف ذو الأبعاد الثلاثية 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» ممكنه 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، هى إنجاز فذ لتكنولوجيا المعلومات المرقومة. والخطوات التالية التى 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 كيماوى ضخم. وأنماط د ن أ، أو الجينات، تمارس مفعولها بالتأثير فى سياق الأحداث فى المصنع الكيماوى، وهى تفعل ذلك بتأثيرها فى الشكل الثلاثى الأبعاد لجزيئات البروتين. وكلمة ضخم قد يبدو فيها مايدهش 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 تحويها. وكل ماكينة هى جزئ 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 كيماوى معين. وكل نوع من ماكينات البروتين يجرى فيه خض منتجه الكيماوى 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 الكيماوى ـ أى الخلية. وهذه المنتجات الكيماوية المتميزة لهذه الإنزيمات هى مايعطى الخلية شكلها وسلوكها الفرديين.

ولما كانت كل خلايا الجسد تحوى نفس الجينات، فإنه قد يبدو من المدهش أن خلايا الجسد كلها لاتماثل إحداها الأخرى. والسبب هو أنه فى أنواع الخلايا المختلفة «تُقرأ» مجموعة فرعية مختلفة من الجينات، بينما تُهمل الأخرى. ففى خلايا الكبد لا تُقرأ 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 تُقرأ وتترجم إلى منتجاتها البروتينية. وهذا بدوره يعتمد على الكمياويات 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 الإبنتين لاتكون كل منهما بالضرورة مماثلة للأخرى. ففى البويضة الأصلية المخصبة مثلا، تتجمع كيماويات معينة عند أحد أطراف الخلية، وكيماويات أخرى عند الطرف الآخر. وعندما تنقسم خلية مستقطبة هكذا، فإن الخليتين الإبنتين تتلقيان مخصصات كيماوية مختلفة. وهذا يعنى أنه ستُقرأ جينات مختلفة فى الخليتين الإبنتين، 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 متآزرة فى نوع من تصميم مركزى كبير.

و«الفعل» بالمعنى المستخدم فى هذا الفصل، هو مايتحدث عنه عالم الوراثيات عندما يذكر ما للجين من «تأثير المظهر». فدن أ له تأثيرات فى الأجساد، وفى لون العين، وتجعد الشعر، وشدة السلوك العدوانى، والآلاف من الخصائص الأخرى، التى تسمى كلها تأثيرات المظهر، و د ن 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 (التى 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 الخط 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 الإنتقال الأفقى والإنتقال 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 كمثل أنه يوجد فى النمور جين معين يؤثر بواسطة مفعوله الجانبى فى خلايا الفك، مسببا أن تصبح الأسنان أحدّ 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، وبالتالى فإنه يمرر، رأسيا، عددا أكثر لنسخ الجين الذى يصنع أسنانا أحدّ. وهو طبعا، يمرر فى نفس الوقت كل جيناته الأخرى، ولكن جين «الأسنان الحادة» الخاص هو وحده الذى سوف يجد نفسه، «فى المتوسط» فى أجساد النمور حادة الأسنان. فالجين نفسه يستفيد، بلغة الإنتقال 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 الرسائل 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 فى د ن أ يصل فى طوله إلى ٣٠٦ حرفا. ولا نستطيع القول بأنه يشغل نفس العناوين فى كل الأنواع، لأننا لايمكننا أن نقارن على نحو مفهوم لافتات العناوين عبر الأنواع. إلا أن مايمكننا قوله هو أن ثمة طولا يبلغ ٣٠٦ حرفا فى البقر، يكاد يكون مماثلا بالفعل لطول من ٣٠٦ حرفا فى البازلاء. والبقر والبازلاء يختلف أحدهما عن الآخر فى 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 فى وقت ما منذ مدة مابين ألف وألفى مليون من السنين. ولنقل أنها منذ مدة ١,٥ بليون سنة. وخلال هذه المدة التى 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 فى 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 إنطباعا أقوى، لأنه بخلاف أقراص الحجر، ليست البنية الفيزيائية التى تَبقى وتُبقى على النص هى نفسها. فالنص يتكرر نسخه ونسخه ثانية على مر الأجيال مثل النصوص العبرية التى كانت تُنسخ طقسيا بواسطة النساخ كل ثمانين عاما لتحاشى بليها. ومن الصعب أن نقدر بالضبط عدد مرات إعادة نسخ وثيقة هستون هـ ٤ فى السلالة التى أدت إلى البقر إبتداء 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 فى المائة من المعلومات فى ٢٠ بليون نسخة متتالية. ويمكننا إستخدام صورة من لعبة تمرير الهمسات بين الجدات تصور ٢٠ بليون طابع على آلة كاتبة يجلسون فى 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 التالى. وهذا ينسخها ثانية ويناولها للتالى وهلم جرا. وأخيرا تصل الرسالة إلى نهاية الصف، ونقرؤها

نحن (أو الأحرى أن حفيد حفيدنا الأثنى 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 فرضا ما بشأن دقة الطابعين. هيا نلوى السؤال للناحية الأخرى. مامدى الجودة التى ينبغى أن يكون عليها كل طابع، حتى يضاهى أداء د ن أ؟ إن الإجابة تكاد تكون أغرب من أن يعبرَّ 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 لمائتى 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 ليبقى ٩٩ فى المائة من حروفه الأصلية عند العضو العشرين من صف البلايين العشرين. وبالوصول إلى العضو الـ ١٠,٠٠٠ من الصف، لن يبقى من النص الأصلى 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 شئ من الخداع، ولكن ذلك من جانب شيق كاشف. لقد أعطيت الانطباع بأن مانقيسه هو أخطاء النسخ. ولكن وثيقة الهستون 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 كثيرا 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 تخيل كرسى له زنبرك قاذف ينطلق بنعومة بالكتبة 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 التى حدثت بالفعل خلال الزمن الجيولوجى، لهى طريقة تتألف من تركيبة من الأمانة الأصلية فى النسخ هى والتأثيرات الفرزية التى للإنتخاب الطبيعى. فنحن لانرى إلا سلالة التغيرات الناجحة من د ن أ. ومن الواضح أن التغيرات التى أدت إلى الموت غير موجودة معنا. هل يمكننا أن نقيس الأمانة الفعلية للنسخ فوق الأرض، قبل أن يبدأ الانتخاب الطبيعى مفعوله فى كل جيل جديد من الجينات؟ نعم، فهذا هو معكوس مايعرف بمعدل الطفر، وقياسه ممكن. واحتمال أن يحدث أن حرفا معينا يخطأ نسخه فى أى مناسبة نسخ واحدة يثبت فى النهاية أنه أكثر قليلا من الواحد فى البليون. والفرق بين هذا، أى معدل الطفر، وبين المعدل الأقل الذى تم به إدخال التغير فى جين الهستون أثناء التطور هو مقياس لفعالية الانتخاب الطبيعى 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 الطبيعى فيما يفترض، يكون أكثر تسامحا بالنسبة لما فيها من التباينات، وكمثل فإن الجينات التى فيها شفرة البروتينات المعروفة بالببتيدات 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) لاتهم كثيرا بالنسبة للكائن الحى. وجينات الهيموجلوبين لها معدل للتغير هو وسط بين الهستونات والببتيدات الفبرينية. وفيما يفترض فإن تحمل الانتخاب الطبيعى لأخطائها هو تحمل وسط. والهيموجلوبين يقوم بمهمة لها أهميتها فى الدم، وتفصيلاته هى مما يهم حقا، على أن ثمة بدائل عديدة من تباياته 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 الجزيئات تطورا، مثل الهستونات، يثبت فى النهاية أنها تلك التى تعرضت أكثر للانتخاب الطبيعى. والببتيدات الفبرينية هى أسرع الجزيئات تطورا لأن الانتخاب الطبيعى يكاد يتجاهلها بالكلية. فهى حرة فى أن تتطور حسب معدل الطفر. والسبب فى أن هذا يبدو

فيه مفارقة هو أننا نشدد تشديدا كثيرا على الانتخاب الطبيعى بصفة أنه القوة الدافعة للتطور. فلو لم يكن هناك انتخاب طبيعى، 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 مانجده هو أن الانتخاب الطبيعى يمارس تأثيرا كابحا للتطور. فمعدل خط الأساس للتطور، فى غياب الانتخاب الطبيعى، هو أقصى معدل ممكن. وهذا مرادف لمعدل الطفر.

وليس فى هذا الأمر حقا أى مفارقة. ولو فكرنا فيه بعناية، سنرى أنه لايمكن أن يكون على غير ذلك. إن التطور بالانتخاب الطبيعى لايمكن أن يكون أسرع من معدل الطفر، لأن الطفر هو فى النهاية، الطريقة الوحيدة التى يدخل بها تباين جديد إلى النوع. وكل مايستطيع الانتخاب الطبيعى أن يقوم به هو أن يتقبل تباينات معينة جديدة، ويرفض غيرها. ومعدل الطفر هو ولابد الذى يضع الحد الأعلى للمعدل الذى يمكن أن يجرى به التطور. والحقيقة أن الانتخاب الطبيعى مشغول فى أغلبه بمنع التغير التطورى بدلا من أن يدفعه. وأبادر هنا للتأكيد على أن هذا لا يعنى أن الانتخاب الطبيعى 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 الطبيعى، 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 الطبيعى، 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 ميئوسا منه، حتى لو لم يكن ثمة انتخاب طبيعى. وحتى يمكنهم مضارعة د ن أ من دون الانتخاب الطبيعى، فإنه ينبغى على كل طابع منهم أن يكون قادرا عل طبع كل العهد الجديد بخطأ واحد لاغير. بمعنى أنه ينبغى على كل منهم أن يكون على درجة من الانضباط تصل إلى مايزيد 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 الإنتخاب الطبيعى» 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. وصفّى هذا المكون من بلايين الطابعين لن يسبب إذن تلف الرسالة الأصلية على ذلك الأسلوب جد البسيط الذى صورته. وميكانزم 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 دن أ تتضمن تطبيقات مختلفة «للقراءة التصحيحية». وهذا ضرورى بالأكثر، لأن حروف شفرة د ن أ ليست على الإطلاق ستاتيكية، مثل الهيروغليفية المنحوته فى الجرانيت. وعلى العكس، فإن الجزيئات المساهمة صغيرة جدا ـ ولتذكر كل تلك النسخ من العهد الجديد التى تجد مكانا على رأس دبوس ـ بحيث أنها تكون تحت هجوم متواصل من التصادم العادى للجزيئات 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 ميكانزمات الإصلاح. ولو لم تكن ميكانزمات 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 دن أ وأمانته فى اختزان المعلومات.

وقد رأينا أن جزيئات 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 ـ بقدر من أخطاء قليلة إلى حد الإذهال، إلا أنه مازال ثمة بعض أخطاء ـ لزمن 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، ولكنى آمل أن سأقنعك به. إن الرسائل التى تحويها جزيئات د ن أ تكاد تكون خالدة عند النظر إليها بالمقارنة بالمقياس الزمنى لحيوات الأفراد. فحيوات رسائل د ن أ (بحذف أو إضافة طفرات معدودة) تقاس بوحدات تتراوح من ملايين السنين إلى مئات الملايين، أو بكلمات أخرى تتراوح إبتداءا 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 تو أن 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 التو فحسب 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 ولكنا 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 «القدرةعلى التعاقب جيليا» generatability (حاولت أن أفكر فى كلمة أقل بشاعة ولكنى لم أستطع).

إن د ن أ يحصل على أفضل ما فى العالمين. فجزيئات د ن أ نفسها، ككيانات فيزيائية، هى مثل قطرات الندى. فهى فى الظروف المناسبة تأتى إلى الوجود بمعدل هائل، ولكن أيا منها لايبقى 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 الجوهرى عن قطرات الندى هو أن قطرات الندى الجديدة

ليست وليدة قطرات ندى قديمة. ولاشك أن قطرات الندى تشبه قطرات الندى الأخرى، ولكنها لاتشبه بخاصة قطرات ندى «والدة» لها نفسها. وهى بخلاف جزيئات د ن أ، لاتكوّن سلالات، ولذا فهى لاتستطيع أن تمرر رسالات، فقطرات الندى تأتى إلى الوجود بالتولّد التلقائى، بينما تأتى رسالات دن أ بتكرار النسخ.

والحقائق البديهية من نوع أن «العالم ملئ بأشياء فيها ما تتطلبه لأن تكون فى العالم» هى توافه، تكاد تكون سخيفة، إلاحينما نصل إلى تطبيقها على نوع خاص من القدرة على البقاء، القدرة على البقاء فى شكل سلالات من نسخ متعددة. ورسالات د ن أ لها نوع من قدرة البقاء يختلف عن تلك التى للصخور، ونوع من التعاقب جيليا يختلف عن ذلك الذى لقطرات الندى. فبالنسبة لجزئيات د ن أ، فإن «مايتطلبه وجودها فى العالم» يصل إلى أن يكون له من المعنى ما لا يكون البتة واضحا ولاحشوا. إن «ما يتطلبه وجودها فى العالم» يثبت فى النهاية أنه يشمل القدرة على بناء ماكينات هى 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 التى حددناها يثبت فى النهاية أنها المقومات الرئيسية الضرورية لأى عملية من الانتخاب التراكمى. وفى نماذجنا بالكمبيوتر فى الفصل الثالث، بنينا عامدين فى الكمبيوتر المقومات الرئيسية للانتخاب التراكمى. وإذا كان للانتخاب التراكمى أن يحدث واقعيا فى العالم، فإنه ينبغى أن تنشأ بعض الكيانات التى تكوّن خصائصها تلك المقومات الأساسية. ولننظر الآن إلى ماتكونه هذه المقومات. وإذ نفعل ذلك، سنحتفظ فى ذهننا بحقيقة أن هذه المقومات ذات نفسها وهى على الأقل فى شكل بدائى ما، قد نشأت ولابد تلقائيا على الأرض القديمة، وإلا فإن الانتخاب التراكمى، وبالتالى الحياة، ما كان لأيهما قط أن يبدأ فى المقام الأول. ونحن نتحدث هنا ليس بالذات عن د ن أ، ولكن عن المقومات الأساسية اللازمة لأن تنشأ الحياة فى أى مكان فى الكون.

عندما كان النبى حزقيال فى وادى 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 حزقيال الجافة، وأحيانا تجعلها تنشطر منفصلة. ومن الممكن أن تتشكل التحامات كبيرة جدا من الذرات، ومن الممكن أن تتقوض ثانية وتتفتت منفصلة. ولكنها تظل بلا أنفاس فيها.

وقد استدعى حزقيال 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 سأسميها «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 بالغرض. ولعلنا نخال أن الناسخات الأولى فى الارض البدائية لم تكن جزيئات د ن أ، فمن غير المحتمل أن ينبثق للوجود جزئ 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، يبزغان 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 أخطاءا 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 هى 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 فى القالب بطريقة تؤدى 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 التى تقع فى القالب، يصبح فى النهاية عامل تحديد.

والآن، فإننا ندخل مقومنا الثانى إلى محاجتنا. أحيانا لايكون النسخ متقنا، وتحدث أخطاء. واحتمال الأخطاء لايمكن حذفه قط بصورة كلية من أى عملية نسخ، وإن كان يمكن خفضه إلى مستويات منخفضة. وهذا هو ماياضل منتجو أجهزة الدقة العلية Hi Fi للوصول إليه طول الوقت، وعملية تناسخ د ن أ هى، كما رأينا، تتفوق على نحو مذهل فى الإقلال من الأخطاء. على أن التناسخ الحديث لـ د ن أ هو أمر من أمور التكنولوجيا الراقية، وله فى تصحيح القراءات تكنيكات 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 التى كانت «لوالدها». إلا أن القليل منها سيحتفظ بخاصية نسخ الذات، بينما هى مختلفة

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

وعندما تقرأ كلمة «خطأ»، أطرد من عقلك كل ما يرتبط بها من أوجه الإزدراء. فهى ببساطة تعنى خطأ من وجهة نظر النُسخ 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 ناسخاتنا الأولية، فإذا كانت معظم النسخ الخطأ ينتج عنها فيما يحتمل إنقاص فعالية النسخ، أو الفقدان التام لخاصية نسخ الذات، فإن قلة منها قد يثبت فعلا فى النهاية أنها بالنسبة لنسخ الذات تكون «أفضل» من الناسخة الوالدة التى أنجبتها.

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 قولبة، رأينا أن الخطوة الأخيرة فى العملية لابد 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 وراءا إلى «أسلافها»، قد اتفق أن بعض المتباينات تكون أكثر لزوجة من غيرها. إن المتباينة اللزجه جدا ستستمسك 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 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

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

وقد أمكننا تكرار صنع مايشبه ذلك من انتخاب طبيعى بدائى فى أنبوبة الإختبار. فثمة فيروس يسمى Q-beta يعيش كطفيلى 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.

وفى الخلية الطبيعية، يتم تجميع جزيئات البروتينات حسب مواصفات خطط ر ن أ. وتكون هذه نسخا تنفيذية لخطط طبعت عن أصول من د ن أ ومحفوظة فى المحفوظات النفيسة للخلية. على أن من الممكن نظريا بناء ماكينة خاصة ـ جزئ بروتين مثل باقى الماكينات الخلوية ـ تطبع نسخ ر ن أ من نسخ أخرى لـ ر ن أ. وماكينة 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 ماكينات متعددة المهارات لبناء البروتينات تستطيع بسهولة أن تتحول إلى بنائه، تماما مثلما يحدث لماكينة أدوات فى مصنع سيارات حيث يمكن تحويلها سريعا فى زمن الحرب لانتاج الذخيرة: وكل ما تحتاجه هو تغذيتها بطبعة المخطط الزرقاء الصحيحة. وها هنا يأتى الفيروس.

إن القسم العامل فى الفيروس هو خطة من ر ن أ. وهى ظاهريا لايمكن 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 الفيروسى ستجد أن ثمة شيئا شيطانيا مكتوب هناك. إن الحروف تشى بخطة لصنع الأنزيم النسّاخ لـ ر ن أ:

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

وهكذا، فإن المصنع يُسطى عليه بواسطة تلك المخططات الزرقاء التى هى مشغولة بذاتها. وبأحد المعانى فقد كان المصنع يصرخ طالبا أن يُسطى 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. وسيمتلأ المصنع بالمزيد والمزيد من هذه الماكينات الشريرة، كل منها يزبد مخرجا طبعات تصميم زرقاء شريرة لصنع المزيد من الماكينات التى تصنع المزيد من نفسها. وفى النهاية، فإن الخلية البكتيرية سيئة الحظ تنفجر وتطلق ملايين من الفيروسات التى تعدى بكتريا جديدة. ويكفى هذا عن دورة الحياة الطبيعية للفيروس فى الطبيعة.

لقد أسميت الإنزيم النساخ لـ ر ن أ هو و ر ن أ بالماكينة وطبعة المخطط الزرقاء بالترتيب، وهما هكذا بمعنى ما، (سوف يجادَل فيه على أسس أخرى فى فصل تالى)، ولكنهما أيضا جزيئات، 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 الجزيئين الاثنين معا فى محلول. وحدث شئ خلاب. ففى أنبوبة الاختبار قامت جزيئات ر ن أ بدور القوالب لتركيب نسخ من نفسها، بمساعدة وجود الانزيم النساخ لـ ر ن أ. وأدوات الماكينة وطبعات المخطط الزرقاء قد تم استخلاصهما وتخزينهما بالتبريد، وكل منهما منفصل عن الآخر. وبعدها، ماإن أصبح كل منهما متاحا للآخر، فى الماء، ومتاحا أيضا للجزيئات الصغيرة اللازمة كمواد خام، حتى عادا معا إلى حيلهما القديمة حتى وإن لم يكونا بعد فى خلية حية وإنما هما فى أنبوبةاختبار.

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 التى يحوى كل منها محلول من إنزيم نساخ ر ن أ،

وأيضا من المواد الخام، الجزيئات الصغيرة التى يمكن استخدامها فى تركيب ر ن أ. وهكذا فإن كل أنبوبة اختبار تحوى أدوات الماكينة والمادة الخام، ولكنها حتى الآن مازالت تقبع خاملة، لاتفعل شيئا لأنها ينقصها طبعة المخطط الزرقاء حتى تعمل وفقها. والآن يقطّر قدر ضئيل من ر ن أ نفسه إلى أنبوبة الإختبار الأولى. وفى التو ينشط جهاز الإنزيم النساخ للعمل لينتج كميات وافرة من نسخ لجزيئات ر ن أ التى أدخلت حديثا، فتنتشر 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 أحيانا، بسبب أخطاء النسخ العشوائية، أن ينشأ تلقائيا جزئ طافر من ر ن أ يختلف اختلافا بسيطا. وإذا كان النوع الجديد، لأى سبب من الأسباب، يتفوق تنافسيا على النوع القديم، يتفوق عليه بمعنى أنه، ربما بسبب انخفاض «لزوجته» يجعل نفسه يتناسخ تناسخا أسرع أو بمعنى آخر أكثر فعالية، فإن من الواضح أن النوع الجديد سينتشر خلال أنبوبة الإختبار التى نشأ فيها، فيتفوق عدديا 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 تنافسيا التى يتم انتاجها فى آخر «أجيال» عديدة من أجيال أنابيب الإختبار، يمكن وضعها فى قوارير وعنونتها لاستخدامها مستقبلا. وكمثل فإن النوع المسمى ف٢ V_2 يتناسخ بسرعة أكبر كثيرا 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 «يبالى» بأن يكوّن جاويا لخطط لصنع الإنزيم النساخ. فالإنزيم النساخ يوفره له مجانا أصحاب التجربة. وقد استخدم ر ن أ ف٢ كنقطة بداية لتجربة شيقة قام بها لزلى أورجل وزملاؤه فى كاليفورنيا حيث فرضوا على التجربة بيئة «صعبة».

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

مايقرب من تسعة «أجيال» انتقال فى 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 ف٢ الطبيعى فى غياب السم. والآن، فإن أورجل وزملاءه ضاعفوا تركيز السم. ومرة أخرى انخفض معدل تناسخ ر ن أ، ولكن بعد عشرة نقلات أخرى فى أنابيب الإختبار 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 فى تركيزات عالية جداً من بروميد الايثيديوم، تركيزها عشرة أمثال السم الذى كان يحبط الجد الأصلى من ر ن أ ف٢. وقد أسموا ر ن أ المحصن الجديد ف 740. وتطوير ف.٤ من ف٢، قد استغرق مايقرب من مائة «جيل» انتقال فى أنابيب الإختبار (وطبيعى أن ثمة الكثير من أجيال التناسخ الفعلية لـ ر ن أ التى تتواصل فيما بين كل نقلة لأنابيب الاختبار).

وقد قام أورجل أيضا بتجارب لم يضف فيها أى إنزيم. ووجد أن جزيئات ر ن أ تستطيع أن تنسخ نفسها تلقائيا تحت هذه الظروف، وإن كان ذلك فى بطء شديد. ويبدو أنها تحتاج لمادة أخرى كعامل حافز Catalyst، مثل الزنك. وهذا أمر مهم، لأنه بالنسبة للأيام المبكرة من الحياة عندما ظهرت الناسخات لأول مرة، لايمكننا أن نفترض وجود إنزيمات فيما حول الجزيئات تساعدها على التناسخ. وإن كان من المحتمل أن الزنك كان موجودا.

والتجربة المكملة تم تنفيذها منذ عقد فى معمل المدرسة الألمانية ذات النفوذ القوى والتى تبحث فى أصل الحياة تحت إشراف مانفريد أيجن. وقد قام هؤلاء البحاث بتوفير الإنزيم النساخ ووحدات بناء ر ن أ فى أنبوبة الاختبار، ولكنهم «لم» يبذروا المحلول بحامض ر ن أ. ومع هذا، فقد تم تطوير جزئ معين كبير من ر ن أ «تلقائيا» فى أنبوبة الاختبار، وكرر هذا الجزئ ذاته تطوير نفسه مرة وأخرى فى تجارب تالية مستقلة! وبيّن الفحص الدقيق أنه لايوجد ثمة احتمال للعدوى بالمصادفة بجزيئات ر ن أ. وهذه نتيجة رائعة عندما تحسب إحصائيا قلة احتمال أن ينشأ نفس هذا الجزئ الكبير مرتين تلقائيا. فقلة احتمال ذلك تزيد كثيرا جدا 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 الجزيئات التى أنتجها شبيجلمان. ولكن بينما قام شيجلمان بتطويرها «بالتفسخ» degeneration من حامض ر ن أ الأكبر الموجود طبيعيا فى فيروس Q-beta، فإن جزيئات مجموعة أيجن قد بنت نفسها مما يكاد يكون لاشئ. 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. فالجزيئات الأكبر لـ ر ن أ فى فيروس Q-beta أقل تكيفا لبيئة أنبوبة 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 جزيئات ر ن أ: فما تفعله هو مجرد إنتاج جانبى لشكلها. وجزيئات 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 علىّ ذلك؟ على أن الدافع غير وارد بالنسبة للجزيئات. وكل ما فى الأمر أنه يتفق أن بنية ر ن أ الفيروسى تكون بحيث تجعل الماكينات الخلوية تزبد 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 أوتوماتيكيا المزيد والمزيد من نسخ هذا الكيان. وليس هذا فحسب، بل إنه ما دامت هذه الكيانات تشكل أوتوماتيكيا سلالات، 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 وأتوماتيكى بالكلية. وهو قابل للتنبؤ به بما يكاد يجعله حتميا.

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

تكاد تثير الملل. إنها خواص أولية للناسخة نفسها، خواص لها تأثير مباشر فى احتمال تناسخها فى نفسها. ماذا لو أن الناسخة كان لها تأثير مافى شئ غيرها، وهذا يؤثر فى شئ غيره، الذى يؤثر بدوره فى شئ 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 سيصبل 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 ـ إنها الأعين والبشرات والعظام وأصابع الأقدام، والأمخاخ والغرائز. فهذه الأشياء هى أدوات تناسخ د ن أ. وهى تتسبب عن د ن أ بمعنى أن الإختلاف فى الأعين، والبشرات والعظام والغرائز، 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 ـ التى تحوى د ن أ نفسه، وبالتالى 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 وأعضاءها وأنماط سلوكها هى أدوات هذه السلطة.

وعندما نتكلم عن السلطة، فإننا نتحدث عن نواتج الناسخات التى تؤثر فى مستقبلها الخاص بها، مهما كانت هذه النواتج غير مباشرة. ولا يهم عدد الوصلات الموجودة فى السلسلة إبتداءا من السبب حتى النتيجة. وإذا كان السبب هو كيان ناسخ 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 لأطبقها على القنادس، لأن القنادس أكر تشويقا للكثيرين وأكثر ملاءمة لمزاجهم عن الديدان.

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

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

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

من هيكل 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 فكيه. 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 يلقى 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 للانهيار. 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 ستنزع إذن، فى المتوسط، لأن تنشئ سلالة أكثر من تلك التى لاتحوز الجين الطافر. وهذه السلالة ستنزع إلى أن ترث 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، ولايستحق 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 مايحدث لا يمكن 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 لايقل عن ١١ وصله فى سلسلة السببية التى تصل الجين المعدل بالبقاء المتحسن. وقد يكون هناك حتى وصلات أكثر فى الحياة الحقيقية. وكل وصلة من هذه الوصلات، سواء كانت تأثيرا فى الكيمياء من داخل الخلية، أو تأثيرا لاحقا فى الطريقة التى توصل بها خلايا المخ نفسها

معا، أو حتى تأثيرا لاحقا بأكثر فى السلوك، أو تأثيرا نهائيا فى حجم البحيرة، فهى كلها مما يُعد بصورة صحيحة أنه قد «تسبب» عن تغير فى د ن أ. ولايهم أن يكون عدد الوصلات قد بلغ ١١١. وأى تأثير يحدثه تغيير الجين فى احتمالات تناسخه هو نفسه، يكون بمثابة اللعبة المتاحة للأنتخاب الطبيعى. إن الأمر كله بسيط بساطة تامة، وأتوماتيكى على نحو مبهج، وغير متعمد. إن شيئا كهذا ليكون محتوما تماما، بمجرد أن يظهر للوجود أول كل شئ المقومات الأساسية للانتخاب التراكمى ـ أى 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 فى الفصل التالى.

obeikandl.com