الفصل الثالث

تغير صغير متراكم

رأينا كيف أن الأشياء الحية هى على درجة من قلة الاحتمال وجمال التصميم بحيث لايمكن أن تتكون صدفة. فكيف تكونت إذن؟ والإجابة حسب داروين، هى بواسطة تحولات تدريجية خطوة فخطوة من بدايات بسيطة، من كيانات أولية بالغة البساطة. وكل تغير متتالى فى العملية التطورية التدريجية، هو من البساطة «بالنسبة لسابقة» بما يكفى لإمكان أن ينشأ صدفة، على أن التسلسل الكلى للخطوات التراكمية يتكون من أى شئ إلا أن يكون عملية من الصدفة. وذلك عندما تأخذ فى الاعتبار تركب المنتج النهائى بالنسبة لنقطة الابتداء الأصلية. فالعملية التراكمية يوجهها البقاء غير العشوائى. وهدف هذا الفصل هو أن يثبت أن قوة هذا «الانتخاب التراكمى» هى أساسا عملية لاعشوائية.

لو ذرعت شاطئا مليئا بالحصى جيئة وذهابا، ستلاحظ أن قطع الحصى ليست منظمة بطريقة عشوائية. فالقطع الأصغر تتجه بصورة نمطية لأن تتواجد فى مناطق منفصلة تمتد على طول الشاطئ، والقطع الأكبر فى مناطق أو خطوط مختلفة. فقطع الحصى يتم فرزها، أو تنظيمها، أو انتخابها. وقد تتعجب قبيلة تعيش قرب الشاطئ من هذا الدليل على الفرز أو التنظيم فى العالم، وقد تنشئ أسطورة لتفسره، لعلها ترجعه إلى أشباح هائلة لها عقل مرتب وحس بالنظام. وقد نبتسم تعاليا إزاء فكرة خرافية هكذا، ونفسر أن التنظيم قد قام به فى الواقع قوى فيزيائية عمياء، هى فى هذه الحالة من مفعول الأمواج. والأمواج ليس لها أهداف ولا نوايا، ولاعقل مرتب، وليس لها عقل على الإطلاق. وهى فحسب ترمى الحصى بنشاط فيما حولها، وتستجيب قطع الحصى الكبيرة والصغيرة لتناولها هكذا

بطريقة مختلفة، وبذا تنتهى إلى مستويات مختلفة من الشاطئ، لقد نشأ من لاترتيب قدر صغير من الترتيب، لم يخططه عقل.

والأمواج وقطع الحصى تؤلف معا مثلا بسيطا لنظام يولد اللاعشوائية بصورة أتوماتيكية. والعالم ملئ بمثل هذه النظم. وأبسط مثل يمكن أن أفكر فيه هو الثقب. فالأشياء الأصغر من الثقب هى وحدها التى تستطيع المرور منه. وهذا يعنى أنك لو بدأت بمجموعة عشوائية من الأشياء توضع فوق الثقب، ثم تهزها وتدفعها قوة ماعشوائيا، فإنه بعد فترة ستنتهى الأشياء فوق الثقب وتحته إلى فرز لاعشوائى. فالفضاء أسفل الثقب ينزع لأن يحوى الأشياء الأصغر من الثقب. والفضاء من فوقه ينزع لأن يحوى الأشياء الأكبر من الثقب. وبالطبع، فإن الجنس البشرى قد استغل منذ زمن طويل هذه القاعدة البسيطة لتوليد اللاعشوائية، فى الأداة المفيدة التى تسمى الغربال.

والنظام الشمسى هو تنظيم ثابت لكواكب، ومذنبات، وبقايا تدور فى فلك حول الشمس، ومن المفروض أنه نظام من كثير من النظم الفلكية التى فى الكون. وكلما زاد قرب الجرم التابع من شمسه كان عليه أن يتحرك بسرعة أكبر حتى يتغلب على جاذبية الشمس ويظل فى مدار ثابت. ولكل مدار بعينه سرعة واحدة فقط يستطيع التابع أن يتحرك بها بحيث يبقى فى المدار. ولو أنه تحرك بأى سرعة أخرى فهو إما أن ينطلق بعيدا فى عمق الفضاء ، أو أن يرتطم بالشمس، أو يتحرك فى مدار آخر. ولو نظرنا إلى كواكب نظامنا الشمسى، لرأينا كل واحد منها، ويا للعجب، يتحرك بسرعة هى بالضبط السرعة اللازمة لأن تبقيه فى مداره الثابت حول الشمس، وهذا مجرد «غربال» طبيعى آخر. ومن الواضح أن كل الكواكب التى نراها تدور حول الشمس يجب أن تتحرك بسرعة هى بالضبط مايلزم لإبقائها فى مداراتها، وإلا لما كنا رأيناها هناك، لأنها لن تكون موجودة هناك! فهذا ليس تصميما وإنما هو مجرد غربال من نوع آخر.

والغربلة على هذا المستوى من البساطة هى فى حد ذاتها غير كافية لأن تفسر المقادير الهائلة من النظام اللاعشوائى الذى نراه فى الأشياء الحية. وهى لاتكفى لذلك ولا بأى قدر. ولنتذكر مثال القفل الرقمى. ونوع اللاعشوائية التى يمكن توليدها بالغربلة البسيطة

يرادف بصورة تقريبية فتح قفل رقمى له حلقة أرقام واحدة: سيكون من السهل فتحه بمحض الحظ. ومن الناحية الأخرى، فإن نوع اللاعشوائية الذى نراه فى النظم الحية يرادف قفلا رقميا هائلا يكاد يكون له ما لايحصى من الحلقات. وأن يتولد جزئ بيولوجى مثل الهيموجلوبين، صبغة الدم الحمراء، بالغربلة البسيطة هو ما يرادف أن نأخذ كل وحدات بناء الهيموجلوبين من الأحماض الأمينية، ونخلطها معا عشوائيا ونحن نأمل أن جزئ الهيموجلوبين سيعيد تكوين نفسه بمحض الحظ . وقدر الحظ المطلوب لمثل هذه الإنجاز الفذ هو مما لايمكن التفكير فيه. وقد استخدمه إيزاك اسيموف وآخرون كتعبير قوى لما فيه تعجيز للعقل.

يتكون جزئ الهيموجلوبين من أربع سلاسل من الأحماض الأمينية مضفورة معا. ولننظر فى سلسلة واحدة فحسب من الأربع. إنها تتكون من ١٤٦ حامضا أمينيا. وهناك عشرون نوع مختلف من الأحماض الأمينية يشيع وجودها فى الأشياء الحية. وعدد الطرق الممكنة لتنظيم ٢٠ نوعا لشئ فى سلاسل يبلغ طولها ١٤٦ حلقة هو عدد هائل لايمكن إدراكه، يسميه أسيموف «عدد الهيموجلوبين». ومن السهل حساب الإجابة، ولكن يستحيل تصورها. إن الحلقة الأولى من السلسلة التى يبلغ طولها ١٤٦ حلقة قد تكون أى حمض من الأحماض الأمينية العشرين المحتملة، والحلقة الثانية قد تكون أيضا أى حمض من العشرين، وهكذا فإن العدد المحتمل للسلاسل التى من حلقتين هو ٢٠×٢٠، أو ٤٠٠ والعدد المحتمل لسلاسل من ثلاث حلقات هو ٢٠×٢٠×٢٠ أو ٨٠٠٠. والعدد المحتمل للسلاسل التى من ١٤٦ حلقة هو العشرين مضروبة فى ذاتها إلى مايبلغ ١٤٦ مرة. وهذا عدد كبير لحد الإذهال. إن المليون هو واحد يتبعه ستة أصفار، والبليون (١٠٠٠ مليون) هو واحد يتبعه تسعة أصفار. والرقم الذى نطلبه، «عدد الهميوجلوبين»، هو (على وجه التقريب) واحد يتبعه ١٩٠ صفرا ! وهذه هى نسبة الفرص ضد أن يتفق الوقوع على الهيموجلوبين بالحظ. وجزئ الهيموجلوبين ليس فيه إلاجزء صغير جدا من تركب الجسم الحى. ومن الواضح أن الغربلة البسيطة، بذاتها، لاتقترب أدنى اقتراب من أن تكون قادة على توليد مقدار النظام الموجود فى شئ حى. فالغربلة عنصر ضرورى فى توليد النظام الحى، ولكنها أبعد كثيرا من أن تكون كل القصة. ثمة شئ آخر مطلوب. ولتفسير

هذه النقطة، سوف أحتاج لوضع فارق يميز بين الانتخاب «بخطوة واحدة»، والانتخاب «التراكمى». فالغرابيل البسيطة التى نظرنا أمرها حتى الآن فى هذا الفصل هى كلها أمثلة للانتخاب «بخطوة واحدة». أما التنظيم الحى فهو نتاج الانتخاب التراكمى.

والفارق الرئيسى بين الانتخاب بخطوة واحدة والانتخاب التراكمى هو التالى. الكيانات فى الانتخاب بخطوة واحدة، التى تُنتخب أو تُفرز، سواء قطع من الحصى أو أيا ما تكون، يتم فرزها مرة واحدة ونهائية. ومن الناحية الأخرى فإن الكيانات فى الانتخاب التراكمى «تتكاثر». أو بطريقة أخرى فإن نتائج عملية الغربلة تُلقم إلى غربلة تالية هى بدروها تلقم إلى ...، وهلم جرا. وتتعرض الكيانات إلى الانتخاب بالفرز عبر «أجيال» كثيرة فى تعاقب. والمنتج النهائى لجيل الانتخاب هو نقطة البداية لجيل الانتخاب التالى، وهكذا دواليك لأجيال كثيرة. ومن الطبيعى أن نستعير كلمات مثل «التكاثر» و«الجيل» لها ارتباطات بالأشياء الحية، لأن الأشياء الحية هى الأمثلة الرئيسية التى نعرفها للأشياء التى تساهم فى الانتخاب التراكمى. ولعلها فى التطبيق هى الأشياء الوحيدة التى تفعل ذلك. ولكنى فى هذه اللحظة لاأريد أن أذكر ذلك مباشرة وأفرض صحته جدلا.

أحيانا تبدو السحب فى أشكال مألوفة بفعل الريح إذ تنحتُها وتعجنها عشوائيا. وثمة صورة فوتوغرافية يكثر نشرها، التقطها طيار من طائرة صغيرة، فيها ما يبدو بعض الشئ كوجه ليسوع، يبرز من السماء. وكلنا قد رأينا سحبا تذكرنا بشئ ما ـ حصان بحر مثلا أو وجه باسم. وهذه المشابهات تأتى عن طريق الانتخاب بخطوة واحدة، أى بمصادفة واحدة. وهى بالتالى ليست شديدة التأثير. ومشابهة الأبراج الفلكية للحيوانات التى سميت عليها، العقرب والأسد وما إلى ذلك، هى مما لايحدث تأثيرا تماما مثلما لاتؤثر تنبؤات المنجمين. ونحن لانحس من المشابهة بالانبهار الذى نحس به من التكييفات البيولوجية ـ نواتج الانتخاب التراكمى. ونحن نصف مثلا مشابهة حشرة ورقة الشجر للورقة، أو فرس النبى لباقة من الزهور الوردية بأنها عجيبة أو خارقة أو مذهلة. أما مشابهة سحابة لإبن عرس فلا تلفت الاهتمام إلا قليلا، ولاتكاد تستحق أن نلفت إليها نظر أحد رفاقنا. وفوق ذلك، فإن من المحتمل إلى حد كبير أن نغير تصورنا لما تشبهه السحابة بالضبط شبها أكبر.

«هـاملت»: أترى تلك السحابة هنالك تكاد تتخذ شكل الجمل؟

«بولونيوس»: إجمالا، إنها لتشبه الجمل حقا.

«هـاملت»: أظنها تشبه ابن عرس.

«بولونيوس»: أوافقك أنها تشبه ابن عرس.

«هـاملت»: أو أنها تشبه الحوت؟

«بولونيوس»: تشبه الحوت تماما.

لست أعرف من هو أول من أشار إلى أن القرد، لو أتيح له الزمن الكافى، وهو يضرب عشوائيا فوق آلة كاتبة، فإنه سيتمكن من إنتاج كل أعمال شكسبير. والعبارة الفعالة هنا هى بالطبع لو أتيح له الزمن الكافى. دعنا نحدد نوع المهمة التى يواجهها قردنا هذا. لنفرض أن عليه، لا أن ينتج أعمال شكسبير كلها، وإنما أن ينتج فحسب جملة قصيرة «أظنها تشبه ابن عرس» Me thinks it is like a weasel، وسنجعل الأمر أسهل نسبيا بأن نعطيه آلة كاتبة لها لوحة مفاتيح محدودة، آلة فيها فحسب ٢٦ حرف (كبيرا)، ومفتاح للمسافات، ما الزمن الذى سيستغرقه لكتابة هذه الجملة الواحدة الصغيرة؟

إن الجملة فيها ٢٨ حرفا(*)، وإذن فلنفترض أن القرد سيقوم بسلسلة من «المحاولات» المنفصلة، تتكون كل منها من ٢٨ دقة على لوحة المفاتيح. ولو طبع الفقرة صحيحة يكون هذا نهاية التجربة. وإذا لم يفعل، فإننا نسمح له «بمحاولة» أخرى من ثمانية وعشرين حرفا. ولست على معرفة بأى قرد، ولكن لحسن الحظ فإن ابنتى التى تبلغ من العمر أحد عشر شهرا هى أداة ذات تمرس للعشوائية، وقد أثبتت طموحها الشديد لأن تسلك دور القرد الطابع. وهاك ماطبعته على الكمبيوتر:

UMMK JK CDZZ F ZD DSDSKSM

S SS FMCV PU I DDRGLKDXRRDO

RDTE QDWFDVIOY UDSKZWDCCVYT

H CHVY NMONBAYTDFCCVD D

(*) يقصد أحرف الجملة كما تكتب بالانجليزية بما فى ذلك المسافات بين الكلمات. (المترجم).

RCDFYYRM N DFSKD LD K WDWK

JJKAUIZMZI UXDKIDISFU MDKUODXI

ولما كان لابنتى اهتمامات أخرى تشغل وقتها، فقد اضطررت أن أبرمج الكمبيوتر بما يشبه الطفل أو القرد الطابع عشوائيا:

WDLDMNLTDT JBKWIRZR EZL MQCO P

Y YVMQKZPGXWVH GLAW FVCHQ YOPY

MWR SWTNUXMLCDLEUBX TQH NZ VJQF

FU OVOADVYKDGXDEK YVMOGGS VT

HZQZDSF ZIH IVPHZPEFP WVO VPMZ GF

GEW RGZ RPBCTPGQ MCKH FDBGW ZCCF

وهكذا وهكذا دواليك. وليس من الصعب حساب الزمن الذى ينبغى توقعه على نحو معقول فى انتظار أن يطبع الكمبيوتر العشوائى (أو الطفل أو القرد) Me thinks it is like a weasel. لنفكر فى العدد الكلى من العبارات «المحتملة» ذات الطول الصحيح التى «يمكن» للقرد أو الطفل أو الكمبيوتر العشوائى أن يطبعها. إنه نفس نوع الحساب الذى قمنا به للهيموجلوبين، وهو ينتج لنا نتيجة كبيرة مشابهة. فهناك فى المكان الأول ٢٧ حرفا ممكنا (بحساب «المسافة» كحرف واحد). وفرصة أن يتفق وأن يحصل القرد بصواب على الحرف الأول ـ M ـ هى إذن فرصة ـ ١ من ٢٧. وفرصة أن يحصل بصواب على الحرفين الأولين ـ ME ـ هى فرصة حصوله بصواب على الحرف الثانى ـ E ـ (١ من ٢٧) «بفرض» أنه قد حصل أيضا بصواب على الحرف الأول ـM ـ، وبالتالى فهى ١/٢٧ ×١/٢٧، وهذا يساوى ١/٧٢٩. وفرصة أن يصل بصواب إلى الكلمة الأولى ـ ME THINKS ـ هى ١/٢٧ لكل من الحروف الثمانية، فيه إذن (١/٢٧ × ١/٢٧ × ١/٢٧) .. الخ، لثمان مرات، أو (١/٢٧) للأس الثامن. وفرصة وصوله بصواب إلى العبارة الكاملة المكونة من ٢٨ حرفا هى (١/٢٧) للأس ٢٨، بمعنى أنها (١/٢٧) مضروبة فى نفسها ٢٨ مرة. وهذه نسبة احتمال ضئيلة جدا، تقترب من

١ من ١٠,٠٠٠ مليون مليون مليون مليون مليون مليون. ولإيضاح الأمر بصورة أخف، فإن العبارة التى نطلبها لن تأتى إلا بعد زمن طويل، دع عنك الحديث عن مؤلفات شكسبير الكاملة.

ويكفى هذا بالنسبة للانتخاب بخطوة واحدة من التباين العشوائى. فماذا عن الانتخاب التراكمى، بأى قدر ينبغى أن يكون هذا أكثر فعالية؟ إنه لأكثر فعالية إلى حد أكبر كثيرا جدا جدا، ولعله هكذا بأكثر مما ندركه أول وهلة، وإن كان الأمر مما يكاد يتضح عندما تتأمل بأكثر. وسنستخدم مرة أخرى جهازنا لكمبيوتر القرد، ولكن مع فارق حاسم فى برنامجه. إنه مرة أخرى يبدأ باختيار تعاقب عشوائى من ٢٨ حرفا، كما فى السابق تماما:

WDLMNLT DTJBKWIRZREZLMQCO P

ثم هو الآن «يستولد» من هذه العبارة العشوائية. فهو يكرر إعادة نسخها، ولكن مع وجود نسبة لفرصة معينة من الخطأ العشوائى فى النسخ ـ «طفرة». ويفحص الكمبيوتر عبارات الهراء الطافرة. «ذرية» العبارة الأصلية، ويختار إحداها التى تشبه العبارة المطلوبة شبها أكثر ME THINKS IT IS LIKE A WEASEL» مهما كان هذا الشبه بسيطا. وفى مثلنا هذا فإنه يحدث أن العبارة الفائزة فى «الجيل» التالى هى:

WDLTMNLT DTJBSWIREZLMQCO P

ليس هذا بالتحسن الملحوظ! على أن العملية تتكرر، ومرة أخرى فإن الذرية «الطافرة» «تتولد من» العبارة، ويتم اختيار عبارة جديدة «فائزة» ويستمر هذا، جيلا بعد جيل. وبعد عشرة أجيال كانت العبارة المختارة للتوالد هى:

MDLDMNLS ITJISWHRZREZ MECS P

وبعد ٢٠ جيلا كانت هى:

MELDINLS IT ISWPRKE Z WECSEL

وعندها، فإن العين تخال واثقة أنها تستطيع أن ترى مشابهة بالجملة المطلوبة. وبعد ثلاثين جيلا لا يمكن أن يكون ثمة شك:

ME THINGS IT ISWLIKE B WECSEL

ويصل بنا الجيل الأربعين إلى الهدف فيما عدا حرف واحد:

ME THINKE IT IS LIKE I WEASEL

وقد تم الوصول نهائيا إلى الهدف فى الجيل الثالث والأربعين. ثم بدأت تشغيله أخرى للكمبيوتر بعبارة:

Y YVMQLZP FJX WVHGLAWFVC HQX YOYPY,

لتمر عبر التالى (ومرة أخرى بتسجيل العبارة كل عاشر جيل فحسب).

Y YVMQKSPF TX WSHLIKE FV HQYSPY

YE THINK SPI TX ISHLIKE FA WQYSEY

ME THINKS IT ISSLIKE A WEFSEY

ME THINKS IT ISBLIKE A WEASES

ME THINKS IT ISJLIKE A WEASEO

ME THINKS IT IS LIKE A WEASEP

ووصلت إلى العبارة المطلوبة فى الجيل الرابع والستين. وفى تشغيلة ثالثة بدأ الكمبيوتر التالى:

G EWRGZRPB CTP GQMCKHFDBGW ZCCF

ووصل إلى ME THINKS IT IS LIKE A WEASEL بعد ٤١ جيلا من «التوالد» الانتخابى.

ولايهم هنا ما استغرقه الكمبيوتر بالضبط من الزمن ليصل إلى الهدف. وإذا كنت تريد أن تعرف، فإنه قد أنهى لى التمرين كله أول مرة بينما كنت فى الخارج للغذاء. فاستغرق مايقرب من نصف الساعة (وقد يعتقد بعض المتحمسين للكمبيوتر أن فى هذا بطء مفرط. والسبب هو أن البرنامج مكتوب بلغة BASIC وهى نوع من حديث للكمبيوتر كحديث الأطفال. وعندما أعدت كتابة البرنامج بلغة PASCAL، استغرق الأمر إحدى عشرة ثانية) فالكمبيوترات أسرع بعض الشئ من القرد بالنسبة لهذا النوع من الأمور، على

أن الفارق ليس فى الواقع بذى مغزى، فما يهم هو الفارق بين الزمن الذى يستغرقه الانتخاب «التراكمى»، والزمن الذى كان سيستغرقه نفس الكمبيوتر للوصول إلى العبارة المطلوبة. وهو يعمل بنفس السرعة المحددة، بينما هو مجبر على استخدام طريقة استخدام الأخرى، أى «الانتخاب بالخطوة الواحدة»: فالزمن هنا يقرب من مليون مليون مليون مليون مليون سنه. وهذا أكثر مليون مليون مليون مرة عن زمن وجود الكون حتى الآن. والواقع أنه سيكون أكثر إنصافا أن نقول فحسب، أنه بالمقارنة بالزمن الذى يستغرقه القرد أو الكمبيوتر المبرمج عشوائيا حتى يطبع عبارتنا المطلوبة، يكون عمر الكون كله حتى الآن كمّا صغيرا تافها، يبلغ من صغره أنه فى حدود هامش الخطأ لحسابات كتلك التى تكتب على ظهر مظروف. فى حين أنه بالنسبة للكمبيوتر الذى يعمل عشوائيا ولكن بقيد من «الانتخاب التراكمى» فإن الوقت الذى يستغرقه لأداء نفس المهمة هو من نفس نوع الوقت الذى يمكن للبشر عادة أن يفهموه، مابين ١١ ثانية إلى الوقت الذى يستغرقه تناول وجبة الغذاء.

هناك إذن فارق كبير بين الانتخاب التراكمى (حيث يُستخدم كل تحسين مهما كان صغيرا، كأساس للبناء فى المستقبل)، والانتخاب بخطوة واحدة (حيث كل «محاولة» جديدة هى محاولة حديثة). ولو كان على التقدم بالتطور أن يعتمد على الانتخاب بالخطوة الواحدة، لما وصل إلى شئ. أما إذا كان ثمة طريقة حيث يمكن أن تقام الظروف الضرورية للانتخاب «التراكمى» بقوى الطبيعة العمياء، فإن النتائج قد تصبح غريبة مدهشة. وواقع الأمر أن هذا هو ماحدث بالضبط فوق هذا الكوكب، ونحن أنفسنا نعد من أحدث هذه النتائج إن لم نكن أغربها وأكثرها إدهاشا.

ومن المذهل أنك مازلت تستطيع أن تقرأ عن حسابات مثل حساباتى للهيموجلوبين، تستخدم كما لو كانت تؤلف حججا «ضد» نظرية داروين. ويبدو أن الذين يفعلون ذلك، وهم أحيان كثيرة خبراء فى مجالهم، فى علم الفلك أو أيا مايكون، يؤمنون مخلصين أن الداروينية تفسر النظام الحى بلغة المصادفة وحدها ـ «الانتخاب بالخطوة الواحدة». وهذا الاعتقاد بأن التطور الداروينى «عشوائى»، ليس مجرد اعتقاد زائف.إنه عكس الحقيقة بالضبط. فالمصادفة عنصر ضئيل فى الوصفة الداروينية، أما أهم عنصر لها فهو الانتخاب التراكمى الذى هو فى جوهره «لاعشوائى».

إن السحب لاتستطيع الدخول فى انتخاب تراكمى. وليس من ميكانزم تستطيع فيه سحب من أشكال معينة أن تفرخ بنات سحاب تشبهها هى نفسها. ولو كان هناك ميكانزم هكذا، ولو كان يمكن للسحابة التى تشبه ابن عرس أو الجمل أن تنشئ سلالة من سحب أخرى لها تقريبا نفس الشكل، لكان للانتخاب الطبيعى هنا فرصة للعمل. وبالطبع، فإن السحب تتكسر فعلا وتكوّن أحيانا «بنات» سحاب؟ ولكن ليس فى هذا ما يكفى للانتخاب التراكمى. فمن الضرورى أيضا أنه ينبغى أن تكون «ذرية» أى سحابة بعينها مشابهة «لوالدها» «أكثر» مما تشبه أى «والد» كبير السن فى «العشيرة»(*) ومن الواضح أن هذه النقطة الحيوية المهمة هى مما يسئ فهمه بعض الفلاسفة الذين ثار اهتمامهم فى السنوات الأخيرة بنظرية الانتخاب الطبيعى. ومن الضرورى أيضا أنه ينبغى أن تكون فرص بقاء سحابة معينة وتفريخها للنسخ هى فرص تعتمد على شكلها. ولعل هذه الظروف قد نشأت بالفعل فى مجرة ما بعيدة، وتكون النتيجة لو مر زمن كافى من ملايين السنين هى شكل أثيرى رهيف للحياة. وقد يصنع هذا رواية علمية جيدة ـ يمكن تسميتها «السحابة البيضاء» ـ أما لأغراضنا فمن الأسهل أن نستوعب نموذجا للكمبيوتر يشبه نموذج القرد / شكسبير.

ورغم أن نموذج القرد / شكسبير يفيد فى تفسير الفارق بين الانتخاب بالخطوة الواحدة والانتخاب التراكمى، إلا أنه يؤدى إلى اللبس فى طرائق هامة. وإحداها هو أن كل جيل من «التوالد» الانتخابى، يكون الحكم فيه على عبارات «الذرية» الطافرة حسب معيار مشابهتها لهدف «مثالى بعيد»، هو عبارة METHIKS IT IS LIKE A WEA-SELوالحياة ليست هكذا. فالتطور ليس له هدف على المدى الطويل. وليس من هدف بعيد المسافة، ولاكمال نهائى يعمل كمعيار للانتخاب، وإن كان الغرور الإنسانى يتعلق بالفكرة السخيفة التى تقول أن نوعنا هو الهدف النهائى للتطور. ومعيار الانتخاب فى الحياة الواقعية، هو دائما قصير المدى، إما مجرد البقاء، أو بصورة أعم النجاح فى التكاثر. وإذا

(*) Population: العشيرة الوراثية والاحصائية أى المجموعة التى يمكن أخذ عينه إحصائية منها. (المترجم).

حدث بعد دهور من الزمن أن بدا بالتبصر وراءا وجود إنجاز لما يشبه أن يكون تقدما تجاه هدف مابعيد، فإن هذا يكون دائما نتيجة عارضة لأجيال كثيرة من انتخاب على المدى القصير. «فصانع الساعة» أى الانتخاب الطبيعى التراكمى، هو أعمى بالنسبة للمستقبل، وليس له هدف على المدى الطويل.

ويمكننا أن نغير نموذجنا للكمبيوتر لأخذ هذه النقطةفى الاعتبار، ونستطيع أيضا أن نجعله أكثر واقعية فى نواحى أخرى. فالحروف والكلمات هى ظواهر بشرية بوجه خاص، فهيا بنا نجعل الكمبيوتر يرسم بدلا منها صورا. ولعلنا حتى سوف نرى أشكالا شبه حيوانية تتطور فى الكمبيوتر، بانتخاب تراكمى للأشكال الطافرة. ولن نحكم على القضية مسبقا ببناء صور حيوانات خاصة فى البداية. وإنما نريدها أن تنبثق فحسب كنتيجة للانتخاب التراكمى لطفرات عشوائية.

وفى الحياة الواقعية، ينتج شكل كل فرد من الحيوان بواسطة نمو الجنين. والتطور يحدث لأنه يوجد فى الأجيال المتعاقبة فروق بسيطة فى النمو الجنينى. وهذه الفروق تحدث بسبب تغيرات (طفرات ـ وهذا هو العنصر العشوائى الصغير فى العملية التى تكلمت عنها) تحدث فى الجينات التى تتحكم فى النمو. وينبغى إذن أن يكون فى نموذجنا للكمبيوتر شئ ما يرادف نمو الجنين، وشئ ما يرادف الجينات التى تستطيع أن تطفر. وثمة سبل مختلفة نستطيع بها الوفاء بهذه المواصفات فى نموذج الكمبيوتر . وقد اخترت واحدا وكتبت برنامجا يشخصه. وسوف أصف الآن نموذج الكمبيوتر هذا، لأنى أظنه كاشفا للأمر.. وإذا كنت لاتعرف شيئا عن الكمبيوترات، فتذكر فحسب أنها ماكينات تفعل بالضبط ماتخبرها به ولكنها كثيرا ما تفاجئك بالنتيجة. وقائمة تعليمات الكمبيوتر تدعى البرنامج PROGRAM (وهذا هو الهجاء الأمريكى القياسى للكلمة، وهو أيضا مايوصى به قاموس اوكسفورد: والبديل PROGRAMME، الذى يشيع استخدامه فى بريطانيا، يبدو أنه تأثر متكلف متفرنس).

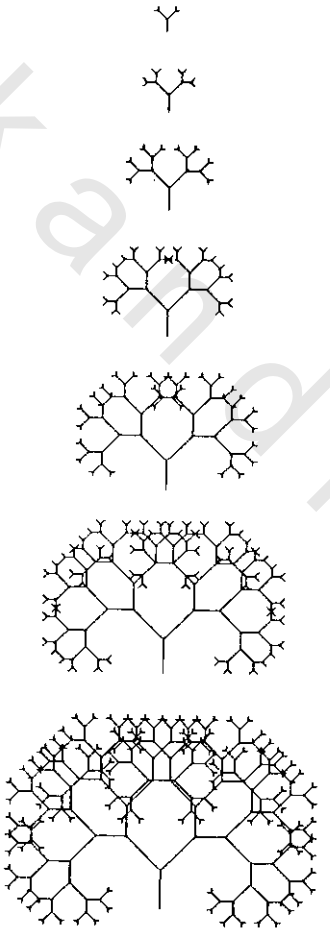
والنمو الجنينى عملية أكثر تعقدا من أن تُقلَد بصورة واقعية على كمبيوتر صغير.

ويجب أن نمثلها ببعض مثال مبسط، فيجب أن نعثر على قاعدة بسيطة لرسم الصور يمكن للكمبيوتر أن يلبيها بسهولة، ويمكن بعدها أن نجعلها تتباين من جراء تأثير «الجينات». فما هى قاعدة الرسم التى سنختارها؟ إن مراجع علم الكمبيوتر كثيرا ماتصور قوة مايسمونه البرمجة «التكرارية» RECURSIVE بواسطة طريقة بسيطة «لنمو شجرة». فيبدأ الكمبيوتر برسم خط عمودى واحد. ثم يتفرع الخط إلى اثنين. ثم ينقسم كل فرع إلى فرعين فرعيين. ثم ينقسم كل فرع فرعى إلى فرع فرع فرعى وهلم جرا. وهى «تكرارية» لأن القاعدة نفسها (وهى هنا قاعدة التفرع) تنطبق موضعيا على كل الشجرة النامية. ومهما كان كبر ماتنمو إليه الشجرة، فإن قاعدة التفرع نفسها تظل تطبق عند أطراف غصونها كلها.

وعمق «التكرارية» يعنى عدد أفرع أفرع ... الأفرع التى يُسمح بنموها قبل الوصول بالعملية إلى التوقف. ويبين شكل ٢ مايحدث عندما تخبر الكمبيوتر أن يتبع بالضبط قاعدة الرسم نفسها، ولكنه يواصل العمل لأعماق مختلفة من التكرارية. وفى المستويات الأعلى من التكرارية يصبح النمط معقدا إلى حد كبير، على أنك تستطيع أن ترى بسهولة فى شكل ٢ أنه مازال ناتجا من نفس قاعدة التفرع البسيطة جدا. وهذا بالطبع مايحدث بالضبط فى الشجرة الواقعية. فنمط التفرع عند شجرة السنديان أو التفاح يبدو معقدا، ولكنه فى الواقع ليس كذلك. فقاعدة التفرع الأساسية بسيطة جدا. ولأنها تُطبق تكراريا عند الأطراف النامية فى كل الشجرة ـ الأغصان تصنع أفرعا فرعية، وكل فرع فرعى يصنع فرعا فرع فرعى، وهلم جرا ـ فإن الشجرة ككل تنتهى بأن تصبح كبيرة كثيفة الأغصان.

والتفرع التكرارى فيه أيضا استعارة مجازية جيدة للنمو الجنينى للنباتات والحيوانات عموما. ولست أعنى أن أجنه الحيوان تشبه أغصان الشجر. فهى لاتشبهها. ولكن الأجنة كلها تنمو بانقسام الخلية. والخلايا تنقسم دائما إلى اثنتين أو بنتين من الخلايا. والجينات تُظهر دائما تأثيراتها النهائية على الأجساد بواسطة أوجه تحكم «موضعية» على الخلايا،

شكل رقم (٢)



obeikandl.com

وعلى أنماط انقسام الخلية بطريقة التفرع الثنائى، وجينات الحيوان ليست قط تصميما عظيما، أو طبعة مخطط زرقاء (Blue print)(*) للجسد كله. فالجينات، كما سوف نرى، هى أشبه بالوصفة منها بطبعة التصميم الزرقاء، وهى فوق ذلك وصفة، يكون ما يذعن لها «ليس» هو الجنين النامى ككل، وإنما تذعن لها كل خلية أو كل مجموعة محلية من الخلايا المنقسمة. ولست أنكر أن الجنين، هو والبالغ فيما بعد، كل منهما «له» شكل على مقياس كبير. إلا أن هذا الشكل ذى المقياس الكبير «ينشأ» بسبب الكثير من التأثيرات الخلوية المحلية الصغيرة فى الجسد النامى كله، وتتكون هذه التأثيرات المحلية أساسا من تفرعات ثنائية، على شكل انقسامات خلوية ثنائية. والجينات فى النهاية إنما تمارس تأثيراتها على الجسد البالغ بالتأثير فى هذه الأحداث المحلية.

وهكذا فإن قاعدة التفرع البسيط لرسم الأشجار تبدو كمثال واعد للنمو الجنينى. وبالتالى. فإننا سوف نلفها فى إحدى الطرق الصغيرة للكمبيوتر، ونضع عليها بطاقة **النمو**، ونستعد لضمها فى برنامج أكبر نضع عليه بطاقة **التطور**. وكخطوة أولى نحو كتابة هذا البرنامج الأكبر، فإننا الآن سنوجه اهتمامنا للجنيات. كيف سنمثل «الجينات» فى نموذجنا للكمبيوتر؟ الجينات فى الحياة الواقعية تفعل شيئين. فهى تؤثر فى النمو، وهى تمرر إلى الأجيال المقبلة. والحيوانات والنباتات الواقعية فيها عشرات الآلاف من الجينات، ولكننا سنقتصر تواضعا فى نموذجنا للكمبيوتر على تسعة جينات. وكل واحد من الجينات التسعة سيمثله ببساطة رقم فى الكمبيوتر، سندعوه بأنه «قيمته». وقد تكون قيمة جين معين هى مثلا ٤، أو -٧.

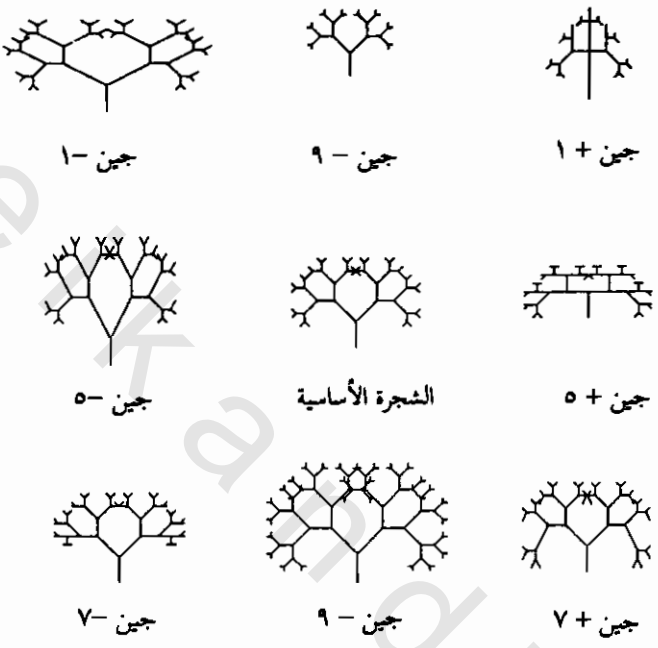
كيف سنجعل هذه الجينات تؤثر فى النمو؟ ثمة أشياء كثيرة يمكنها القيام بها. والفكرة الرئيسية هى أنها ينبغى أن تمارس بعض تأثير ضئيل كميا على قاعدة الرسم التى هى **النمو**. فأحد الجينات مثلا قد يؤثر فى زاوية التفرع، والآخر قد يؤثر فى طول فرع ما معين. ومن الأمور الواضحة الأخرى التى يقوم بها الجين، التأثير فى عمق التكرارية، أى عدد التفرعات المتتالية. وقد جعلت للجين ٩ هذا التأثير. فيمكنك إذن أن تعد الشكل، كصورة لسبعة كائنات على صلة قرابة، كل منها يماثل الآخر فيما عدا ما يتعلق بالجين

(*) الطبعة الزرقاء: المخطط أو الرسم التخطيطى لتصميم مشروع هندسى على ورق خاص بلون أزرق، يمكن تنفيذ المشروع باتباعها.

٩. ولن أبين بالتفصيل ما الذى يقوم به كل واحد من الجينات الثمانية الأخرى. ويمكنك أن تحصل على فكرة عامة عن «صنوف» ماتقوم به من أمور من دراسة شكل ٣. ففى وسط الصورة توجد الشجرة الأساسية، واحدة من آحاد الشجر من شكل ٢. ويحيط بهذه الشجرة المركزية ثمانى شجرات أخرى. وكلها تماثل الشجرة المركزية، سوى أن أحد الجينات، جين مختلف فى كل من الثمانية، قد تغير ـ أى «طفر». فمثلا تبين الصورة التى إلى يمين الشجرة المركزية مايحدث عندما يطفر جين ٥ بإضافة + ١ إلى قيمته. وكم كنت أود، لو كان هناك مساحة كافية، أن أطبع حلقة من ١٨ طافرة حول الشجرة المركزية. وسبب رغبتى فى ١٨ جين، هو أن هناك تسعة جينات، وكل واحد منها يستطيع أن يطفر فى اتجاه «لأعلى» (بإضافة واحد إلى قيمته) أو فى اتجاه «لأسفل» (بطرح واحد من قيمته). وهكذا فإن حلقة من ١٨ شجرة ستكون كافية لتمثيل كل «مايحتمل» من طافرات الخطوة الواحدة التى يمكنك أن تستقيها من الشجرة المركزية المفردة.

وكل واحدة من هذه الأشجار لها «معادلتها الجينية» الفريدة الخاصة بها، القيم العددية لجيناها التسعة. وأنا لم أكتب هذه المعادلات الجينية، لأنها فى حد ذاتها لن تعنى شيئا بالنسبة لك. ويصدق هذا أيضا على الجينات الواقعية. فالجينات لاتبدأ فى أن تعنى شيئا ما إلا عندما تترجم، بواسطة تخليق البروتين، إلى قواعد للنمو بالنسبة للجنين النامى. وفى نموذج الكمبيوتر أيضا، فإن القيم العددية للجينات التسعة لاتعنى شيئا ما إلا عندما تترجم إلى قواعد للنمو بالنسبة لنمط الشجرة المتفرعة. على أنه يمكنك أن تحصل على فكرة عما يفعله كل جين بأن «تقارن» جسدى كائنين يعرف أنهما يختلفان فيما يتعلق بجين معين. ولتقارن مثلا، الشجرة الأساسية فى وسط الصورة بالشجرتين على كل جانب، وستحصل على فكرة ما عما يفعله الجين ٥.

وهذا أيضا ما يفعله علماء الوارثة فى الحياة الحقيقية. فعلماء الوراثة عادة لايعرفون كيف تمارس الجينات تأثيراتها على الأجنة. ولا هم يعرفون المعادلة الجينية الكاملة لأى حيوان. على أنهم عن طريق مقارنة جسدى حيوانين بالغين يعرف عنهما «اختلافهما» بالنسبة لجين واحد، يستطيعون رؤية ما لهذا الجين الواحد من تأثيرات. والأمر أكثر تعقدا من ذلك، لأن تأثيرات الجينات يتفاعل أحدها مع الآخر بطرق أكثر تعقدا من حاصل



شكل رقم (٣)

الجمع البسيط. ويصدق هذا بالضبط على أشجار الكمبيوتر. ويبلغ فى صدقه أقصى مدى، كما ستبين الصور اللاحقة.

وسوف نلاحظ أن كل الأشكال لها سمترية على محور يسار / يمين. وهذا قيد فرضته أنا على طريقة **النمو**. وسبب أنى فعلت ذلك هو فى جزء منه لأغراض جمالية، وفى جزء للإقتصاد فى عدد الجينات اللازمة (فلو أن الجينات لاتمارس تأثيرات ذات صورتى مرآة على جانبى الشجرة، فإننا سنحتاج إلى جينات منفصلة لكل من الجانبين الأيسر والأيمن)، وفى جزء آخر كان السبب أنى كنت آمل أن أطور أشكالا تشبه الحيوانات، ومعظم أجساد الحيوانات لها قدر كبير من السمترية. ولنفس السبب فإنى من

الآن فصاعدا سأتوقف عن أن أدعو هذه المخلوقات «أشجارا» وسأسميها «أجسادا» أو «بيومورفات» Biomorphs والبيومورف إسم قد صكه ديزموند موريس للأشكال المبهمة التى تشبه الحيوانات فى لوحاته السيريالية. وهذه اللوحات لها مكانة خاصة فى مشاعرى، لأن إحداها كانت منسوخة على غلاف كتابى الأول. ويزعم ديزموند موريس أن بيومورفاته «تتطور» فى عقله، وأن تطورها يمكن تتبع مساره من خلال اللوحات المتتابعة.

ولنعد إلى بيومورفات الكمبيوتر، وحلقة الطافرات الثمانى عشرة المحتملة، التى رسمنا ثمانية أشكال تمثلها فى شكل ٣. وحيث أن كل عضو من أعضاء الحلقة هو فحسب خطوة طفرية واحدة بعيدا عن البيومورف المركزية، فإن من السهل علينا أن نراها وكأنها «أطفال» للوالد المركزى. فلدينا مثالنا «**للتكاثر**»، الذى يمكن أن نلفه مثل **النمو** فى برنامج صغير آخر للكمبيوتر، معد لأن يُضم فى برنامجنا الكبير المسمى **التطور**. ولنلاحظ أمرين بشأن **التكاثر**. الأول، أن لا يوجد هنا جنس sex، فالتكاثر هنا لاجنسى. وإذن فأنا أفكر فى البيومورفات على أنها إناث، لأن الحيوانات اللاجنسية مثل الذبابة الخضراء Green fly تكاد دائما تكون أساسا مؤنثة الشكل. والثانى، فإن طفراتى كلها مقيدة بحيث تحدث واحدة منها فى المرة الواحدة. فالطفل يختلف عن والده فى جين واحد فقط من الجينات التسعة، وفوق ذلك فالطفر كله يحدث بإضافة + ١ أو −١ إلى قيمة الجين الوالدى المناظر. وهذه مجرد أمور اتفاق تعسفى. فقد كان يمكن أن تكون بخلاف ذلك وتبقى مع ذلك واقعية بيولوجيا.

ولايصدق ذلك على السمة التالية للنموذج، التى تشخص مبدأ أساسيا فى البيولوجيا. إن شكل كل طفل لايستقى مباشرة من شكل الوالد، وكل طفل يحصل على شكله من قيم جيناته التسعة التى تخصه (الزوايا المؤثرة، المسافات، وما إلى ذلك). وكل طفل يحصل على جيناته التسعة من جينات والده التسعة. وهذا هو مايحدث تماما فى الحياة الواقعية. فالأجساد لاتمرر خلال الأجيال، ومايمرر هو الجينات. والجينات تؤثر فى النمو الجنينى للجسم الذى تكون مستقرة فيه. وبعدها فإن نفس هذه الجينات إما أن تمرر للجيل التالى أو لاتمرر. وطبيعة الجينات لاتتأثر بمساهمتها فى النمو الجسدى، ولكن

احتمال تمريرها قد يتأثر بنجاح الجسد الذى ساعدت على خلقه. وهذا هو السبب فى أنه من المهم فى نموذج الكمبيوتر أن العمليتين المسميتين **النمو والتكاثر** تكتبان كقسمين معزولين تماما. وهما معزولان فيما عدا أن **التكاثر** يمرر القيم الجينية عابرة إلى **النمو**، حيث تؤثر فى قواعد النمو. ومن المؤكد أن **النمو** لايمرر القيم الجينية ثانية إلى **التكاثر**ـ فهذا يكون معادلا «لمذهب اللاماركية» (انظر الفصل الحادى عشر).

ها قد جمعنا نموذجى برنامجنا ثم سميناهما **النمو والتكاثر**. **والتكاثر** يمرر الجينات عبر الأجيال، مع احتمال للطفرة. **والنمو** يأخذ الجينات التى يمد بها **التكاثر** فى أى جيل بعينه، ويترجم هذه الجنيات إلى فعل من الرسم، وبالتالى إلى صورة للجسد على شاشة الكمبيوتر. وقد حان الوقت لأن نأتى بالنموذجين معا فى البرنامج الكبير المسمى **التطور**.

يتكون **التطور** أساسا من تكرار لانهائى **للتكاثر**، وفى كل جيل يأخذ **التكاثر** الجينات التى يمده بها الجيل السابق، ويناولها إلى الجيل التالى ولكن مع تغيرات عشوائية طفيفة أى طفرات. والطفرة ببساطة تكون من +١ أو −١ مضافا إلى قيمة جين تم اختياره عشوائيا. وهذا يعنى أنه بتواصل الأجيال، فإن الكم الكلى للاختلاف الوراثى عن الجد الأصلى قد يصبح كثيرا جدا بالتراكم، وإنما بخطوة صغيرة فى كل مرة. ورغم أن الطفرات عشوائية، فإن التغير التراكمى عبر الأجيال ليس عشوائيا. والذرية فى أى جيل واحد تختلف عن والدها فى اتجاهات عشوائية. لكن انتخاب من يذهب قدما من تلك الذرية الى الجيل التالى لايكون عشوائيا. وهذه هى النقطة التى يدخل عندها الانتخاب الداروينى. ومعيار الانتخاب ليس هو الجينات نفسها، وإنما هو الأجساد التى تؤثر الجينات فى شكلها من خلال **النمو**.

وبالإضافة إلى أن الجينات **تتكاثر**، فإن الجينات فى كل جيل تُناَول أيضا إلى النمو، الذى ينمى الجسد الملائم على الشاشة، متبعا القواعد الخاصة به التى وضعت بإحكام. وفى كل جيل، تظهر سلاله بطن Litter كاملة من «الأطفال» (أى أفراد الجيل التالى). وكل هؤلاء الأطفال هم أطفال طافرون من نفس الوالد، ويختلفون عن والدهم فيما يتعلق بجين واحد فى كل. ومن الواضح أن هذا المعدل العالى جداً من الطفرات هو سمة غير بيولوجية فى نموذج الكمبيوتر. ففى الحياة الواقعية، غالبا مايكون احتمال طفرة الجين

أقل من واحد فى المليون. والسبب فى إدخال معدل طفرات عال فى بناء النموذج، أن الأداء كله على شاشة الكمبيوتر يتم من أجل أن تستخدمه أعين البشر، والبشر ليس لديهم الصبر للانتظار مليون جيل حتى تتم طفرة ما!

والعين البشرية تلعب دوراً فعالا فى القصة. إنها العامل المنتخب. وهى تفحص ذرية البطن الواحدة وتختار فردا منها لتربيته. ويصبح الفرد المختار بعدها والدا للجيل التالى، ويظهر على الشاشة فى نفس الوقت معا أفراد البطن من «أطفاله» الطافرة. والعين البشرية تفعل هنا بالضبط ماتفعله فى تربية الكلاب المنسّبة أو ورود المسابقات. وبكلمات أخرى، فإن نموذجنا هو بصورة جازمة نموذج للانتخاب المصطنع، وليس الانتخاب الطبيعى. ومعيار «النجاح» ليس معيارا مباشرا من البقاء، كما هو الحال فى الانتخاب الطبيعى. ففى الانتخاب الطبيعى الحق، إذا استوفى الجسد مايحتاجه للبقاء، فإن جيناته تبقى أوتوماتيكيا لأنها موجوده داخله. وهكذا فإن الجينات التى تبقى تنزع، أوتوماتيكيا، لأن تكون تلك الجينات التى تضفى على الأجساد الصفات التى تساعدها على البقاء. ومن الناحية الأخرى، ففى نماذج الكمبيوتر لايكون معيار الانتخاب هو البقاء، وإنما هو القدرة على موافقة المزاج البشرى. وهو ليس بالضرورة مزاجا كسولا عارضا، ذلك أننا نستطيع أن نقرر أن ننتخب بصورة ثابتة صفة ما «كمشابهة شجرة الصفصاف الباكية»، مثلا. على أنه بحكم خبرتى فإن الانسان المنتخب غالبا مايكون متقلب المزاج وانتهازيا. وهذا أيضا ليس مما لايشبه أنواعا معينة من الانتخاب الطبيعى.

يخبر الانسان الكمبيوتر عن الفرد الذى سيتم التوالد منه من بين سائر أفراد ذرية البطن الجارية. وتمرر جينات الفرد المختار عابرة إلى **التكاثر**، ويبدأ جيل جديد. وتتصل هذه العملية إلى ما لا نهاية، كما فى التطور فى الحياة الواقعية. وكل جيل من البيومورفات يبتعد فقط خطوة طفرية واحدة عن سلفه وخلفه. إلا أنه بعد مائة جيل من التطور، يمكن أن تصبح البيومورفات أى شئ مما يبعد عن جدها الأصلى بما يصل إلى مائة خطوة طفرية. وما يمكن أن يحدث فى مائة خطوة طفرية لهو كثير.

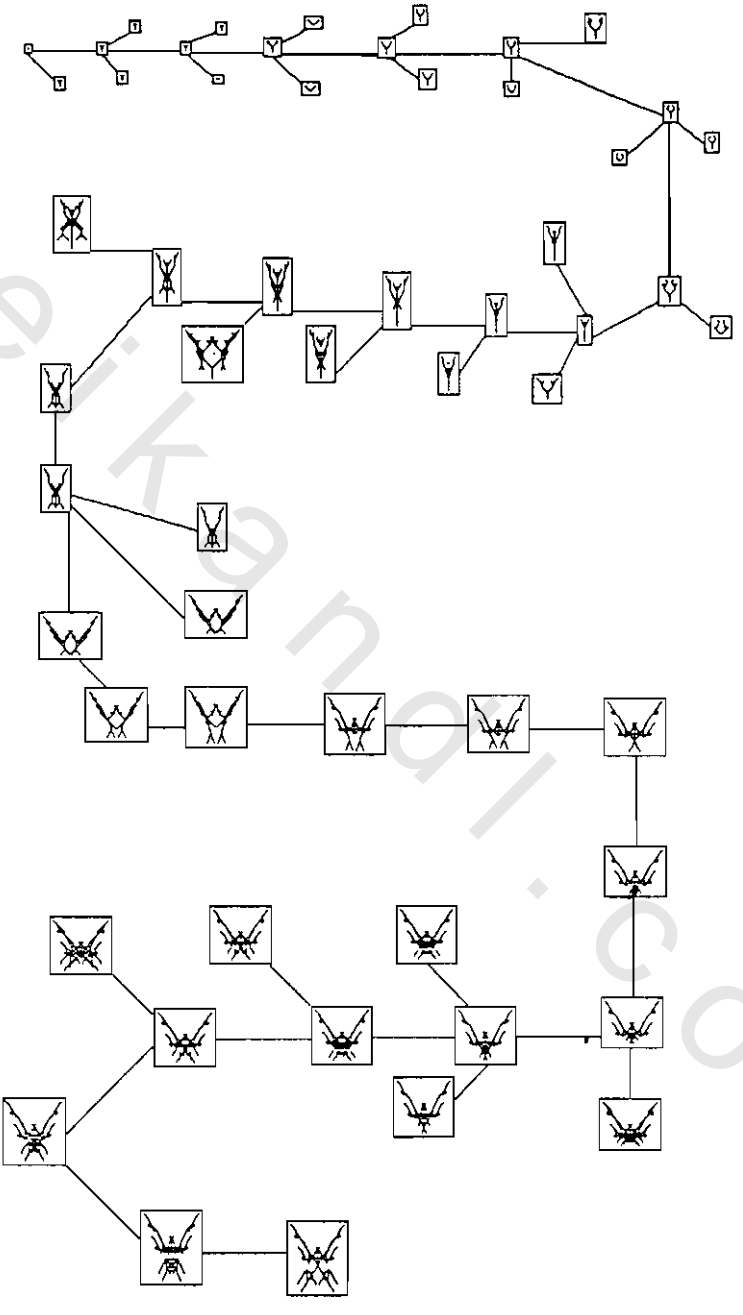
ولم أحلم قط «كم» يكون قدر ذلك، عندما بدأت ألهو أول الأمر ببرنامجى الذى كتبته مجددا عن **التطور**. والأمر الرئيسى الذى فاجأنى هو أن البيومورفات تستطيع بسرعة كبيرة إلى حد ما أن تكف عن أن تكون مشابهة للأشجار. ومع أن التكوين الأساسى من

التفرع الثنائى موجود دائما، إلا أنه ينخمد بسهوله إذ تتقاطع الخطوط ثم تتقاطع ثانية، لتصنع كتلا صلبة من اللون (هى فقط سوداء أو بيضاء فى الصور المطبوعة). وشكل ٤ يبين تاريخا تطوريا بعينه يتكون مما لايزيد عن ٢٩ جيلا. والجد هو كائن دقيق، نقطة واحدة. ورغم أن جسد الجد هو نقطة، تشبه خلية البكتريا فى الوحل البدائى، إلا أنه يكمن من داخلها إمكان التفرع على نفس النمط بالضبط كما فى الشجرة المركزية فى شكل ٣: ماعدا فحسب أن جينها التاسع يخبرها أن تتفرع صفرا من المرات! وكل الأشكال المصورة فى الصفحة تنحدر من النقطة، ولكنى لم أطبع كل الذرية التى رأيتها بالفعل حتى لاتتكدس الصفحة بها. وقد طبعت فقط الطفل الناجح من كل جيل (أى والد الجيل التالى) وواحدا أو اثنين من إخوته غير الناجحين. وإذن فالصورة أساسا تبين فحسب الخط الرئيسى الواحد للتطور، موجها بانتخابى الجمالى. وكل مراحل الخط الرئيسى موضحة.

ولنمر بإيجاز عبر الأجيال القليلة الأولى من الخط الرئيسى للتطور فى شكل ٤. إن النقطة تصبح حرف Y فى الجيل الثانى. وفى الجيلين التاليين تصبح الـY أكبر. ثم تصبح الأفرع مقوسة قليلا مثل مرجام أجيد صنعه. وفى الجيل السابع، يزداد تأكيد القوس، حتى ليكاد الفرعان يلتقيان. وفى الجيل الثامن تصبح الأفرع المقوسة أكبر، ويكتسب كل واحد زوجا من الزوائد الصغيرة، وفى الجيل التاسع تختفى الزوائد ثانية ويصبح جذع المرجام أطول. ويبدو الجيل العاشر كقطاع فى زهرة، فتشبه الفروع الجانبية المقوسة البتلات وكأنها كأس يضم زائدة مركزية أو «الميسم». وفى الجيل الحادى عشر يصبح شكل الزهرة نفسه أكبر ويصبح أكثر تعقدا بقليل.

ولن أتابع الروى. فالصورة تتحدث عن نفسها من خلال الأجيال الـ ٢٩. ولنلاحظ كيف أن كل جيل يختلف مجرد اختلاف قليل عن والده وعن أخواته. ولما كان كل جيل يختلف قليلا عن والده، فلا يمكن إلا أن نتوقع أن كل جيل سيكون «أكثر» اختلافا بقليل عن أجداده (وعن أحفاده). بل وسيظل أكثر اختلافا عن أجداد أجداده (وأحفاد أحفاده). وهذا هو مايدور حوله التطور «التراكمى» كله، وإن كنا بسبب سرعة

شكل رقم (٤)



obeikandl.com

معدلنا للطفر قد زدنا من سرعته هنا إلى معدلات غير واقعية. وبسبب هذا، فإن شكل ٤ يبدو كتربية «للنوع» أكثر مما هو تربية للأفراد، وإن كان المبدأ هو نفسه.

وعندما كتبت هذا البرنامج، لم أكن أفكر قط فى أنه سيطور شيئا يزيد عن أنواع شتى من أشكال تشبه الشجرة، وكنت آمل فى أشكال كالصفصافة الباكية، أو أرز لبنان، أو حور لمباردى، أو أعشاب البحر، أو ربما قرون الإيل. ولم يهيئنى أى شئ من حدسى البيولوجى، ولا من خبرتى لعشرين عاما فى برمجة الكمبيوترات، ولا أى شئ من أكثر أحلامى جموحا قد هيأنى لما نشأ فعلا على الشاشة. ولست أدرى متى بالضبط بدأ يتضح لى أثناء التسلسل احتمال أن ثمة مشابهة تتطور لما يماثل الحشرة. وفى حدس جامح، بدأت أربى الجيل بعد الجيل من أى طفل يبدو أكثر مشابهة للحشرة. وأخذت هواجسى تنمو فى موازاة للمشابهة المطورة. والنتائج تراها أسفل شكل ٤. ومما لاينكر أنها ذات ثمانية أرجل مثل العنكبوت، بدلا من ستة أرجل كالحشرة، ولكن حتى مع هذا ! مازلت لا أستطيع أن أخفى عنك إحساسى بالجذل وأنا أرقب لأول مرة هذه المخلوقات الفاتنة وهى تنبثق أمام عينى. لقد سمعت فى ذهنى بوضوح الأنغام الافتتاحية المنتصرة لـ «هكذا تحدث زرادشت» (مصنف ٢٠٠١). ولم أتمكن من تناول طعامى، وفى تلك الليلة احتشدت «حشراتى» من وراء جفونى وأنا أحاول النوم.

ثمة ألعاب للكمبيوتر فى السوق يتوهم فيها اللاعب أنه يجوس فى متاهة تحت الأرض، لها جغرافية محددة وإن كانت معقدة، ويلاقى فيها حيوانات التنين أو المينوتور أو غيرها من الأعداء الأسطورية. والوحوش فى هذه الألعاب تكاد تكون قليلة العدد. وكلها قد صممها مبرمج بشرى، هى وجغرافية المتاهة أيضا. وفى لعبة التطور، سواء نسخة الكمبيوتر أو الشئ الحقيقى، يمتلك اللاعب (أو الملاحظ) نفس الإحساس بالجوس مجازا خلال متاهة من الممرات المتفرعة، إلا أن عدد المسالك الممكنة لانهاية له قط، والوحوش التى يقابلها المرء هى بلا تصميم ولايمكن التنبؤ بها. وأثناء جولاتى من خلال المياه الخلفية (لأرض البيومورف)، التقيت بجينات للجمبرى، ومعابد للأزتيك، ونوافذ كنائس قوطية، ورسوم

أبوريجينية(*) لحيوانات الكنغر، وفى مناسبة لاتنسى وإن كانت مما لايمكن تكراره، رأيت مايجوز على أنه رسم كاريكاتيرى لأستاذ المنطق فى ويكهام. وشكل ٥ هو لمجموعة صغيرة أخرى من جوائزى التذكارية، وكلها مما قد تم نموه بنفس الطريقة. وأود أن أؤكد أن هذه الصور ليست بانطباعات لفنانين. فهى لم تعدل ولم تعالج بأى طريقة كانت. وهى بالضبط مثلما رسمها الكمبيوتر إذ تطورت من داخله. ودور العين البشرية كان محددا بأنها تقوم «بالانتخاب» من بين الذرية التى تطفر عشوائيا عبر أجيال كثيرة من التطور التراكمى.

ونحن الآن لدينا نموذج للتطور هو واقعى إلى حد أكبر كثيرا مما أعطاه لنا نموذج القردة طابعة شكسبير. على أن نموذج البيومورف مازال غير وافى. فهو يبين لنا قدرة الانتخاب التراكمى على توليد تنوع لايكاد ينتهى من شكل شبه بيولوجى، ولكنه يستخدم الانتخاب الاصطناعى، وليس الانتخاب الطبيعى. فالعين البشرية تقوم بالانتخاب. هل يمكن أن نستغنى عن العين البشرية، لنجعل الكمبيوتر نفسه يقوم بالانتخاب، على أساس معيار ما واقعى بيولوجيا؟ إن هذا أكثر صعوبة مما قد يبدو. وهو مما يستحق أن ننفق بعض الوقت فى تفسير السبب لذلك.

من السهل حتى الابتذال أن تنتخب معادلة جينية معينة، مادمت تستطيع الإلمام بجينات كل الحيوانات. ولكن الانتخاب الطبيعى لايختار الجينات مباشرة، إنه يختار «التأثيرات» التى للجينات فى الأجساد، مايسمى تكنيكيا بتأثيرات المظهر Pheno type. والعين البشرية بارعة فى اختيار تأثيرات المظهر، كما يتبين من أنواع السلالات العديدة من الكلاب، والماشية والحمام، وكما يتبين أيضا من شكل ٥، إن كان لى أن أقول ذلك. وحتى تجعل الكمبيوتر يختار تأثيرات المظهر مباشرة، ينبغى أن نكتب برنامجا معقدا جدا للتعرف على النمط Pattern recognition. وبرامج التعرف على النمط موجودة. وهى تستخدم للتعرف على المطبوعات بل وعلى خط اليد. ولكنها نوع صعب من برامج «الوضع الفنى» يحتاج الى كمبيوترات جد كبيرة وسريعة. وحتى لو لم يكن برنامج كهذا من برامج تعرف النمط فوق قدراتى للبرمجة، وفوق قدرة جهازى الصغير للكمبيوتر ذى الـ ٦٤ كيلوبايت، فإنى ماكنت لأشغل نفسى به. فهذه مهمة تقوم بها العين البشرية على نحو

(*) نسبة للأبوريجينيين، سكان استراليا الأصليين قبل وصول الأوروبيين إليها. (المترجم).

شكل رقم (٥)

أفضل، سويا هى والكمبيوتر الذى فى داخل الجمجمة، كمبيوتر الجيجانيورونات العشر ـ وهذا أمر على صلة أوثق بالموضوع.

ولن يكون من الصعب جدا أن نجعل الكمبيوتر ينتخب سمات عامة مبهمة من مثل الطول ـ النحافة، والقصر ـ السمنة، وربما بعض الانحناء ودرجة النتوء، بل وزخرف الروكوك. وإحدى الطرق هى أن يبرمج الكمبيوتر بحيث يتذكر «أنواع» الصفات التى حبذها البشر فيما مضى، وأن يمارس انتخابا متواصلا لنفس النوع العام فى المستقبل، ولكن هذا لن يجعلنا أكثر قربا للتماثل مع الانتخاب «الطبيعى». والنقطة الهامة هى أن الطبيعة لاتحتاج إلى قوة حاسبة لتقوم بالانتخاب، إلا فى حالات خاصة مثل اختيار إناث الطاووس لذكورها. فعامل الانتخاب المعتاد فى الطبيعة، هو عامل مباشر وقوى وبسيط. إنه الموت الحاصد الجهم. ومن الطبيعى أن «أسباب» البقاء هى أى شئ إلا أن تكون بسيطة ـ وهذا هو السبب فى أن الانتخاب الطبيعى يستطيع أن يبنى حيوانات ونباتات على هذا القدر

الهائل من التركب. ولكن ثمة شئ فظ وبسيط جدا بشأن الموت نفسه. إن الموت اللاعشوائى هو كل ما يتطلبه انتخاب أنواع المظهر فى الطبيعة ، وبالتالى اختيار الجينات التى تحويها.

وحتى يمكن أن يشابه الانتخاب الطبيعى على نحو شيق فى الكمبيوتر، ينبغى أن ننسى مايدور بشأن زخرفة الروكوك وكل الصفات الأخرى التى تعرّف بصريا. وينبغى بدل ذلك أن نركز على مشابهة الموت اللاعشوائى. فينبغى أن تتفاعل البيومورفات فى الكمبيوتر، مع ما يشبه البيئة المعادية. فينبغى أن يتحدد بشئ ما فى شكلها إذا كانت ستبقى أو لن تبقى فى تلك البيئة. وينبغى مثاليا أن تحوى البيئة المعادية بيومورفات متطورة أخرى: «ضوارى» ، و«فرائس» ، و«طفيليات» ، و«متنافسون» . والشكل الخاص بالبيومورفات الفريسة ينبغى أن يحدد استهدافها للإمساك بها، بواسطة أشكال معينة مثلا من ضوارى البيومورفات. ومعايير الاستهداف هذه ينبغى ألا يتم إدخالها بواسطة واضع البرنامج.

فينبغى أن «تنبثق» بنفس نوع طريقة انبثاق الأشكال نفسها. ووقتها سوف ينطلق التطور حقا فى الكمبيوتر. حيث أنه سيتم الوفاء بالشروط اللازمة من أجل «سباق تسلح» داعم للذات (انظر الفصل السابع) ، ولست أجرؤ على أن أخمن إلى أين سينتهى الأمر كله. ولسوء الحظ، فإنى أعتقد أنه مما قد يجاوز قدراتى كمبرمج أن أُنشئ مثل هذا العالم الاصطناعى.

وإذا كان هناك من يبلغون من البراعة ما يكفى للقيام بذلك، فإنهم المبرمجون الذين ينشئون تلك الألعاب المبتذلة المعقدة الصاخبة ـ الألعاب المشتقة عن غزاة الفضاء. ففى هذه البرامج تتم مشابهة عالم إصطناعى. وتكون له جغرافيته، وكثيرا مايكون من ثلاثة أبعاد، كما يكون له بعد زمنى سريع الحركة. وتـئز فيه كيانات فيما يمثل فضاءا ذى ثلاثة أبعاد، ويصطدم كل منها بالآخر، ويطلق كل منها النار على الآخر ليصرعه، ويبتلع كل منها الآخر وسط أصوات ضجيج منفرة. وأحيانا تكون المشابهة جد بارعة حتى أن اللاعب الذى يدير اللعبة يتلقى إيهاما قويا بأنه هو نفسه جزء من هذا العالم المصطنع. وإنى لأتصور أن ذروة مايصل اليه هذا النوع من البرمجة هو مايتم إنجازه فى المقصورات التى

تستخدم لتدريب طيارى الطائرات ومركبات الفضاء. على أنه حتى هذه البرامج ليست إلا شيئا صغيرا بالمقارنة بالبرامج التى ينبغى كتابتها لمشابهة انبثاق سباق تسلح بين الضوارى والفرائس، التى تضمّن فى نظام مصطنع كامل من نظم البيئة. على أنه من المؤكد أنه يمكن القيام به. وإذا كان هناك مبرمج محترف يشعر بالرغبة فى المساهمة فى هذا التحدى، فإنى لأحب أن أسمع عنه أو عنها.

وفى نفس الوقت فثمة شئ آخر أسهل كثيرا، أنوى القيام به عندما يحل الصيف. فسوف أضع الكمبيوتر فى مكان ظليل بالحديقة. والشاشة يمكنها أن تعرض عرضا ملونا. ولدى بالفعل نسخة لبرنامج يستخدم عدد «جينات» أكثر قليلا للتحكم فى اللون، بنفس الطريقة التى تتحكم بها الجينات التسعة الأخرى. فى الشكل. وسوف أبدأ بأى بيومورف ألوانها ناصعة مدموجة بصورة أو أخرى. وسيعرض الكمبيوتر فى ذات الوقت مدى من ذرية طافرة للبيومورف، تختلف عنها فى الشكل و/ أو نمط اللون. وأعتقد أن النحل والفراشات وحشرات أخرى سوف تزور الشاشة، و«تختار» بأن ترتطم بنقطة بعينها على الشاشة. وعندما يتم تسجيل عدد معين من الخيارات، فإن الكمبيوتر سيمسح الشاشة لينظفها، و«ليربى» من البيومورف المفضلة، ويعرض الجيل التالى من الذرية الطافرة.

ولدى آمال كبيرة، فى أنه عبر عدد كبير من الآجيال، ستؤدى الحشرات البرية فعلا إلى تطور الزهور فى الكمبيوتر. عندما تفعل ذلك، فإن زهور الكمبيوتر تكون قد تطورت بالضبط تحت نفس ضغط الانتخاب الذى أحدث تطور الزهور الواقعية فى البرية. ويشجعنى على أملى هذا حقيقة أن الحشرات كثيرا ماترتاد النقط الملونه الناصعة فى فساتين النساء (وذلك أيضا فى تجارب أكثر انتظاما قد تم نشرها). ومن الاحتمالات البديلة، التى قد أجدها حتى أكثر إثارة، أن الحشرات البرية قد تؤدى إلى تطوير أشكال تشبه الحشرات. وسابقة ذلك ـ وبالتالى سبب وجود الأمل ـ أن النحل فيما مضى قد أدى إلى تطوير أوركيد النحل. فذكور النحل قد أنشأت عبر الأجيال الكثيرة من التطور التراكمى للأوركيد، الشكل المشابه للنحله وذلك من خلال محاولة مواقعة الزهور، وبالتالى حمل حبوب اللقاح. ولتتصور زهرة النحل فى شكل ٥ وهى ملونة. أما كنت تقع فى هواها لو كنت نحلة؟

أما السبب الرئيسى عندى للتشاؤم فهو أن إبصار الحشرة يعمل بطريقة تختلف تماما عن طريقتنا. وشاشات الفيديو مصممة لأعين البشر وليس لأعين النحل. وهذا قد يعنى بسهولة أنه رغم أننا والنحل كلانا نرى زهور أوركيد النحل، بطريقتينا المختلفتين تماما، فإن النحل بطريقته قد لايرى صور شاشة الفيديو على الاطلاق. فلعل النحل لن ير شيئا إلا ٦٢٥ خطا من خطوط المسح بالشاشة ! ومع هذا فإن الأمر يستحق المحاولة. وفى الوقت الذى سيتم فيه نشر الكتاب، سأكون قد عرفت الإجابة.

وثمة شعار رائج، ويلفظ عادة فى نغمات مما يسميه ستيفن بوتر «النقر»، ويقول هذا الشعار أنك لاتستطيع أن تستخرج من الكمبيوتر أكثر مما أدخلت فيه. وفى نسخ أخرى يقال أن الكمبيوترات تفعل بالضبط ما تأمرها أن تفعله، وبالتالى فإن الكمبيوترات لاتكون خلاقة قط. ولايصدق هذا الشعار إلا بأتفه المعانى، بنفس معنى القول بأن شكسبير لم يكتب قط شيئا إلا ماعلّمه أن يكتبه أول مدرس له ـ أى الكلمات. لقد برمجت **التطور** فى الكمبيوتر ولكنى لم أخطط «لحشراتى»، ولا للعقرب ولا لطائرة السبتفاير، ولا لمركبة القمر. ولم يكن لدى أدنى هاجس بأنها ستنبثق، وهذا هو السبب فى أن «تنبثق» هى الكلمة الصحيحة. ومن الحق أن عينى قد قامت بالانتخاب الذى وجه تطورها، ولكنى عند كل مرحلة كنت محددا بقبضة صغيرة من ذرية يقدمها طفور عشوائى، «واستراتيجية» انتخابى هى هكذا استراتيجية انتهازية متقلبة، قصيرة المدى. فلم أكن أهدف إلى أى هدف بعيد، وهو أيضا ما لا يفعله الانتخاب الطبيعى.

ويمكننى أن أجعل ذلك فى قالب درامى بأن أناقش ماحدث فى المرة الوحيدة التى حاولت فيها «بالفعل» أن أهدف إلى هدف بعيد. ويجب أولا أن أقدم اعترافا. ولعلك على أى حال قد خمنته. فالتاريخ التطورى لشكل ٤ هو إعادة بناء. فلم تكن هذه أول مرة أرى فيها «حشراتى». فهى عندما انبثقت أصلا على صوت الطبول، لم يكن لدى وسيلة لتسجيل جيناتها. لقد كانت جالسة هناك على شاشة الكمبيوتر، وأنا لا أستطيع الوصول اليها، لاأستطيع فك شفرة جيناتها. وأجّلت إغلاق الكمبيوتر وأنا أجهد عقلى محاولا التفكير فى طريقة ما لاستخلاصها، ولكن ماكان هناك من طريقة. فالجينات كانت مدفونة عميقا جدا، تماما كما هى عليه فى الحياة الواقعية. وكان فى وسعى أن

أطبع صورا لأجساد الحشرات، أما جيناتها فقد ضاعت منى. وفى التو عدلت البرنامج بحيث يحتفظ فى المستقبل بسجلات متاحة للمعادلات الجينية، ولكن هذا كان متأخرا جدا. لقد ضاعت منى حشراتى.

وأخذت أحاول «العثور» عليها ثانية. فما دامت قد تطورت ذات مرة، فيبدو ولابد أن من الممكن تطويرها ثانية. وظلت تطاردنى كالنغمة المفقودة. وظللت أجوب «أرض البيومورف»، وأنا أتحرك عبر مناظر خلوية لانهاية لها من مخلوقات وأشياء عجيبة، ولكنى لم أتمكن من العثور على حشراتى كنت أعرف أنها ولابد كامنة فى مكان ما. وكنت أعرف الجينات التى بدأ بها التطور الأصلى. ولدى صورة لأجساد حشراتى. بل كان لدى صورة لتسلسل تطور الأجساد الذى أدى إلى حشراتى فى مراحل بطيئة بدأت بالنقطة الجد. ولكنى لم أكن أعرف معادلتها الجينية.

ولعلك تظن أنه ليس أسهل من إعادة بناء المسار التطورى، ولكن الأمر لم يكن كذلك. والسبب، الذى سأعود إليه ثانية، هو العدد الفلكى للبيومورفات «المحتملة» التى يمكن أن يقدمها مسار تطورى له طول كافى، حتى عندما لايتباين إلا تسعة جينات فقط. وبدا لى عدة مرات أثناء حجى فى «أرض البيومورف» أنى قد اقتربت وثيقا من سلف حشراتى، ولكن رغم أفضل مابذلت من جهد كعامل انتخاب، فإن التطور عندها كان ينطلق فيما يثبت أنه اقتفاء لأثر زائف. وأخيرا، أثناء جولاتى التطورية خلال «أرض البيومورف ـ وبإحساس بالانتصار لايكاد يقل عما فى المرة الأولى ـ أمسكت بها ثانيا فى النهاية. ولست أعرف (وما زلت لا أعرف) إن كانت هذه الحشرات هى بالضبط مثل حشراتى الأصلية، حشرات «أنغام زراشت المفقودة». أو أنها «تلاقيها» من الظاهر «انظر الفصل التالى)، على أنها كانت جيدة بما يكفى. وهذه المرة لم يكن ثمة خطأ: سجلت كتابة المعادلة الجينية، والآن فإننى أستطيع «تطوير» الحشرات فى أى وقت أشاء.

نعم، قد زدت من كم الدراما بعض الشئ، ولكن ثمه نقطة خطيرة قد وضحت. فالنقطة الأساسية فى القصة هى أنه رغم أننى من برمج الكمبيوتر، وأخبرته فى تفصيل كبير بما يفعله، إلا أننى لم أصمم الحيوانات التى تطورت، وقد فوجئت تماما بها عندما

رأيت أسلافها أول مرة. وبلغ من عجزى عن التحكم فى التطور، أننى حتى عندما رغبت أشد الرغبة فى إعادة اقتفاء أثر مسار تطورى بعينه ثبت أن القيام بذلك يكاد يكون مستحيلا. ولست أعتقد أنى كنت سأصل قط إلى العثور على حشراتى ثانية لو لم يكن عندى صورة مطبوعة «للمجموعة الكاملة» لأسلافها التطورية، وحتى مع هذا كان الأمر صعبا شاقا. هل يبدو أن عجز المبرمج عن التحكم أو التنبؤ بسياق التطور فى الكمبيوتر فيه مفارقة؟ هل يعنى حتى أن ثمة شيئا غامضا ملغزا يجرى داخل الكمبيوتر؟ بالطبع لا. كما أنه لايدور أى شئ ملغز فى تطور الحيوانات والنباتات الواقعية. ونستطيع أن نستخدم نموذج الكمبيوتر لحل المفارقة، ولأن نتعلم شيئا عن التطور الواقعى فى سياقه.

ومن باب التوقع فإن أساس حل المفارقة سيثبت أنه كالتالى. ثمة مجموعة محددة من البيومورفات، كل منها يجلس بصورة دائمة فى مكانه الخاص الفريد فى فضاء رياضى. وهى تجلس هناك بشكل دائم بمعنى أنك لو عرفت فحسب معادلتها الجينية، فإنك تستطيع فى التو العثور عليها، وفوق ذلك فإن جيرانها فى هذا النوع الخاص من الفضاء هى بيومورفات تختلف عنها بجين واحد فقط. ولما كنت قد عرفت المعادلة الجينية لحشراتى، فإنى استطيع إعادة نسخها بإرادتى، وأستطيع أن أخبر الكمبيوتر أن «يتطور» تجاهها من أى نقطة بداية تعسفية. وأنت إذ تطور لأول مرة مخلوقا جديدا بالانتخاب الاصطناعى فى نموذج الكمبيوتر، فإنك تحس بما يشبه عملية خلق. ولكن ماتفعله فى الواقع هو «العثور» على المخلوق، ذلك أنه بالمعنى الرياضى، يجلس من قبل فى مكانه الخاص فى الفضاء الورائى لأرض البيومورف. والسبب فى أنها تشبه حقا عملية الخلق هو أن العثور على أى مخلوق بالذات هو أمر صعب لأقصى درجة، وسبب ذلك مجردا وبسيطا هو أن أرض البيومورف متسعة جدا جدا، والعدد الكلى للمخلوقات الجالسة هناك يكاد يكون لانهائيا. وليس من الجدى أن تبحث فحسب عشوائيا بلا هدف. فيجب أن تتخذ طريقة ما للبحث أكثر كفاءة ـ أى خلاقة.

وبعض الناس مولعون بالاعتقاد بأن الكمبيوترات التى تلعب الشطرنج تعمل بأن تجرب داخليا كل التوليفات الممكنة لحركات الشطرنج. وهم يجدون فى هذا الاعتقاد مايريحهم عندما يهزمهم الكمبيوتر، إلا أن اعتقادهم هذا زائف تماما. فحركات الشطرنج الممكنة هى بالغة الكثرة: وحجم الفضاء البحثى أكبر بلايين المرات من أن يسمح بالنجاح فى

العثور عل شئ بصدفة عمياء. وفن كتابة برنامج جيد للشطرنج هو بالتفكير فى طرق مختصرة كفئة لاختراق الفضاء البحثى. والانتخاب التراكمى، سواء الانتخاب الاصطناعى كما فى نموذج الكمبيوتر أو الانتخاب الطبيعى فى العالم الواقعى، هو طريقة بحث ذات كفاءة، ونتائجها تشبه تماما الذكاء الخلاق. ومن الوجهة التكنيكية، فإن كل مانفعله عندما نلعب لعبة بيومورفات الكمبيوتر، هو «العثور» على حيوانات، هى بمعنى ما رياضى، تنتظر أن يُعثر عليها. وهذا مما يُحس به على أنه يشبه الخلق الفنى. وعملية البحث فى فضاء صغير، ليست فيه سوى كيانات قليلة، ليست مما يُحس به عادة بأنه يشبه عملية خلق، ولعبة الأطفال لتصيدّ الكستبان ليست مما يحس بأنه أمر خلاق. وتقليب الأشياء عشوائيا بأمل العثور صدفة على ماتبحث عنه سيكون مما يفى بالغرض عادة عندما يكون الفضاء الذى تبحث فيه صغيرا. وكلما أصبح الفضاء البحثى أكبر، يصبح من الضرورى استخدام طرق بحث معقدة أكثر وأكثر. وعندما يصبح الفضاء كبيرا «بدرجة كافية» فإن طرق البحث الفعال تصبح مما لايمكن تمييزه عن الخلق الحق.

ونماذج بيومورفات الكمبيوتر توضح هذه الأمور تماما، وهى تبينى جسرا منورا بين العمليات الخلاقة البشرية، مثل التخطيط لاستراتيجية رابحة فى الشطرنج، وبين الابداع التطورى للانتخاب الطبيعى، صانع الساعات الأعمى. ولإدراك ذلك، ينبغى أن ننمى فكرة أرض البيومورف «كفضاء» رياضى، أفق لانهائى من التباين الشكلى (المورفولوجى) وإن كان متسقا، بل إنه أفق يجلس فيه كل مخلوق فى مكانه الصحيح، وهو ينتظر أن يُكتشف. وقد وضعت المخلوقات السبعة عشر فى شكل ٥ فى الصفحة دون ترتيب خاص. ولكنها فى أرض البيومورف نفسها تشغل موضعها الخاص الفريد، الذى تحدده معادلتها الجينية، وهى محاطة بجيرانها المعينين الخاصين بها. وكل المخلوقات فى أرض البيومورف لها علاقة فضائية محددة أحدها بالآخر. ماذا يعنى هذا؟ ماالمعنى الذى يمكن أن ننسبه للموضع الفضائى؟

إن الفضاء الذى نتحدث عنه هو فضاء وراثى. وكل حيوان له موضعه الخاص فى الفضاء الوراثى. والجيران الأقربون فى الفضاء الوراثى هم حيوانات يختلف أحدها عن الآخر بطفرة واحدة فحسب. وفى شكل ٣، يحيط بالشجرة الرئيسية فى المركز ثمانية من جيرانها الثمانية عشر المباشرين فى الفضاء الوراثى. والجيران الثمانية عشر لأحد الحيوانات

هم الأنواع الثمانية عشر المختلفة من الأطفال التى يستطيع أن ينجبها، والأنواع الثمانية عشر المختلفة من الآباء التى قد يأتى منها ، بافتراض قواعد نموذجنا للكمبيوتر وبحركة واحدة، يكون لكل حيوان ٣٢٤ جارا (١٨ × ١٨ ، مع إهمال الطفرات للوراء بغرض التبسيط) ، أى المجموعة المحتملة من الأحفاد، أو الجدود، أو العمات، أو أولاد الأخوات. وبحركة واحدة ثانية، يكون لكل حيوان ٥٨٣٢ من الجيران (١٨×١٨×١٨) ، المجموعة المحتملة من أحفاد الأحفاد، وأجداد الجدود، وأبناء العمومة من الدرجة الأولى.. الخ.

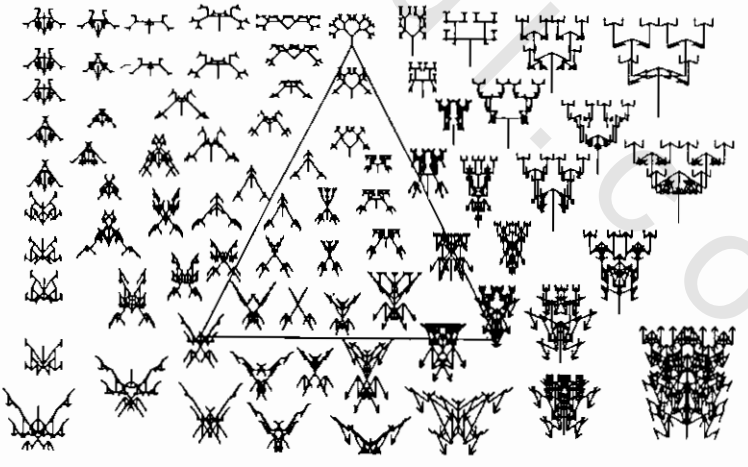
ماهى النقطة الأساسية فى التفكير بلغة الفضاء الوراثى؟ إلى أى شئ سيؤدى بنا ذلك؟ والإجابة هى أنها تمدنا بطريقة لفهم التطور كعملية تراكمية تدريجية. وفى أى جيل واحد، يكون من الممكن حسب قواعد نموذج الكمبيوتر، التحرك خطوة واحدة خلال الفضاء الوراثى. وفى ٢٩ جيلا لايكون من الممكن التحرك لأكثر من ٢٩ خطوة فى الفضاء الوراثى، بعيدا عن الجد الأول. وكل تاريخ تطورى يتكون من مسار بعينه، أو هو كمسار منحنى القذيفة، خلال الفضاء الوراثى. وكمثل، فإن التاريخ التطورى المسجل فى شكل ٤ هو مسار معين لمنحنى قذيفة لولبى، خلال الفضاء الوراثى، يصل النقطة بالحشرة، ويمر من خلال ٢٨ مرحلة توسطية. وهذا هو ماأعنيه عندما أتحدث مجازا عن «الجوس» خلال أرض البيومورف.

لقد حاولت أن أمثل هذا الفضاء الوراثى فى شكل صورة. والمشكلة، هى أن الصور ذات بعدين. والفضاء الوراثى الذى تقبع فيه البيومورفات ليس فضاءا من بعدين، ولا هو حتى فضاء من ثلاثة أبعاد. إنه فضاء بتسعة أبعاد! (الامر الهام الذى يجب تذكره عن الرياضيات هو ألا تصيبك بالخوف. فهى ليست بالصعوبة التى يزعمها كهنة الرياضيات أحيانا. وكلما أحسست برعب، فإنى أتذكر القول المأثور لسيلفانوس تومسون فى «تسهيل التفاضل والتكامل» : إن مايستطيعه أحد المغفلين، يستطيع فعله أى مغفل آخر.) ولو أننا فحسب أمكننا الرسم فى تسعة أبعاد فسوف نستطيع أن نجعل كل بعد مناظرا لواحد من الجينات التسعة. ووضع أى حيوان بعينه، العقرب مثلا أو الخفاش أو الحشرة، هو وضع ثابت فى الفضاء الوراثى حسب القيمة العددية لجيناته التسعة. والتغير التطورى يتكون من السير خطوة فخطوة خلال فضاء من تسعة أبعاد. ومقدار الاختلاف الوراثى بين حيوان

وآخر، وبالتالى الزمن المستغرق للتطور،وصعوبة التطور من واحد لآخر، كل هذا يقاس «بمسافة» بعد الواحد عن الآخر فى الفضاء ذى الأبعاد التسعة.

ونحن ويالللحسرة لانستطيع أن نرسم بتسعة أبعاد. وقد فكرت فى وسيلة إيهام بذلك، برسم صورة ذات بعدين تنقل نوعا مما قد يحس عند الحركة من نقطة لأخرى فى الفضاء الوارثى ذى الأبعاد التسعة فى أرض البيومورف. وثمة سبل شتى ممكنه لفعل ذلك، وقد اخترت واحدا منها سميته حيلة المثلث. هيا انظر شكل ٦. يوجد فى الزوايا الثلاث للمثلث ثلاث بيومورفات اختيرت تعسفيا. والبيومورف التى فى القمة هى الشجرة الأساسية، والبيومورف التى إلى اليسار هى إحدى «حشراتى»، والبيومورف التى إلى اليمين لا إسم لها ولكنى خلتها تبدو جميلة. وككل البيومورفات، فإن كل من هذه البيومورفات لثلاث له معادلته الجينية الخاصة به، التى تحدد وضعه الفريد فى الفضاء الوراثى ذى الأبعاد التسعة.

والمثلث يقع فى «مستوى» مسطح من بعدين اثنين يقطع من خلال الحجم الفائق ذى الأبعاد التسعة (إن مايستطيعه أحد المغفلين، يستطيع فعله أى مغفل آخر). وهذا المستوى هو كقطعة مسطحة من الزجاج غرست خلال حلوى هلام (جيلى). وقد رسم المثلث



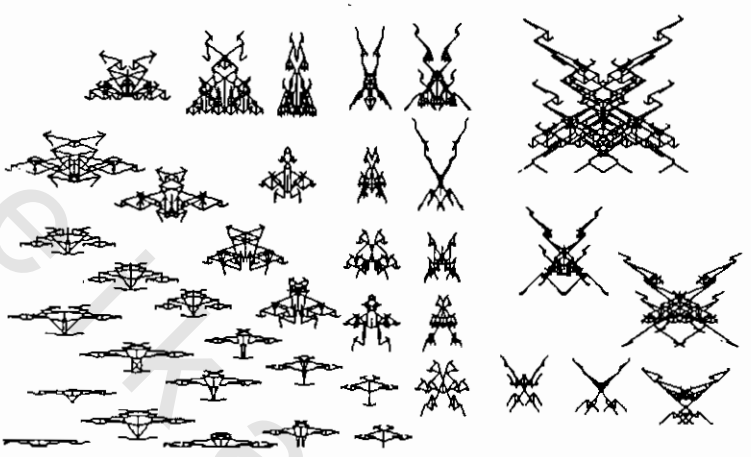
شكل رقم (٦)

على الزجاج، وأيضا بعض البيومورفات التى تؤهلها معادلتها الجينية لأن تقبع على هذا المستوى المسطح بعينه. ماهو الذى يؤهلها لذلك؟ هذه هى النقطة التى نأتى عندها للبيومورفات الثلاث الموجودة عند زوايا المثلث. إنها تسمى بيومورفات الإرساء.

ولنتذكر أن كل فكرة «المسافة» فى الفضاء «الوراثى» هى أن البيومورفات المتشابهة وراثيا هى جيران وثيقة، والبيومورفات المختلفة وراثيا هى جيران بعيدة. والمسافات على هذا المستوى بالذات تحسب بالرجوع إلى بيومورفات الإرساء الثلاث. وبالنسبة لأى نقطة بعينها على لوح الزجاج، سواء داخل المثلث أو خارجه، فإن المعادلة الجينية المناسبة لتلك النقطة تحسب «كمتوسط موزون» للمعادلة الجينية لجينات الإرساء الثلاث. ولعلك قد خمنت بالفعل كيف يتم الوزن، إنه يتم بالمسافات التى على الصفحة، أو بصورة أدق «بقرب» النقطة التى نحن بصددها من بيومورفات الإرساء الثلاث. وهكذا، فكلما اقتربت أكثر من الحشرة التى على المستوى، زادت البيومورفات المحلية شبها بالحشرات. وإذ تتحرك على الزجاج نحو الشجرة، فإن «الحشرات» تصبح تدريجيا أقل مشابهة للحشرة وأكثر مشابهة للشجرة. وإذا سرت إلى مركز المثلث فإن الحيوانات التى ستجدها هناك، كذلك العنكبوت مثلا الذى يحمل على رأسه الشمعدان اليهودى ذى الأفرع السبعة، هى «توفيقات وراثية» شتى بين بيومورفات الإرساء الثلاث.

ولكن هذا الوصف يضفى أهمية كبيرة جدا على بيومورفات الإرساء الثلاث. ومما لاينكر أن الكمبيوتر يستخدمهم بالفعل لحساب المعادلة الجينية المناسبة لكل نقطة على الصورة. أما فى الواقع فإن أى ثلاث نقط إرساء فى هذا المستوى كان يمكن أن تؤدى الغرض بمثل هذا تماما، وسوف تعطى نتائج مطابقة. ولهذا السبب فأنا لم أرسم فعلا المثلث فى شكل ٧. وشكل ٧ هو بالضبط نفس النوع من الصورة التى فى شكل ٦. وهو فحسب يبين مستوى مختلف، والحشرة نفسها هى إحدى نقط الإرساء الثلاث، ولكنها هذه المرة على الجانب الأيمن. ونقطتا الإرساء الأخريتان هما فى هذه الحالة طائرة السبيتفاير وزهرة النحل، وكلتاهما كما ترين فى شكل ٥، وستلاحظ فى هذا المستوى أيضا أن البيومورفات المتجاورة تشبه إحداها الأخرى أكثر من البيومورفات البعيدة. فطائرة السبيتفاير مثلا، هى جزء من سرب من طائرات مشابهة، تطير فى تشكيل. ولما كانت

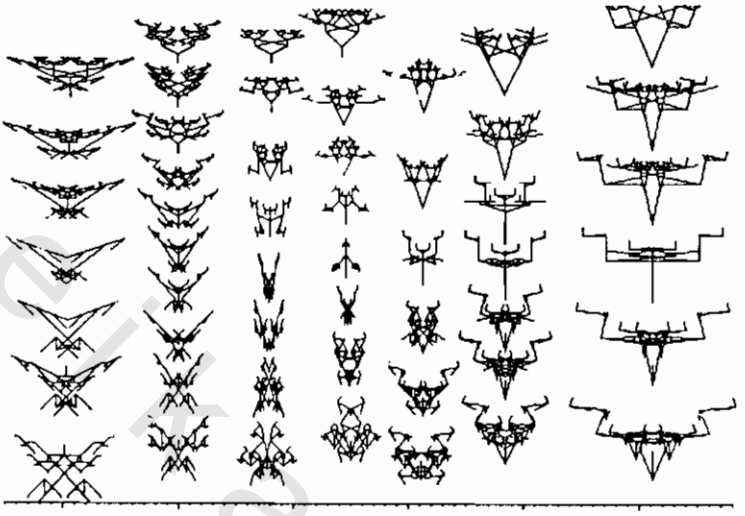
الحشرة موجودة على كلا لوحى الزجاج، فإنه يمكنك أن تفكر فى اللوحين وكأن أحدهما يمر فى الآخر بزاوية ما.



شكل رقم (٧)

وبالنسبة لشكل ٦، فإنه يقال أن المستوى فى شكل ٧ قد «دار محوريا حـول» الحشـرة. وسيكون فى إزالة المثلث تحسين لطريقتنا، لأن المثلث يشتت الانتباه. فهو يعطى أهمية غير مستحقة لثلاث نقط بعينها فى المستوى. ومازال علينا أن نقوم بتحسين واحد آخر. فالمسافة الفضائية فى شكلى ٦، ٧ تمثل المسافة الجينية، إلا أن «تدرج المقياس» مشوه تماما. فمسافة بوصة لأعلى لاتعادل بالضرورة مسافة بوصة للجانب. ولعلاج هذا، يجب أن نختار بحرص بيومورفات الإرساء الثلاث، بحيث تكون أبعاد مسافاتها الجينية إحداها عن الأخرى كلها متساوية. وهذا مايفعله بالضبط شكل ٨. ومرة أخرى فإن المثلث لايُرسم بالفعل. ونقط الإرساء الثلاث هى العقرب من شكل ٥، والحشرة مرة ثانية (ولدينا هنا «دوران محورى» آخر حول الحشرة»، ثم البيومورف التى على القمة والتى تكاد تصعب على الوصف. وهذه البيومورفات الثلاث كلها تبتعد إحداها عن الأخرى بمسافة ٣٠ طفرة. وهذا يعنى أن تطور أى منها إلى الأخرى هو على درجة متساوية من السهولة. وفى كل الحالات الثلاث، يجب فى الحد الأدنى أن يتم القيام بثلاثين خطوة جينية. والنقط

الصغيرة على طول الهامش الأسفل لشكل ٨ تمثل وحدات المسافة التى تقاس بالجينات. ويمكن التفكير فيها على أنها مسطرة جينية. والمسطرة لاتعمل فحسب فى الاتجاه الأفقى.



شكل رقم (٨)

فيمكنك أن تميل بها فى أى اتجاه لتقيس المسافة الجينية، وبالتالى الحد الأدنى لزمن التطور، بين أى نقطة وأخرى على المستوى (ومن الأمور المزعجة أن هذا لايصدق تماما على الصفحة، لأن طابع الكمبيوتر يشوه النسب، على أن هذا التأثير أتفه من أن تثار جلبة بشأنه، وإن كان يعنى بالفعل أنك ستحصل على إجابة تخطئ خطأ بسيطا إذا قمت بمجرد عد النقط على المقياس المدرج).

وهذه المستويات ذات البعدين التى تقطع فى الفضاء الوراثى ذى الأبعاد التسعة تعطى بعض إحساس بما يعنيه السير خلال أرض البيومورف. ولتحسين هذا الإحساس، عليك أن تتذكر أن التطور ليس مقصورا على مستوى واحد مسطح. وفى جولة سير تطورية حقيقية سيكون فى إمكانك أن «تهوى نازلا» فى أى وقت إلى أى مستوى آخر، كأن تهوى مثلا من المستوى فى شكل ٦ إلى المستوى فى شكل ٧ (على مقربة من الحشرة، حيث يقترب المستويان أحدهما من الآخر).

قد قلنا أن «المسطرة الجينية» لشكل ٨ تمكننا من حساب أدنى وقت يُستغرق للتطور من نقطة إلى أخرى. وهى تفعل ذلك حقا، بافتراض قيود النموذج الأصلى، ولكن التأكيد هنا هو على كلمة «الحد الأدنى». وحيث أن الحشرة والعقرب كل منهما على مسافة ٣٠ وحدة جينية من الآخر، فإن تطور أحدهما من الآخر يستغرق ٣٠ جيلا فحسب «لو أنك لم تنعطف قط أى انعطاف خطأ»، أى لو أنك تعرف بالضبط تلك المعادلة الجينية التى تتجه نحوها، وكيف توجه الدفة نحوها. وفى تطور الحياة الواقعية لايوجد ما يناظر توجيه الدفة نحو هدف جينى بعيد إلى حد ما.

ولنستخدم الآن البيومورفات للعودة إلى النقطة التى أثارتها طباعة القردة لهاملت، أهمية التغير التدريجى فى التطور خطوة فخطوة، مقارنة بالصدفة البحتة. ولنبدأ بإعادة تصنيف وحدات المقياس التى بأسفل شكل ٨، وإن كان ذلك فى وحدات مختلفة. وبدلا من أن نقيس المسافة «كعدد للجينات التى يجب أن تتغير فى التطور». فإننا سوف نقيس المسافة «بأحتمال أن يتم قفز المسافة بمحض الحظ فى حجلة واحدة». وللتفكير فى هذا، يجب الآن أن نفك أحد القيود التى أدخلتها فى لعبة الكمبيوتر: وسوف ننتهى بأن نرى لماذا أدخلت هذا القيد فى المكان الأول. والقيد هو أن الأطفال «يسمح» لها فحسب أن تكون على مسافة طفرة واحدة من والديها.وبكلمات أخرى، فإنه لايسمح إلا لجين واحد أن يطفر فى كل مرة، وهذا الجين يسمح له بتغيير «قيمته» فحسب بـ +١ أو -١. وبفك هذا القيد، فإننا الآن نسمح بأن يطفر أى عدد من الجينات فى نفس الوقت، ويمكنها أن تضيف أى عدد ايجابى أو سلبى لقيمتها الجارية. والواقع أن فك هذا القيد فيه تخفيف «أكثر جدا» مما ينبغى، ذلك أنه يسمح للقيم الجينية أن يكون مداها من اللانهائية السالبة حتى اللانهائية الموجبة. وتتضح هذه النقطة على نحو كاف لو أننا حددنا قيم الجينات بأرقام فردية، أى إذا سمحنا لها بأن يكون مداها من -٩ حتى +٩.

وهكذا، من داخل هذه الحدود الواسعة، فإننا نظريا نسمح للطفر أن يغير فى ضربة واحدة، فى جيل واحد، أى توليفة من الجينات التسعة. وفوق ذلك، فإن قيمة أى جين يمكن أن تتغير بأى قدر، مادامت لاتشرد إلى الأرقام الزوجية. ماذا يعنى هذا؟ إنه يعنى أنه، نظريا، يمكن للتطور أن يقفز فى جيل واحد، من أى نقطة فى أرض البيومورف إلى أى نقطة أخرى. وليس فقط إلى أى نقطة فى المستوى الواحد، بل أى نقطة فى كل الحجم

الفائق ذى الأبعاد التسعة. فإذا كان يجب مثلا أن تقفز بانقضاضة واحدة من الحشرة إلى الثعلب فى شكل ٥ فهاك الوصفة لذلك. أضف الأرقام التالية لقيمة الجينات من ١ حتى ٩ بالتوالى : ـ٢,٢ ، ٢ ، ـ٢ ، ٢ ، صفر، ـ٤ ، ـ١ ، ١ . ولكن لما كان حديثنا هو عن وثبات عشوائية، فإن «كل» نقط أرض البيومورف تتساوى فى احتمال أن تكون محطة وصول إحدى هذه الوثبات. وهكذا فإن نسبة الاحتمالات ضد أن يصل القفز بمحض الحظ إلى محطة وصول «بعينها» كالثعلب مثلا، هى مما يسهل حسابه. إنها ببساطة العدد لكلى للبيومورفات فى الفضاء. وكما يمكنك أن ترى فإننا سنصل إلى الرسو على حساب خر من تلك الحسابات الفلكية. إن هناك تسعة جينات، وكل واحد منها يستطيع أن يكون له أى قيمة من بين ١٩ قيمة. وهكذا فإن الرقم الكلى للبيومورفات التى «يمكن» أن نقفز إليها فى خطوة واحدة هو مضاعف ١٩ مضروبة فى نفسها تسع مرات: أى ١٩ للأس التاسع. وحاصل ذلك هو مايقرب من نصف ترليون من البيومورفات. وهذا رقم تافه بالمقارنة «برقم الهيموجلوبين» لأسيموف، ولكنه مازال مما يمكن أن أسميه رقما كبيرا. ولو أنك بدأت من الحشرة، وقفزت كبرغوث مجنون نصف ترليون مرة، فسوف يمكنك أن تتوقع الوصول إلى الثعلب ذات مرة.

ما الذى يقوله لنا هذا كله عن التطور الواقعى؟ مرة أخرى، إنه يفرض بقوة أهمية التغيير «تدريجيا» خطوة بخطوة. وثمة علماء تطور قد أنكروا أن التدرج من هذا النوع ضرورى للتطور. وحسابات بيومورفاتنا تبين لنا «بالضبط» أحد أسباب أهمية التغير التدريجى خطوة فخطوة. وعندما أقول أنك يمكنك أن تتوقع أن يقفز التطور من الحشرة لأحد جيرانها المباشرين، ولكن «ليس» أن يقفز مباشرة من الحشرة إلى الثعلب أو العقرب، فإن ماأعنيه بالضبط هو التالى. لو كانت القفزات العشوائية بحق تحدث فى الواقع، فإن القفزة من الحشرة إلى العقرب تكون ممكنة تماما. والحقيقة أنها ستكون بالضبط محتملة «بنفس» احتمال القفزة من الحشرة لأى من جيرانها المباشرين. ولكنها أيضا ستكون بالضبط محتملة بنفس احتمال القفزة إلى أى بيومورف أخرى فى الأرض. وهاهنا نقطة المحك، فعدد البيومورفات فى الأرض هو نصف ترليون، وإذا لم تكن أى منها أكثر احتمالا عن الأخرى كمحطة وصول، فإن نسبة احتمالات القفز إلى أى بيومورف «بعينها» هى نسبة صغيرة بما يكفى لإهمالها.

لاحظ أنه ليس مما يساعدنا هنا أن نفترض أن هناك «ضغط انتخابى» قوى لاعشوائى. فلن يكون مما يهم أن توعد بفدية ملك لو أنك أديت وثبة محظوظة إلى العقرب. فنسبة الاحتمالات ضد أن تفعل ذلك مازالت نصف الترليون إلى الواحد. ولكن لو أنك بدلا من الوثب، «سرت» خطوة واحدة فى كل مرة، وأُعطيت مكافأة من قطعة عملة صغيرة فى كل مرة يتفق فيها أن تتخذ خطوتك فى الاتجاه الصحيح، فإنك ستصل إلى العقرب فى زمن قصير جدا. وليس ضروريا أن يكون ذلك فى أسرع زمن ممكن من ثلاثين جيلا، ولكنه زمن سريع جدا على أى حال. والقفز يمكن «نظريا» أن يوصلك للجائزة بسرعة أكبر فى حجلة واحدة. ولكن لما كانت نسبة الاحتمالات ضد النجاح هكذا هى رقم فلكى، فإن الطريقة الوحيدة المجدية هى فى سلسلة من الخطوات الصغيرة، كل منها تنبنى فوق النجاح المتراكم للخطوات السابقة.

والاتجاه فقراتى السابقة معرض لسوء فهم يجب أن أزيله. فمرة أخرى، يبدو وكأن التطور يتعامل بأهداف بعيدة، وبهدف الوصول إلى أشياء كالعقارب. وكما رأينا فإن التطور لايفعل ذلك قط. ولكن لو أننا فكرنا فى هدفنا على أنه «أى شئ يحسّن فرص البقاء»، فإن الحجة تبقى صالحة. فإذا كان الحيوان والدا، فإنه يجب أن يكون صالحا بما يكفى للبقاء على الأقل حتى مرحلة البلوغ. ومن الممكن أن طفلا طافرا لهذا الوالد قد يكون حتى أفضل منه بالنسبة للبقاء. ولكن لو أن الطفل طفر فى طفرة كبيرة، بحيث يتحرك لمسافة طويلة فى الفضاء الوراثى بعيدا عن والده، فماذا تكون نسبة احتمالات أنه أفضل من والده؟ والإجابة هى أن نسبة الاحتمالات ضد ذلك لهى حقا كبيرة جدا. والسبب هو ماسبق رؤيته فى التو فى نموذجنا للبيومورف. فعندما تكون القفزة الطافرة التى تنظر أمرها قفزة كبيرة جدا، يكون عدد محطات الوصول «الممكنة» لهذه القفزة عددا كبيرا فلكيا. وكما رأينا فى الفصل الأول، فإنه لما كان عدد الطرق المختلفة للوجود الميت هو أعظم كثيرا من عدد الطرق المختلفة للوجود الحى، فإن نسبة الفرصة تكون كبيرة جدا لأن تنتهى الوثبة الكبيرة العشوائية فى الفضاء الوراثى إلى الموت. بل إن قفزة صغيرة عشوائية فى هذا الفضاء هى مما يحتمل إلى حد كبير أن تنتهى بالموت. ولكن كلما كانت الوثبة أصغر قل احتمال الموت، وزاد احتمال أن تؤدى الوثبة إلى تحسن. وسنعود إلى هذا الموضوع فى فصل لاحق.

إن هذا هو قصارى ما أود الذهاب إليه بالنسبة لاستخلاص مافى أرض البيومورف من

مغزى. وأرجو ألا تكون قد وجدت فى ذلك تجريدا أكثر مما ينبغى. وهناك فضاء رياضى آخر، لا تشغله البيومورفات ذات الجينات التسعة، وإنما تشغله حيوانات من لحم ودم، مصنوعة من بلايين الخلايا، وكل منها يحوى عشرات الآلاف من الجينات. وليس هذا فضاء بيومورف ولكنه فضاء وراثى واقعى .. والحيوانات الفعلية التى عاشت قط على الأرض هى مجموعة فرعية ضئيله من الحيوانات التى كان «يمكن» أن توجد نظريا. وهذه الحيوانات الحقيقية هى نتاجات عدد صغير جدا من مسارات القذائف التطورية خلال الفضاء الوراثى. والأغلبية العظمى من المسارات النظرية خلال الفضاء الحيوانى تنشأ عنها وحوش مستحيلة. والحيوانات الواقعية تتبعثر كنقط هنا وهناك بين الوحوش الافتراضيه، وقد قبع كل منها فى موضعه الخاص الفريد فى الفضاء الوراثى الفائق. وكل حيوان حقيقى محاط بكوكبة صغيرة من الجيران، معظمها لم يوجد قط، ولكن القليل منها هم أجداده، وسلالته، وأبناء عمومته.

وفى مكان ما من هذا الفضاء الرياضى الهائل يجلس البشر، والضباع، والأميبا، وآكل النمل، والديدان المفطحة، والحبّار، وطائر الدودو(*) والديناصورات، ونظريا، لو أننا متمرسين بما يكفى فى الهندسة الوراثية، فإننا نستطيع أن نتحرك من أى نقطة فى الفضاء الحيوانى لأى نقطة أخرى. ويمكننا من أى نقطة بداية أن نتحرك خلال المتاهة بحيث نعيد خلق الدودو والتيرانوصور(**) والمفصليات الثلاثية(***)، لو أننا فحسب عرفنا أى الجينات يجب أن نعمل عليها، وأى قطع من الكروموزوم نكرر نسخها أو نقلبها أو نلغيها. وإنى لأشك فى أننا سنعرف قط مايكفى لفعل ذلك، ولكن هذه المخلوقات الميته العزيزة تظل كامنة أبدا هناك فى زواياها الخاصة من ذلك الحجم الفائق الهائل للفضاء الوراثى، تنتظر أن «يعثر» عليها لو أننا فقط لدينا المعرفة الكافية للملاحة فى المسار الصحيح خلال المتاهة. بل لعلنا نستطيع أن «نطور» إعادة بناء مضبوطة لطائر الدودو بأن نربى الحمام تربية انتخابية، وإن كان علينا أن نعيش مليون سنة حتى نكمل التجربة. على أنه عندما يمتنع علينا القيام برحلة فى الواقع، لن يكون الخيال بالبديل السيئ. وبالنسبة لمن يكونون مثلى من غير الرياضيين، فإن الكمبيوتر يمكن أن يكون صديقا قويا للخيال. وهو مثل الرياضة، لايوسع الخيال فحسب، ولكنه أيضا يضبطه ويتحكم فيه.

(*) طائر منقرض من فصيلة الحمام ولكنه أكبر من الديك الرومى (المترجم).
(**) نوع ضخم لاحم من الديناصور (المترجم).
(***) نوع منقرض من المفصليات (المترجم).