الفصل السابع

التطور البناء

أحيانا يتصور الناس أن الانتخاب الطبيعى قوة سلبية محض، تستطيع أن تقتلع أوجه الشذوذ والفشل، ولكنها لاتقدر على إقامة بناء من تركب، وجمال وكفاءة فى التصميم. أليست فحسب تحذف مما هو موجود من قبل، ألا ينبغى للعملية الخلاقة حقا أن تضيف أيضا شيئا ما؟ ويستطيع المرء أن يجيب على هذا السؤال فى جزء منه بأن يشير إلى تمثال ما. إن شيئا لايضاف إلى كتلة الرخام. والمثال لايفعل إلا أن يحذف، ولكن ثمة تمثالا جميلا ينبثق. على أن هذه الاستعارة قد يكون فيها مايؤدى لسوء فهم، ذلك أن بعض الناس سيثبون مباشرة إلى الجانب الآخر من الاستعارة ـ حقيقة أن التمثال فيه تصميم واعى ـ ويهملون الجزء الهام: حقيقة أن التمثال يُصنع بالحذف بدلا من الإضافة. وحتى هذا الجزء من الإستعارة ينبغى ألا نذهب به لأبعد من ذلك. فالانتخاب الطبيعى قد يقوم فحسب بالحذف، ولكن الطفرة تستطيع أن تقوم بالإضافة. وثمة طرق يحدث فيها أن الطفر والانتخاب الطبيعى يستطيعان معا عبر الفترات الطويلة من الزمان الجيولوجى، أن يؤديا إلى بناء من تركب فيه ما يتماثل مع الإضافة أكثر مما يتماثل مع الحذف. وثمة طريقان رئيسيان يمكن أن يحدث فيهما بناء هذا التركب. وأولهما مايقع تحت اسم «التراكيب الوراثية ذات التواؤم المشترك»، والثانى يقع تحت إسم «سباق التسلح». والأثنان هما مما يكاد أحدهما أن يختلف عن الآخر ظاهريا، ولكنهما يتحدان تحت عنوانى «التطور المشترك» و«الجينات عندما يكون بعضها بيئة للبعض الآخر».

أولا، فكرة «التراكيب الوراثية ذات التواؤم المشترك». إن الواحد من الجينات له تأثيره المعين الذى لايحدث «إلا» لأن ثمة بنية موجودة يعمل تأثيره فيها. فالجين لا يستطيع أن يؤثر فى توصيلات المخ إلا إذا كان هناك فى المقام الأول مخ يتم توصيله. ولن يكون فى المقام الأول ثمة مخ يتم توصيله، إلا إذا كان هناك جنين مكتمل النمو. ولن يكون ثمة جنين يكتمل نموه إلا إذا كان هناك برنامج كامل من الأحداث الكيماوية والخلوية، تحت تأثير الكثير والكثير من الجينات الأخرى، والكثير والكثير من تأثيرات أخرى عارضة غير وراثية. والتأثيرات المعنية للجينات ليست خواصا جبلية فى هذه الجينات. إنها خواص لنسق عمليات جنينية، عمليات «موجودة» قد «تتغير» تفاصيلها بواسطة الجينات التى تعمل فعلها فى أماكن معينة وفى أوقات معينة أثناء نمو الجنين. وقد رأينا هذه الرسالة مبرهنة بشكل بدائى، فى نمو بيومورفات الكمبيوتر.

وبمعنى ما فإنه يمكن النظر إلى كل عملية النمو الجنينى على أنها مشروع تعاونى، تديره معا فى تشارك آلاف من الجينات، فالأجنة تبنيها معا كل الجينات العاملة فى الكائن الحى النامى بتآزر الواحد منها مع الآخر. والآن يأتى المفتاح لفهم الطريقة التى تحدث بها أوجه التآزر هذه. إن الجينات يتم انتخابها دائما فى الانتخاب الطبيعى بسبب قدرتها على الإزدهار فى البيئة التى تجد نفسها فيها. ونحن كثيرا مانتصور هذه البيئة على أنها العالم الخارجى، عالم الضوارى والمناخ. على أنه من وجهة نظر كل جين، لعل أهم جزء فى بيئته «هو كل الجينات الأخرى التى يلاقيها». فأين «يلاقى» الجين الجينات الأخرى؟ غالبا داخل خلايا الأجساد الفردية المتتالية التى يجد نفسه فيها. وكل جين يتم انتخابه بسبب قدرته على أن يتعاون بنجاح مع عشيرة الجينات الأخرى التى يحتمل أن يلاقيها فى الأجساد.

والعشيرة الحقيقية للجينات، التى تشكل بيئة العمل لأى جين بعينه، ليست فحسب التجمع المؤقت الذى يتفق أن يتجمع معا فى خلايا أى جسد فردى بعينه. وإنما هى على الأقل فى الأنواع التى تتكاثر جنسيا، مجموع كل الجينات فى مجموعة الأفراد المتزاوجين- «مستودع» الجينات. وفى أى لحظة بعينها، فإن أى نسخة معينة من أحد الجينات، بمعنى تجمع من الذرات بعينه، يجب أى تكون قابعة فى إحدى الخلايا لأحد الأفراد.

ولكن مجموع الذرات التى تكوّن أى نسخة من أحد الجينات ليس فيها ما يثير اهتماما دائما. إن لها توقع حياة يقاس فحسب بالشهور. وكما رأينا فإن الجين ذا الحياة الطويلة كوحدة للتطور ليس تركيبا فيزيائيا بعينه، ولكنه «معلومات» نصّية محفوظاتيه (أرشيفية) يستمر نسخها عبر الأجيال. وهذه الناسخة النصية لها وجود موزّع. فهى تتوزع على نحو واسع فى المكان بين مختلف الأفراد، وتتوزع على نحو واسع فى الزمان عبر أجيال كثيرة. وإذا نظر للأمر بهذه الصورة من التوزع، فإنه يمكن القول بأن أى جين واحد «يلاقى» جينا آخر عندما يجدا نفسيهما وهما يشاركان فى أحد الأجساد. كما أنه يمكنه «توقع» ملاقاة أنواع شتى من الجينات الأخرى فى أجساد مختلفة فى أوقات مختلفة من وجوده المتوزع، وفى سيره قدما خلال الزمان البيولوجى. فالجين الناجح هو ذلك الذى يعمل بصورة جيدة فى البيئات التى تمد بها تلك الجينات الأخرى التى يمكن أن يلاقيها فى الكثير من الأجساد المختلفة. و «العمل بصورة جيدة» فى هذه البيئات يثبت فى النهاية أنه مرادف «للتآزر» مع تلك الجينات الأخرى. وأكثر صورة مباشرة يمكن فيها رؤية ذلك هى حالة المسارات البيوكيماوية.

والمسارات البيوكيماوية هى تتابع من كيماويات تؤلف مراحل متتالية فى عملية ما ذات فائدة، مثل إطلاق الطاقة أو تركيب مادة هامة. وكل خطوة فى المسار تحتاج لإنزيم ـ واحد من تلك الجزيئات الكبيرة الذى يتشكل ليعمل كماكينة فى المصنع الكيماوى. والانزيمات المختلفة يحتاج إليها فى الخطوات المختلفة فى المسار الكيماوى. وأحيانا يكون هناك مساران بديلان أو أكثر لنفس الغاية المفيدة. ورغم أن كلا من المسارين ينتهيان إلى نفس النتيجة المفيدة، فإن لهما مراحل متوسطة مختلفة تؤدى إلى تلك النهاية، ويكون لهما عادة نقطتا إبتداء مختلفتان. وأى من المسارين البديلين يقوم بالمهمة، ولايهم من منهما هو الذى يستخدم، فالشئ المهم بالنسبة لأى حيوان بعينه هو أن يتجنب أن يعمل المساران معا فى نفس الوقت، لأن ذلك سينتج عنه كيماويا الاضطراب وعدم الكفاءة.

والآن، هب أن المسار «١» يحتاج إلى تتال من الإنزيمات أ ١، وب ١، وج ١ حتى يمكن تركيب المادة الكيمائية المطلوبة د، بينما يحتاج المسار «٢» إلى الانزيمات أ٢ ،وب٢ ،وج٢ حتى يصل إلى نفس المنتج النهائى المطلوب. إن كل إنزيم يصنعه جين

معين. وهكذا فإنه حتى يتم تطوير خط التجميع للمسار «١»، فإن النوع يحتاج إلى جينات لها شفرة لـ أ١، وب١، وج١ كلها «تشارك» فى التطور معا. وحتى يتم تطوير خط التجميع البديل فى المسار «٢»، فإن النوع سيحتاج إلى جينات لها شفرة لـ أ٢، وب٢، وج٢ يتشارك أحدها فى التطور مع الآخر. والاختيار مابين هذين التطورين التشاركيين لايتأتى من خلال تخطيط مسبق. فهو يتأتى ببساطة من أن كل جين يتم انتخابه بفضل توافقه مع الجينات الأخرى، «التى يحدث من قبل أنها تهيمن على المجموع». ولو حدث أن كان المجموع غنيا من قبل بجنيات من نوع ب١، وج١ فإن هذا يقيم مناخا يحبِّذ فيه جين أ١، أكثر من الجين أ٢. وعلى العكس، فإذا كان المجموع غنيا من قبل بالجينات من نوع وب٢، وج٢ فإن هذا يقيم مناخا يُحبِّذ فيه جين أ٢ بالانتخاب بدلا من الجين أ١.

والأمر ليس بهذه البساطة، ولكن هذا يعطيك الفكرة بأن: أحد أهم جوانب «المناخ» التى تحبذ أو تنفر من أحد الجينات هو الجينات الأخرى التى يكثر وجودها من قبل فى العشيرة». فهى إذن الجينات الأخرى، التى يكون على الجين فيما يحتمل أن يشاركها فى الأجساد. ولما كان واضحا أن الأمر نفسه يصدق على هذه الجينات «الأخرى» نفسها، فإن لدينا هكذا صورة لفرق من الجينات كلها تتطور نحو حلول تعاونية للمشاكل. والجينات نفسها لاتتطور، إنها فحسب تبقى أو تفشل فى البقاء فى مستودع الجينات. ولكن «الفريق» هو ما يتطور. والفرق الأخرى لعلها قد تؤدى المهمة الأداء الحسن نفسه أو حتى أفضل منه. ولكن ماإن يبدأ أحد الفرق فى السيطرة على مستودع الجينات. فى أحد الأنواع حتى تكون له عند ذاك ميزة اوتوماتيكية. ومن الصعب على فريق أقلية أن ينفذ للداخل حتى ولو كان فريق الأقلية هذا سيؤدى المهمة فى النهاية على نحو أكفأ. ففريق الأغلبية عنده مقاومة أوتوماتيكية لأن يزاح من مكانه، وذلك ببساطة بفضل كونه هو الأغلبية. ولايعنى هذا أن فريق الأغلبية لايمكن قط أن يزاح من مكانه. فلو كان لايمكن إزاحته، لتعثر التطور حتى يتوقف. ولكن الأمر يعنى بالفعل أن ثمة نوعا من قصور ذاتى جبلى.

ومن الواضح أن هذا النوع من المحاجة لايقتصر على الكيمياء الحيوية. ونستطيع إثبات نفس النوع من القضية بالنسبة لمجاميع الجينات المتوافقة التى تبنى الأجزاء المختلفة من

الأعين، والآذان، والأنوف، وأطراف المشى، وكل الأجزاء المتعاونة فى جسم الحيوان. والجينات التى تجعل الأسنان ملائمة لمضغ اللحم تنزع لأن تكون محبِّذه فى «المناخ» الذى تسيطر عليه جينات تجعل الأحشاء ملائمة لهضم اللحم. وعلى العكس، فإن جينات صنع الأسنان الطاحنة للنبات تنزع لأن تكون محبِّذة فى المناخ الذى تسيطر عليه الجينات التى تجعل الأحشاء ملائمة لهضم النباتات. والعكس بالعكس فى الحالين. وفرق «جينات أكل اللحم» تنزع إلى أن تتطور معا، وفرق «جينات أكل النبات» تنزع إلى أن تتطور معا. والحقيقة أنه بمعنى ما يمكن القول بأن معظم الجينات العاملة فى جسد ما تتعاون مع بعضها كفريق، لأنها عبر الزمن التطورى كان كل منها (أى النسخ السلفية لها نفسها) جزءا من البيئة التى قام الانتخاب الطبيعى بالعمل فيها على الآخرين. وإذا سألنا لماذا ذهب أسلاف الأسود إلى أكل اللحم، بينما ذهب أسلاف الظباء إلى أكل العشب، فإن الإجابة يمكن أن تكون أن الأمر فى أصله كان بمثابة حادث. حادث، بمعنى أنه كان من الممكن أن يكون أسلاف الأسود هم الذين يذهبون إلى أكل العشب، وأسلاف الظباء هم الذين يذهبون إلى أكل اللحم. ولكن ما إن «تبدأ» إحدى السلالات فى بناء فريق من الجينات للتعامل مع اللحم بدلا من العشب، فإن العملية تصبح داعمة لذاتها. وما إن تبدأ السلالة الأخرى فى بناء فريق للتعامل مع العشب بدلا من اللحم، فإن «هذه» العملية تصبح داعمة لذاتها فى الاتجاه الآخر.

وأحد الأشياء الرئيسية التى لا بد وأن حدثت فى التطور المبكر للكائنات الحية هو زيادة عدد الجينات التى تساهم فى هذه التعاونيات. والبكتريا لها عدد جينات أقل كثيرا من الحيوانات والنباتات. ولعل الزيادة قد أتت من خلال أنوعا شتى من تضاعف الجينات. ولنتذكر أن الجين هو مجرد طول من رموز فى شفرة، مثل ملف على أسطوانة الكمبيوتر، والجينات يمكن نسخها على أجزاء مختلفة من الكروموزومات، تماما مثلما يمكن نسخ الملفات على أجزاء مختلفة عليه من الأسطوانة. واسطوانتى التى تحوى هذا الفصل عليها من الوجهة الرسمية ثلاثة ملفات. و«الوجهة الرسمية» أعنى بها أن النظام التنفيذى للكمبيوتر يخبرنى أن هناك ثلاثة ملفات وحسب. وفى سعى أن أطلب منه قراءة أحد هذه الملفات الثلاثة، فيقدم لى نظاما ذا بعد واحد لحروف أبجدية، يشمل الحروف التى تقرأها الآن، وكلها كما يبدو الأمر مرتبة ومنسقة جدا. ولكن الحقيقة، أن تنظيم النص على

الاسطوانة نفسها ليس مرتبا ولا منسقا على الإطلاق. ويمكن رؤية ذلك لو أنك تحررت من انضباط النظام التنفيذى للكمبيوتر نفسه، وكتبت برامجك الخاصة بك لفك شفرة ماهو مكتوب فعلا على كل قطاع من هذه الاسطوانة. وسيثبت فى النهاية أن أجزاءا من كل من ملفاتى الثلاثة مثبته فى تناثر وأوراقها تتداخل إحداها مع الأخرى ومع أجزاء من ملفات قديمة ميتة قد محوتها منذ زمن طويل ونسيتها، وربما يتبين أن أى جزء بعينه هو فى النهاية يتماثل كلمته بكلمة، أو مع اختلافات ضئيلة، فى ستة أماكن مختلفة فى الأسطوانة كلها.

وسبب ذلك شيق، ويستحق الاستطراد لأنه يعطى تماثلا جيدا للجينات. فعندما تخبر الكمبيوتر أن يشطب ملفا، فإنه يطيعك فيما يبدو، ولكنه لايمسح بالفعل نص هذا الملف. إن ببساطة يمسح كل «المؤشرات» لهذا الملف. والأمر كما لو كان أمين لمكتبه قد أُمر بتدمير كتاب «عشيق ليدى شاترلى»، فقام وحسب بتمزيق بطاقته من فهرس البطاقات، وترك الكتاب نفسه على الرف. وبالنسبة للكمبيوتر تكون هذه طريقة إقتصادية تماما لأداء الأمور، لأن المكان الذى كان مشغولا فيما سبق بالملف «المشطوب» يصبح متاحا أوتوماتيكيا لملفات جديدة، بمجرد إزالة مؤشرات الملف القديم. وسيكون مما يضيع الوقت هباءا أن تعانى بالفعل مشقة ملأ المكان نفسه بمساحات شاغرة. ولن يتم فقد الملف القديم نهائيا حتى يحدث أن يستخدم كل مكانه لخزن الملفات جديدة.

ولكن إعادة استعمال المكان هكذا تحدث شيئا فشيئاً. فالملفات الجديدة ليس لها بالضبط نفس حجم الملفات القديمة. وعندما يحاول الكمبيوتر توفير ملف جديد للأسطوانة فإنه يبحث عن أول جزء متاح من المكان، ويكتب أكبر قدر ملائم من الملف الجديد، ثم يبحث عن جزء آخر متاح من المكان، ويكتب بعض المزيد، ويستمر هكذا حتى تتم كتابة الملف كله فى «مكان ما» على الأسطوانة. ويتوهم الإنسان أن الملف هو نظام واحد مرتب، والسبب ليس إلا أن الكمبيوتر يحرص على الاحتفاظ بسجلات «تؤشر» على عناوين كل الأجزاء التى تم إثباتها عليه. وهذه «المؤشرات» هى من مثل مؤشرات «التكملة على صفحة ٩٤» مما يستخدم فى صحيفة «نيويورك تايمز». والسبب فى أنه توجد على القرص نسخ كثيرة من أى جزء واحد من النص، هو أن النص مثلما حدث فى كل فصول كتابى، قد حرر وأعيد تحريره عشرات كثيرة من المرات، وكل مرة

للتحرير ينتج عنها توفير جديد بالأسطوانة للنص نفسه (تقريبا). وظاهريا قد يكون التوفير للملف نفسه. ولكن النص كما رأينا، يتكرر تبعثره فى الحقيقة فى «الفراغات» المتاحة على الأسطوانة. وبالتالى فإنه يمكن العثور على نسخ متعددة لجزء معين من النص مبعثرة على سطح الأسطوانة. ويزيد ذلك كلما كانت الأسطوانة قديمة قد كثر استخدامها.

والآن، فإن النظام التنفيذى لحامض د ن أ فى أحد الأنواع هو حقا قديم جدا، وثمة مايدل على أنه عند النظر إليه على المدى الطويل، يقوم بأمر يشبه نوعا مايفعله الكمبيوتر بملفات أسطوانته، ويأتى جزء من هذا الدليل من الظاهرة الخلابة لما سمى «بالانترونات» introns و«الاكسونات» exons. لقد اكتشف خلال العقد الأخير أن أى جين «واحد»، بمعنى الفقرة الواحدة من نص د ن أ التى يمكن قراءتها قراءة متصلة، لايتم تخزينه كله فى مكان واحد. ولو أنك قرأت بالفعل حروف الشفرة كما تقع على الكروموزوم (أى لو أنك فعلت ما يرادف التحرر من انضباط «النظام التنفيذى») فسوف تجد أجزاءا ذات «معنى» تسمى اكسونات، مفصولة بأجزاء «لامعنى لها» تسمى «انترونات». وأى جين واحد بالمعنى الوظيفى، ينقسم فى الواقع إلى تتابع من شظايا («اكسونات» مفصولة بانترونات لامعنى لها. والأمر كما لو كانت كل اكسون ينتهى بمؤشر يقول «التكملة فى صفحة ٩٤». وهكذا فإن الجين الكامل يكون مصنوعا من سلسلة من الأكسونات لايتم ربطها معا فى الواقع إلا إذا تمت قراءتها فى النهاية بواسطة النظام التنفيذى «الرسمى» الذى يترجمها إلى بروتينات.

والجزء الآخر من الدليل يأتى من حقيقة أن الكروموزمات تتناثر فيها نصوص وراثية قديمة لم تعد تستخدم بعد، ولكنها مازالت تعطى من المعنى مايمكن التعرف عليه. وبالنسبة لمبرمج للكمبيوتر، فإن نمط توزيع هذه الأجزاء من «الحفريات الوراثية» هو تذكرة بارعة لنمط النص الذى كان على سطح اسطوانة قديمة قد استخدمت كثيرا لتحرير النص. وفى بعض الحيوانات تكون نسبة عالية من العدد الكلى للجينات هى فى الحقيقة مما لا يقرأ قط. وهذه الجينات إما أن تكون بلا معنى على الإطلاق، أو أنها «جينات حفرية» عفى زمانها.

وأحيانا فقط تظهر الحفريات النصية ثانية كما كانت عليه أصلا، كما خبرت ذلك وأن أكتب هذا الكتاب، فقد سبب لى عرضا أحد أخطاء الكمبيوتر (أو لعله خطأ بشرى لو شئنا أن نكون منصفين) أن «أمسح» الأسطوانة التى تحوى الفصل الثالث. وطبيعى أن النص نفسه لم يتم مسحه كله حرفيا، وكل ماتم مسحه على وجه التحديد هو «المؤشرات» لمكان بدء ونهاية كل «اكسون». وأصبح النظام التنفيذى «الرسمى» لايستطيع قراءة شئ، أما من الوجهة «غير الرسمية» فقد استطعت القيام بدور المهندس الوراثى وفحصت كل النص الذى على الأسطوانة. وكان مارأيته هو أحجية محيرة من شظايا من النص تشبه لعبة تشبيك الصور المقطعة Jigsaw، وبعض هذه الشظايا حديث، وبعضها «حفريات» قديمة. وبتشبيك شظايا الصور المقطعة معا، أمكننى إعادة خلق الفصل. ولكنى فى غالب الأمر لم أستطع معرفة أى الأجزاء هى الحديثة وأيها هى الحفرية. ولم يكن لهذا أهمية، ففيما عدا بعض تفصيلات ضئيلة استلزمت بعض تحرير جديد، كانت الأجزاء متماثلة. وهكذا فإن بعضا على الأقل من «الحفريات» أو «الانترونات» التى عفى زمنها، عادت ثانية كما كانت أصلا. لقد أنقذتنى من ورطتى، ووفرت على مشقة إعادة كتابة الفصل كله.

وثمة دليل على أنه يحدث أيضا فى الأنواع الحية، أن «الجينات الحفرية» تعود أحيانا إلى ما كانت عليه أصلا، ويعاد استخدامها بعد أن قبعت كامنة لمليون سنة أو مايقرب. ولو دخلنا فى التفاصيل لحملنا ذلك بعيدا جدا عن المسار الرئيسى لهذا الفصل، فلعلك تذكر أننا من قبل فى حال من الاستطراد. والنقطة الرئيسية كانت أن القدرة الوراثية الكلية لأحد الأنواع قد تزيد بسبب تضاعف الجينات. وإعادة استخدام النسخ «الحفرية» القديمة لجينات موجودة هو أحد الطرق التى يمكن أن يحدث بها ذلك. وثمة طرق أخرى أكثر مباشرة حيث قد تنسخ الجينات على أجزاء من الكروموزومات موزعة توزيعا متفرقا، مثل الملفات التى يعاد نسخها على أجزاء مختلفة لإحدى الأسطوانات، أو لأسطوانات مختلفة.

وللبشر ثمانية جينات منفصلة تسمى جينات الجلوبين (تستخدم بين أشياء أخرى لصنع الهيموجلوبين(*))، وهى على كروموزومات شتى مختلفة. ويبدو من المؤكد أن كل الجينات الثمانية قد تم نسخها فى النهاية من سلف واحد من جين الجلوبين. ومنذ ١١٠٠ مليون سنة، ثم تضاعف جين الجلوبين الجد ليشكل جينين. ونحن نستطيع

(*) مادة الصبغة الحمراء فى كرات الدم الحمراء. (المترجم).

تحديد تاريخ هذا الحدث بسبب برهان مستقل يبين السرعة التى تتطور بها عادة الجلوبينات (انظر الفصلين الخامس والحادى عشر). وأصبح أحد الجينين الذين نتجا عن هذا التضاعف الأصلى، جدا لكل الجينات التى تصنع الهيموجلوبين فى الفقريات. وأصبح الآخر جدا لكل الجينات التى تصنع بروتينات الميوجلوبين، وهى عائلة من البروتينات الأقرباء التى تعمل فى العضلات. وتمت عمليات تضاعف شتى تالية لذلك نتج عنها مايسمى جلوبينات ألفا، وبيتا، ودلتا، وابسيلون، وزيتا. والأمر الخلاب هو أننا نستطيع بناء شجرة عائلة كاملة من كل جينات الجلوبين، بل وأن نحدد التواريخ لكل نقطة تفرق (افترق مثلا جلوبين دلتا عن صحبة جلوبين بيتا منذ مايقرب من ٤٠ مليون سنة، وافترقت جلوبينات ابسيولون وجاما منذ ١٠٠ مليون سنة). على أن الجلوبينات الثمانية، وإن كانت سلالة تلك التفرعات البعيدة لأجداد سحيقة، فإنها مازالت كلها موجودة داخل كل واحد منا. وهى قد تفرقت فى أجزاء مختلفة من كروموزومات أحد الأجداد، وورثها كل منا فوق كروموزواته المختلفة. وتتشارك الجزيئات وأبناء عمومتها الجزيئية البعيدة فى نفس الجسد. ومن المؤكد أن قدرا كبيرا من التضاعف هكذا قد استمر على كل الكروموزومات، خلال كل الزمان الجيولوجى. وهذا جانب مهم حيث تكون الحياة الواقعية أكثر تعقدا من بيومورفات الفصل الثالث. فهذه كلها لم يكن لديها إلا تسعة جينات. وهى قد تطورت بتغيرات فى هذه الجينات التسعة، وليس قط بزيادة عدد الجينات إلى عشرة. وحتى فى الحيوانات الحقيقية، يكون مثل هذا التضاعف أندر من أن يقوض مقولتى العامة بأن كل الأفراد فى النوع الواحد تشارك فى نفس نظام **د ن أ** «للعنونة».

والتضاعف من داخل أحد الأنواع ليس هو الوسيلة الوحيدة التى زاد بها عدد الجينات المتعاونة فى التطور. وثمة حدث هو حتى أندر من ذلك، وإن كان لايزال مما يحتمل أن يعد حدثاً مهما جدا، وهو مايحدث عرضا من إدخال أحد الجينات من نوع آخر، بل ومن نوع بعيد إلى أقصى حد. فهناك مثلا هيموجلوبينات فى جذور نباتات من العائلة البازلائية. وهى لا تحدث فى أى عائلة نباتية أخرى، ويكاد يبدو مؤكدا أنها قد دخلت على نحو ما فى العائلة البازلائية عن طريق انتقال العدوى من الحيوانات، ولعل الفيروسات قد قامت هنا بدور الوسطاء.

وثمة حدث مهم على نحو خاص، على نفس هذه الخطوط، وحسب نظرية البيولوجي الأمريكي لين مارجوليس، وهي نظرية يتزايد تأييدها، فإن هذا الحدث وقع عند نشأة مايسمى الخلية ذات النواة الحقيقية Eukaryotic cell. وخلايا النواة الحقيقية تشمل الخلايا كلها عدا خلايا البكتريا. والعالم الحي ينقسم أساسا إلى البكتريا وسائر الباقي. ونحن جزء من الباقي، ونسمى جماعيا ذوى النوى الحقيقية. ونحن نختلف أساسا عن البكتريا بأن خلايانا فيها من داخلها مصغرات للخلايا دقيقة منفصلة. وهذه تشمل النواة التى تؤوى الكروموزومات، وأشياء دقيقة ذات شكل منبعج تسمى الحبيبات الخطية «ميتوكوندريا» Mitochondria (التى لاقيناها لقاءا وجيزا فى شكل ١)، التى تمتلئ بأغشية ذات ثنايا معقدة، كما يوجد فى خلايا النبات (ذات النواة الحقيقية) مادة الكوروبلاست. والميتوكروندريا، والكلوروبلاست لهما د ن أ الخاص بهما، والذى يتناسخ وينشر نفسه على نحو مستقل تماما عن د ن أ الرئيسى الموجود فى كروموزومات النواة. وكل ما فى داخلك من حبيبات الميتوكوندريا هو سلالة من المجموعة الصغيرة من حبيبات الميتوكوندريا التى انتقلت من أمك فى بويضتها. فالحيوانات المنوية أصغر من أن تحوى حبيبات الميتوكوندريا، وهكذا فإن الميتوكوندريا تنتقل بالكلية عن طريق الخط الأنثوى، وأجساد الذكور هى طريق مسدود فيما يختص بتكاثر الميتوكوندريا. ومما يتفق، أن هذا يعنى أننا نستطيع أن نستخدم الميتوكوندريا لتتبع أثر سلفنا، وذلك من جهة الخط الأنثوى على نحو صارم.

ونظرية مارجوليس هى أن الميتوكوندريا والكلوروبلاست، هى وبنيات قليلة أخرى داخل الخلية، كل منها ينحدر أصله من البكتريا. فخلية النواة الحقيقية قد تكونت منذ ما يحتمل أن يكون ٢ بليون سنة، عندما تآزرت قوى عدة أنواع من البكتريا بسبب المزايا التى يمكن لكل منها أن يكتسبها من الآخر. وتم عبر الإيونات تكاملها على نحو متقن فى تلك الوحدة التعاونية التى أصبحت الخلية ذات النواة الحقيقية، حتى أنه يكاد يكون مستحيلا الكشف عن حقيقة أنها كانت ذات مرة خلايا بكترية منفصلة، إن كانت هذه هى الحقيقة حقا.

ويبدو أنه ما إن تم ابتكار الخلية ذات النواة الحقيقية، حتى أصبح من الممكن وجود مدى بأسره من التصميمات الجديدة. وأكثر مايهمنا من وجهة نظرنا، هو أن هذه الخلايا استطاعت إنتاج أجساد كبيرة تشمل عدة بلايين من الخلايا. وتتكاثر كل الخلايا بأن تنشطر إلى اثنتين، وكل نصف يحوز المجموعة الكاملة للجينات. وكما رأينا فى حالة البكتريا التى على رأس دبوس، فإن الإنقسام المتتالى إلى اثنتين يولد عددا كبيرا جدا من الخلايا فى زمن قصير نسبيا. فأنت تبدأ بخلية بكتريا واحدة تنقسم إلى اثنتين. ثم تنقسم كل من الاثنتين لتصنع أربع خلايا، وكل من الأربع تنقسم لتصنع ثمانى، وتزيد الأعداد فى تضاعف متتالى من ٨ إلى ١٦ ثم ٣٢، و٦٤، و١٢٨، و٢٥٦، و٥١٢، و١٠٢٤، و٢٠٤٨، و٤٠٩٦، و٨١٩٢. وبعد ٢٠ تضاعف فحسب، لاتستغرق زمنا طويلا جدا، نصل إلى الملايين. وبعد أربعين تضاعف فحسب يزيد عدد الخلايا عن التريليون. وفى حالة البكتريا فإن كل خلية من الأعداد الهائلة من الخلايا الناتجة عن التضاعف المتتالى تذهب فى طريقها المنفصل. ويصدق هذا بالمثل على الكثير من الخلايا ذات النواه الحقيقية، كما مثلا فى البروتوزوا من مثل الأميبا. ثم تم اتخاذ خطوة كبرى فى التطور عندما التصقت معا تلك الخلايا الناتجة عن الانقسامات المتتالية بدلا من أن يبتعد كل منها مستقلا. وأمكن الآن أن ينبثق بناء من مرتبة أعلى، تماما مثلما حدث على مقياس أصغر بما لايقارن، لبيومورفات الكمبيوتر التى تتفرع ثنائيا.

والآن، فإنه للمرة الأولى أصبح الجسم ذو الجسم الكبير ممكنا. إن الجسد البشرى هو حقا مجموعة ضخمة من الخلايا، كلها تنحدر من سلف واحد، هو البويضة المخصبة، وكل من هذه الخلايا هو هكذا من أبناء العمومة، والأبناء، والأحفاد والأعمام، الخ.. للخلايا الأخرى فى الجسم. والتريليونات العشرة من الخلايا التى تصنع كل واحد منا هى نتاج عشرات معدودة من أجيال من تضاعفات الخلايا. وتصنف هذه الخلايا فيما يقرب من ٢١٠ نوع مختلف (حسب ذوق المصنف) كلها بنيت بنفس المجموعة من الجينات ولكن مع تشغيل أفراد مختلفة من مجموعة الجينات فى أنواع الخلايا المختلفة. وهذا كما رأينا هو السبب فى أن خلايا الكبد تختلف عن خلايا المخ، وأن خلايا العظم تختلف عن خلايا العضلات.

والجينات التى تعمل من خلال الأعضاء ومن خلال أنماط السلوك فى الأجساد كثيرة الخلايا، تستطيع الوصول إلى أساليب لتأكيد انتشارها هى نفسها، مما لا يكون متاحا للخلايا الوحيدة التى تعمل لحسابها الخاص. فالأجساد ذات الخلايا الكثيرة تجعل من الممكن للجينات أن تتعامل مع العالم، مستخدمه أدوات بنيت بمقياس هو أكبر بمراتب عديدة من مقياس الخلايا الوحيدة. وهى تصل إلى هذه التعاملات غير المباشرة ذات المقياس الكبير عن طريق تأثيراتها الأكثر مباشرة فى المقياس المصغر للخلايا. فهى مثلا، تغير شكل غشاء الخلية. ثم تتفاعل الخلايا بعدها إحداها مع الأخرى فى مجموعات هائلة لتنتج تأثيرات جماعية ذات مقياس كبير من مثل ذراع أو ساق أو (على نحو غير مباشر بأكثر) من مثل سد لقندس. ومعظم خصائص الكائن الحى التى هيئنا لرؤيتها بأعيننا المجردة هى ما يسمى «الخواص المنبثقة» Emergent properties.وحتى بيومورفات الكمبيوتر بجيناتها التسعة، لها خواص منبثقة. وهى فى الحيوانات الحقيقية يتم إنتاجها على مستوى الجسد كله بواسطة التفاعلات مابين الخلايا. فالكائن الحى يعمل كوحدة كلية، وجيناته هى مما يمكن القول بأن لها تأثيرات على الكائن كله، حتى وإن كانت كل نسخة من أى جين تمارس تأثيراتها المباشرة فحسب داخل خليتها الخاصة بها.

وقد رأينا أن أحد الأجزاء الهامة جدا من بيئة أحد الجينات هى الجينات الأخرى التى يحتمل أن يلاقيها فى الأجساد المتتالية على مر الأجيال. وهذه هى الجينات التى يعاد ترتيبها وتوليفها من داخل النوع. والنوع المتكاثر جنسيا يمكن حقا تصوره كوسيلة تعيد ترتيب مجموعة منفصلة من الجينات ذات التآلف المتبادل، فى أنواع مختلفة من التوليفات. والأنواع حسب هذه النظرة، تقوم باستمرار بإعادة خلط مجموعات الجينات التى يلاقى بعضها البعض الآخر من داخل النوع، ولكنها لاتلاقى قط جينات من نوع آخر. على أن جينات الأنواع المختلفة، حتى إذا كانت لاتلتقى فى أرجاء وثيقة داخل الخلية، إلا أنها بمعنى ما يؤلف كل منها جزءا هاما من بيئة الآخر. والعلاقة كثيرا ماتكون عدائية أكثر من أن تكون تعاونية، على أن هـذا يمكن تناوله على أنـه مجرد عكس للعلامة. وهنا نأتى إلـى مبحثنا الرئيسى الثانى فـى هـذا الفصل، وهـو «سباق التسلح». فهنـاك سباق للتسلح بين الضـوارى والفـرائس، وبين الطفيليات والعوائـل، بـل حتى وبين الـذكور

والإناث داخل النوع الواحد ـ وإن كانت هذه الحالة الأخيرة أشد استخفاءا ولن أناقشها لأبعد من ذلك.

وسباقات التسلح يجرى سياقها فى الزمان التطورى وليس بالمقياس الزمنى لفترة حيوان الأفراد. وهى تتألف من العمل عل تحسين جهاز البقاء فى إحدى لسلالات (من الحيوانات الفرائس مثلا)، وذلك كنتيجة مباشرة لتحسن الجهاز المتطور فى سلالة أخرى (من الحيوانات المفترسة مثلا). فسباقات التسلح توجد حيثما يكون للأفراد أعداء عندهم قدرتهم الخاصة على التحسن بالتطور. وفى رأى أن سباقات التسلح لها أهميتها القصوى لأنها إلى حد كبير هى التى تحقن هذه «التقدمية» الموجودة فى التطور. ذلك أنه على النقيض مما سبق من الآراء المتحيزة، ليس ثمة ماهو تقدمى جبليا فى التطور. ويمكننا رؤية ذلك لو تأملنا ماكان يمكن أن يحدث لو أن المشاكل الوحيدة التى يجب على الحيوانات مجابهتها هى تلك التى يفرضها الطقس والجوانب الأخرى من البيئة غير الحية.

إن الحيوانات والنباتات المحلية فى مكان بعينه تصبح بعد أجيال كثيرة من الانتخاب التراكمى متلائمة أحسن التلاؤم للظروف فى ذلك المكان، كظروف الطقس مثلا. فإذا كان الجو باردا تصل الحيوانات إلى أن يصبح لها فراء سميك من الشعر أو الريش. وإذا كان الجو جافا فإنها تطور بشرة جلدية أو شمعية مانعة لتسرب الماء حتى تحتفظ بأى كمية ماء قليلة توجد. والتكيف للظروف المحلية يؤثر فى كل جزء من الجسم، شكله ولونه، وأعضاءه الداخلية، وسلوكه، وكيمياءه من داخل خلاياه.

وإذا ظلت الظروف التى تعيش فيها سلالة من الحيوانات ظروفا ثابتة، كأن يكون الجو حارا ساخنا ويظل هكذا دون تغير لمائة جيل، فإن من المحتمل أن التطور فى هذه السلالة سيصل إلى أن يتوقف، على الأقل فيما يختص بشأن التكيفات للحرارة والرطوبة. وسوف تصبح الحيوانات متلاءمة لأقصى مايمكن للظروف المحلية. ولايعنى هذا أنه لايمكن إعادة تصميمها بصورة كاملة لتصبح حتى أفضل. وإنما يعنى فى الواقع أنها لايمكن أن تحسن نفسها بأى خطوة تطورية «صغيرة» (وبالتالى محتملة): فأداء أى من جيرانها «المباشرين» بالمرادف الموضعى «لفضاء البيومورف»، لن يكون أداءا أفضل بأى حال.

وسيصبح التطور فى حالة توقف حتى يتغير شئ ما فى الظروف: بداية عصر جليدى، تغير فى معدل سقوط الأمطار بالمنطقة، تحول فى اتجاه الرياح السائدة. والتغيرات من هذا النوع تحدث بالفعل عندما نتعامل بمقياس زمان طويل طول المقياس التطورى. وكنتيجة لذلك، فإن التطور عادة لايصل إلى أن يتوقف، ولكنه دائما «يتعقب» البيئة المتغيرة. فلو كان ثمة اتجاه مطرد لانخفاض متوسط درجة الحرارة فى المنطقة، اتجاه يظل باقيا عبر القرون، فإن أجيال الحيوانات المتتابعة سيدفعها «ضغط» انتخابى مطرد للاتجاه مثلا إلى تنمية فراء شعر أطول. وإذا حدث بعد عدة آلاف من السنين ذات الحرارة المنخفضة أن انعكس الاتجاه وزحفت متوسطات الحرارة ثانية لأعلى، فإن الحيوانات ستصبح تحت تأثير ضغط انتخابى جديد، وستدفع نحو تنمية الفراء الأقصر ثانية.

على أننا حتى الآن، لم ننظر إلا فى أمر جزء محدود من البيئة، وهو الطقس. والطقس مهم جدا بالنسبة للحيوانات والنباتات، ونمطه يتغير بمرور القرون، وهذا إذن يبقى التطور فى حركة مستمرة إذ «يتعقب» هذه التغيرات. ولكن أنماط الطقس تتغير على نحو عشوائى غير ثابت. وثمة أجزاء أخرى من بيئة الحيوان تتغير فى اتجاهات هى أكثر شرا على نحو ثابت، وهذا أيضا يحتاج لأن «يتعقب». وأجزاء البيئة تلك هى الكائنات الحية نفسها. فبالنسبة لأحد الضوارى كالضبع مثلا فإن فريسته هى أحد أجزاء البيئة التى لها على الأقل نفس أهمية الطقس، فريسة من العشائر المتغيرة من التياتل، وحمير الوحش، والظباء. وبالنسبة للظباء، وغيرها من آكلات العشب التى تجوب السهول بحثا عن الكلأ قد يكون الطقس مهما، على أن الأسود والضباع وغيرها من اللاحمات هى أيضا مهمة. وسيعمل الانتخاب التراكمى على حسن تلاؤم الحيوانات بحيث تفوق مفترسيها أو تخدع فريستها، ليس بأقل مما يعمل على حسن تلاؤمها بالنسبة لظروف الطقس السائدة. وكما أن التطور «يتعقب» تذبذات الطقس التى على المدى الطويل، فبمثل ذلك تماما يتم تعقب مايحدث على المدى الطويل من تغيرات فى عادات أو أسلحة الضوارى بواسطة تغيرات تطورية فى فرائسها وبالطبع فإن العكس بالعكس.

ونحن نستطيع بالنسبة لأحد الأنواع أن نستخدم المصطلح العام «الأعداء» لنعنى به تلك الكائنات الحية الأخرى التى تعمل لأن تصبح حياة النوع أكثر مشقة. فالأسود أعداء

للحمير الوحشية. وقد يبدو جافيا بعض الشئ أن تعكس المقولة لتصبح «الحمير الوحشية أعداءا للأسود». فدور الحمار الوحشى كما يبدو فى هذه العلاقة هو أنه أكثر براءة واستهدافا للظلم من أن يستحق الانتقاص من قدره بوصفه بأنه «عدو». على أن أفراد الحمير الوحشية تفعل أى شئ فى وسعها لمقاومة أن تأكلها الأسود، ومن وجهه نظر الأسود فإن هذا يجعل حياتها أكثر مشقة. ولو أن الحمير الوحشية وغيرها من آكلات العشب نجحت فى غرضها، لماتت الأسود جوعا. وهكذا فإنه حسب تعريفنا تكون الحمير الوحشية أعداءا للأسود. والطفيليات مثل الديدان الشريطية هى أعداء لعائليها، والعائلون أعداء للطفيليات لأنهم ينزعون لتطوير الوسائل لمقاومتها. والعاشبات عدوة للنباتات، والنباتات عدوة للعاشبات إلى حد أنها تنتج أشواكا وكيماويات سامة أو سيئة المذاق.

وسلالات الحيوانات والنباتات سوف «تتعقب» فى الزمان التطورى مايحدث من تغيرات فى أعدائها بما لايقل مثابرة عن تعقبها للتغيرات فى متوسط ظروف الطقس. والتحسينات التطورية فى أسلحة فهد الشيتا(*) وتكتيكاته، هى من جهة نظر الغزلان، تماثل أن يسوء المناخ سوءا مطردا، وهى تتعقبها على نفس النحو. على أن ثمة فارق مهم وهائل بين الاثنين. فالطقس يتغير عبر القرون، ولكنه «لا» يتغير على نحو شرير خاص. فهو لايخرج «لاصطياد» الغزلان. وفهد الشيتا المتوسط سيتغير عبر القرون، بما يماثل تماما متوسط التغيرات السنوية فى هبوط المطر. على أنه بينما ينجرف المتوسط السنوى لهبوط المطر لأعلى ولأسفل، دون إيقاع أو سبب معين، فإن فهد الشيتا فى المتوسط يتجه بمرور القرون إلى أن يصبح مجهزا لاصطياد الغزلان تجهيزا «أفضل» مما كان عليه أسلافه. وسبب ذلك أن تتاليات فهد الشيتا، بخلاف تتاليات الظروف الطقس السنوية، تكون هى نفسها معرضة للانتخاب التراكمى. وهكذا تتجه فهود الشيتا إلى أن تصبح أقدامها أسرع انطلاقا، وعيونها أحد بصرا وأسنانها أكثر شحذا. ومهما بدا الطقس «معاديا» هو أو الظروف الأخرى غير الحية، فإنها لاتتجه بالضرورة إلى أن تصبح أكثر عدوانا فى إطراد. أما الأعداء من الأحياء، فهم عند النظر إليهم من خلال مقياس الزمان التطورى،نجد أن لديهم هذا الاتجاه بالضبط.

(*) cheetah الفهد الصياد.

واتجاه اللاحمات لأن تصبح «أحسن» فى تزايد، هو مماقد يجعل بخار محركها ينفد سريعا، بمثلما يحدث فى سباقات التسلح البشرية (وذلك لأسباب من التكلفة الاقتصادية كما سيأتى بعد)، لولا أن هناك الاتجاه الموازى عند الفريسة. والعكس بالعكس. فالغزلان، بما لا يقل عن فهد الشيتا، تتعرض للانتخاب التراكمى، وهى أيضا تتجه بمرور الأجيال إلى تحسين قدرتها على الجرى السريع، وإلى أن يكون رد فعلها أكثر خفة، وأن تصبح غير مرئية بأن تندمج بالأعشاب الطويلة. وهى أيضا قادرة على التطور فى اتجاه أن تصبح أحسن من أعدائها، وهم فى هذه الحالة فهود الشيتا. ومن وجهة نظر فهود الشيتا فإن متوسط الحرارة السنوى لايتجه بصورة منتظمة إلى أن يكون أحسن أو أسوأ بمرور السنين، إلا بقدر مايكون أى تغير بالنسبة لحيوان قد تم تكيفه عل أحسن وجه هو تغير للأسوأ. ولكن متوسط الغزال السنوى يتجه فعلا بصورة منتظمة إلى أن يكون أسوأ ـ أى أنه تزداد صعوبة الإمساك به لأنه يتكيف بصورة أحسن لتجنب فهود الشيتا. ومرة أخرى فإن الاتجاه نحو التحسن الذى يزداد تقدمه فى الغزلان كان سيصل إلى أن يتوقف لولا وجود الاتجاه الموازى الذى يظهره مفترسوه، فأحد الجانبين يتحسن قليلا لأن الجانب الآخر يفعل ذلك، والعكس بالعكس. وتستمر العملية فى لولب مفرغ بمقياس زمنى من مئات الآلاف من السنين.

وفى عالم الدول بما لها من مقياس زمنى أقصر، عندما يقوم كل من العدوين بزيادة تحسين أسلحته كرد فعل لتحسينات فى الطرف الآخر فإننا نتحدث عن ذلك «كسباق تسلح». ومثيل ذلك فى التطور يقترب اقترابا كافيا لأن نستعير المصطلح، ولن أقدم هنا أى اعتذار لأصحاب التظاهر من زملائنا الذين يودون تطهير لغتنا من صور كهذه وإن كانت مبررة هكذا. لقد أدخلت الفكرة هنا بلغة من تمثيل بسيط عن الغزلان وفهود الشيتا. وكان هذا من أجل تجاوز الفارق الهام بين عدو حى، يتعرض هو نفسه للتغير بالتطور، وبين ظرف مثل الطقس هو غير حى وغير شرير، يتعرض للتغير، ولكنه ليس بالتغير التطورى المنتظم. على أن الوقت قد حان لأن أقر بأنى فى محاولتى لشرح هذه النقطة الواحدة الصحيحة، ربما أكون قد ضللت القارئ من نواحى أخرى. فمن الواضح لو أنك تفكرت فى الأمر، أن صورتى عن سباق تسلح يتزايد أبدا هى أبسط من اللازم، على

الأقل من أحد الجوانب. خذ مثلا سرعة الجرى. ففكرة سباق التسلح بما هى عليه الآن، تبدو وكأنها توحى بأن فهود الشيتا والغزلان ينبغى أن تواصل جيل بعد جيلا زيادة سرعتها أبدا حتى أن كليهما سينتقلان بأسرع من الصوت. ولكن هذا لم يحدث ولن يحدث قط. وقبل أن نواصل مناقشة سباقات التسلح، يجب علىّ أن أزيل أوجه اللبس.

وأول تعديل هو التالى. لقد أعطيت الانطباع بأن ثمة ارتقاءا مطردا لأعلى فى قدرات فهود الشيتا على الامساك بالفريسة، وفى قدرات الغزلان على تجنب مفترسيها. وربما خرج القارئ من ذلك بفكرة من العهد الفكتورى عن تقدم لاهوادة فيه، فكل جيل يكون أحسن وأكثر تهذبا وشجاعة عن والديه. والواقع فى الطبيعة ليس فيه مايشبه ذلك. والمقياس الزمنى الذى يمكن فيه اكتشاف أى تحسن ذى دلالة هو مما يحتمل على كل حال أن يكون أطول كثيرا مما يمكن اكتشافه بمقارنة أحد الأجيال النمطية بالجيل السابق له. وفوق ذلك فإن «التحسن» أبعد من أن يكون متصلا. إنه حال من نوبات، فهو قد يصل إلى السكون، أو هو حتى «يرتد» أحيانا بدلا من أن يتحرك فى ثبات «للأمام» فى الاتجاه الذى توحى به فكرة سباق التسلح. وتغيرات الظروف، التغيرات فى القوى غير الحية التى جمعتها تحت عنوان عام هو «الطقس»، هى مما يحتمل أن يغمر الاتجاهات البطيئة والشاذة فى سباق التسلح، لأبعد مما يمكن أن يتنبه له مراقب فوق الأرض. وقد تكون ثمة فترات طويلة من الزمان لايحدث فيها أى «تقدم» فى سباق التسلح، وربما لايحدث فيها إطلاقا أى تغير تطورى. وسباقات التسلح تنتهى أحيانا بالإبادة، ثم يبدأ ثانية سباق تسلح جديد من نقطة التعادل. وعلى أى، ومع كل ما ذكر، فإن فكرة سباق التسلح تظل إلى حد بعيد أكثر تفسير مرض لوجود جهاز الماكينات المركب المتقدم الذى تحوزه الحيوانات والنباتات. «فالتحسن» المطرد فى تقدمه من مثل ما توحى به صورة سباق التسلح، يستمر بالفعل، حتى ولو كان ذلك فى صورة تشنجية ومتقطعة، وحتى ولو كانت السرعة النهائية للتقدم أبطأ من أن يتم اكتشافها خلال مدة حياة الإنسان، أو حتى خلال المدى الزمنى للتاريخ المسجل.

والتعديل الثانى هو أن العلاقة التى أسميتها، «العداء» هى أكثر تعقدا من العلاقة الثنائية البسيطة التى توحى بها حكايات فهود الشيتا والغزلان. وأحد أوجه التعقيد هى أن النوع

الواحد المعين قد يكون له عدوان (أو أكثر) يعادى الواحد منهما الآخر عداءا أشد. وهذا هو المبدأ الكامن وراء ذلك النصف من الحقيقة الذى يشيع ذكره، من أن الحشائش تستفيد من كونها ترعى (أو تجز). إن الماشية إذ تأكل الحشيش يظن أنها بذلك عدوة للحشيش .ولكن الحشيش له أيضا أعداء آخرين فى عالم النبات، أعشاب منافسة، لو سمح لها بالنمو دون أن تكبح، فقد يثبت فى النهاية أنها أشد عداءا للحشائش من الماشية. فالحشيش يعانى بعض الشئ من أنه يؤكل بالماشية، ولكن الأعشاب المنافسة تعانى من ذلك معاناة أشد. وإذن فإن حصيلة تأثير الماشية على المرعى هى أن الحشائش تستفيد، ويثبت فى النهاية أن الماشية بهذا المعنى هى صديقة للحشائش بدلا من أن تكون عدوة لها.

ورغم هذا، فإن الماشية هى عدو للحشيش وذلك لأنه «مازال» حقيقيا أن نبتة الحشيش الواحدة هى عند عدم أكلها بواسطة بقرة أفضل حالا مما لو أكلت، وأى نبتة طافرة تمتلك مثلا سلاحا كيماويا يحيمها ضد البقر، ستنتج من البذور (التى تحوى التعليمات الوراثية لصنع السلاح الكيماوى) عددا أكبر مما ينتجه الأفراد المنافسين من نفس نوعها، وهم أولئك الذين كانوا أكثر استساغة بالنسبة للبقرة. وحتى لو كان يوجد ثمة معنى تكون الأبقار فيه «صديقة» للحشائش، فإن الانتخاب الطبيعى لا «يحبذ» أفراد نباتات الحشيش التى تنحرف عن طريقها ليأكلها البقر! والاستنتاج العام من هذه الفقرة هو كما يلى. قد يكون من المناسب تصور سباق تسلح بين سلالتين مثل البقر والحشيش، أو الغزلان وفهود الشيتا، ولكن ينبغى ألا تغيب عن أعيننا حقيقة أن كلا الطرفين لهما أعداء آخرين وهما يقيمان فى نفس الوقت سباقات أخرى للتسلح ضد هؤلاء الأعداء الآخرين. ولن أواصل متابعة هذه النقطة هنا، إلا أنها مما يمكن تنميته لأن تصبح أحد التفسيرات للسبب فى أن سباقات تسلح معينه تثبت ولاتستمر للأبد ـ فلا تؤدى إلى أن تصل الضوارى إلى تعقب فريستها بسرعة هى ضعف سرعة الصوت أو ما إلى ذلك.

والتعديل الثالث لسباق التسلح البسيط ليس تعديلا بقدر ما هو نقطة هامة فى صفّه. ففى نقاشى الافتراضى عن فهود الشيتا والغزلان قلت أن فهود الشيتا هى بخلاف الطقس لها إتجاه لأن تصبح بمرور الأجيال «صيادة أحسن»، ولأن تصبح عدوة أشد، وأحسن

تجهيزا لقتل الغزلان. ولكن هذا لايعنى أنها تصبح أكثر «نجاحا» فى قتل الغزلان. إن لب فكرة سباق التسلح هو أن كلا الجانبين فى السباق يتحسنان من وجهة النظر الخاصة بكل منهما، إذ يقوم كل طرف فى نفس الوقت بجعل حياة الطرف الآخر فى سباق التسلح حياة أصعب. وليس من سبب خاص (على الأقل ليس فى أى مما ناقشناه حتى الآن) لان نتوقع أن أيا من الطرفين فى سباق التسلح يصبح باطراد أكثر نجاحا أو أقل نجاحا من الطرف الآخر. والحقيقة أن فكرة سباق التسلح فى أنقى أشكالها، توحى بأن تقدم «معدل النجاح» عند كلا الجانبين فى السباق ينبغى أن يكون صفرا مطلقا، مع أن هناك تقدم أكيد فى «التجهيز» من أجل النجاح عند كلا الجانبين. فالضوارى تصبح أحسن تجهزا لأن تقتل، ولكن الفرائس تصبح فى نفس الوقت أحسن تجهزا لتجنب القتل، وهكذا فإن النتيجة الخالصة هى لا تغير فى معدل أفعال القتل الناجحة.

والمغزى هو أنه لو حدث بواسطة آلة الزمان، أن أمكن أن تلتقى الضوارى التى من إحدى الحقب بفرائس من حقبة أخرى، فإن المتأخر من أيهما، أى الحيوانات الأكثر «حداثة»، سواء الضوارى أو الفرائس، سوف يتغلب على الحيوانات الأقدم. وليست هذه بالتجربة التى يمكن القيام بها قط، وإن كان بعض الناس يزعمون أن بعض الحيوانات المعزولة من الحقب السابقة، كما فى استراليا ومدغشقر، يمكن تناولها كما لو كانت قديمة، وكأن الرحلة لاستراليا تشبه الرحلة وراءا بآلة الزمان. ويظن هؤلاء الناس أن الأنواع الاسترالية المحلية تُدفع عادة إلى الانقراض بواسطة المنافسين أو الأعداء المتفوقين الذين يُدخلون من العالم الخارجى. والسبب هو أن الأنواع المحلية هى نماذج «أقدم» قد «عفى زمنها»، بما يشبه تماما بالمقارنة بارجة من نوع جوتلاند تنازل غواصة نووية. على أن افتراض أن أستراليا فيها «حفريات حية» للحيوانات من حقبة ما لهو مما يصعب البرهنة عليه. ولعل من الممكن إقامة بعض أدلة جيدة لذلك، ولكن هذا أمر نادر. وأخشى أن هذا من وجهة علم الحيوان لايزيد عن أن يكون مرادفا للتعالى الشوفينى المماثل لاتخاذ موقف يُنظر فيه إلى كل استرالى على أنه من حثالة فظة، وأن قبعته بكل مايزين حافتها لاتحيط بشئ سوى خواء.

ومبدأ التغير الصفر فى معدل «النجاح»، أيا ما كانت عظمة التقدم التطورى فى «التجهيز»، قد أعطى له البيولوجى الأمريكى لى فان فالن إسما لاينسى هو «ظاهرة الملكة الحمراء». ولعلك تذكر أن الملكة الحمراء فى كتاب «من خلال المنظار» امسكت أليس من يدها وجرتها بأسرع وأسرع فى عدو محموم فى الخلاء. ولكنهما مهما بلغت سرعة جريهما كانتا تبقيان دائما فى نفس المكان. وأصبح مفهوما أن تصاب أليس بالحيرة فتقول «حسن، فى «بلدنا» ـ لو أنك جريت سريعا جدا زمنا طويلا كما ظللنا نفعل ـ لكنت وصلت عموما إلى مكان آخر». فقالت الملكة: «هذا بلد من نوع بطئ!» «والآن فأنت ترين «هنا» أن الأمر يتطلب منك كل ما فى وسعك «أنت» من الجرى، حتى تبقى فى نفس المكان. ولو أردت أت تصلى إلى مكان آخر، فإن عليك أن تجرى بما هو على الأقل أسرع مرتين من ذلك!»

إن عنوان «الملكة الحمراء» فيه مايسلى، ولكنه يمكن أن يؤدى إلى سوء فهم لو أخذ (كما يحدث أحيانا) على أنه يعنى شيئا محددا رياضيا، هو حرفيا صفر التقدم النسبى. وإحدى القسمات الأخرى المؤدية لسوء الفهم هى أن مقولة الملكة الحمراء فى قصة أليس فيها مفارقة أصيلة، لاتقبل التوافق مع الحس المشترك فى العالم الفيزيائى الواقعى. ولكن ظاهرة «الملكة الحمراء» التطورية التى ذكرها فان فالن ليس فيها أى مفارقة مطلقا. وهى تتوافق بالكلية مع الحس المشترك مادام ذلك الحس يطبّق بذكاء. على أنه إذا كانت سباقات التسلح ليس فيها مفارقة، إلا أنها مما يمكن أن ينشأ عنه مواقف تصدم الانسان بعقله الموجه اقتصاديا لأنها مواقف تبديد بالكامل.

لماذا مثلا تكون الأشجار فى الغابات طويلة هكذا؟ إن الإجابة الموجزة هى أن كل الأشجار الاخرى طويلة، وهكذا فإنه مامن شجرة واحدة تطيق تحمل ثمن ألا تكون كذلك. فسيغلب عليها الظل لو كانت قصيرة. وهذه هى الحقيقة فى جوهرها، ولكنها تزعج الانسان بعقلة الموجه اقتصاديا. فالأمر يبدو بلا هدف تماما ومبدّد تماما. فعندما تكون كل الأشجار فى ارتفاع قمة الغابة، فإنها كلها تقريبا تتعرض للشمس تعرضا متساويا ولا يستطيع أى منها تحمل ثمن أن يكون طوله أقصر. ولكن لو أنها «كلها» كانت أقصر، لو أمكن إقامة نوع من اتفاق نقابى يخفض الطول المعروف لقمة الغابة، فإن

الأشجار «كلها» سوف تستفيد. وهى ستتنافس إحداها مع الأخرى عند طول القمة الجديد حول نفس القدر بالضبط من ضوء الشمس، ولكنها ستكون جميعا قد «دفعت» تكلفة نمو أقل كثيرا لتصل إلى طول القمة. وسوف يستفيد الإقتصاد الكلى للغابة، كما ستستفيد كل شجرة مفردة. ولسوء الحظ فإن الانتخاب الطبيعى لا يبالى بأمر الاقتصاديات الكلية، وليس من مكان فيه للكارتلات والاتفاقات. فقد حدث هناك سباق تسلح زادت فيه أشجار الغابة نموا بمرور الأجيال. وفى كل مرحلة من السباق لم يكن ثمة فائدة جبلية بذاتها فى أن تكون الأشجار طولية. وفى كل مرحلة من سباق التسلح كانت النقطة المهمة الوحيدة فى أن تكون الشجرة طويلة هى أن تصبح نسبيا «أطول» من الأشجار المجاورة.

ومع هدوء سباق التسلح، كان متوسط طول الأشجار لقمة الغابة قد تزايد. ولكن الفائدة التى تنالها الأشجار من كونها طويلة لم تتزايد. والواقع أنها تدهورت بسبب التكلفة المتزايدة للنمو. فقد زادت الأجيال المتتابعة من الأشجار طولا بعد طول، على أنها فى النهاية ربما كان الأفضل لها بأحد المعانى لو أنها ظلت باقية حيث بدأت. وهنا إذن تكون الصلة بأليس والملكة الحمراء، على أنك يمكنك أن ترى أن الأمر فى حالة الأشجار ليس فيه حقا أى مفارقة. إنه مما يميز سباقات التسلح عامة، بما فيها السباقات البشرية، أنه رغم أن الأمور كلها تكون أفضل لو أن «أيا» منها لم يتصاعد، إلا أنه ما إن يُصعَّد جانب منها فإن أيا من الآخرين لايطيق تحمل ثمن «عدم» تصاعده هو الآخر. ومرة أخرى، فيما يتفق، فإنه ينبغى أن أؤكد على أنى رويت القصة بصورة بسيطة جدا. على أنى لا أقصد أنى أعنى حرفيا أن الأشجار فى كل جيل تكون أطول من الأشجار المقابلة فى الجيل السابق، ولا أن سابق التسلح هو بالضرورة يظل مستمرا.

وثمة نقطة أخرى تصورها الأشجار وهى أنه لايلزم بالضرورة أن تكون سباقات التسلح بين أفراد من أنواع مختلفة. فالأشجار المنفردة تتعرض لأن تصاب بالأذى بسبب مايغلب عليها من ظل أفراد من نوعها نفسه مثلها من الأفراد من الأنواع الأخرى. ولعل الأمر فى الحقيقة أن الضرر يكون أكثر من أفراد نوعها، لأن الكائنات الحية يكون تهديدها من المنافسة من نوعها نفسه أخطر مما من الأنواع الأخرى. فالأفراد التى من النوع ذاته تتنافس

على نفس المصادر، تنافسا فى تفاصيل أكثر من تنافس الأنواع الأخرى. وتوجد أيضا سباقات تسلح داخل الأنواع بين دورى الذكور والإناث، وبين دورى الوالدين والذرية. وقد ناقشت ذلك فى «الجين الأنانى» ولن أتابعه هنا لأكثر من ذلك.

وقصة الشجرة تسمح لى بإدخال تمييز مهم عام بين نوعين من سباق التسلح، يسميان سباق التسلح السمترى وغير السمترى. وسباق التسلح السمترى يكون بين متنافسين يحاول كل منهم أن يفعل بالآخر نفس الشئ تقريبا. ومثل ذلك سباق التسلح الذى بين أشجار الغابة وهى تكافح للوصول إلى الضوء. والأنواع المختلفة من الأشجار ليست كلها تكسب عيشها بنفس الطريقة تماما، ولكن فيما يختص بهذا السباق المعين الذى نتحدث عنه ـ السباق إلى ضوء الشمس الذى يعلو قمة الغابة ـ فإنها تتنافس على نفس المصدر. فهى تشترك فى سباق تسلح حيث نجاح أحد الأطراف يحس به الطرف الآخر كفشل. وهو سباق تسلح سمترى لأن طبيعة النجاح والفشل عند الجانبين واحدة: الحصول على ضوء الشمس أو غلبة الظل بالنسبة لكل.

على أن سباق التسلح بين فهود الشيتا والغزلان، هو سباق غير سمترى. وهو سباق تسلح حقيقى حيث نجاح أحد الطرفين يحس به الطرف الآخر كفشل. ولكن طبيعة النجاح والفشل عند الجانبين تختلف اختلافا تاما. إن الجانبين «يحاولان» فعل أشياء مختلفة جدا. ففهود الشيتا تحاول أن تأكل الغزلان. والغزلان لاتحاول أكل فهود الشيتا، فهى تحاول تجنب أن تأكلها فهود الشيتا. ومن وجهة النظر التطورية فإن سباقات التسلح غير السمترية هى أكثر إثارة للإهتمام، لأنها يكبر فيها احتمال توليد نظم أسلحة على درجة عالية من التركب. ويمكننا أن نرى السبب فى ذلك بأن نأخذ المثل من تكنولوجيا الأسلحة البشرية.

وأستطيع أن استخدم الولايات المتحدة، والاتحاد السوفييتى كأمثلة، على أنه مامن حاجة فى الحقيقة لأن أذكر دولا معينة. فالأسلحة التى تصنعها الشركات فى أى من البلاد الصناعية المتقدمة قد يحدث فى النهاية أن يتم شراؤها بواسطة أى دولة من شتى أنواع الدول. ووجود أى سلاح عدوانى ناجح كنوع صواريخ اكسوست الذى يسف على

الأسطح، يتجه إلى أن «يدعو» إلى ابتكار مضاد فعال له، كأن يكون مثلا وسيلة تشويش لاسلكى تحدث «تشوشا» فى نظام التحكم فى الصاروخ. وأكثر مايحتمل أن الأداة المضادة لاتنتجها دولة معادية وإنما قد تنتجها الدولة نفسها بل والشركة نفسها! وعلى كل، فإن أكثر الشركات استعدادا لتصميم أداة التشويش على صاروخ بذاته هى فى المقام الأول الشركة التى صنعت الصاروخ. وليس ثمة مايؤدى جبليا إلى إنقاص الإحتمال بأن تقوم نفس الشركة بإنتاج الاثنين وبيعهما إلى الطرفين المعاديين فى حرب ما. ولدى من القدرة على السخرية ما يكفى لأن أطرح اعتقادى بأن هذا هو ما يحتمل أنه يحدث، وهو يصور تصويرا حيويا فكرة تحسين «التجهيز» بينما تظل «فعاليته» النهائية ثابتة كما هى (مع تزايد تكلفته).

ومن وجهة نظرى الحالية فإن السؤال عما إذا كان المنتجون على الجانبين المعاديين فى سباق تسلح بشرى يعادى أحدهم الآخر، أو يطابق أحدهم الآخر، لهو مما لا يتعلق بالموضوع، وهو هكذا بما يثير الاهتمام. فالأمر المهم هو أنه، بصرف النظر عن المنتجين، فإن الأدوات المنتجة نفسها تكون إحداها عدوة للأخرى بالمعنى الخاص الذى حددته فى هذا الفصل. فالصاروخ، وأداة التشويش الخاصة به، كل منهما عدو للآخر، بمعنى أن نجاح أحدهما يرادف فشل الآخر. ولايتعلق بذلك إذا كان مصمموها أيضا أحدهم عدو للآخر، وإن كان من المحتمل أن يصبح الأمر أسهل لو افترضنا أنهم أعداء.

وحتى الآن فقد ناقشت مثل الصاروخ وترياقه الخاصه به دون أن أضغط على الجانب التطورى التقدمى، الذى هو على كل حال السبب الرئيسى لأن أتينا به إلى هذا الفصل. والنقطة هنا ليست فحسب أن التصميم الحالى لأحد الصواريخ هو فعلا يدعو إلى، أو يستدعى قدما، الترياق الملائم، كما مثلا فى أداة تشويش لاسلكية. فمضاد الصاروخ بدوره يدعو إلى تحسين تصميم الصاروخ، وهو تحسين يضاد الترياق بالذات، فهو أداة مضادة لمضاد الصاروخ. فالأمر كما لو كان كل تحسين للصاروخ يحفز إلى التحسين التالى «بذاته»، عن طريق تأثيره فى الترياق. فتحسين التجهيز يغذى نفسه بنفسه. وهذه وصفة لتطور متفجر منطلق.

وفى النهاية بعد بضع سنوات من هذا التكرار المضجر للاختراع ومضاد الاختراع، فإن الصورة الجارية لكل من القذيفة وترياقها تكون قد وصلت إلى درجة عالية جدا من التعقد. على أنه فى نفس الوقت ـ وهنا تأتى ظاهرة الملكة الحمراء ثانية ـ فما من سبب عام لتوقع أن أيا من أطراف سباق التسلح سيكون ناجحا فى أداء مهمته أكثر مما كان عليه عند بداية سباق التسلح. والحقيقة أنه لو كان كل من القذيفة ومضادها يتحسنان بنفس السرعة،فإننا يمكن أن نتوقع أن أحدث الصور وأكثرها تقدما وتعقدا، هى وأقدم الصور وأكثرها بدائية وبساطة يكون كل منهما بنفس درجة النجاح بالضبط إزاء وسيلته المضادة المعاصرة له. فهناك تقدم فى التصميم، ولكن ليس ثمة تقدم فى الإنجاز، والسبب على وجه الخصوص أنه يوجد تقدم متساوى فى التصميم عند جانبى سباق التسلح. والحقيقة أنه بالضبط «بسبب» مايوجد من تقدم متساو تقريبا فى الجانبين فإنه يحدث مثل هذا التقدم الكبير فى مستوى التصميم المعقد. ولو أن أحدا الطرفين، وليكن مثلا أداة التشويش على الصاروخ، قد تقدم أماما بأكثر كثيرا من الجانب الآخر فى سباق التسلح، فإن الجانب الآخر، وهو الصاروخ فى هذه الحالة، سيوقف ببساطة استخدامه وانتاجه: سيصيبه «الانقراض». وظاهرة الملكة الحمراء عندما تكون فى سياق سباق التسلح لهى أبعد من أن تكون مفارقة كما فى المثل الأصلى لأليس، وإنما يثبت فى النهاية أنها أساسية بالنسبة لفكرة التقدم المطرد ذاتها.

لقد قلت أن سباقات التسلح غير السمترية تؤدى إلى تحسينات مطردة التقدم ومُثيرة للاهتمام بما هو أكثر احتمالا مما فى السباقات السمترية، ويمكننا الآن أن نرى سبب ذلك بأن نستخدم الأسلحة البشرية لتوضيح هذه النقطة. فلو كان عند أحد الدول قنبلة قوتها ٢ ـ ميجاطن، فسوف تصنع الدولة المعادية قنبلة قوتها ٥ ـ ميجاطن. وسيثير ذلك الدولة الأولى لتصنع قنبلة قوتها ١٠ ـ ميجا طن، الأمر الذى يثير بدوره الدولة الثانية لتصنع قنبلة قوتها ٢٠ ـ ميجا طن، وهلم جرا. وهذا سباق أسلحة يتزايد تقدما حقيقة: وكل تقدم فى أحد الجانبين يثير تقدما مضادا فى الجانب الآخر، والنتيجة هى زيادة مطردة فى إحدى الخصائص على مر الوقت ـ وهى فى هذه الحالة قوة تفجر القنابل. على أنه لايوجد تقابل الواحد بالواحد بالتفصيل فيما بين التصميمات فى سباق التسلح السمترى هذا، فليس هناك «تشابك»، أو «تداخل» فى تفاصيل التصميم كما فى سباق تسلح غير

سمترى، كما يحدث بين الصاروخ وأداة التشويش على الصاروخ. فأداة التشويش قد صممت خصيصا للتغلب على قسمات تفصيلية معينة فى الصاروخ، ومصمم الترياق يضع فى حسبانه تفاصيل دقيقة بتصميم الصاروخ. ثم يحدث عند تصميم مضاد للترياق، أن يستخدم مصمم الجيل التالى من الصواريخ معرفته للتصميم التفصيلى للترياق المضاد للجيل السابق. ولا يصدق هذا على القنابل التى تتزايد أبدا قوتها بالميجا طن. ومن المؤكد أن المصممين فى أحد الجانبين ربما يسرقون من الجانب الآخر أفكارا جيدة، ويقلدون بعض قسمات التصميم عنده. ولكن حتى لو حدث هذا، فإنه أمر عارض. وليس من «الضرورى» لتصميم قنبلة روسية أنه ينبغى أن يكون لها بالتفصيل تقابل الواحد بالواحد بالنسبة للتفصيلات الخاصة بقنبلة أمريكية. أما فى حالة سباق التسلح غير السمترى بين سلالة من الأسلحة والترياقات الخاصة بهذه الأسلحة، فإن تقابلات الواحد بالواحد هى التى تؤدى عبر «الأجيال» المتتالية إلى تعاظم التعقيد والتركب بما لا نهاية له.

وإننا لنتوقع أننا فى العالم الحى أيضا سنجد تصميما مركبا معقدا حيثما تعاملنا مع المنتجات النهائية لسباق تسلح طويل لاسمترى حيث أوجه التقدم عند أحد الجانبين يتوافق معها دائما على الجانب الآخر «ترياقات» تساويها نجاحا (فى مواجهة المنافسين) على أساس من تقابل الواحد بالواحد والنقطة بالنقطة. ومن الواضح أن هذا يصدق على سباقات التسلح بين الضوارى وفرائسها، ولعله يصدق أكثر على سباقات التسلح بين الطفيليات وعائليها. ونظام أسلحة الخفافيش الالكترونية والصوتية الذى ناقشناه فى الفصل الثانى، فيه كل التعقد المنضبط بدقة، مما نتوقعه من المنتجات النهائية لسباق تسلح طويل. ويمكننا بما لايثير أى دهشة أن نتتبع سباق التسلح هذا نفسه عند الجانب الآخر. فالحشرات التى يفترسها الخفاش لديها بطارية مقابلة من الأجهزة الالكترونية والصوتية المعقدة. بل إن بعض أنواع الفراشات تبث ما يشبه الأمواج (فوق) الصوتية للخفافيش، ويبدو أنها هكذا تصد الخفافيش. والحيوانات كلها تقريبا إما فى خطر من أن تؤكل بحيوانات أخرى أو فى خطر من أن تفشل فى أكل الحيوانات الأخرى، وثمة قدر هائل من الحقائق التفصيلية عن الحيوانات لا يكون له معنى إلا لو تذكرنا أنها المنتجات النهائية لسباقات تسلح طويلة ومريرة. وقد قام هـ.ب. كوت، مؤلف الكتاب الكلاسيكى «تلوّن الحيوان» بشرح هذا

الرأى جيدا سنة ١٩٤٠ ، فيما قد يكون أول استخدام تم نشره عن مثال لسباق التسلح فى البيولوجيا:

«قبل أن نقرر أن المظهر الخداع لأحد الجنادب أو لإحدى الفراشات، فيه تفاصيل غير ضرورية، ينبغى أن نتأكد أولا من ماهية قوى الإدراك والتمييز عند الأعداء الطبيعيين لهذه الحشرات. وإن لم نفعل ذلك نكون كمن يقرر أن دروع إحدى البوارج أثقل من اللازم، أو أن مدى مدافعها أطول من اللازم، دون أن نبحث طبيعة وفعالية أسلحة العدو. والحقيقة هى أننا سنرى فى الصراع البدائى بالغابة، كما فى إرهاقات الحرب المتمدينة، سباق تسلح هائل متطور يتزايد تقدما ـ تتبدى نتائجه بالنسبة للدفاع فى أدوات مثل السرعة، واليقظة، والدروع، والأشواك، وعادات الحفر، والعادات الليلية، والإفرازات السامة، والمذاق الردئ و(التمويه والأنواع الأخرى من التلون الوقائى) ، أما بالنسبة للهجموم فتتبدى النتائج فى خصائص مضادة مثل السرعة، والمفاجأة، والكمين، والإغراء، وحدة البصر، والمخالب، والأسنان واللدغ، والأنياب السامة، و (الشراك الخداعية). وكما أن السرعة الأعظم عند المطارَد قد تمت تنميتها تنمية متعلقة بالسرعة المتزايدة عند المطارِد، أو كما تمت تنمية الدرع الواقى تنمية متعلقة بالأسلحة العدوانية، فإنه يماثل ذلك تماما أن إتقان وسائل الإخفاء قد تطور كرد فعل لتزايد قوى الإدراك».

وسباقات التسلح فى التكونولوجيا البشرية أسهل فى دراستها من مرادفاتها البيولوجية لأنها أسرع كثيرا. والواقع أننا يمكننا أن نراها فى تواصلها من سنة لأخرى. أما من الناحية الأخرى فإننا فى حالة سباق التسلح البيولوجى لانستطيع أن نرى إلا المنتجات النهائية. وأحيانا يحدث فى النادر جدا أن يتحجر حيوان أو نبات ميت، فيصبح من الممكن آنذاك أن نرى بصورة أكثر مباشرة بعض الشئ، المراحل المطردة التقدم فى سباق تسلح الحيوان. وأحد أمثلة ذلك الشيقة بأكثر تختص بسباق التسلح الالكترونى، كما يظهر من أحجام المخ فى الحيوانات المتحجرة.

والأمخاخ نفسها لاتتحجر، ولكن الجماجم تفعل، والتجويف الذى يحوى المخ ـ خزانه المخ ـ إذا تم تفسيره بحرص لأمكن أن يعطى دلالة طيبة على حجم المخ. ولقد

قلت «إذا تم تفسيره بحرص»، والشرط هنا شرط مهم. ومن بين مشاكل أخرى كثيرة توجد المشكلة التالية، وهى أن الحيوانات الكبيرة تنزع لأن يكون لها أمخاخ كبيرة، والسبب فى جزء منه هو مجرد أنها كبيرة، ولكن هذا لايعنى بالضرورة أنها بأى معنى مهم «اكثر براعة». والأفيال لها أمخاخ أكبر من البشر، ولكننا نحب أن نتصور، بما يحتمل أن يكون صحيحا إلى حد ما، أننا أبرع من الأفيال وأن أمخاخنا هى «فى الواقع» أكبر لو أخذنا فى الإعتبار حقيقة أننا حيوانات حجمها أصغر كثيرا. ومن المؤكد أن أمخاخنا تشغل «نسبة» من أجسادنا أكبر كثيراً مما تشغله أمخاخ الفيلة، كما يتضح من شكل جماجمنا الناتئ. وليس هذا «مجرد» غرور بالنوع، ومن المفروض أن جزءا أساسيا من أى مخ هو لازم لأداء إجراءات الرعاية الروتينية فيما يختص بالجسد، فالجسد الكبير يلزم له أوتوماتيكيا مخ كبير لهذا السبب. وينبغى أن نجد طريقة ما «لنطرح» من حساباتنا ذلك الجزء من المخ الذى يمكن نسبته ببساطة إلى حجم الجسم، بحيث يمكننا مقارنة ما يتبقى من ذلك على أنه «الذكائية» Braininess الحقيقية للحيوانات. وهذه طريقة أخرى نقول بها أننا فى حاجة إلى طريقة ما تصلح لأن نعّرف بالضبط مانعنيه بالذكائية الحقة. والأفراد المختلفون تكون لهم الحرية فى التوصل إلى طرق مختلفة للقيام بهذه الحسابات، على أن ثمة دالة يحتمل أنها الأكثر ثقة وهى «المعامل الدماغى» Encephalization quotient (EQ)، الذى استخدمه هارى جريسون، أحد الثقات الأمريكان المبرزين فى تاريخ المخ.

والمعامل الدماغى يتم حسابه فى الواقع بطريقة معقدة إلى حد ما، بحساب لوغاريتمات وزن المخ ووزن الجسم، ومعايرتها إزاء الأرقام المتوسطة لمجموعة أساسية مثل الثدييات ككل. وكما أن «معامل الذكاء» IQ الذى يستخدم (أو لعله يساء استخدامه) بواسطة علماء النفس من البشر تتم معايرته إزاد متوسط لعشيرة بأسرها، فإنه بمثل ذلك تماما يعاير المعامل الدماغى مثلا إزاء الثدييات ككل. وكما أن معامل ذكاء من ١٠٠ يعنى بالتعريف معامل ذكاء مطابق لمتوسط العشيرة ككل، فإنه يماثل ذلك تماما أن معاملا دماغيا من ١ يعنى بالتعريف معاملا دماغيا يطابق مثلا متوسط الثدييات التى من هذا الحجم. وتفاصيل التكنيك الرياضى ليست من المهم. وبكلمات، فإن المعامل الدماغى لنوع بعينه مثل الخراتيت أو القطط، هى مقياس لمدى كون مخ الحيوان أكبر (أو أصغر) مما ينبغى أن

«نتوقع» أنه يكونه، بمعرفة حجم جسم الحيوان. ومن المؤكد أن طريقة حساب هذا التوقع قابلة للنقاش والنقد. وحقيقة أن المعامل الدماغى عند البشر هو ٧ وعند أفراس النهر ٠,٣ قد لاتعنى حرفيا أن البشر أبرع ثلاثة وعشرين ضعفا من أفراس النهر! ولكن المعامل الدماغى كما يقاس ربما يخبرنا «بشئ» عن كمية «القوة الحاسبة» computing power التى فى رأس الحيوان، بما يزيد ويعلو عن الحد الأدنى الضرورى من القوة الحاسبة اللازمة للأداء الروتينى لحجم جسده الكبير أو الصغير.

والمعاملات الدماغية التى تم قياسها للثدييات الحديثة تتباين تباينا كبيرا. فالجرذان لديها معامل دماغى يقرب من ٠,٨، وهو يقل شيئا بسيطا عن المتوسط لكل الثدييات. والسنجاب له معامل أعلى بعض الشئ يقرب من ١,٥. ولعل عالم الأشجار بأبعاده الثلاثة يتطلب قوة حاسبة زائدة للتحكم فى ضبط الوثبات، بل وربما بأكثر من ذلك للتفكير فى المسالك الصحيحة بين متاهة الأغصان، وهى مسالك قد تتصل أو لاتتصل فيما بعد. والقرود تزيد زيادة لها قدرها فوق المتوسط، والقردة العليا apes (وخاصة نحن) تزيد حتى زيادة أكثر. ويثبت فى النهاية أن بعض الأنواع فيما بين القرود لديها معدل دماغى أعلى من الأخرى، كما يثبت بما يثير الاهتمام، أن هناك على نحو ما صلة لذلك بطريقتهم فى كسب العيش: فالقردة آكلة الحشرات وآكلة الفاكهة أمخاخها، بالنسبة لحجمها، أكبر من القردة آكلة أوراق الشجر. ويكون معقولا إلى حد ما أن يحاج فى ذلك بأن الحيوان يحتاج للعثور على الأوراق، التى تتوفر فى كل مكان، إلى قدرة حاسبة هى أقل مما يحتاجه للعثور على الفاكهة التى قد يكون عليه أن يبحث عنها، أو أقل مما يحتاجه لاصطياد الحشرات التى تتخذ خطوات نشطة للفرار. ولسوء الحظ، فإن الأمر يبدو الآن كما لوكانت القصة الحقيقية أكثر تعقدا عن ذلك، وأن ثمة متغيرات أخرى، مثل سرعة الأيض، قد تكون أكثر أهمية. وفى الثدييات عموما، يكون للأحمات على نحو نمطى معامل دماغى أعلى قليلا من العاشبات التى تفترسها هذه اللاحمات. ولعل القارئ أن تكون لديه بعض أفكار عما قد يكونه السبب فى ذلك، إلا أن من الصعب اختبار مثل هذه الأفكار. وعلى كل حال، وأيا ماكان السبب فإنه يبدو أن هذه حقيقة.

وفى هذا الكفاية عن الحيوانات الحديثة. أما مافعله جريسون فهو أنه أعاد بناء المعاملات الدماغية المحتملة للحيوانات البائدة التى لاتتواجد الآن إلا كحفريات. وقد كان عليه أن يقدر حجم المخ بصنع قوالب جصية لما هو داخل خزانات المخ. وكان لابد أن يكون فى هذا شئ كثير من التخمين والتقدير، على أن هوامش الخطأ ليست من الكبر بحيث تلغى المشروع كله. وعلى كل فإن طرق أخذ القوالب الجصية هى مما يمكن التأكد من دقته، باستخدام الحيوانات الحديثة. فنحن نزعم افتراضا أن الجمجمة المجففة هى كل مالدينا من أحد الحيوانات الحديثة، ونستخدم قالبا جصيا لتقدير حجم مخها من الجمجمة وحدها، ثم نقارنه بالمخ الحقيقى لنرى مدى دقة تقديرنا. واختبارات الدقة هذه على الجماجم الحديثة تشجع على الوثوق فى تقديرات جريسون للأمخاخ التى ماتت منذ زمن طويل. واستنتاجه هو أنه، أولا، ثمه اتجاه لأن تزيد الأمخاخ حجما بمرور ملايين السنوات. وفى أى وقت بعينه، فإن العاشبات السائدة وقتها تنزع إلى أن تكون أمخاخها أصغر من اللاحمات المعاصرة التى تقوم بافتراسها. ولكن العاشبات المتأخرة تنزع لأن تكون لها أمخاخ اكبر من العاشبات الأقدم، كما تنزع اللاحمات المتأخرة لأن تكون أمخاخها أكبر من اللاحمات الأقدم. ويبدو أن نرى فى الحفريات سباق تسلح، أو بالأحرى سلسلة سباقات تسلح ذات بدايات متجددة بين اللاحمات والعاشبات. وهذا بالذات مثل يتوازى توازيا ممتعا مع سباقات التسلح البشرية، حيث أن المخ هو الكمبيوتر المحمول على السطح والذى يستخدمه كل من اللاحمات والعاشبات. ولعل الالكترونيات هى العنصر الأسرع فى سرعة التقدم فى تكنولوجيا الأسلحة البشرية اليوم.

كيف تنتهى سباقات التسلح؟ إنها أحيانا تنتهى بأن يصل أحد الجانبين إلى الانقراض، وفى هذه الحالة فإن الجانب الآخر فيما يفترض يتوقف عن التطور فى الاتجاه المتزايد بالذات، بل إنه فى الحقيقة ربما «يرتد» لأسباب اقتصادية سوف نناقشها سريعا. وفى حالات أخرى قد تفرض الضغوط الإقتصادية وقفه استقرار لسباق التسلح، استقرار حتى ولو كان أحد جانبى السباق سيظل بمعنى ما دائما متقدما. ولنأخذ مثلا سرعة الجرى. لابد وأن ثمة حدا نهائيا للسرعة التى يستطيع فهد الشيتا أو الغزال أن يجرى بها، حد تفرضه قوانين الفيزياء. ولكن فهود الشيتا لم تصل إلى هذا الحد لاهى ولا الغزلان.

فكلاهما يجهد للتقدم إزاء حد أدنى هو، فيما أعتقد، له صفة اقتصادية. فتكنولوجيا السرعة العالية ليست زهيدة الثمن. إنها تتطلب عظاما طويلة للسيقان، وعضلات قوية، ورئات متسعة. وهذه أشياء يمكن أن يحوزها أى حيوان يحتاج حقا للجرى السريع، ولكنها مما ينبغى أن «يشترى». وهى تشترى بثمن يزيد فى ارتفاعه زيادة حادة. والثمن يقاس بما يسميه الاقتصاديون «تكلفة الفرصة البديلة» Qpportunity Cost.وتكلفة الفرصة البديلة لشئ تقاس بحاصل جمع كل الأشياء الأخرى التى يجب أن تضيع عليك حتى تمتلك هذا الشئ. وتكلفة إرسال طفل إلى مدرسة خاصة بمصروفات، هى كل الأشياء التى لاتستطيع كنتيجة لذلك تحمل ثمن شرائها: السيارة الجديدة التى لاتقدر على تحمل ثمنها، الأجازات فى دفء الشمس التى لاتقدر على تحمل ثمنها (لو أنك كنت غنيا بحث تستطيع تحمل ثمن كل هذه الأشياء بسهولة، فإن تكلفة الفرصة البديلة بالنسبة لك، عند إرسال إبنك لمدرسة خاصة قد تكون قريبة من لاشئ). وبالنسبة لفهد الشيتا، فإن تكلفة تنمية عضلات أكبر للسيقان هو كل الأشياء الأخرى التى «كان يمكن أن يفعلها» فهد الشيتا بالمواد والطاقة التى استخدمت لصنع عضلات السيقان، كأن ينتج مثلا مزيدا من اللبن لأشباله.

وبالطبع فليس ثمة اقتراح بأن فهود الشيتا تحسب حاصل جمع حسابات التكلفة فى رؤوسها! إن الأمر يتم أوتوماتيكيا بالانتخاب الطبيعى العادى. ففهد الشيتا المتنافس الذى لايكون لديه عضلات سيقان كبيرة هكذا قد لايجرى بسرعة جد كبيرة، ولكنه سيصبح لديه من المصادر مايوفره لصنع قدر إضافى من اللبن، وبالتالى فإنه ربما يربى شبلا آخرا. وهكذا سيتربى عدد أكبر من الأشبال عند فهود الشيتا التى جهزتها جيناتها بالتوافق الأمثل بين سرعة الجرى وإنتاج اللبن وكل الاحتياجات الأخرى فى ميزانيتها. وليس من الواضح ماتكونه المقايضة المثلى بين إنتاج اللبن مثلا وسرعة الجرى. ومن المؤكد أنها ستختلف باختلاف الأنواع، وقد تتراوح من داخل كل نوع. وكل ما هو مؤكد هو أن المقايضات من هذا النوع هى مما لامفر منه. وعندما تصل فهود الشيتا والغزلان إلى أقصى سرعة يمكن «تحمل تكلفتها» حسب اقتصادياتها الداخلية، فإن سباق التسلح فيما بينها يصل إلى نهايته.

ونقطة التوقف الاقتصادى عند كل منهما قد لاتخلفهما وهما متوافقان بدرجة متساوية على وجه الدقة. فقد ينتهى الأمر بالحيوانات الفرائس وهى تنفق من ميزانيتها على الأسلحة الدفاعية ماهو أكثر نسبيا مما ينفقه مفترسوها على الأسلحة العدوانية. وأحد أسباب ذلك تلخصه الحكمة الأيسوبية التالية: يجرى الأرنب أسرع من الثعلب، لأن الأرنب يجرى لإنقاذ حياته، بينما الثعلب يجرى فحسب لغذائه. وبالمصطلح الإقتصادى، فإن هذا يعنى أن أفراد الثعالب التى تحول مصادرها إلى مشروعات أخرى، تستطيع أن يكون أداؤها أفضل من أفراد الثعالب التى تنفق حرفيا كل مصادرها على تكنولوجيا الصيد. ومن الجانب الآخر، بين عشيرة الأرانب، يتحول ميزان المنفعة الإقتصادية ناحية أفراد الأرانب الذى ينفقون الكثير على التجهيز للجرى السريع. ونتيجة هذه الميزانيات المتوازنة اقتصاديا من «داخل» النوع هى أن سباقات التسلح «بين» الأنواع تتجه إلى أن تصل إلى نهاية مستقرة على نحو متبادل، يكون أحد الجانبين فيها أكثر تقدما.

وليس من المحتمل بالنسبة لنا أن نشهد سباقات التسلح أثناء تقدمها ديناميكيا، لأنها مما لايحتمل أن يجرى فى أى «لحظة» بعينها من الزمان الجيولوجى، مثل زماننا. وإنما يمكننا تفسير الحيوانات التى نراها فى زماننا على أنها المنتجات النهائية لسباق تسلح قد جرى فيما مضى.

وكتلخيص لرسالة هذا الفصل، فإن اختيار الجينات لايتم بسبب صفاتها الجبلية، وإنما بسبب تفاعلاتها مع بيئاتها. وأحد المكونات المهمة على وجه الخصوص لبيئة جين ما هى الجينات الأخرى. والسبب العام لأنها مهمة هكذا هو أن الجينات الأخرى هى أيضا تتغير بمرور الأجيال فى التطور. ولهذا نوعان من النتائج.

الأول، أنه يعنى أن الجينات التى تحبذ هى التى تحوز خاصة «التعاون» مع تلك الجينات الأخرى التى يحتمل أن تلاقيها فى ظروف تحبذ التعاون. ويصدق هذا بصورة خاصة، وإن لم تكون مانعة، على الجينات من داخل النوع نفسه، لأن الجينات داخل النوع الواحد كثيرا ما تتشارك فى الخلايا أحدها مع الآخر. وقد أدى هذا إلى تطور تجمعات كبيرة من الجينات المتعاونة، وأدى فى النهاية إلى تطور الأجساد نفسها، كمنتجات لمشروعها التعاونى.

فالجسد الفردى هو مركبة كبيرة للحمل أو «ماكينة بقاء» بناها مشروع تعاون جينى، لحفظ نسخ لكل عضو فى المشروع التعاونى. والجينات تتعاون لأنها كلها سيصيبها ربح من نفس الناتج ـ بقاء وتكاثر الكيان الجموعى ـ ولأنها تؤلف جزءا مهما من البيئة التى يعمل فيها الانتخاب الطبيعى على كل من الآخرين.

وثانيا، فإن الظروف لاتحبذ التعاون دائما. فالجينات أيضا وهى فى سيرها عبر الزمان الجيولوجى يجابه أحدها الآخر فى ظروف تحبذ المعاداة. ويصدق هذا بصورة خاصة، وإن لم تكن مانعة، على الجينات فى الأنواع المختلفة. والنقطة الأساسية بالنسبة لاختلاف الأنواع هى أن جيناتها لاتمتزج ـ لأن أفراد الأنواع المختلفة لاتستطيع أن يتزاوج أحدها مع الآخر. وعندما تقوم جينات مختارة من أحد الأنواع بالإمداد بالبيئة التى يتم فيها انتخاب جينات نوع آخر، فإن النتيجة كثيرا ماتكون سباق تسلح تطورى. وكل تحسن جديد وراثى يتم انتخابه عند جانب من سباقات التسلح ـ كجانب الضوارى مثلا ـ يغير من بيئة انتخاب الجينات فى الجانب الآخر من سباق التسلح ـ جانب الفرائس. وسباقات التسلح التى من هذا النوع، هى المسئولة أساسا عن صفة «التقدم» الظاهرى للتطور، مسئولة عن تطور سرعة الجرى التى تتحسن دائما، وعن مهارة الطيران، وحدة البصر، وحدة السمع، وما إلى ذلك. وسباقات التسليح هذه لاتستمر إلى مالانهاية، ولكنها تستقر مثلا عندما يصبح المزيد من التحسينات له تكلفة اقتصادية بالنسبة لأفراد الحيوانات المعنية هى تكلفة أكثر مما ينبغى.

لقد كان هذا الفصل صعبا، إلا أنه مما يجب أن يتضمنه هذا الكتاب. فمن دونه، كان سيتخلف لدينا إحساس بأن الانتخاب الطبيعى ليس إلا عملية مخّربة، أو على الأحسن عملية اقتلاع لأعشاب. وقد رأينا طريقين يمكن فيهما للانتخاب الطبيعى أن يكون قوة «بناءة». وأحدهما يختص بعلاقات التعاون بين الجينات من داخل النوع. وفرضنا الأساسى كما يجب أن يكون هو أن الجينات كيانات «أنانية» تعمل فى سبيل انتشارها الخاص بها فى مستودع جينات النوع. ولكن لما كانت بيئة جين ما تتألف على نحو ملحوظ من الجينات «الأخرى» التى يتم أيضا انتخابها فى نفس مستودع الجينات، فإن

الجينات تحبُذ عندما تحسن التعاون مع الجينات الأخرى فى نفس مستودع الجينات. وهذا هو السبب فى تطوير أجساد كبيرة من الخلايا التى تعمل متآزرة من أجل نفس الأهداف التعاونية. وهذا هو السبب فى وجود الأجساد، بدلا من ناسخات منفصلة لاتزال تناضل خارجة من الحساء الأولى.

وتتطور الأجساد فى تكامل وتهادف متآزر لأن الجينات يتم انتخابها فى بيئة أمدت بها جينات أخرى «من داخل النوع نفسه». ولكن لما كانت الجينات يتم انتخابها أيضا فى بيئة أمدت بها جينات أخرى للأنواع المختلفة، فإنه ينشأ سباق للتسلح. وسباقات التسلح تؤلف القوة العظمى الأخرى التى تدفع التطور فى اتجاهات نتعرف عليها على أنها «تصميم» مركب «متقدم». وسباقات التسلح فيها جبليا ما يُحسَ بأنه شئ غير مستقر و«منطلق». فهى تعمل للمستقبل بطريقة هى فى معنى ما بلا هدف وبلا جدوى، وفى معنى آخر فإنها تتزايد تقدما بما يسحرنا نحن مراقبوها سحرا لا نهاية له. والفصل التالى يتخذ لنفسه قضية بعينها، هى بالحرى القضية الخاصة بالتطور المتفجر المنطلق، القضية التى سماها داروين الانتخاب الجنسى Sexual Selection.