كارل هـ بفننغر

الدماغ المتطور

إن السلوك بكامله هو انعكاس لوظيفة الدماغ... وعمل الدماغ لايشكل الأساس للسلوك البسيط نسبياً، كالمشي والابتسام، فحسب، بل وللوظائف المعرفية الفعالة المعقدة أيضاً، كالشعور والتفكير ونظم الشعر.

ي. ر. كانديل في كانديل وشوارتز، 1981

إدراك العقل كمفهوم

هذا الفصل مخصص جزئياً لحل اللغز المحيط بالدماغ البشري، هذا العضو المعقد الفريد، وذلك في ما يتعلق بتشريحه وفيزيولوجيته وكيميائيته. سنقوم بمناقشة إمكانات الجملة العصبية ووحداتها البنيوية building blocks وجذورها الوراثية ومرونتها، ومن ثم نستقرئ المفاهيم التي تنشأ نتيجة تلك المناقشة لنتوصل إلى الوظيفة الأرقى للدماغ. لقد قام داماسيو في الفصل الخاص به بمعالجة الموضوع ذاته انطلاقاً من الاتجاه المعاكس، فهو يبدأ بتحليل الوظيفة الأرقى للدماغ ويربطها بمعارفنا المتنامية بسرعة حول مجموعة الدارات في القشرة الدماغية البشرية. إن كلا

الأسلوبين في المعالجة يستند إلى دراسة الركيزة Substrate المادية للعقل، لكن هناك ركائز أخرى. وقد جاء في كتابات ريك وسبونز (1993)، «لا يوجد هناك إجماعٌ على أن فَهْم السلوك يستوجب دراسة الجملة العصبية».

لا شك بأن علم النفس التقليدي يؤجل (أو لعله ينكر؟...) التوصُّلَ إلى ربط السلوك بوظيفة الدماغ. لكن هناك تغييرات تجري ضمن هذا المجال. ففلاسفة علم النفس المعاصرين، من أمثال پول تشيرشلاند، (1981) مثلاً، يرون أن المستقبل القريب سيحمل معه إحلال علم دراسة الجملة العصبية محل علم النفس التقليدي بشكل كامل. وإلى أن يحدث ذلك، بدأ علماء النفس المعاصرون، من أمثال ستيفن بينكر (1994)، بردم الهوة التقليدية بين علم النفس وبين علم الأحياء biology عن طريق ربط تطور الوظائف المعرفية في الفقاريات vertibrates بتطور الدماغ. وكانت النتيجة ظهور «علم النفس التطوري evolutionary psychology» ، ويعرّفه بنكر بأنه اندماج علم النفس وعلم الجنس البشري Anthropology مع بقية العلوم الطبيعية، وبخاصة علم الجملة العصبية وعلم الأحياء التطوّري. لقد تنبأ داروين بالغيب.

> أستطيع أن أرى، في المستقبل البعيد، آفاقاً مفتوحة أمام المزيد من الأبحاث الأكثر أهمية. إن علم النفس سيرتكز على أساس جديد، وهو حتمية اكتساب كل طاقة وكل قوة عقلية بشكل تدريجي. كما وسيتضح أصل الإنسان وتاريخه.
>
> تشارلز داروين، 1859

والدماغ، شأنه شأن الكومبيوتر، هو منظومة لمعالجة المعطيات، أو هو مجموعات كبيرة من هذه المنظومات. لكن التشابه، على أية حال، يقف عند هذا الحد لأن «توصيلات» الدماغ، على عكس توصيلات أجهزة الكومبيوتر النموذجية، قادرة على التكيف وفقاً للاحتياجات الوظيفية. ويُعرَف هذا المفهوم المهم باسم «المرونة plasticity». ومع ذلك فإن الحسابات الإلكترونية تقوم بدور خطير في الجهود الساعية إلى فهم كيفية عمل الدماغ. والأمر الذي قد يحمل مغزى كبيراً هنا هو أن العمليات الحسابية تكمن في لب فرع من العلوم، جديد نسبياً، وهو توليد ودراسة «الحياة الصُنْعية» artificial life، والفروع العلمية الناشئة عنه، بما فيها علم الجملة العصبية الحسابي computational neuroscience. يُستخدم الكومبيوتر في هذه الفروع من العلوم لتشكيل نماذج عن المنظومات البيولوجية بحيث تمتلك هذه النماذج بعض الخصائص الأساسية لنظيراتها في الحياة الواقعية. ويقول ديڤيد مار (1982)، إن هذا الأسلوب في مقاربة الموضوع يستخدم النظرية الحسابية في دراسة «عملية» محددة (كالإبصار، مثلاً)، حيث يجري التركيز على المسألة الحسابية، لا على «الأمور الملموسة» (أو على التوصيلات الفعلية للدماغ). صحيح أن نماذج الكومبيوتر هذه قد ترتكز على أساس خصائص دارات عصبية بسيطة تم تحليلها بشكل تفصيلي، لكنها تسعى إلى التحري عن وظيفة تجمعات عصبونية كبيرة (سيلفستر، 1993)، أو أنها قد تسعى إلى إيضاح

سلوكيات معقدة، دونما دراية بالدارات العصبونية ذات العلاقة. وبالتالي، يُتوقع من علم الجملة العصبية الحسابي أن يسهم في فَهْمنا للدماغ والعقل عن طريق ردم الهوة بين مستويي البحث: الخلوي/ الجزيئي والسلوكي. وفي نهاية الأمر، سنتعرف إلى الصلة التي تربط بين النماذج المُعدَّة بواسطة الكومبيوتر وبين علم الأحياء، وذلك عن طريق الإجابة عن السؤال المتعلق بالكيفية التي تقوم بواسطتها الآلية العصبية neural machinery بإنجاز حسابات algorithms وتمثيلات representations محددَّة، تُعتبر حاسمة بالنسبة لعملية محددَّة (انظر مار، 1982).

إن تعقيدات الدماغ والسلوك واسعة إلى حد أن تعدد أساليب دراستها لا يعتبر مفيداً فقط، لكنه ضروري من الناحية الفعلية. قد يؤدي ذلك التعدد إلى التشويش والتضارب (الظاهري) ولكن، وبمرور الوقت، سوف تميل تلك الأساليب إلى التقارب والالتقاء. وإذا كان لنا أن نتوصل إلى فهم العقل وقدراته الإبداعية، فلا بد من تركيب المعطيات التي تم الحصول عليها عند كل المستويات، في مجموعة واحدة مترابطة من المفاهيم.

وظائف الجملة العصبية

الجهاز العصبي مُهيأٌ بحيث يقوم بمعالجة المعلومات وتخزينها. وظيفته هي تنظيم استجابات العضوية لبيئتها الخارجية ووسَطِها الداخلي. فعلى سبيل المثال، تميِّز الجملةُ البصريةُ

لحيوانٍ ما عدواً، تجري معالجة هذه المعلومة في الدماغ وتفسيرها بحيث تكون نتيجتها ردّ فعل الهرب. الركض الذي يجيء نتيجة رد فعل الهرب يزيد من استقلاب الحيوان، وبالتالي، تكون استجابة العضوية هي زيادة معدل تنفسها وضربات قلبها، وهنا أيضاً، تقوم الجملة العصبية بتنظيم هذه الزيادة.

وبتوالي التطور، اضطلعت الجملة العصبية بوظائف ذات تعقيد متنامٍ باستمرار، بحيث إننا نستطيع حالياً تمييز عدة مستويات مختلفة من الفعالية لدى أنواع الحيوانات الأكثر تطوراً ولدى الجنس البشري (انظر أيضاً الفصل الخاص بداماسيو). ويمكننا تمثيل ذلك بشكل تسلسل هرمي مؤلف من طبقات أو سلم تكمن فيه الوظائف النمائية vegetative عند القاعدة، تليها الغرائز، فالسلوك المُكتسَب بالتعلُّم، فاللغة، فالذكاء، ويتربع الإبداع على القمة (الجدول 2 ـ 2).

وكما سنرى لاحقاً، فإن هذا التسلسل يعكس، على الأرجح، ظاهرة تطورية. فالمستوى الأدنى من العمل operation ، الذي يُعتبر أساسياً لسلامة العضوية، هو التحكم بالوظائف النمائية، كتنظيم ضغط الدم ومعدل ضربات القلب الخ... وهذا هو ما تقوم به الجملة العصبية في الحيوانات الشديدة البدائية. لايخفى بالطبع أن السلوك يشغل الدرجة التالية من السلم. هناك نوعان شديدا الاختلاف من السلوك. «الغريزة»، وهي شكل من السلوك الموروث، يتميز بالافتقار

الجدول 2 ـ 2 التسلسل الهرمي لوظائف الجملة العصبية

إلى التكيف مع ظروف محددة. والمعلومات اللازمة لعمل تلك الغرائز موجودة في المجين Genome بشكل رموز. فالعنكبوت لا يتعلم من والديه كيفية صنع الشبكة، إنه سلوك غريزي. وهناك مثال آخر معروف وهو سلوك التزاوج لدى سمكة «أبو شوكة» stickle back ، فالأنثى قد تتبع نموذجاً بدائياً لا فائدة منه لذكر مادام أنه يحمل خاصية احمرار البطن التي تميز الذكر المتأهب للتزاوج. إن التكيف، في السلوك الغريزي، نادر، هذا إن وجد على الإطلاق.

«السلوك المكتسب بالتعلم» والذاكرة، وهما يتفوقان على الغرائز في الأنواع التي بلغت درجة أعلى من التطور كالثدييات والطيور. وهذا النوع من السلوك يسمح للحيوان بتكييف سلوكه

حسب ظروف معينة. فالكلبيات canines مثلاً، يمكنها أن تتعلم المهام المعقدة التي يقوم بها الكلب المرشد. إن التعلم والذاكرة هما تطوران بالغا الأهمية في وظيفة الجملة العصبية، ويعتبر تطورهما إنجازاً بارزاً للطبيعة سمح للعضوية بالاحتفاظ بالمعلومات خارج المجين، أي في الجملة العصبية. قبل الذاكرة، كان الموقع الوحيد الذي تستطيع فيه العضوية تخزين المعلومات هو الشيفرة الوراثية، تسلسل الـ د. ن. أ. لكن تخزين المعلومات في المجين هو بالضرورة، أمر بالغ البطء. فهو يتطلب حدوث طفرات mutations ، وهي عشوائية، كما أنه يتطلب عملية الاصطفاء الطبيعي التي تستغرق آلاف وملايين السنين. وبالمقابل، يمكن لجملة عصبية متطورة أن تكتسب معلومات جديدة، وأن تجمعها وتستخدمها خلال وقت قصير جداً.

تعتبر اللغة، وهي المَقْدِرة على تبادل المعلومات بين أفراد النوع الواحد، خطوة هامة باتجاه الأعلى انطلاقاً من الذاكرة البسيطة، لأنها تسمح لأفراد النوع الواحد بنقل المعلومات التي اكتسبوها إلى أقرانهم وإلى الأجيال التالية. ولا تخفى الميزة هنا: فإشراك الفرد للآخرين في تجربته، بواسطة الكلام، يوفر عليهم ضرورة مواجهة المصاعب ذاتها أو إعادة اكتشاف المعارف. ولهذا، يجب ربط اللغة، بشكل وثيق، بتطور المجتمع البشري ككل. أما الذكاء، ويشغل موقعاً قريباً من قمة سلم وظائف الجملة العصبية، فهو يتجاوز مجرد تخزين

المعطيات. ويمكن تعريفه بأنه تكيف مكتسب بالتعلُّم مع وقائع لم تكن متوقعة سلفاً ضمن البيئة، وإدراك سياق الوقائع ضمن البيئة التي نعيش فيها، والروابط التي تجمعها. وبالتالي، فإن الذكاء يستلزم معالجة مجموعات كبيرة من المعطيات ودمج هذه المجموعات مع بعضها البعض.

وأخيراً، يتربع الإبداع على قمة التسلسل. يتضمن الابداع رؤية أو تحديد سياقات مبتكرة بين الحقائق الموجودة في عالمنا الخارجي أو في عالمنا الداخلي، سياقات لم يكن قد تم التعرف إليها سابقاً. ويتطلب هذا قيام العقل بربط صور متنوعة لا تجمعها علاقة ظاهرية، وبالتالي، فهو يمثل مستوى أعلى من قدرة الجملة العصبية على الدمج. كيف يمكن ربط هذه المفاهيم بعلم دراسة الجملة العصبية الحديث؟ . . .

يأتي الجواب من حقيقة أن بالإمكان إعادة رسم التسلسل الهرمي لوظائف الدماغ، المبين في الجدول 2 ـ 2، على أساس مقياس زمني كي يعكس المراحل التطورية. فالسمك، مثلاً، يُظهر سلوكاً غريزياً بدائياً وهو ذو قدرة محدودة على التعلم. ونرى، في المقابل، أن الطيور والثدييات، وبخاصة الرئيسات primates منها، تتمتع بقدرة على التعلم أكبر بكثير. إن التطورات الحاصلة في وظيفة الدماغ لدى الفقاريات تسير بشكل موازٍ للتطور الكبير في القشرة الدماغية، التي تعتبر نسبياً جزءاً ثانوياً من الدماغ لدى السمك بينما تشكِّل التركيبة الأساسية لدى الرئيسات.

يدافع بينكر (1994) عن الأساس التطوري للغة. لقد توصَّل علماء اللغات إلى نتيجة تثير الدهشة مفادها أن أصحاب اللغات المختلفة قد لا يفهمون بعضهم بعضاً، لكن اللغات نفسها تتمتع بتصميم حسابي واحد من حيث تركيب الجمل فيها. إن هذا الاكتشاف، إضافة للدراسات المتعلقة بكيفية تعلُّم الأطفال لِلُغةٍ ما (أية لغة)، يوحيان بقوة بوجود قدرة فطرية (أي موروثة) على التعرُّف إلى المعنى في تركيب الجمل وفي بنية الكلمات. ورغم أنه لابد من تعلم الأصوات والكلمات المختلفة الخاصة بمختلف اللغات، يبدو كما لو أن القدرة على الفهم موروثة عن طريق الجينات، وبالتالي، فهي تمثل مرحلة تطورية.

كيف يمكن أن يحدث ذلك؟... تعتمد عملية التطور على أربعة مبادئ بيولوجية رئيسة: تناسل الأنواع procreation وانتقال الصفات المميِّزة عن طريق الوراثة heredity (بواسطة المجين، الـ د. ن. أ.)، والتنوع variance (أي الطفرات التي تطرأ على المجين)، والاصطفاء الطبيعي natural selection (أي بقاء المخلوقات الأفضل تكيفاً مع بيئة ما). وقد سبق أن ذكرنا أن القدرة على فهم اللغة تبدو وكأنها موروثة. ولبينكر (1994) رأي بهذا الشأن، ويبدو رأيه مقبولاً إلى حد ما، وهو أن الطفرات لدى الرئيسات ربما قامت بإجراء تغيير على أسلوب استخدام الدارات العصبية، التي لم تكن أصلاً ضالعة في التواصل الكلامي، وذلك لجعلها تلعب دوراً في اللغة. كما أن

الطفرات ربما كانت السبب وراء زيادة عدد تلك الدارات وإدخال التحسينات عليها. لقد ذكرنا سابقاً أن تبادل المعارف، التي جرى اكتسابها بصعوبة، بين أفراد النوع الواحد، يؤمن مزية جلية تساعد على البقاء (الاصطفاء). وبالتالي، فنحن لا نجانب الصواب عندما نعتبر اللغة والذكاء مراحل متقدمة من عملية تطورية، ونعتبر الإبداع نقطة الذروة في هذه العملية.

كيف يمكن ربط هذا المفهوم التطوري، الذي يركز على سمات الوظائف الدماغية المحدَّدة سلفاً بشكل وراثي، بالحقيقة التي ذكرناها آنفاً وهي أن الدماغ يتمتع بالقدرة على التكيف مع الاحتياجات الوظيفية؟... لكي نفهم هذه المسألة المهمة، علينا أولاً تفحُّص الوحدات البنيوية للمنظومة العصبية.

عناصر المنظومة العصبية

شكِّل التعقيد الفائق للدماغ البشري، ولفترة طويلة، عائقاً مستعصياً أمام محاولة تقصِّي خفاياه. لكن أسلوب المقاربة الاختزالي reduction ـ وهو دراسة نماذج بسيطة لمنظومات قابلة للتحليل التفصيلي ـ قد سمح، خلال السنوات الخمس وعشرين الماضية بإحراز تقدم مثير. اعتمدت النجاحات، التي تحققت ضمن هذا المجال، على التطورات الحاصلة في التكنولوجيات ذات الحساسية الفائقة، التي دفعت بعلم دراسة الجملة العصبية، الخلوي والجزيئي، إلى طريق التقدم بدرجة غير مسبوقة. ورغم وجود الكثير مما ينتظر البحث والدراسة،

إلا أن هذه الطفرة في المعارف قد ساعدتنا على أن نفهم، بشيء من التفصيل، كيفية قيام العصبونات neurons بتشكيل الدارات، وكيف تتفاعل هذه العصبونات مع بعضها البعض وكيف تنقل المعلومات إلى بعضها البعض.

إن الدماغ البشري هو عبارة عن مجموعة ضخمة أو شبكة، من الدارات، تضم ما يقارب 10 بلايين خلية عصبية، أو عصبون، هذا بالإضافة لعملياتها التي لا تحصى. وتضم كلٌّ من هذه الخلايا، في المتوسط، 10 000 نقطة تشابك عصبي synapse (وهي نقاط تماس عصبية متخصصة يمكن فيها إرسال الإشارات من أحد العصبونات إلى العصبون الذي يليه). إن الإشارة التي تسري في هذه الدارات تخدم هدفين: أولهما هو نقل المعلومات، من عضو ناقل للإحساس sensor ، مثلاً، إلى عضو مستجيب effector كخلية عضلة، والهدف الثاني هو تخزين المعلومات، وهو ما اكتُشف في السنوات الأخيرة. ويبدو كما لو أن شكل سريان الإشارة يشكل سمة واحدة، على الأقل، من سمات الذاكرة الطويلة الأمد. النتيجة الطبيعية هنا، هي أن الدارات نفسها، وأعني سريان المعلومات في تلك الدارات، يمكن تعديلها modulated ، إما وظيفياً، وذلك بإبقاء الدارة على حالها دون المساس بها ليجري، بدلاً من ذلك توليفها tuning بشكل أو بآخر، أو بنيوياً، عن طريق تشكيل أو إلغاء نقاط تشابك عصبي وحلقات loops محددة في دارة ما بحيث تكون النتيجة هي عملية التذكر memorization. وتُدعى عملية تعديل الدارات

بالمرونة plasticity. وكان افتراضي سنة 1986 (بفننغر، 1986)، أن مواضع التشابه الوظيفي بين المرونة من هذا النوع أو الذاكرة، وبين مسار التطور تبدو كما لو أنها تتمتع بأهمية فائقة. وقد بدأنا، فعلاً، بفهم الكيفية التي يجري بها إنشاء الدارات العصبية خلال مسار التطور. إن جَمْع المبادئ الوظيفية والعناصر البنيوية المعروفة ضمن وحدات أكبر يسمح لنا حالياً، من ناحية المفاهيم على الأقل، بتطوير فَهم ميكانيكي لوظائف الدماغ وصولاً إلى مستوى الذاكرة. أما مستويات العمل الأعلى فتقع، إلى حد كبير، ضمن مجال عملية الاستقراء مما هو معروف عن المنظومات الأبسط. وسأقوم في ما يأتي بمحاولة تفسير لهذا الاستقراء من حيث إمكان تطبيقه على الإبداع.

علم الوراثة والتطور والمرونة

خلال مسار تطور الدماغ، يحتاج الأمر لتشكيل 10^{14} موقع تماس لنقاط التشابك العصبي (يضم كل موقع 10^{10} عصبون × 10^{4} نقطة تشابك عصبي) وآلاف الأميال من الألياف العصبية nerve fiber التي تصل بينها وبين الدارات الناتجة. وبالطبع، فإن البروتينات المكوِّنة، التي تسمح للعصبونات بتشكيل هذه الدارات، توجد بشكل شيفرة وراثية. في الأنواع البسيطة، مثل دودة Caenorhabditis elegans التي دُرست بشكل مستفيض (والتي لا يبدو أنها قادرة على التعلُّم)، تكاد الدارات العصبية لاتتغير من حيوان إلى آخر، أو يمكن القول أنها «توصيلات ثابتة» hard-wired. وبعبارة أخرى، إن مجموعة الدارات

التفصيلية الخاصة بالجملة العصبية الصغيرة للدودة، مبرمجة وراثياً. أما في دماغ حيوان فقاري على درجة عالية من التطور، فإن الحدود النظرية تجعل من تلك البرمجة أمراً مستحيلاً. فالتقديرات تشير إلى أن المجين البشري، مثلاً، يكاد لا يتسع لتشفير كل الجزيئات المطلوبة في حال كون جميع مواقع التماس الخاصة بنقاط التشابك العصبي في الدماغ، البالغ عددها 10^{14} موقعاً، محددّة سلفاً بشكل وراثي. إذاً، بالإضافة إلى البرمجة الوراثية، هناك مبادئ وظيفية أخرى يجب تطبيقها.

في السنوات الأخيرة، تم التعرف إلى عدد كبير من الجزيئات التي تساعد على تحديد أشكال التوصيل connectivity في دارات الدماغ المتطور. وهناك إجماع حالياً على أن مسارات الألياف العصبية ومبادئ التوصيل الخاصة بمجموعات العصبونات المختلفة، مبرمجة وراثياً، لكن من الواضح أن التوصيلات التفصيلية لنقاط التشابك العصبي لكل عصبون ليست كذلك، وقد تم شرح هذه النقطة الأخيرة في الكثير من الدراسات، وبخاصة في البحث الذي أجراه هوبل وويزل وزملاؤهما، اللذين نالا بسببه جائزة نوبل سنة 1981 («نظراً لاكتشافهما ارتباط تحريض البصر في الطفولة بالرؤية فيما بعد، والكيفية التي يقوم الدماغ بواسطتها بتفسير الإشارات الواردة من العين»). والفكرة الأساسية في هذا البحث هي أن الاستخدام الطبيعي والوظيفة الطبيعية للجملة العصبية المتطورة يُعتبران شرطاً مسبقاً لوضع أسس مجموعة دارات عصبية طبيعية

ووظيفة طبيعية للجملة العصبية لدى البالغ. وبعبارة أخرى، في المنظومات العصبية الأكثر تطوراً «تؤكد» الوظيفة وجود دارات صحيحة، أو أن العصبونات قد قامت بابتكار آلية تتكيف توصيلاتُها بموجبها مع الوظيفة. والدارات الناتجة عن ذلك ليست من نوع «التوصيلات الثابتة»، بل إنها مطواعة أو «مرنة».

وهناك مثال واضح وهو الحَوَل strabismus. إن سوء ترصيف malalignment العينين يعني أن مجموعتي الإشارات التي تصل الدماغ من العينين غير متوافقتين (انظر الفصل الخاص بستيفنز «الخط في مقابل اللون»، الجزء الرابع) ولا تكمِّلان بعضهما بعضاً وبالتالي تتعذر الرؤية الثلاثية الأبعاد. وإذا ما استمرت هذه الحالة إلى ما بعد مرحلة حرجة في الطفولة، فإنه لا يمكن للرؤية الثلاثية الأبعاد أن تحدث أبداً حتى ولو تم تصحيح النقص في ترصيف العين فيما بعد. إن الاضطراب الحاصل في تطور مجموعة دارات الجملة البصرية، والناتج عن الحوَل، حاد إلى درجة أنه يبدو واضحاً تماماً من الناحية التشريحية لدى حيوانات الاختبار المصابة بهذا الخلل. ولكن في حال تصحيح الترصيف لدى الطفل الأحول في مرحلة مبكرة مناسبة، فإن الدماغ يبدأ بتلقي صور متوافقة (أي مجموعتين متوافقتين من الإشارات من العينين)، كما يجري ضبط adjust مجموعة الدارات المسؤولة عن إحداث الرؤية الثلاثية الأبعاد، بحيث تقوم بإرساء قواعد الرؤية الطبيعية. هناك أمثلة أخرى كثيرة، تشير جميعها إلى هذه السمة المهمة للجملة العصبية،

وهي قيام الفاعلية الطبيعية للجملة العصبية بتشكيل مجموعة الدارات العصبية في العضوية المتطورة.

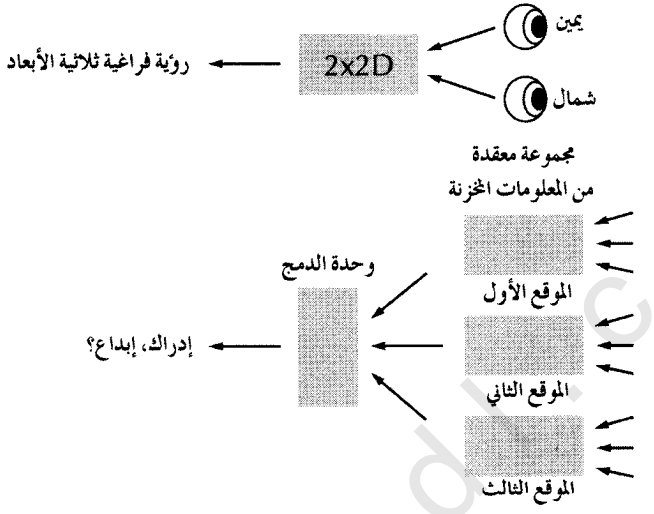
لكن مرونة الجملة العصبية لا تتوقف مع توقف التطور. فهناك تراكيب دماغية كثيرة، وبخاصة منها تلك الضالعة في عملية التعلُّم وفي الذاكرة، تستمر فيها عملية إعادة تخطيط الدارات وتشكيل نقاط التشابك العصبي وتعديلها وإلغاؤها خلال مرحلة النضوج. وهكذا تبدو الذاكرة شديدة الشبه بالأحداث التي طرأت خلال مسار التطور. ويشكل ذلك أساساً للمفهوم القائل بأن التعلُّم، في حقيقة الأمر، هو امتداد للعملية التطورية. كيف يمكن لذلك أن يوصلنا إلى الذكاء والإبداع؟... هنا يحين وقت الاعتماد على التعميمات وعلى الاستقراء.

الاستقراء للتوصل إلى الوظيفة الأرقى للدماغ

> [هناك]... فلسفة طبيعية جديدة، وُضعت على أساس إدراك معنى التعقيد، معنى التطور. إن المنظومات البالغة التعقيد ـ سواء أكانت عضويات أم أدمغة أم المحيط الحيوي biosphere، أم الكون ذاته ـ لم تنشأ عن مخطَّط، لقد تطورت جميعها.

جون بروكمان، 1995

مرة أخرى، نلجأ إلى الجملة البصرية كمثال. كما يتبين من الشكل 2 ـ 7 أ، تدخل مجموعتان من الإشارات البصرية، تحمل كل منهما معطيات ثنائية الأبعاد، إلى الدماغ من العينين اليمنى واليسرى. تؤدي معالجة الإشارات عند عدة مستويات من



الشكل 2 ـ 7 اندماج المعطيات في المنظومة العصبية: (أ) اندماج صورتين ثنائيتي الأبعاد لموضوع ما يعيد خلق البعد الثالث في الدماغ، (ب) اندماج معطيات مختلفة، ولكن مرتبطة ببعضها، قد يخلق أيضاً «أبعاداً» جديدة أو رؤية سياقات مبتكرة.

الدماغ واندماج تلك المعلومات، إلى رؤية ثلاثية الأبعاد أو رؤية فراغية spatial (انظر الفصل الخاص بستيفنز). إذاً، لدينا هنا مثال ممتاز عن قدرة الدماغ على إيجاد بُعْد جديد، بالمعنيَيْن الحرْفي والمجازي، على أساس الإشارات الآتية إليه. إذا طوَّرنا هذه الفكرة لتشمل مستويات أعلى، وربطناها بنقاشنا السابق حول الوظائف الأرقى للدماغ، يمكن للمرء عندها مناقشة الرأي القائل بأن فهم السياقات المعروفة وامتلاك رؤيا ووضع سياقات جديدة . وهي أمور يشتمل عليها الذكاء والإبداع، على التوالي .

تعتمد على تطوير الدماغ لأبعاد إضافية. وكما يتبين من الشكل 2 ـ 7 ب، يمكن لمجموعات معقدة من المعطيات المخزَّنة في دارات كثيرة مختلفة في القشرة الدماغية، في دماغ بارع بشكل خاص، أن تندمج بأسلوب قد يكون مبتكراً وقد يؤدي إلى رؤية جديدة لتلك المجموعات من المعطيات، أو إلى اكتشاف علاقة سببية جديدة تربط في ما بينها. إن عملية من هذا النوع هي ما يشكل قوام الإبداع.

وكما أشار داماسيو في الفصل الخاص به، يحوي دماغ الفقاريات العليا، وبخاصة دماغ الكائنات البشرية، ما يدعى بـ«القشرة المسؤولة عن الربط» association cortex، ذات التطور المعقد والمُحْكَم، وهي تركيبة تتميز بوجود توصيلات شاملة مع بقية مناطق القشرة الدماغية، وتختص بالاحتفاظ بـ «الصور الذهنية». وفي هذه القشرة، يلتقي كلٌ من استقراء المنظومات العصبية البسيطة والتحليل المباشر لوظائف الدماغ الأرقى.

وماذا بعد؟...

إذا صحت المفاهيم التي ذُكرت في هذا الفصل، كانت لذلك عواقب بالغة الخطورة: فقد يكتسب تأثير بيئة الطفل على تطور ذكائه وإبداعه، أهمية كبيرة. فإذا كانت الدارات، التي تُعتبر مهمة لاندماج المعطيات عند المستويات العليا والتي يشتمل عليها الذكاء والإبداع، إذا كانت شبيهة بالدارات التي جرت مناقشتها في الجملة البصرية، كما يبدو على الأرجح،

فإن هذه الدارات تخضع غالباً لقاعدة المرونة نفسها التي لاحظناها في الجملة العصبية وفي غيرها من المنظومات. وفي هذه الحالة، فإن البيئة التي تساعد على تحريض استخدام هذه الدارات أثناء الطفولة يُتوقع منها أن تعزِّز طاقات الدماغ الذهنية والإبداعية. ستقوم جانينا غالر بمناقشة هذا الموضوع، ولكن من زاوية مختلفة، في الفصل الآتي.

ما هو مصدر الإبداع؟... إن حقيقة أن الخلايا ونقاط التشابك العصبي وجزيئات المنظومة العصبية، كما نعرفها، هي الوحدات البنيوية البسيطة لتركيبة الدماغ، قد صارت أمراً مفروغاً منه. كما أصبح لدينا معلومات مفصلة، تتعلق بعلم تشريح الأعصاب neuro-anatomical وعلم الوظائف physiology، وهي تحدد طبيعة الإشارات ومساراتها الرئيسية لدى انتقالها من منطقة في الدماغ إلى منطقة أخرى. فنحن نعرف جيداً كيفية سريان المعطيات البصرية عبر العصب البصري وصولاً إلى النواة الركبية الجانبية nucleus lateral geniculate، وهي منطقة مركزية في الدماغ، لتذهب من هناك إلى جزء محدد من القشرة الدماغية (انظر الفصل الخاص بستيفنز). لكننا لا زلنا عاجزين عن إدراك المخططات التفصيلية لدارات المعالجة في القشرة الدماغية، كما أن درجة تعقيد هذه الأعداد الكبيرة من الدارات تثير في النفس شعوراً بالعجز.

استطعنا عن طريق أسلوب المقاربة الاختزالي (أي عن طريق دراسة المنظومات العصبية البسيطة) أن نحصل على ثروة

من المعلومات المتعلقة بالخلايا والجزيئات. هل يمكن اعتبار تلك المعطيات بمثابة اللَّبِنة والملاط لبناء ذلك الصرْح البالغ التعقيد الذي يمثل الدماغ والذي يقوم بأداء الوظائف المعرفية؟ . . . لايمكن طبعاً اعتبارها كذلك بمفردها. إن حل هذه المشكلة قد يأتي، على الأرجح، من عدة اتجاهات مختلفة، وبخاصة:

1. التطورات المثيرة الأخيرة في علم الجملة العصبية المعرفي، التي ناقشها داماسيو في الفصل الخاص به (أي امتزاج وسائل الاختبار العصبية والنفسية مع علم تشريح الأعصاب، وبخاصة وسائل التصوير الحديثة).
2. نظرية الفوضى chaos وإحدى أدواتها الرئيسية، وهي الرياضيات الكسرية، التي يمكن الاستفادة منها لفك رموز مجموعات الظواهر الطبيعية البالغة التعقيد التي تعتمد على بعضها بعضاً (انظر الفصل الخاص بماندیلبروت والفصل الختامي للكتاب).
3. علم الجملة العصبية الحسابي، الذي يساعد على تحديد طبيعة معالجة المعطيات والحسابات algorithms اللازمة لتنفيذ وظيفة دماغية معينة.

إن تجميع المعطيات المتولدة عن تلك الأساليب المتنوعة في مقاربة الموضوع لا بد وأن يؤدي بالنتيجة إلى الحصول على صورة شاملة عن الكيفية التي يقوم الدماغ بواسطتها بإنتاج عقل يمكن له أداء وظائف إبداعية.