تشارلز ف. ستيڤنز

الخط في مقابل اللون:
الدماغ ولغة الفنون البصرية

لمّا كنا نتحسس الفن ونتذوقه عن طريق الدماغ، فإن تركيبة الدماغ ووظيفته يقومان بشكل طبيعي برسم حدود التجربة الجمالية.

تشارلز ستيڤنز، 1993

عندما بدأ علماء الجملة العصبية بدراسة المنظومة البصرية بواسطة تكنولوجيات عصرية ـ تكنولوجيات تتيح لنا رَصْد استجابات العصبونات neurons المفردة الموجودة داخل الدماغ ـ اكتشفوا أن الدماغ يقوم بمعالجة المعلومات المتعلقة بحواف صورة ما بشكل منفصل ومختلف تماماً عن معالجته للمعلومات المتعلقة باللون والبُنْية. إن ما يهدف إليه هذا الفصل هو شرح الكيفية التي تتمكن بواسطتها الآليات التي يستخدمها الدماغ لمعالجة الصور، كما في حال تمثيله representation لصورة ما بلغة الحواف واللون على سبيل المثال، من تحديد اللغة التصويرية للفنون البصرية. ولكي أوضح ما أعنيه بقولي هذا، سألجأ إلى وصف الأجزاء المكوِّنة للجملة العصبية، كما سأقدم

تلخيصاً للكيفية التي يجري بها تمثيل الصور المرئية داخل الدماغ ومن ثم أقوم بتحرٍّ موجز للدلالة التي ينطوي عليها ذلك للفنانين ولطريقتهم في تركيب صورهم.

إن قدراً كبيراً من الفن يتضمن تجريداً للواقع. والصور التي يُبدعها حتى أكثر الفنانين ميلاً للتصوير لا تُعتبر نسخاً حرفية عن العالم، بل تجريد يلجأ للاستفادة من صفات منتقاة للموضوع، والطرق التي يجري بواسطتها تنفيذ هذا التجريد، أو بعضها على الأقل، ليست نتاج اختيار حر، بل إن تجريدنا للواقع تقرره الطريقة التي يقوم بها دماغنا بتحويل transform العالم الذي نراه، أو تحدده أنواع التحولات التي يطبِّقها دماغنا على العالم المُدْرَك بالحواس. فالرسامون، مثلاً، كانوا مدركين على الدوام لحقيقة أن الكيفية التي نرى بها تؤثر بقوة على ما نراه.

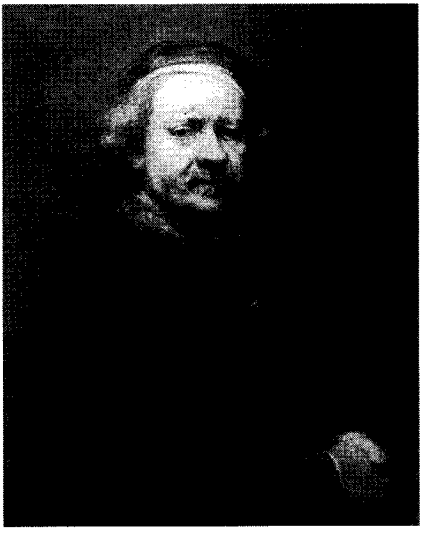
إن أحد العناصر الأساسية للإبداع في الفن (أو في العلم) يقتضي التعامل بمهارة مع عدد من العناصر الشكلية، كالخط واللون. وبالنظر للطريقة التي يقوم الدماغ بواسطتها بمعالجة الصور البصرية، فإن الفنان ليس حراً في تحديد العناصر الشكلية التي ينبغي استخدامها، ويتم تبنّي هذا الخيار من بين طائفة من العناصر التي تُعتبر «طبيعية». وسأبدأ بعرض بعض الأمثلة المحدَّدة وذلك لشرح هذه الفكرة بشكل أوسع.

رؤية الوجوه

يبين الشكل 4 ـ 1 صورة رامبرانت بريشته وقد رسمها في

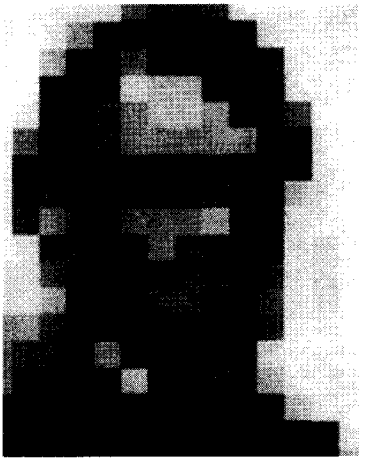
أواخر حياته. وإذا ما سبق لك رؤيتها، ستتعرف على رامبرانت مباشرة. أما الشكل 4 ـ 2 فيبين رسماً تخطيطياً شديد التبسيط للصورة نفسها. ورغم أن الرسم التخطيطي يكاد لا يحوي شَبَهاً حَرْفياً باللوحة، إلا أنه بإمكانك أيضاً أن تتعرف على رامبرانت مباشرة وأن تقول إن الرسم التخطيطي هو الصورة «ذاتها» الموجودة في اللوحة. إننا نقوم بالتعرف إلى الرسوم التخطيطية بسهولة كبيرة ودونما جهد يُذكر بحيث إننا لا نعي حتى مدى اختلافها عن الصورة الأصلية، ولا نقدِّر مدى الصعوبة التي يواجهها الكومبيوتر في إدراك أن صورة الفنان بريشته والرسم التخطيطي هما «الشيء ذاته». وما أود قوله هنا هو أن إدراكنا الفوري للرسوم التخطيطية يكشف منحىً جوهرياً في الطريقة التي يجري بها تمثيل الصور بواسطة الدماغ.

للتعرف إلى وجه ما، يكفينا أن يتم تجريد الوجه إلى بضعة خطوط معينة، كتلك الخطوط التي تُحدِّد العينين والفم والأنف. لكن المنظومة البصرية تستخدم أيضاً أنواعاً أخرى من طرق معالجة الصورة، ويبدو ذلك جلياً من حقيقة أن بإمكاننا التعرف على وجه موجود في صورة تخلو من أية خطوط. يبين الشكل 4 ـ 3 صورة نفَّذها ليون هارمون في السبعينيات، الصورة محدَّدة بواسطة مربعات متساوية الحجم ولا تحوي أية خطوط على الإطلاق (عدا حواف المربعات)، ورغم ذلك، فإننا ندرك مباشرة أنها صورة أبراهام لنكولن (ولو أنه يتعين عليك أن تنظر إليها بعينين نصف مغمضتين أو أن تبتعد عنها قليلاً لترى الوجه



الشكل 4 ـ 1 صورة رامبرانت بريشته، (جزء مفصَّل)، 1669.
(صالة الفنون الوطنية ـ لندن).

الشكل 4 ـ 2 رسم تخطيطي لصورة رامبرانت بريشته.



الشكل 4 ـ 3 (إلى اليسار) صورة أبراهام لنكولن بعد تكبير عناصرها، تنفيذ ليون هارمون (تقدمة من ليون هارمون، حقوق النشر Scientific American).

الشكل 4 ـ 4 (إلى اليمين) تشاك كلوز، الرقم 6 في مجموعة كيث، 1979 (دار رينولدا، متحف الفن الأمريكي، ونستون ـ سالم).

بشكل أكثر وضوحاً). وقد قام تشاك كلوز مؤخراً بتوظيف هذا النوع من التمثيل التجريدي، بشكل رائع، وأبدع صوراً يتكوَّن الوجه فيها من عناصر، صَنَعها من بصمات أصابعه، ذات درجات مختلفة من الإنارة والتعتيم (الشكل 4 ـ 4). وهنا أيضاً، نستطيع بكل مهارة التعرُّف إلى صورٍ للوجوه ذات تجريد عالٍ، لدرجة أنه لا يخطر ببالنا مدى صعوبة الأمر، بالنسبة للكومبيوتر على الأقل.

الخط في مقابل اللون: الجدال الكبير

بعد ربع قرن تقريباً من رسْم رامبرانت لصورته، في أواخر القرن السابع عشر، تأسست الأكاديمية الفرنسية. هيأ وجود الأكاديمية منبراً لجدال لم يهدأ حول تفوّق الخط في مقابل اللون (انظر فصل جيلو). وظل هذا الجدال محتدماً حتى نهاية القرن التاسع عشر وما بعده، وكان ماتيس يشير إلى هذا الجدال المستمر بعبارة «المعركة الأبدية بين الرسم واللون». وقد اعتُبرت لوحات روبنز أمثلة على أهمية اللون، بينما اعتُبرت لوحات بوسين أمثلة على تفوق استخدام الخطوط. ورغم أن هذين الفنانين كانا يناصران، بصمت، مدرستيّ التفكير المتعارضتين، إلا أنه لدى حلول القرن التاسع عشر، دخل الرسامون أنفسهم، بصخب، في الجدال الدائر. فقد كان انغريس، مثلاً، يعتقد بتفوق الخط، بينما كان دولاكروا من مناصري اللون.

أُضيفت إلى جدال الخط/اللون معانٍ أخلاقية وفلسفية عندما اتّسع نطاق الجدال ليشمل قضايا أخرى كالأفكار المتعلقة بالعقلانية واللاعقلانية، والبرودة والانفعالية وإلى ما هنالك. فقد تم ربط الخط، الذي كان يُعتبر على الدوام عنصراً يصعب الإلمام به، بالعقل بينما ارتبط اللون ـ ذو الخاصيات الغامضة المثيرة للانفعالات ـ بالمشاعر. وهكذا، صار يُنظر للخط على أنه عقلاني بارد، بينما اعتُبر اللون عاطفياً يفتقر للعقلانية.

وقد عمل الفن الحديث على إطالة أمد هذا الجدال ومَدِّه بالتفاصيل الدقيقة عن طريق اختيار هذا العنصر أو ذاك والتركيز بشكل أساسي على التعامل ببراعة مع هذا العنصر المسيطر. فنرى، مثلاً، لوحات مارك روثكو البديعة ذات المقاييس الضخمة تكاد تخلو من أي شيء عدا البقع اللونية الكبيرة. وفي اللوحات التي تعود إلى الفترة التي تلت أواخر الأربعينيات من القرن العشرين، تبدو مستطيلاته الملونة العائمة آسرة الجمال في بساطتها وأسلوب توزيع ألوانها الرائعة. ونرى أن الخطوط، في هذه اللوحات، قد تم إلغاؤها بشكل أساسي حتى إن حوافي المستطيلات تبدو ضبابية لا يمكن تمييزها. إذاً، فقد عمل روثكو ضمن مجالات اللون الصْرف وقام باستكشاف الحدود الجمالية القصوى لما يمكن تحقيقه عبر التعامل ببراعة مع هذا العنصر الشكلي الوحيد. وعلى النقيض من روثكو، برز فرانز كلاين في أواخر خمسينيات القرن العشرين بلوحاته الكبيرة التي غلبت عليها ضربات فرشاة سوداء أنيقة الخطوط على خلفية بيضاء. وقد قام كلاين، وهو المأخوذ بالرسم، بتكبير رسوم تخطيطية صغيرة إلى أن ملأتْ هذه الرسومُ اللوحةَ بصور تجريدية تمثل، بمعنى ما، حالة متطرفة من الموقف المنادي بتفوق الخط وتقوم، في الوقت نفسه، بتفريغ هذا الموقف من معناه عبر استخدام عناصر خطية تحولت لتصبح أشياء بالغة الضخامة.

ما أود قوله هنا، هو أن اختيار الفنانين للتعامل مع هذين

العنصرين الشكليّين - أي الخط واللون (إضافة إلى العناصر الأخرى، طبعاً) - لم يكن وليد الصدفة. بل على العكس، جاء الاختيار كما قررته الفيزيولوجيا physiology، أي العمليات التي تلجأ إليها أدمغتنا لتحليل الصور المعروضة أمامنا.

كيف نرى: بعض المبادئ العامة

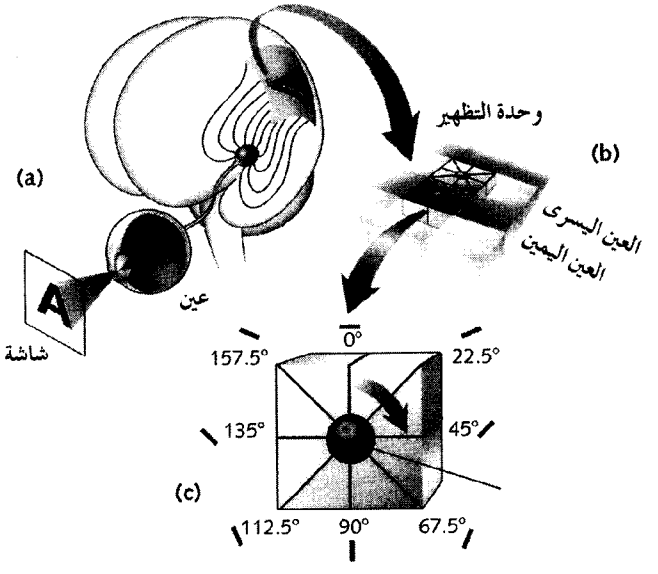
بغية توضيح الكيفية التي تقوم آليات الدماغ بواسطتها بتحديد العناصر الشكلية التي يمكن للفنانين استخدامها لتجريد الصور؛ يتعين علي وصف المراحل الأساسية التي تمر بها عملية نقل المعطيات البصرية إلى الجملة العصبية.

تكمن أهم قواعد التنظيم في الدماغ في مبدأ التمركز الوظيفي Localization of function. يُعَدُّ هذا المبدأ نظيراً معاصراً لعلم فراسة الدماغ phrenology الذي ساد في القرن التاسع عشر، ويقول إن لكل وظيفة يقوم بها الدماغ موقعها التشريحي المتميز. وبالتالي، فإن الخلايا العصبية الخاصة بمعالجة المعطيات البصرية تتجمع في نفس الموقع، كما هو حال الخلايا العصبية الخاصة بمعالجة الأصوات أو الروائح. ويضم الدماغ أجزاء بصرية وأجزاء سمعية وأخرى خاصة بالانفعالات الخ...

يوجد التمركز الوظيفي عند عدة مستويات مختلفة. ويعني هذا أن هناك أجزاء محددة في الدماغ مخصّصة لمعالجة المعطيات البصرية، ولكن ضمن هذه المناطق البصرية الكبيرة،

توجد مناطق فرعية كثيرة تقوم بأعمال محددة، وضمن هذه المناطق الفرعية، هناك مناطق فرعية أصغر منها، ولكلٍ دورها المحدد الدقيق في عملية تحليل الصورة. يجري تحليل المعطيات البصرية، في الوقت نفسه، في ما لا يقل عن ثلاثين منطقة متميزة تشريحياً داخل الدماغ. هناك مثلاً، منطقة محددة تختص بمعالجة المعطيات المتعلقة بالحركة، وأخرى تختص بالتعرف إلى الوجوه. وفي حال إصابة منطقة التعرف إلى الوجوه بتلف على كلا جانبيّ الدماغ ـ كما يحدث في كثير من حالات السكتة الدماغية أو الإصابات الأخرى ـ فإن الشخص المصاب يظل قادراً على التعرف إلى موضوع ما على أنه وجه وعلى معرفة أجزاء الوجه (أنف، فم الخ. . .)، دون أن تتكوَّن لديه أدنى فكرة عمن هو صاحب الوجه، حتى ولو كان وجهه هو.

يبين الشكل 4 ـ 5 أ مشهداً شديد التبسيط لتشريح المراحل الأولى من الجملة البصرية. عالم المرئيات مبيَّن بشكل لوحة تحمل الحرف A. يرتسم عالم المرئيات على سطح آخر خلف العين وهو الشبكية (وتبدو في الشكل 4 ـ 5 ب). ونظراً لطبيعة بصريات optics العين، فإن الحرف A ينقلب رأساً على عقب، يجري إسقاط project كل شيء في عالم المرئيات على الشبكية مثلما يجري إسقاط الصورة على الفيلم داخل آلة التصوير. وفي الشبكية، يسقط الضوء على مجموعة ثنائية البعد من الخلايا العصبية المتخصِّصة (تدعى الخلايا المستقبِلة للضوء) وهي تقوم



الشكل 4 ـ 5 مشهد تخطيطي للجملة البصرية. (أ) الحرف (A) الذي نراه في عالم المرئيات يجري إسقاطه بشكل مقلوب على شبكية العين. تصل إشارات بصرية مطابِقة إلى الدماغ عبر العصب البصري وذلك من أجل معالجة إضافية. يقوم توزُّعُ العصبونات neurons، في الجزء البصري الرئيس من القشرة الدماغية، بإعادة كشف شكل الحرف (A) (ب) تقوم وحدات المعالجة القشرية بالفصل بين عصبونات العين اليمنى وعصبونات العين اليسرى. (ج) ترتيب بشكل دولاب للعصبونات التي تستجيب لاتجاهات الخط.

بكشف الضوء وتحليل الصورة إلى نقاط متفرقة. تقوم كل خلية من الخلايا المستقبِلة للضوء بنقل المعطيات التي تلقَّتها، بشأن شدة الضوء، إلى خلايا عصبية أخرى موجودة في الشبكية ومن ثم إلى القشرة الدماغية، عبر ألياف عصبية المحاوير axons، وذلك بشكل إشارات كهربائية. أي أن إرسال المعطيات البصرية

من الشبكية إلى القشرة الدماغية يقتضي ترميز encode الصور بشكل مكاني spatial وزمني temporal من النبضات العصبية.

تراكيب وآليات: كيف تعمل الشبكية

العين ليست مجرد آلة تصوير. أي أن الدماغ لا يتلقى صورة «فجة» من العينين، بل نسخة بالغة النقاء عن الصورة تم تحليلها إلى أجزائها المكوِّنة. وسأقدم في ما يأتي وصفاً موجزاً للمراحل الأولية في عملية تنقية filtering المعطيات البصرية التي تقوم بها الجملة العصبية. ونبدأ في فهم الموضوع اعتباراً من التركيبة الحساسة للضوء في العين، وهي الشبكية.

عندما يسقط الضوء على المستقبِلات الضوئية، تقوم أصباغ pigments خاصة بامتصاصه بحيث يجري تحليل الصورة إلى مكوِّناتها اللونية. إن الآليات الضالعة في الرؤية اللونية مفهومة تماماً في وقتنا الراهن. وهناك ثلاثة أنواع مختلفة من جزيئات الأصباغ البصرية ـ نوع لكل فئة من الخلايا المستقبِلة للضوء ـ وقد هُيئ كل نوع بحيث يمتص الضوء من لون معين ما على أفضل وجه. ونظراً للاختلافات الموجودة في التركيب الكيميائي لجزيئات الأصباغ هذه، فإن فئة من مستقبِلات الضوء تكون حساسة بشكل خاص للضوء الأحمر، وأخرى للضوء الأخضر وثالثة للضوء الأزرق. وتسمح جزيئات الأصباغ المختلفة هذه، لمستقبِلات الضوء، بتحويل الإشارات الضوئية إلى إشارات كيميائية، كمية المادة الكيميائية تُنبئ بدرجة سطوع

الضوء، ونوع الخلية التي تضم المادة الكيميائية يُنبئ بمكان وجود الضوء وبالكمية التي يحملها من لون معين ما (مقدار اللون الأحمر، مثلاً). ومن ثم، يجري تحويل هذه الإشارات الكيميائية إلى نبضات عصبية ويتم نقلها إلى عصبونات لاحقة في المسار البصري.

وبما أن مستقبِلات الضوء تشكِّل مجموعة منتظمة ثنائية البعد، يجري تحليل الصورة التي تم إسقاطها على الشبكية إلى نقاط مكوِّنة (أو عناصر الصورة، pixels). ثم يجري تحليل كل نقطة إلى ألوان. وكما سبق وذكرنا، يجري امتصاص الفوتونات photons الداخلة لكل عنصر من عناصر الصورة، من قِبَل أصباغ الخلايا المستقبِلة للضوء الخاصة بكل لون على حدة (المخاريط cones): المكوِّنات الحمراء للصورة يجري امتصاصها على أفضل وجه من قِبَل المخاريط الحمراء، والمكوِّنات الخضراء من قِبَل المخاريط الخضراء، وتلك الزرقاء من قِبَل المخاريط الزرقاء. وهكذا، يجري تحليل الصورة، خلال عملية تحويلها transformation إلى إشارات كيميائية، إلى نقاط مكوِّنة، ويجري تحليل كل نقطة إلى ألوانها المكوِّنة الثلاثة. ورغم أن الصورة لا تعود سليمة، إلا أن الدماغ يحصل على معطيات تتعلق بشدة الضوء، مقسَّمة إلى إشارات بألوان ثلاثة، وذلك عند كل نقطة من نقاط الصورة. وإذا توفرت لديك إشارات الألوان الثلاثة تلك، بإمكانك إعادة تجميعها واستنتاج لون الضوء الداخل إلى العين. ومن حيث الأساس،

فإن الكيفية التي تقوم الجملة العصبية بواسطتها بتحليل وترميز ألوان صورة ما، هو مفهوم مألوف لدينا من التلفزيون الملون بنقاطه dots المتلاصقة بشكل وثيق ذات الألوان الأحمر والأخضر والأزرق.

إن تكاثف الخلايا المستقبِلة للضوء ليس متساوياً في كل الشبكية، بل يميل لأن يكون في أعلى درجاته في المركز ثم يتناقص تدريجياً باتجاه حواف الشبكية. ونظراً لهذا الترتيب، فإن أوضح درجات الرؤية لدينا توجد في منتصف الشبكية وفي مركز الصور البصرية لدينا، وتتناقص حدة الرؤية بالتدريج باتجاه حواف المجال البصري. إن حجم عصبنا البصري - أي حزمة الألياف العصبية التي تنقل المعطيات البصرية لتعود بها إلى الدماغ - يحدد كمية المعطيات التي يمكن نقلها (أي يضبط عرض النطاق band width حسب الاصطلاح العصري)، وهكذا، فإن العين تقوم بتسوية الوضع عن طريق تقديم معطيات أكثر إلى منطقة مركز مجالنا البصري وقدراً أقل بكثير من المعطيات عند منطقة المحيط الخارجي.

تشرح الآليات المذكورة كيفية تحليل الصورة البصرية إلى عدد كبير جداً من عناصر الصورة، والكيفية التي يتم بها نقل المعطيات المتعلقة بشدة الضوء واللون - المرَمَّزة بشكل نبضات كهربائية - والخاصة بكل عنصر من هذه العناصر، من العين إلى الدماغ.

الجزء البصري الرئيسي من القشرة الدماغية: كيف تجري معالجة المعطيات البصرية؟

... في الجملة البصرية، هناك عملية تحويل معقدة للمعطيات العصبية على كافة مستويات المنظومة، إضافة لوجود تجريد يتعاظم باطراد لدى انتقال المعطيات إلى المراكز الأعلى. وهكذا، نرى أنه في حين تكمن نواحي الإدراك باللمس، حرفياً، في يد الشخص المُدْرِك، يكمن الإدراك البصري، إلى حد كبير، في القدرات التجريدية للعصبونات الموجودة في الدماغ.

كانديل، 1981

تذهب الإشارات من الشبكية، أولاً، إلى منطقة خاصة في الدماغ ـ «نواة ترحيل» relay nucleus تدعى «الجسم الرُكْبيّ الجانبي» lateral geniculate body ومن ثم تُمرَّر إلى الجزء البصري من القشرة الدماغية (انظر الشكل 4 ـ 5 أ). وطوال عملية ترحيل المعطيات البصرية، تجري المحافظة على علاقات التجاوُر بين خلايا الشبكية على طول مسار العودة إلى القشرة، بحيث تتشكل نسخة عن الصورة المرتسمة في الشبكية، بشكل نشاط نبضي عصبي، على الجزء البصري من القشرة الدماغية، ويُشار إلى ذلك بوجود الحرف A على القشرة في الشكل 4 ـ 5 أ. يقع الجزء البصري الرئيس في القشرة الدماغية في مؤخرة الدماغ، كما هو مُبيَّن في الشكل 4 ـ 5 أ، وهو يستقبل المعطيات البصرية من العين، ثم يقوم هذا الجزء البصري الأولي من القشرة الدماغية بترحيل المعطيات التي تمت معالجتها إلى بضع عشرات من المناطق البصرية الأخرى المتخصصة في القشرة الدماغية.

يجري «إسقاط» الصورة المرتسمة في الشبكية (وهي الحرف A في هذه الحالة) على الجزء البصري الرئيس من القشرة الدماغية، كما يجري إسقاط الصورة على الشاشة، وذلك كأحد أشكال نشاط الخلية العصبية. وتعبير «إسقاط» هنا يعني أن الألياف العصبية، أو المحاوير، التي تحمل المعطيات من قمة الحرف A في الشبكية، مثلاً، يمكن تتبع مسارها تشريحياً ووظيفياً إلى الجزء المناظر من الحرف A في الجزء البصري الرئيس من القشرة الدماغية. ويستتبع ذلك أن كل خلية عصبية في الجزء البصري الرئيس من القشرة الدماغية ضالعة في عملية تحليل المعطيات الآتية من جزءٍ محددٍ من الشبكية، أي «المجال المتقبِّل receptive field» الخاص بالخلية القشرية.

كيف يجري، بالضبط، تمثيل الصورة البصرية على الجزء البصري من القشرة الدماغية؟ . . . تخيل قطعة من القشرة بعرض 2×2 ملم تقريباً عند السطح وبعمق 5.2 ملم تقريباً (أو بحجم 10 ملم^3 تقريباً) تُشكِّل، كما سنرى لاحقاً، وحدة المعالجة الأساسية. (ولكي تتصور حجم منطقة المعالجة المبدئية في القشرة الدماغية، تذكر أن حجم حبة الأرز يبلغ 10 ملم^3 تقريباً). تتلقى هذه الوحدة المعطيات من منطقة واحدة صغيرة من الشبكية وبالتالي، فهي تتلقاها من جزء صغير من عالم المرئيات. قد تكون منطقة قشرة مبدئية معينة، مثلاً، مسؤولة عن إحدى زوايا الحرف A، كما هو مبيَّن بالتفصيل في الشكل 4 ـ 5 أ. إن كامل الجزء البصري من القشرة الدماغية مؤلفٌ من

وحدات معالجة مبدئية من هذا النوع.

وباختصار، يجري ترميز encode الضوء الآتي من كل جزء صغير من عالم المرئيات بواسطة إشارات نبضية عصبية في الشبكية، وتُرسل كل من هذه الإشارات إلى وحدة معالجة معينة في الجزء البصري الرئيس من القشرة الدماغية حيث يجري تحليلها كما سنرى بعد قليل.

دعونا الآن نقوم بتفحص الكيفية التي يجري بواسطتها تمثيل المعطيات البصرية في الجزء البصري الرئيس من القشرة الدماغية. وللقيام بذلك، نحتاج لاستعراض بعض المعلومات المتعلقة بالتنظيم الخلوي للقشرة. تضم وحدة المعالجة، التي يبلغ حجمها 10 ملم^3، الخاصة بالجزء البصري من القشرة الدماغية، ما يقارب مليوني خلية عصبية. ويرتبط هذان المليونان من العصبونات ببعضها بدارات معقدة. إن نسبة لا تزيد عن 5 ـ 10٪ فقط من الإشارات ـ أي النبضات العصبية المتدفقة عبر دارات هذه الوحدة ـ تأتي مباشرة من الشبكية، أما باقي الإشارات فيجري توليدها في القشرة الدماغية ذاتها وذلك كجزء من عملية معالجة الصورة.

تتدفق المعطيات من خلية عصبية إلى أخرى عند نقطة تماس خاصة تدعى بنقطة التشابك العصبي synapse. وتضم وحدة المعالجة ذات الحجم البالغ 10 ملم^3 ما يقارب 20 بليوناً من نقاط التشابك هذه بحيث إن كل واحدة من الخلايا العصبية، الموجودة في الوحدة والبالغ عددها مليونا خلية،

تتلقى معطيات من ما يقارب 000 10خلية عصبية أخرى. يقع معظم هذه الخلايا العصبية، التي تقوم بتأمين نقاط التشابك لعصبونة ما معينة، ضمن هذه الوحدة القشرية، لكن هناك جزءاً لا يستهان به منها يقع في مناطق مجاورة وبالتالي، تكون أبعد قليلاً. إن نسبة 5 ـ 10٪ من نقاط التشابك هذه، البالغ عددها 20 بليون نقطة والموجودة داخل الوحدة، قد تقوم بإرسال المعطيات التي تصل مباشرة من الشبكية، بينما تقوم باقي نقاط التشابك بحمل معطيات تمت معالجتها لاحقاً. إن تشكيل دارات عصبية يتطلب أليافاً عصبية أو «أسلاكاً» وهناك 40 ميلاً تقريباً من «الأسلاك» داخل هذا الجزء القشري ذي الحجم البالغ 10 ملم^3.

تنظيم الجزء البصري من القشرة الدماغية

يستطيع علماء الجملة العصبية تسجيل الإشارات الكهربائية المنبعثة من كل خلية من الخلايا العصبية القشرية لدى الحيوانات الحية، حتى في حالة اليقظة، وذلك أثناء معالجة الصور في الجزء البصري من القشرة الدماغية. وإذا أجرينا التسجيل من عصبون ما في الجزء البصري من القشرة الدماغية ومن ثم سلّطنا نقطة ضوء خفيفة على الجزء المناظر له في الشبكية، فإننا لا نكاد نلحظ أي تغيير في النشاط الكهربائي للخلية العصبية، فالعصبونات في الجزء البصري من القشرة الدماغية تتجاهل، بشكل أساسي، نقاط الضوء المنفردة، وتستجيب، بدلاً من ذلك، بشكل انتقائي لنواحٍ معينة من عالم المرئيات.

ولكي نفهم، بمزيد من الوضوح، انعدام الاستجابة هذا لنقطة الضوء، علينا أن نأخذ بالاعتبار أن كل وحدة معالجة قشرية مقسَّمة إلى ثلاثة مسارات رئيسة (انظر الشكل 4 ـ 5 ب/ ج). القسم الأول يقوم بفصل المعطيات التي تصل إلى العين اليسرى عن تلك الواصلة إلى العين اليمنى وذلك بالشكل الآتي: يجري شطر المرئيات التي تقع على كل شبكية بحيث يتجه كل ما يوجد في النصف الأيمن من المجال البصري (أي الجزء الذي يتم إسقاطه على النصف الأيسر من شبكيتي كل من العينين اليمنى واليسرى) إلى الجزء الأيسر من الدماغ، ويتجه كل ما يوجد في النصف الأيسر من المجال البصري إلى الجزء الأيمن من الدماغ. وفي هذا المكعب الصغير من القشرة الدماغية، تستجيب بعض الخلايا للإشارات الواردة من العين اليمنى فقط (أو إجمالاً)، وتستجيب خلايا أخرى للإشارات الواردة من العين اليسرى. يتم الاحتفاظ بالمعطيات، المقبلة من العينين إلى الجزء البصري من القشرة الدماغية، بشكل منفصل عن بعضها وذلك لنتمكن من الاستفادة من الفروقات الخفيفة في الصورتين لاستخلاص معطيات تتعلق بالطبيعة الثلاثية الأبعاد للعالم، وذلك من خلال الإسقاطات الثنائية البعد على كل شبكية. وتبعاً لمبدأ التمركز الوظيفي، فإن عصبونات كل من العين اليمنى والعين اليسرى تنفصل إلى شرائط stripes خاصة بالعين اليمنى وأخرى خاصة بالعين اليسرى في الجزء البصري من القشرة الدماغية، كما هو مبين في تفصيل الشكل 4 ـ 5 ب.

رؤية الخطوط في مقابل رؤية اللون

إذا شاهد حيوان ما قطعة ورق كبيرة حمراء أو خضراء اللون، فإن معظم الخلايا في وحدات المعالجة في القشرة الدماغية، التي سبق وصْفُها، تقوم بتجاهلها تماماً، فمعظم العصبونات في الجزء البصري من القشرة الدماغية مصاب بعمى الألوان. إن الدارات في الجزء البصري من القشرة الدماغية مُصمَّمة بحيث تستجيب معظم الخلايا فيها ـ أي تقوم بإصدار نبضات عصبية ـ لحافّة أو لخطٍ فقط. ولن تستجيب أية خلية معينة ما إلا إذا كان للخط موقع واتجاه في عالم المرئيات. أي أن عصبونات الجزء البصري من القشرة الدماغية تتمتع بخاصيّة «التوليف حسب الاتجاه»، ويعني ذلك أن كل خلية تستجيب بشكل انتقائي لخط أو لحافة ذات اتجاه معين (الزاوية بالنسبة للخط العمودي) في موقع معين من عالم المرئيات.

إن الخلايا مرتبة في القشرة الدماغية بحيث تستجيب العصبونات المتجاورة في القشرة الدماغية للاتجاه نفسه (وهنا أيضاً، نرى مبدأ التمركز الوظيفي)، لكن جميع الاتجاهات مُمَثَّلة ضمن كل وحدة معالجة. إن العصبونات التي تستجيب لاتجاه الخط مرتبة بشكل دولاب، وكل ذراع في الدولاب مخصصة لاتجاه بعينه. وإذا استعرضنا كامل دورة الدولاب، نجد عصبونات تستجيب بشكل انتقائي لكل اتجاهات الخط، كما هو مبين في الشكل 4 ـ 5 ج. إن هذه الدواليب تشكل المكوِّن التنظيمي الرئيس الثاني للجزء البصري من القشرة الدماغية.

ما الذي يحدث إذا للمعطيات البصرية بين الشبكية والجزء البصري الرئيس من القشرة الدماغية؟... يجري حفظ الإشارات الواردة من العينين اليسرى واليمنى، التي لا تقدم المعطيات نفسها بدقة نظراً لتباعد العينين قليلاً، بشكل منفصل وذلك كي تتمكن المناطق الصغيرة المختلفة في القشرة الدماغية من التعامل مع معطيات العين اليمنى ومعطيات العين اليسرى على التوالي.

وإذا عدنا إلى المناقشات التي احتدمت في الأكاديمية الفرنسية بشأن الخط واللون، نرى أن بوسع فريق انغريس تقديم البراهين حالياً على تفوق الخط على اللون لأن الخط هو الأكثر طبيعية: فالرسم التخطيطي يمثِّل الصورة بالشكل الذي يمثِّلها به الدماغ. أي أن الخط «يصلح أكثر» لأنه يتصل مباشرة بالطريقة التي تقوم القشرة الدماغية بواسطتها بتمثيل الصور البصرية. ولكن إلى أين يفضي كل ذلك بالدعاة العصريين لأفكار فريق دولاكروا؟... كيف يجري تمثيل اللون؟... إن المعطيات المتعلقة باللون لا تضيع عندما تصل إلى الجزء البصري من القشرة الدماغية، كما قد يُفهم من الشرح السابق، وكل ما في الأمر أن معالجتها تجري بشكل منفصل في مجموعات من الخلايا، متميزة تشريحياً، تشكِّل المكوِّن الثالث من كل وحدة معالجة.

تُدعى المنطقة المبيَّنة في مركز كل دولاب، في الشكل 4 ـ 5 ج، «النقطة» blob. النقاط هي مجموعة من الخلايا العصبية تبرز لدى معالجتها بصباغ نسيجي histological خاص

وذلك لأنها تحوي كمية من أنزيم استقلابي معين أكبر مما تحويه بقية الخلايا. يبلغ قطر «نقاط» القشرة الدماغية هذه ثلث ملم تقريباً، وهنا تجري معالجة المعطيات المتعلقة باللون. تقوم الخلايا الموجودة في هذه النقاط بتقديم المعطيات التي تتعلق بالاتجاه بطريقة أقل تنظيماً مما تقوم به عصبونات الدولاب، لكنها تستجيب للألوان بقوة، رغم أن ذلك يجري بطريقة معقدة نوعاً ما. أي أنها لا تنقل الألوان ببساطة كلون أحمر أو أخضر أو أزرق، كما تفعل مستقبِلات الضوء في الشبكية، بل تستجيب عادة لعدة ألوان معاً بطريقة منظَّمة تماماً ولكنها من التعقيد بحيث لا أستطيع شرحها هنا. إن دراسة مفصلة للطريقة التي تستجيب بها هذه الخلايا للمجموعات اللونية، تتيح لنا إلقاء نظرة معمَّقة على الكيفية التي تؤثر بواسطتها الألوان المتجاورة على بعضها بشكل إدراكي محسوس، كما تمدّنا بأساس منطقي فيزيولوجي للتلاعب الشكلي بالعلاقات اللونية الذي قام به فنانون مثل ألبرز. إن الفكرة الأساسية هنا، هي أن المعطيات اللونية يجري الاحتفاظ بها في الدماغ بشكل منفصل وتجري معالجتها من قِبَل مسار منفصل.

لقد قام جوزيف ألبرز، المعروف بتلاعبه الشكلي بالعلاقات اللونية، في مجموعته المسماة: Homage to the square، بتدريس منهج شهير في التصميم عندما كان عضواً في هيئة التدريس في جامعة ييل. كان أحد التدريبات التي لجأ إليها ألبرز يهدف إلى تطوير وسيلة للتلاعب بالخطوط، فقد كان يُزيِّن

المُحتَرَف بشرائط ورقية طويلة ملتوية بأشكال معقدة ويطلب من طلابه تمثيل الشكل الورقي المعقد عن طريق رسم حواف الورق فقط بحيث يمكن إبراز الإحساس بوجود ثلاثة أبعاد للموضوع. وقد قام، عن طريق هذا التدريب، بالاستفادة من الدارات القشرية التي تكشف الحواف وبتدريب الطلاب على التلاعب بهذا العنصر الشكلي «الطبيعي». وهناك مجموعة أخرى من التدريبات كان يطلب فيها من الطلاب أن يتلاعبوا بعلاقات لونية تشمل لوناً واحداً فقط وذلك لتعليمهم سهولة التعامل مع العنصر الشكلي الكائن في منطقة «النقطة» في القشرة الدماغية. وعندما قال جوزيف ألبرز: «نحن لا نرى الألوان على حقيقتها، إنها تغيِّر بعضها بعضاً خلال عملية الإدراك»، فهو إنما كان يقوم بوصف خاصيات الخلايا الموجودة في منظومة «النقطة».

> إن الأشكال والألوان تتوارد إليَّ بوضوح من خلال التجارب المتنوعة، أحياناً، قد أبدأ العمل بصورة جد واقعية، ولدى انتقالي من لوحة لأخرى للشيء ذاته، يصبح هذا الشيء مبسَّطاً حتى لا يعود سوى تجريد، ولكنني أعتقد أن هذا هو السبب الذي يدفعني للرسم. أشعر حالياً بضيق شديد، فهناك أشكال على ورق أصفر موجودة في ذهني منذ أكثر من سنة، لكنني لا أستطيع رؤية اللون الذي سأضعه عليها، لقد رسمتها مرة تلو الأخرى، لقد جاء كل ذلك من شيء سمعته مراراً حتى بت أسمعه مع هبات الهواء، لكنني لا أستطيع أن أجد له لوناً ـ أشكال فقط ـ لا معنى لكل هذا، ولكن لايهم.
>
> جورجيا أوكيفي (1957)
> في Cowart and Hamilton 1987

إن وحي أوكيفي إنما يأتي من لوحاتها التي يتم عندئذ تجريدها وذلك لتأكيد العلاقات الشكلية للأصل، تلك العلاقات التي يمكن فهمها بلغة الخط كما بلغة اللون.

الفنون ومعالجة الصور عند مستوى أعلى في القشرة الدماغية

لقد قمت، حتى الآن، بذكر قليل مما هو معروف عن معالجة الصور البصرية في المنطقة الأولى من المناطق المخصصة للبصر في القشرة الدماغية والتي يصل عددها إلى أكثر من ثلاثين منطقة. في المناطق البصرية اللاحقة، تحدث تفاعلات شاملة بين الأنواع المختلفة من المعطيات البصرية (اللون في مقابل الخط، مثلاً). في بعض مناطق الجزء البصري من القشرة الدماغية تقوم بعض العصبونات، نتيجة لهذه التفاعلات الشاملة على ما يبدو، بالاستجابة بشكل انتقائي لعناصر من الصورة ذات تعقيد ملحوظ وذات أهمية اجتماعية خاصة.

وقبل أن آتي على ذكر هذه المعالجة التي تحدث عند مستوى أعلى، سأقوم بإيجاز الأفكار الرئيسة التي أوردتُها حتى الآن بشأن أسلوب تمثيل الدماغ للصور. تقوم العينان بتحليل كل منطقة صغيرة في الصورة إلى ثلاثة ألوان مكوِّنة. ثم يجري ترميز encode شدة الضوء لكل لون من الألوان الثلاثة بشكل نبضات عصبية وإرسالها إلى تركيبة معينة تقع في وسط الدماغ،

الجسم الركبي الجانبي. ومن هناك، يتم ترحيل المعطيات إلى الجزء البصري الرئيس من القشرة الدماغية. عند هذا المستوى الأول، يجري تحليل الصورة بشكل أوسع بثلاث طرق على الأقل:

1 ـ اتجاه الخط أو الحافة. نوع الخلايا التي تستجيب يكشف عن الاتجاه الذي يشير إليه الخط أو الحافة وموقع تلك الحافة في عالم المرئيات.

2 ـ يجري أيضاً تحليل الصورة إلى ألوان، لكن تمثيل اللون عند هذا المستوى في القشرة الدماغية يكون أكثر تعقيداً من الألوان الأساسية لمستقبِلات الضوء في الشبكية، وهي الأحمر والأخضر والأزرق.

3 ـ وفي النهاية يجري تحليل الصورة أيضاً إلى إشارات تخص العين اليمنى وأخرى تخص العين اليسرى.

ما الذي يحدث بعد ذلك؟... يتم إرسال المعطيات من الجزء البصري الرئيس من القشرة الدماغية إلى مناطق أخرى كثيرة. تقوم كلٌ من تلك المناطق، أيضاً، بإعادة معطيات إلى الجزء البصري الرئيس من القشرة الدماغية بحيث إن عملية المعالجة الأولية تتأثر أيضاً بالمراحل اللاحقة في المنظومة. وفي تلك المناطق اللاحقة، تستمر عملية معالجة المعطيات المتعلقة بنواح مختلفة في الصورة بشكل منفصل، و لكن يجري إعلام كل مرحلة من مراحل المعالجة بنتائج الحسابات الأخرى

المتعلقة بالصورة. وبوجه عام، تنقسم المناطق البصرية العليا إلى مجريَيْن لمعالجة الصورة، يُعنى المجرى الأول بـ «ماذا»، ويُعنى الثاني بـ «أين». فاللون، مثلاً، يجري تمثيله بأوفى صورة ضمن مجرى «ماذا» بينما تُمثَّل الحركة ضمن مجرى «أين».

ولدى انتقالنا إلى مناطق أعلى من التحليل البصري، تأخذ العصبونات الموجودة في القشرة الدماغية بالاستجابة لمحرِّضات stimuli أكثر تعقيداً. ففي أحد أجزاء الدماغ المُسَمّى «القشرة الصدغية السفلية» Inferotemporal cortex، مثلاً، لا تستجيب الخلايا إلى الخط أو اللون، ولكن إلى محرِّضات معقدة كالوجوه أو إلى عناصر وجه ما، كما ذكرتُ سابقاً. وهكذا، فإن بعض الخلايا في هذه المناطق الأعلى تستجيب بشكل خاص لصور تشبه العين أو الفم، بينما تستجيب أخرى لصور معقدة متناظرة (لاحظ أهمية التناظر في الفن).

إن استخدامي للوجه في الأمثلة الأولى التي قدمتها لم يكن من قبيل الصدفة. فلو أنني لجأت لاستخدام صورة ملونة بالغة التعقيد لموضوع غير مألوف ذي أبعاد ثلاثة، لم يكن ليتم التعرُّف مباشرة على الكيفية التي تم بها تمثيل هذا الموضوع المعقد بثلاثة أو أربعة خطوط اعتباطية. لقد قمت، عوضاً عن ذلك، باستخدام صورة مألوفة لرامبرانت بريشته وتوقعت أن يتم التَعرُّف إليها فوراً. كما أن التعرُّف إلى الرسم التخطيطي لتلك اللوحة لم يكن صعباً. تتمتع الوجوه بمكانة خاصة لأنها تحمل لنا أهمية اجتماعية كبيرة. إن الفروق بين وجه فائق الجمال

وآخر شديد القبح، هي فروق ضئيلة من حيث الواقع، بضعة ميلمترات هنا وبضعة ميلمترات هناك. إن حقيقةَ أن بإمكاننا التمييز بين وجه جميل وآخر قبيح، أو التمييز بين نسخة عن لوحة شهيرة لوجه معروف وبين الأصل، تشهد بالقدرات الكبيرة لآليات المعالجة البصرية المتخصصة بموضوعات ذات أهمية اجتماعية كبيرة.

وفي الختام، أود أن أشير إلى أن الأكاديميةِ الفرنسية كانت فعلاً سابقة لعصرها في الجدال الذي يعود إلى مئتي سنة مضتا بشأن تفوق الخط على اللون، لأنها بذلك قد وضعت إصبعها على العناصر الشكلية التي هي تعبير عن الآليات الأساسية للدماغ. عندما ننظر إلى العالم (أو نستمع إليه، يمكن إجراء تحليل مماثل للقدرة على السمع والكلام وللموسيقى)، فإن الدماغ يستخدم عملية تحليلية تقوم بتحليل الموضوعات البالغة التعقيد إلى مكوِّنات أبسط تلائم المهمة التي نحن بصددها. وهذا هو ما فطن إليه الأكاديميون الفرنسيون. إن عِلْم الجملة العصبية الحديث يظهر لنا أن هذه العملية التحليلية تحدِّدها دارات الدماغ، وأن الدماغ يقوم بتحليل ما نراه أو نسمعه إلى مكوِّنات بيولوجية محدَّدة سلفاً يمكننا التعرف إليها.

إن آليات معالجة الصورة في الدماغ، التي تشكل الأساس للكيفية التي نرى بواسطتها، هي التي تحدد ما نراه عندما ننظر إلى عمل فني، وأعتقد أن وظائف مناطق أخرى معينة في الدماغ يمكن لها أن تُملي علينا كيفية سماعنا للموسيقى أو قراءتنا

للشعر. وبعبارة أخرى، إن لغة الفنون تكشف طبيعة عملية معالجة المعطيات في الدماغ، كما تعتمد الفنون، بدورها، على آليات الدماغ تلك في تحديد الأساليب التي يمكن بها للفن أن يقوم بتجريد العالم.