

تحويل إشارات الدماغ إلى موسيقى

من ذلك، فواقع أن ثمة آلة يمكنها قراءة مؤشرات من الدماغ قد ألهمز خيال العلماء والفنانين وأصحاب المواهب الأخرى، ليشق جهاز التخطيط للدماغ طريقه إلى مجموعة من التطبيقات المختلفة. في بداية السبعينيات من القرن الماضي، قام جاك فيدال بالخطوة التجريبية الأولى للتواصل مع كمبيوتر عبر جهاز التخطيط هذا، وتم نشر نتائج تجربته العام 1973. في أطروحة تحت عنوان «نحو تواصل مباشر بين الدماغ والكمبيوتر». ويُعرف حفل الأبحاث هذا بـ «التواصل البيئي للدماغ/كمبيوتر» . BCI (Brain-Computer Interface)

ويعكس تخطيط الدماغ النشاط العام للمليارات الخلايا العصبية في الدماغ في إطار تحرك الشحنات، إلا أن الأقطاب الكهربائية يمكنها أن تتحرى ذلك في المناطق السطحية من القشرة الدماغية Cortex.

وإشارات التخطيط الدماغية صعبة الالتقاط، إذ أنها تمر عبر السحايا (وهي الأغشية التي تفصل القشرة الدماغية عن الجمجمة)، فضلاً عن الجمجمة وفروة الرأس قبل أن تصل إلى الأقطاب. وأكثر من ذلك، إذ أن الإشارات الواصلة إلى الأقطاب الكهربائية هي مجموع الإشارات المنبعثة من عدة مصادر محتملة، من بينها ضربات القلب ورفات العين. ورغم أن بوسع الخبراء أن يشخصوا مكامن القصور في الدماغ من الرسم التخطيطي للجهاز المختص، فإن الإشارات تحتاج للخضوع إلى تقنيات معالجة وتخطيط بغية الاستفادة منها فعلياً.

ومن بين عدد من المقاربات التي يتم اتباعها عادة في تحليل تخطيط الدماغ، تظهر تقنيتا «تحليل طيف الطاقة» Power Spectrum Analysis، و«تحليل هايورث» Hjorth Analysis.

تحليل طيف الطاقة Spectrum Power

إن هذا النوع من التحليل يشق من تقنيات تعمل على تفكيك إشارات تخطيط الدماغ إلى نُطُق التردد المختلفة، وتكشف توزيع الطاقة في ما بينها. والخطوة هذه تُجدي نفعاً، حيث أن توزيع الطاقة في طيف الرسم التخطيطي يمكن أن يعكس حالات محددة للنشاط الدماغية. على سبيل المثال، فإن طيفاً بمكونات ذات تردد خفيض يمكن أن يشترك مع حالة من الدوران، في حين أن طيفاً بمكونات ذات تردد عال يمكن أن يشترك مع حالة من التيقظ والاحتراس الشديد.

وفيما يلي خمسة من نُطُق التردد المعروفة في نشاط الدماغ، ويشار إليها أيضاً بإيقاعات التخطيط الدماغية، كل منها يشترك مع حالة ذهنية محددة: نُطُق أو إيقاعات دلتا، وثيتا، وألفا، وبيتا خفيفة، وبيتا عالية.

في نتائج لأبحاث مكثفة متعددة المسارات تشمل معاً علم الأعصاب، والهندسة الطبية، إلى جانب تكنولوجيا الموسيقى وفنون تأليفها، طرحت جامعة بلايموث (Plymouth) البريطانية مشروعاً مذهباً يستخدم موجات الدماغية أو المعلومات والإشارات والموجات الصادرة عن جهاز التخطيط الكهربائي للدماغ EEG (Electroencephalogram)، لتأليف وتشغيل الموسيقى في الوقت الفعلي. إن أول من قام بقياس موجات الدماغ البشري كان العالم هانز بيرغر في العام 1924. ولقد غدا «جهاز التخطيط الكهربائي للدماغ، اليوم إحدى الأدوات الأجدى نفعاً في تشخيص مرض الصرع والإعتلالات العصبية الأخرى. بل أكثر

ثمة عدد متزايد من الأبحاث حول العالم في هذا الحقل، وتلا ذلك محاولات عدة حققت درجات مختلفة من النجاح. فعلى سبيل المثال، طوّر العالم جونانان فولباو وزملاؤه في العام 1990 نظاماً يتيح تحكماً بدائياً بسهم مؤشر الماوس في الكمبيوتر من قبل أشخاص دُربوا على استخدام الإشارات الصادرة عن جهاز تخطيط دماغهم لتحريك هذا المؤشر بطرق بسيطة.

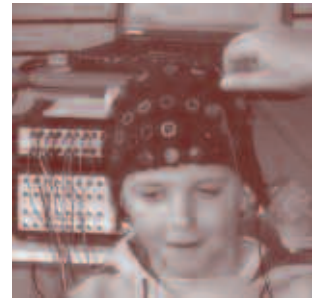
ويعود الفضل في إبداع هذه التطبيقات الموسيقية إلى تطوير نظام التواصل البيئي هذا، إلى جانب تقنيات موسيقية مطوّرة ابتكرت خصيصاً لهذه الأنظمة، وتسمى «التواصل البيئي الموسيقي للدماغ/كمبيوتر» BCMI (Brain-Computer Musical Interfaces). ويعمل الباحثون على إتاحة السبل الكافية لاستخدام هذا التواصل المتطور كتقنية مساعدة لمنح الأشخاص الذين يعانون من معوقات جسدية حادة، الفرصة لتأليف موسيقاهم الخاصة.

والجهاز هذا لا يمثل سيطرة بالإيحاء، بأن تحرك ذراع روبوت بمجرد التفكير حصرياً بتحريك الذراع، بل عبر توظيف «الذكاء الصناعي» بغية الإتاحة لتفسير نماذج التخطيط الدماغية بأنماط موسيقية، في إطار تواصل الإنسان مع الآلة.

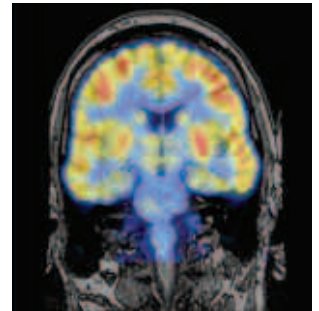
جهاز التخطيط الكهربائي للدماغ EEG

إن النشاط العصبي في الدماغ يُولد حقولاً كهربية يمكن تسجيلها بأقطاب كهربائية تُلصق على فروة الرأس. الرسم المرئي للإشارات الصادرة هو ما يسمى بتخطيط الدماغ، والعبارة هذه أوضحت اليوم تشير إلى منهج القياس أو حتى الحقول الكهربائية بعد ذاته. والإشارات الكهربائية ضعيفة للغاية لا تتجاوز قوتها جزءاً من المايكروفولت، ما يستدعي تكبيرها على نحو شديد بغية استعراضها، وبالتالي معالجتها.

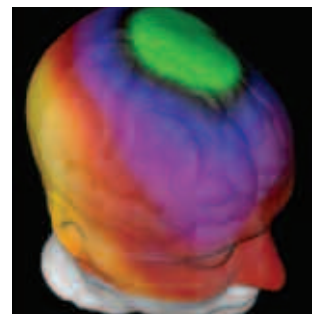
ويتم تخطيط الدماغ عبر قياس نسبة اختلاف الفولتاج ما بين قطبين إثنين أو أكثر من الأقطاب الكهربائية على سطح فروة الرأس، على أن يُعتبر أحدها قطباً مرجعياً.



موجات الدماغ يتم التقاطها عبر قبعة خاصة



يولد الدماغ إشارات يمكن تحويلها إلى موجات إلكترونية



تختلف الإشارة حسب منطقة الشعور في الدماغ



نموذج من تحليل هايورث



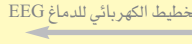
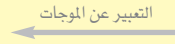
التخطيط الكهربائي للدماغ EEG



التعبير عن الموجات



ممزوفات MIDI



لكن الأمر لا يخلو من بعض الجدل حول الحدود الدقيقة لترددات هذه النُقط، ومدى تطابقها مع الحالات الذهنية.

تحليل هايورث Hjorth

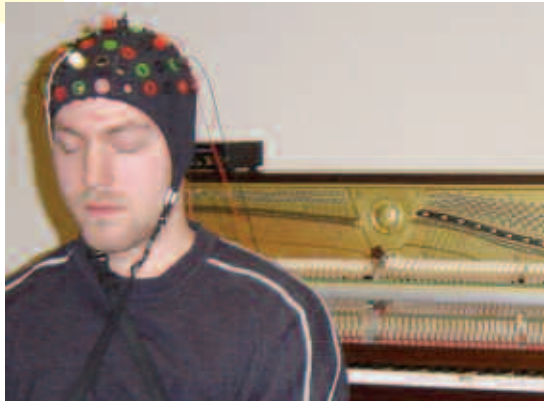
وتتبع تقنية التحليل هذه منهجاً مهماً يقوم على قياس ثلاثة نواحي لإشارات التخطيط الدماغى: درجة النشاط، ودرجة الحركة، ودرجة التعقيد. وفي الأساس يستند هذا التحليل إلى أطوال الموجات، مقارنة بالاستغراق الزمني.

ويُصار في هذا المنهج التحليلي إلى قياس الإشارة على فترات متعاقبة تتراوح ما بين ثانية إلى عدة ثوان، ويُستخلص منحنيان بتحديد التغيرات الطارئة على الأطوال الموجية للإشارة خلال الفترة الزمنية الأولى والثانية.

الاشتقاق الأول يتمثل بمعدل التغيير في أبعاد موجة الإشارة، وهو لا يعدو عن كونه صفر ما بين أوج الموجات وحضيضها، في حين يصبح إيجابياً أو سلبياً في المراحل الأخرى وفق ارتفاع أو انخفاض سعة الموجة مع الوقت، فأدنى ما يكون انحدار الموجة، أعلى ما تكون نسبة الاشتقاق الأول، وهكذا دواليك.

«بيانو التواصل البيئي الموسيقي للدماغ/كمبيوتر، BCMI-Piano»

ويقع هذا الجهاز ضمن فئة الأنظمة الموجهة بالكمبيوتر، وتستند إلى قدرة المستخدم على تعلم سبل التحكم بنواح محددة في إشارات التخطيط الدماغى لديها، ما يمنحهم القوة على إمكانية التحكم بالأحداث في محيطهم. وثمة أمثلة حول أشخاص تعلموا كيفية توجيه إشاراتهم الدماغية



لاختيار أحرف لكتابة كلمات على شاشة الكمبيوتر. إلا أن الدافع من وراء بيانو BCMI يختلف قليلاً عن هذه الأنظمة من حيث قدرة الشخص على تأليف الموسيقى «لاستنباط معاني إشاراته الدماغية»، وذلك بناء على الافتراض بأن المعلومات الفيزيولوجية يمكن أن تشارك مع نشاطات ذهنية محددة.

وتمت برمجة نظام بيانو BCMI للبحث عن معلومات في إشارات التخطيط الدماغى، ومقارنة النتائج مع أنماط موسيقية محددة. وعلى سبيل المثال، إذا ما تحرّى النظام إيقاعات ألفا بارزة في التخطيط الدماغى، فيمكن أن يُفعل عمليات محددة تؤلف مقاطع موسيقية على نمط أعمال «روبرت شومان» الموسيقية. ويتألف جهاز بيانو نظام BCMI من أربع وحدات رئيسية هي: «خوذة الدماغ»، «جهاز التحليل»، «محرك الموسيقى»، و«أداة الأداء».

ويتم وضع سبعة أزواج من الأقطاب الكهربائية مخصصة لتخطيط الدماغ ومصنوعة من الذهب على فروة الرأس على شكل دائرة لتغطي مبدئياً مجمل القشرة الدماغية. الأقطاب هذه يتم وصلها بجهاز تضخيم للإشارات البيولوجية، وبالتالي إلى جانب أداة لتحليل البيانات وفق تقنيتي «طيف الطاقة» و«هايورث» المذكورين آنفاً.

وتقوم وحدة التحليل بتوليد سياقين من معايير التحكم، ويحتوي السياق الأول على معلومات حول نطاق التردد الأبرز في الإشارة ليتم استخدامه عبر «محرك الموسيقى» لتأليف مقاطع موسيقية. والنسخة الحالية لجهاز بيانو BCMI، تقوم بتفعيل قواعد لنمطين مختلفين من الموسيقى استناداً إلى ما إذا كان التخطيط الدماغى يؤشر إلى مكونات (أو إيقاعات تخطيطية) ذات تردد خفيض أو تردد عال.

أما السياق الثاني، فيحتوي على معلومات حول درجة تعقيد الإشارة، ويتم استخدامه عبر «محرك الموسيقى» للتحكم بسرعة الحركة الموسيقية.

ويندرج في صميم وحدة «محرك الموسيقى» مجموعة من قواعد الموسيقى التأليفية، كل منها تُنتج مقياساً موسيقياً، ويعمل الجهاز كما يلي: في كل مرة يُنتج الجهاز معياراً موسيقياً، يقوم بتفقد طيف الطاقة لتخطيط الدماغى في تلك اللحظة

ويُفعل القواعد التي ترتبط بالإيقاع التخطيطي الأبرز في الإشارة، ويتوافق ذلك مع سرعة إيقاع متوافقة (مثلاً 120 ضربة في الدقيقة) يتم تعديلها باستمرار تناغماً مع تحليل درجة التعقيد في الإشارة (وفق تحليل هايورث على سبيل المثال). وفي النهاية، يرسل محرك الموسيقى معلومات MIDI للأداء (أي البيانو). ولقد اعتمدت جامعة بلايموث في اختبارات نظام BCMI، على بيانو «ديسكلافير» Disklavier من شركة «ياماها» الشهيرة بصنع الأدوات الموسيقية.

تذليل العقبات

والمشروع هذا الذي يهدف لإتاحة الفرص أمام أصحاب الإعاقة الجسدية للتمتع بتأليف الموسيقى وإظهار مواهبهم، يصطدم بعقبتين يعمل الخبراء على تذليلهما.

الأولى تتمثل في مشكلة تفسير معنى إشارات التخطيط الدماغى رغم توافر الأدوات الرياضية الفعالة، للحصول على استدلال تحليلي يربطها بالإدراك الموسيقي.

إلا أن التقدم المستمر في حقل «علم الأعصاب الإدراكي»، من شأنه أن يُحسن من أساليب التفسير المناسب. وما أن يُحقق هذا الإنجاز، سيغدو بوسعنا برمجة أجهزتنا للتعرف على نماذج من النشاط الإدراكي في الموجات الدماغية، وبالتالي تفعيل المعادلات الخوارزمية الموسيقية الملائمة مع تلك النماذج.

أما العقبة الثانية التي تتطلب حلاً مناسباً، فتتعلق في الطبيعة المزعجة لاستخدام تقنيات الأقطاب الكهربائية في التخطيط الدماغى، فوضعها على الرأس يثير ضيقاً وتلملاً. وثمة ابتكارات جديدة في تصميم أجهزة التحسس والتخطيط الحديثة. وتتوافر اليوم شرائح لاسلكية ذاتية المسح/ذاتية التحليل، يمكن وضعها على الرأس مع مضخمات إشارات صغيرة الحجم، وبالتالي يصبح من الممكن بناء مضخمات إشارات تخطيطية قابلة للوضع على الرأس مع أدوات مبيّنة لمعالجة الإشارات ونقل البيانات لاسلكياً. وهناك توجه لدى الباحثين لاستعمال تقنيات تحسس وتصوير دماغ أخرى قد تشكل في المستقبل القريب نقلة نوعية في هذا التواصل المبدع بين الإنسان وأدوات التكنولوجيا.