الدماغ لا يبدأ من الصفر في تعلم أشياء جديدة ومعقدة، بل يوظف المعرفة القبلية بعد تفكيكها وإعادة تركيبها.

يتمتع البشر بقدرة على التكيف بسرعة مع المعلومات الجديدة والصعوبات غير المألوفة بسهولة نسبية وذلك باستخدام معرفتهم القبلية لمعرفة أشياء جديدة، مثـًلا، بإمكانهم تعلم برامج وتطبيقات حاسوبية جديدة، أو الطبخ وفقـًا لوصفة طبخ جديدة، أو تعلم لعبة جديدة - بينما تجد أنظمة الذكاء الاصطناعي صعوبة في تعلم الأشياء على الطاير (سريعـًا أو تلقائيـًا)، [وذلك لعدم قدرتها على استخدام المعرفة القبلية وحاجتها إلى التدريب على بيانات هائلة جديدة].

في دراسة حديثة، كشف باحثو علم الأعصاب في جامعة برينستون عن أحد أسباب تفوق الدماغ على الذكاء الاصطناعي، من حيث إعادة استخدام نفس "الوحدات" الادراكية (التعرف على الأنماط، والذاكرة، والانتباه، والاستدلال المنطقي، واشتقاق المفاهيم، والمقارنة، وكبح الاندفاعات واتخاذ القرارات، والتعلم من التغذية الراجعة) في الكثير من المهام المختلفة. ومن خلال دمج هذه الوحدات وإعادة تفعيلها لمهام أخرى مختلفة، يستطيع الدماغ تكوين سلوكيات جديدة بسرعة دون الحاجة إلى تدريب خاص لكل مهمة على حدة، ويستفيد منها في مجالات أخرى.

قال الدكتور تيم بوشمان Tim Buschman، المؤلف الرئيس للدراسة والمدير المساعد لمعهد برينستون لعلوم الأعصاب: "تستطيع نماذج الذكاء الاصطناعي المتطورة الوصول إلى مستوى الأداء البشري، أو حتى تتفوق عليه أحيانًا، في مهمة محددة في كل مرة.، لكنها عادةً ما تعجز عن التكيف عند تكليفها بأداء أنواع متعددة من المهام أو التنقل بينها. لكننا وجدنا أن الدماغ يتمتع بمرونة عالية لأنه قادر على إعادة استخدام مكونات الإدراك في الكثير من المهام المختلفة. وهذا يعني أن الدماغ لا يُنشئ عملية ذهنية جديدة تمامًا لكل مهمة جديدة، بل يعتمد على وظائف ذهنية موجودة مسبقًا ويستخدمها مجددًا بتراكيب مختلفة، ومن خلال تجميع هذه "الوحدات الإدراكية،" تمامًا كما لو كان يركب مكعبات الليغو، للتعامل مع مهمة جديد، يستطيع الدماغ بناء مهام جديدة." إذن، الذكاء الاصطناعي اليوم متخصص، لكنه غير مرن، بينما الدماغ البشري يتمتع بالمرونة، وذلك لأنه يعيد استخدام نفس الوحدات الإدراكية للقيام بمهام أخرى جديدة.

الدراسة (3) المنشورة في مجلة Nature في 26 نوفمبر 2025 تفيد بأن هذا النظام الإدراكي والقابل لإعادة الاستخدام هو السبب الرئيس لقدرة البشر على تعلم مهام جديدة بسرعة (على الطاير) وعلى التكيف بسرعة مع المواقف والأوضاع الجديدة، بينما تواجه أنظمة الذكاء الاصطناعي صعوبات في التكيف، إذ هي غالباً ما تحتاج إلى تدريب منفصل لكل مهمة ولا تستطيع إعادة استخدام نفس الآليات الداخلية بمرونة. ولكن فهم قدرة الدماغ على إعادة استخدام المعرفة القبلية قد يساعد في تصميم ذكاء اصطناعي أكثر مرونة في المستقبل.

إعادة توظيف القدرات لمواجهة تحديات جديدة

إذا أجاد شخص صيانة دراجات هوائية، فقد يسهل عليه إصلاح دراجات نارية. هذه القدرة على تعلم شيء جديد وذلك بإعادة توظيف مهارات (قدرات) أبسط من المهام المتعلقة بالشيء الجديد هي ما يسميه الباحثون بمدأ "التركيبية" [مثلًا، يتحدد معنى العبارة المركبة حصراً بمعاني أجزائها وبنيتها النحوية].

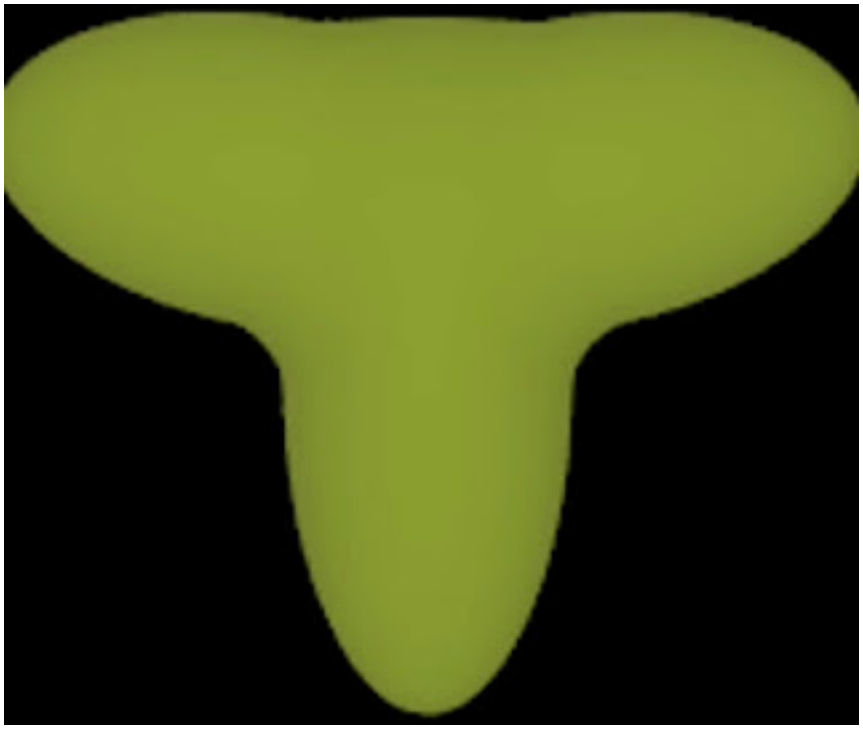
يقول الدكتور سينا تفضلي، الباحث ما بعد الدكتوراه في مختبر بوشمان بجامعة برينستون والمؤلف الرئيس للدراسة الجديدة: "إذا كنت ممن يجيد خبز الخبز، فبمقدورك استخدام هذه المهارة لخبز الكعك أو الكيك بدون الحاجة إلى

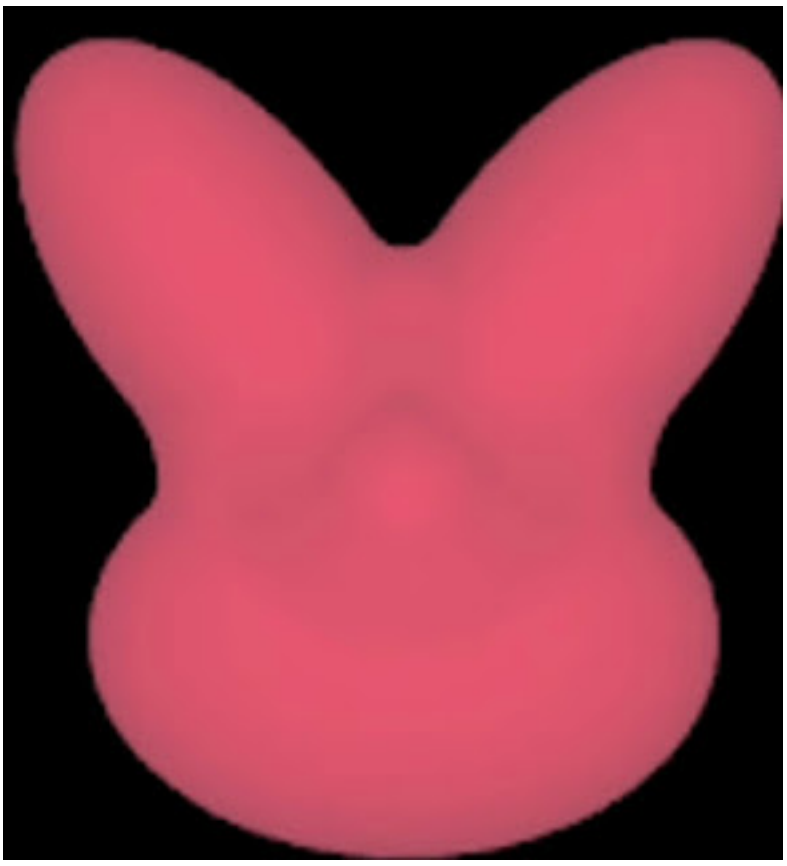
تعلم خبزها من الصفر. فأنت تقوم بتوظيف مهاراتك الحالية (معرفتك القبلية) - مثل استخدام الفرن، وقياس المكونات، وعجن الطحين - وضمها إلى مهارات جديدة، مثل خفق العجين وصنع كريمة التزيين، لابتكار شيء مختلف تمامًا."

الأدلة على كيف يكتسب الدماغ لهذه المرونة الإدراكية محدودة، بل ومتعارضة أحيانًا. ولتوضيح كيف يكتسب الدماغ هذه القدرة على التكيف، درّب الدكتور تفضلي اثنين من ذكور قرود المكاك الريسوس على أداء ثلاث مهام مترابطة أثناء رصد نشاط أدمغتهم.

بدًلا من خبز الخبز أو إصلاح الدراجات، أدّى القردان ثلاث مهام تصنيف. وكما هو الحال في محاولة فهم الوصفة التي يكتبها الطبيب بخط يده، والتي عادةً ما تكون غير واضحة وغير مرتبة من خلال تفسير
الصيدلي للقرائن والسياق، كان على القردين الحكم على ما إذا كانت بقعة ملونة تشبه بالون على شاشة أمامهما أقرب إلى شكل أرنب أم إلى شكل حرف "T" (تصنيف الشكل)، أو ما إذا كانت أقرب إلى اللون الأحمر أم الأخضر (تصنيف اللون).

للوهلة الأولى، بدت المهمة بسيطة أو سهلة، ولكن في الواقع، كانت أصعب بكثير مما كان متوقعًا.: فقد تباينت البقع في غموضها، ففي بعض الأحيان كانت تشبه أرنبًا أو لونًا مشبعًا بالحمرة بشكل واضح، بينما في أحيان أخرى الفروق كانت غير جلية.





شكل أرنب وشكل حرف الـ T

للإشارة إلى الشكل أو اللون الذي يتصوره القرد للبقعة، يصدر صوت طنين حين ينظر في إحدى الاتجاهات الأربع المختلفة. في إحدى المهام، بنظره القرد إلى اليسار يعني أنه رأى شكًلا يشبه أرنبًا، بينما بنظره إلى اليمين يعني أنه رأى شكًلا يشبه حرف "T".

ومن السمات الرئيسة للتصميم أنه بالرغم من أن كل مهمة كانت فريدة من نوعها، إلا أنها كانت تشترك أيضًا في بعض العناصر مع المهام الأخرى.

أتاح هذا التصميم التجريبي للباحثين اختبار ما إذا كان الدماغ يعيد استخدام الأنماط العصبية - وهي الوحدات الأساسية لوظائفه الإدراكية - في المهام التي لها عناصر مشتركة.

تُعزز هذه اللبنات المرونة الإدراكية (2)

بعد تحليل أنماط النشاط في الدماغ، وجد تفضلي وبوشمان أن قشرة الفص ما قبل الجبهي - وهي منطقة في مقدمة الدماغ مسؤولة عن الوظائف الإدراكية العليا - تحتوي على العديد من أنماط النشاط المشتركة والقابلة لإعادة الاستخدام بين الخلايا العصبية التي تعمل لتحقيق هدف مشترك، مثل تمييز الألوان.

وصف بوشمان هذه الوحدات بأنها "مكعبات الليغو الإدراكية" في الدماغ، أي وحدات يمكن دمجها وتركيبها أو ترتيبها بمرونة وبأساليب جديدة ومختلفة لابتكار سلوكيات جديدة. تجري في الدماغ عمليات إدراكية أساسية، (المذكورة أعلاه) تعمل بنفس الأسلوب. ويدمجها وإعادة تركيبها وفقًا للوضع والظروف واستخدامها لمهام مختلفة، يستطيع ابتكار سلوكيات جديدة دون الحاجة إلى ابتكار آليات عقلية جديدة

إذن، يعتمد الدماغ على عمليات عقلية قابلة لإعادة الاستخدام، والتي يمكن إعادة تركيبها بأساليب مختلفة للتعامل مع مهام وسلوكيات وأشياء جديدة.

وقال بوشمان: "الوحدة الإدراكية شبيهة بوظيفة في برنامج حاسوبي. قد تميز مجموعة من الخلايا العصبية الألوان، ويمكن ربط مخرجاتها بوظيفة أخرى تعمل على ترجمة التفكير إلى سلوك أو فعل ما. هذا التنظيم يسمح للدماغ بأداء مهمة ما من خلال تنفيذ كل مكون من مكونات تلك المهمة بالتتابع."

لأداء إحدى مهام التعرف عل الألوان وتصنيفها، يقوم الحيوان بربط وحدة التعرف على لون الصورة مع وحدة أخرى تحرك العينين في اتجاهات مختلفة. وعند تغيير المهام، كالانتقال من تمييز الألوان إلى تمييز الأشكال، يقوم

الدماغ ببساطة بربط الوحدات الإدراكية المناسبة لتمييز الشكل ويحرك العين نفسها. هنا لا يبدأ الدماغ في هذه الحالة من الصفر. ولكن يحتفظ بنفس اتجاه حركة العين. وبعبارة أخرى، يعمل الدماغ على المهام الجديدة بإعادة استخدام الوحدات الادراكية القديمة بعد دمجها بأساليب جديدة. وهذا يجعل الانتقال بين المهام سريعًا وسهلاً

الدماغ يستخدم وحدات صغيرة - مجموعات دقيقة من الخلايا العصبية - لكل منها وظيفة محددة. لأداء إحدى مهام الألوان، ربط الحيوان وحدةً لحساب لون الصورة بوحدة أخرى مسؤولة عن تحريك العينين في اتجاهات مختلفة. وعند التنقل بين المهام، كالانتقال من الألوان إلى الأشكال، ربط الدماغ ببساطة الوحدات المناسبة لحساب الشكل وتحريك العينين بنفس الطريقة. وحين يحتاج إلى أداء مهمة تتعلق بالألوان، يقوم الدماغ ببساطة بربط هاتين الوحدتين معًا. إذا تغيرت المهمة - لنفترض أنه يحتاج الآن إلى النظر إلى الأشكال بدًلا من الألوان - فإن الدماغ لا يعيد بناء كل شيء. بل ببساطة يفصل ((لا يحتار) وحدة الألوان ويختار وحدة الأشكال، مع الحفاظ على وحدة حركة العين نفسها.

فلو تخيلنا أن الدماغ مكونًا من مجموعة من مكعبات الليغو، إحدى وحدات الليغو تعرف كيف تميز الألوان، بينما وحدة ليغو أخرى تعوف كيف تحرك العينين. فعندما يحتاج الحيوان إلى أداء مهمة تتعلق بالألوان، يقوم الدماغ ببساطة بربط هاتين الوحدتين معًا. فإذا تغيرت المهمة - لنفترض أنه يحتاج الآن إلى النظر إلى الأشكال لا إلى الألوان - فإن الدماغ لا يعيد بناء كل شيء. بل ببساطة لا يختار وحدة الألوان ويختار وحدة الأشكال، مع الحفاظ على وحدة حركة العين نفسها. لماذا هذا مهم؟ لأنه يُثبت أن الدماغ يعمل بطريقة مرنة وقابلة للتعديل. فبدًلا من إعادة التركيب من جديد لكل مهمة جديدة، فإنه يعيد تجميع الأجزاء الموجودة لديه قبًلا، تمامًا كما يستبدل قطع الليغو لبناء شيء جديد. تُعدّ هذه المرونة إحدى القدرات الخارقة للدماغ، وهي سبب رئيس لقدرة الحيوانات (بما في ذلك البشر) على التنقل بين المهام بسرعة فائقة.

لوحظت هذه القدرة على إعادة استخدام نفس "الوحدات الأساسية" للنشاط العصبي لتكوين تمثيلات ذهنية مختلفة بشكل رئيس في قشرة الفص الجبهي، وليس في مناطق أخرى من الدماغ التي خضعت للدراسة. فهذه تعتبر خاصية مميزة لهذه المنطقة الدماغية، والتي قد تكون مُلائمة بشكل فريد للتفكير المرن والمجرد، والتخطيط، والاستدلال العقلي، حيث يبدو أن قشرة الفص الجبهي مصممة خصيصاً لدمج وتنسيق المكونات العقلية بمرونة، مما يساعد في الوظائف الإدراكية العليا، مثل اتخاذ القرارات وحل المشكلات والتكيف مع المواقف والأوضاع الجديدة.

وجد تفضلي وبوشمان أيضًا أن قشرة الفص ما قبل الجبهي تثبط الوحدات الإدراكية عندما لا تكون قيد الاستخدام، مما يُرجح أن هذا العمل يُساعد الدماغ على التركيز بشكل أفضل على المهمة الحالية.

يقول تفضلي: "للدماغ قدرة محدودة على التحكم الإدراكي (التحكم في الوظائف الادراكية التنفيذية (1)). لكن لا يمكن أن يستخدم الواحد جميع. مهاراته وقدراته بكامل طاقته في نفس الوقت نفسه. ولكن عليه التركيز على بعضها ليتكمن من التركيز على تلك المهمة محل التركيز وتحسين الأداء، وكبح جماح القدرات الأخرى. فعلى سبيل المثال، يركز على تصنيف الأشكال مؤقتًا ويحد من القدرة على تمييز الألوان لأن الهدف هو تمييز الأشكال، وليس الألوان." لذلك، تّخصص بعض القدرات مؤقتًا لتوفير مساحة ذهنية وطاقة أكبر للقدرات الأكثر صلة بالهدف المناط. وهذا من شأنه أن يقلل من عوامل التشتت الناتجة عن القدرات غير المطلوبة حاليًا، حتى وإن كانت قيّمة في مهمات أخرى. فالتركيز يزيد من الأداء، بينما تشتت الجهود يُضعف الأداء. ولذلك تتغير الأولويات تبعًا للظروف، فما هو مهم الآن قد يتغير في وقت لاحق.

قال تفضلي: "إحدى المشكلات الرئيسة في التعلّم الآلي هي التداخل الكارثي. فعندما يتعلّم جهاز أو شبكة عصبية شيئًا جديدًا، فإنه ينسى ويستبدل ذكريات هذا الشيء السابق (وتحل الذاكرة للشيء الجديد مكان الأولى). فإذا كانت الشبكة العصبية الاصطناعية تعرف كيف تخبز كعكة في السابق، ثم تعلّمت كيف تخبز بسكويت، فإنها ستنسى كيف تخبز الكعكة."

في المستقبل، قد يُسهم دمج الخاصية التركيبية في الذكاء الاصطناعي في إنشاء أنظمة تتعلّم باستمرار مهارات جديدة دون أن تنسى المهارات القديمة.

قد تُسهم هذه الأفكار نفسها في تحسين الطب لعلاج المصابين باضطرابات عصبية ونفسية. فحالاتٌ مثل الفصام، والوسواس القهري، وبعض إصابات الدماغ، تُضعف غالبًا قدرة الشخص على تطبيق مهاراته أو قدراته القبلية في سياقات جديدة، وربما ينجم ذلك عن خلل في كيفية إعادة الدماغ تجميع وحداته الإدراكية.

يقول تفضلي: "تخيّل لو اكتشفنا كيف يعمل التفكير في الدماغ (كيف يقوم بربط الوحدات الإدراكية) وأصبحنا قادرين على مساعدة الناس على استعادة قدرتهم على تغيير استراتيجياتهم، وتعلّم عادات ومهارات جديدة، أو التكيّف مع التغيير. فإن فهم كيف يعيد الدماغ استخدام المعرفة القبلية وإعادة تركيبها (أو تنظيمها) قد يُساعدنا في ابتكار وتصميم علاجات أو أساليب تدريب تساعد المرضى، الذين فقدوا هذه القدرة نتيجة إصابة دماغية أو تقدم في السن أو مرض عصبي، على استعادة التفكير المرن."