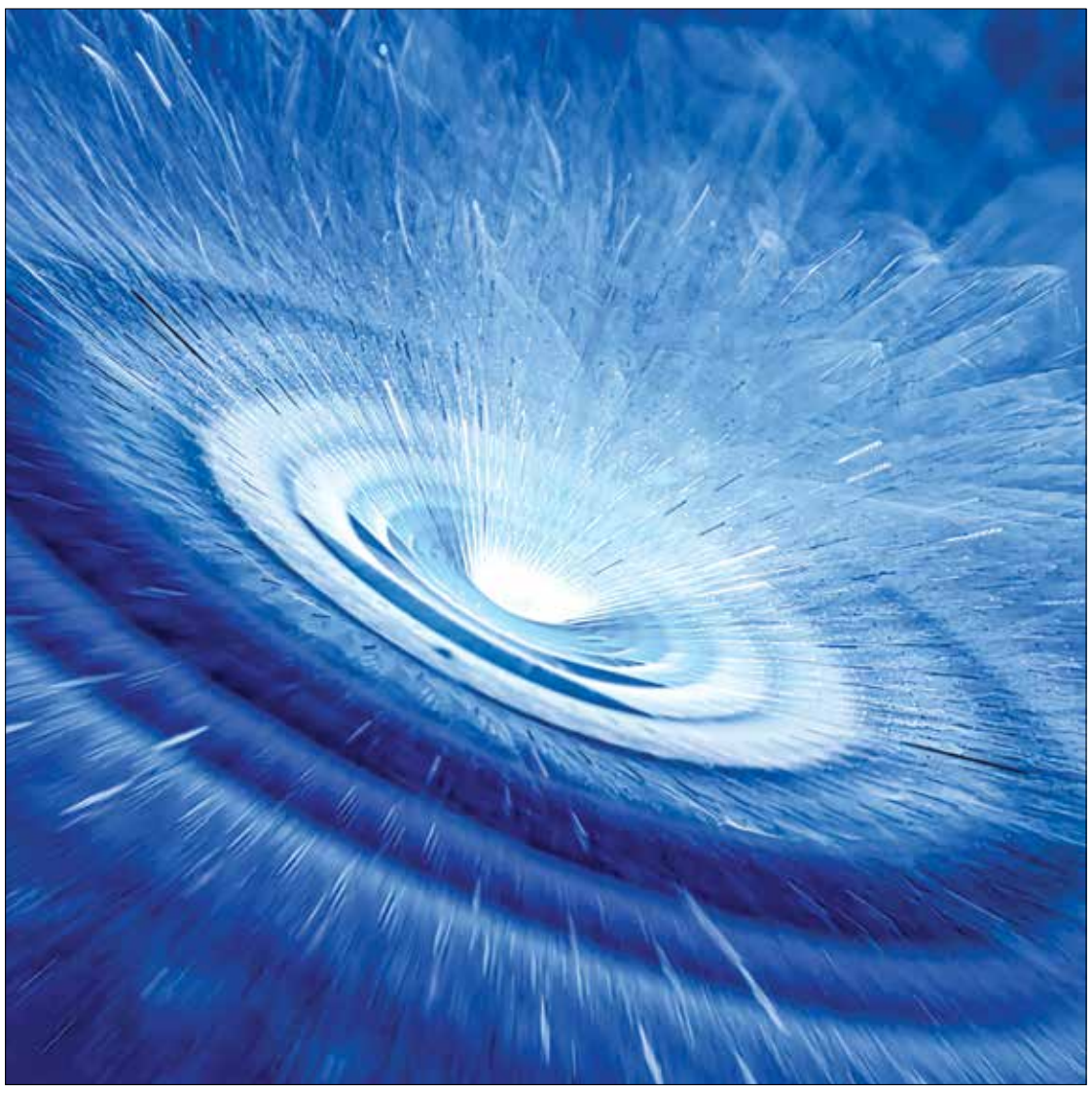
هل حان وقت اكتشاف الثقوب البيضاء؟ [2/1]

على نقيض الثقوب السوداء، تطرد الثقوب البيضاء المادة والضوء من دون أن تمتص أياً منهما. ويؤسس اكتشاف هذه الأجرام لمفهوم الجاذبية الكمومية

هشام حدانة



هذه النجوم الغريبة (الثقوب البيضاء) ليست سوى مجرد فضول رياضي حيث لا تزال افتراضية (Getty)

لا أحد يشك اليوم في وجود الثقوب السوداء، تلك الأجرام الكونية الضخمة التي تجذب إليها كل ما يقترب منها، حتى الضوء نفسه لا يفلت من جاذبيتها القوية. فمنذ تنبؤ ألبرت أينشتاين بوجودها عام 1915، وصدور نظرية النسبية العامة، استطاع العلماء إثبات وجودها من خلال الملاحظات والتجارب. وبنفس الطريقة، يمكن تكرار إثبات وجود الثقوب البيضاء، تلك الأجسام الغامضة التي تنبأت بها أيضاً نظرية النسبية العامة. وتُعد الثقوب البيضاء عكس الثقوب السوداء تماماً، فهي تُطلق المادة والضوء بدلاً من امتصاصهما.

فكما يستحيل الهروب من الثقب الأسود، يُعتقد أيضاً أنه من المستحيل الدخول إلى الثقب الأبيض، الذي يُطلق عليه أحياناً اسم «النافورة البيضاء». وبالنسبة للكثيرين، تُعدّ هذه النجوم مجرد مفاهيم رياضية غريبة، لكن بعض العلماء بدأوا يُؤمنون بوجودها بشكل جاد، خاصةً بعد وضع سيناريوهات مُقنعة لتكوينها، حيث يعتقدون أنّها المرحلة النهائية في تطور الثقوب السوداء.

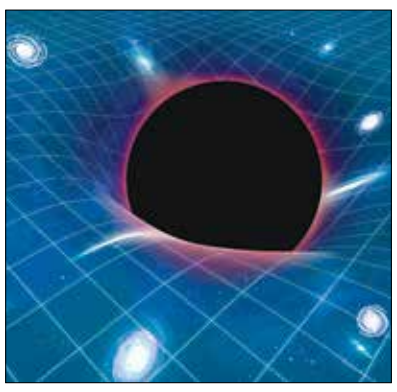
نشأة الثقب الأسود

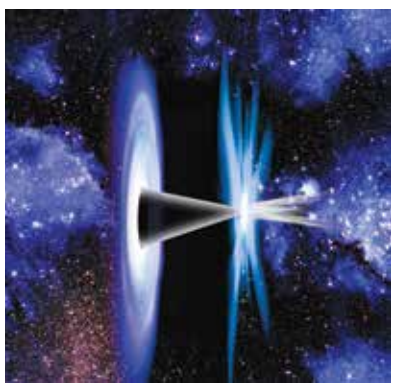
ظلّت الثقوب البيضاء، عكسَ نظيراتها السوداء، غامضةً لفترةٍ طويلة، كما يوضح الفيزيائي كارلو روفيلي من مركز الفيزياء النظرية (CNRS). ويُعزى ذلك إلى عدم وجود آليةٍ بسيطةٍ تفسر نشأتها، على عكس الثقوب السوداء التي شرحتها نظرية النسبية العامة بوضوح. وفي كتابه الحديث عن هذه الأجرام الغامضة، يضع روفيلي، إلى جانب باحثين آخرين، سيناريو لتشكّل الثقوب البيضاء. أما بالنسبة لنشأة الثقوب السوداء، فقد أوضحتها نظرية النسبية العامة بشكلٍ دقيق: عندما يصل نجم ضخم، يفوق كتلة الشمس بثلاثة أضعاف على الأقل، إلى نهاية حياته، ينهار على نفسه، في ظاهرة تُعرف باسم «انهيار الجاذبية». وينتج عن هذا الانهيار انفجار هائل يُسمى «سوبرنوفا»، حيث تنتشر الطبقات الخارجية للنجم في الفضاء، بينما ينضغط قلبه لدرجة هائلة ليصبح كثيفاً جداً، مكوناً ثقباً أسود. ويُحيط بهذا الثقب الأسود «أفق»، وهو حدود لا يمكن لأي شيء، حتى الضوء، الهروب من ورائها.

التوفيق بين فيزياء الكم والنسبية العامة

تُعدّ قصة الثقوب البيضاء أكثر تعقيداً من الثقوب السوداء، وتتطلب لفهمها تطبيق نظرية حديثة، ألا وهي (الجاذبية الكمومية الحلقية)، التي طوّرها الفيزيائيّان الأميركيان لي سمولين وكارلو روفيلي في أواخر الثمانينيات.

وتُمثّل هذه النظرية أحد أنجح المحاولات للتوفيق بين نظرية النسبية العامة لأينشتاين وفيزياء الكم، حيث تصف النظرية الأولى تشوه المكان والزمان تحت تأثير المادة في نطاق الكون. ونتيجةً لهذا التشوه، تحدد الهندسة المتغيرة للزمكان حركات المادة التي نُفسرها على أنها ناتجة عن قوة الجاذبية. أما النظرية الثانية، فيزياء الكم، فتشرح كيفية تفاعل الجسيمات الأولية على نطاقٍ متناهٍ في الصغر. وتكمن الإشكالية الأساسية في أنّ نظرية النسبية العامة لا تُقدم أيّ تفسير للجسيمات الأولية، بينما تُهمل ميكانيكا الكم النجوم والمجرات على نطاقٍ واسع. لذلك، فإنّ توحيد هاتين الرؤيتين في نظريةٍ واحدةٍ تُسمّى «الجاذبية الكمومية» يُشكل أحد أهمّ التحديات التي تواجهها الفيزياء الحديثة لفهم العالم من حولنا بشكلٍ أفضل، بدءاً من الثقوب السوداء.





ففي هذه النجوم، تندمج النظريتان معاً، حيث يكون مجال الجاذبية قوياً جداً والمادة مركّزةً إلى أقصى حدّ. ولهذا السبب، تفشل النسبية العامّة وحدها في الإجابة عن سؤالٍ بسيطٍ: ماذا يحدث للمادة التي تدخل في قلب الثقب الأسود؟

> اكتشاف هذه الأجرام التي لا تزال افتراضية من شأنه أن يؤسس لمفهوم الجاذبية الكمومية

الكم الفضائي مقابل التفرد

وفقاً لمعادلات أينشتاين، فإنّ تركيز المادة في مركز النجم ينتج عنه حالة «تفرد»، وهي نقطة تصبح فيها كثافة الطاقة وانحناء الزمكان لا نهائيتين. غير أن هذه اللانهائيات لا يمكن أن تمثل واقعاً مادياً، بل هي علامة على حدود نظرية النسبية العامة. وتسعى نظرية الجاذبية الكمومية الحلقية إلى حلّ هذه المشكلة الفيزيائية من خلال طرح فكرة أن الفضاء نفسه يتبع قواعد الكمّ: تماماً كما تتكون المادة من ذرات، يتكون الفضاء من حبيباتٍ فرديةٍ، أو «كمّات» ذات أحجامٍ محدودةٍ. وبناءً على هذه الرؤية، لا يمكن تقسيم الفضاء إلى ما لا نهاية، إذ لا يمكن النزول إلى أقلّ من 10^-35 متراً. وبالتالي، فإنّ التفرد يختفي ببساطة في قلب الثقب الأسود، عند هذا التركيز حيث تصل المادة إلى هذه المقاييس الحجمية المستحيلة.

ويُشير الفيزيائي كارلو روفيلي إلى أنّ «تغييراً جوهرياً» يحدث في هذه المرحلة: يولد الزمكان قوةً طاردةً من أصلٍ كميٍّ تقاوم الانهيار وتتسبب في ارتداد المادة. وخلال هذا التحول الكميّ القصير جداً، يتمّ عكس هندسة الزمكان، مما يسمح بطرد المادة التي كانت تتقلص سابقاً. وهذه هي الطريقة التي يتمّ بها تحويل الثقوب السوداء إلى ثقوب بيضاء، حيث تقوم بقذف المادة التي انهارت داخلها للخارج. ويُضفي هذا السيناريو الموثوق، الذي تمّ تحويله إلى معادلات من خلال نظرية الجاذبية الكمومية الحلقية، وزناً على وجود هذه النوافير البيضاء. بالإضافة إلى ذلك، يُتيح هذا السيناريو حلّ مشكلة تفرد الثقوب السوداء، وكذلك التخلص من «الاختلال المعلوماتي» الشهير الذي أثار نقاشاً واسعاً بين الفيزيائيين. ففي نظرية النسبية العامة، عندما يسقط جسمٌ في ثقبٍ أسود، تُفقد المعلومات التي يحملها معه إلى الأبد، لأنّ شيئاً لا يمكنه الخروج من الثقب الأسود. لكن إذا كان مصير الثقب الأسود هو أن ينتهي كثقبٍ أبيض، فإنّ الخلل يُحلّ ببساطة: فجميع المعلومات التي تمّ احتجازها بواسطة الثقب الأسود سوف تتحرر من خلال الثقب الأبيض.

التنبؤ بالرجفان الأذيني قبل 30 دقيقة من حدوثه

أحمد ماء العينين

يعتبر الرجفان الأذيني عامل خطر رئيسياً يزيد من الحاجة لمراجعة قسم الطوارئ ويرتبط بأمراض خطيرة، بما فيها السكتة الدماغية والخرف. وتحدث هذه الحالة عندما ينبض الأذينان (حجرتا القلب العلويتان) بطريقة فوضوية، ما يُخلّ بتزامنهما مع البطينين (حجرتا القلب السفليتان) فينتج عن ذلك معدل ضربات قلب غير منتظم وسريع.

وفي هذا السياق، أظهرت دراسة حديثة إمكانية استخدام تقنية ذكاء اصطناعي مدربة على بيانات بسيطة لمعدل ضربات القلب في التنبؤ بنوبة الرجفان الأذيني (اضطراب النظم القلبي الأكثر انتشاراً) قبل حدوثها بنصف ساعة. وهناك خطط لدمج هذه التقنية ضمن تطبيق على الهواتف الذكية لتحليل بيانات ساعات ذكية، ما يوفر نظاماً للإنذار المبكر.

ولتحقيق هذا الهدف، طور باحثون من مركز لوكسمبورغ للطب الحيوي (LCSB) بجامعة لوكسمبورغ نموذجاً ذكياً للتعلم العميق قادراً على التنبؤ بدقة بموعد دخول الشخص في حالة الرجفان الأذيني قبل حدوثها بـ 30 دقيقة. ويقتصر تخطيط القلب الكهربائي (ECG) حالياً على اكتشاف الرجفان الأذيني قبيل حدوثه مباشرة ولا يعتبر نظاماً للإنذار المبكر. وقال خورخي غونسالفيس، رئيس مجموعة التحكم في النظم في LCSB والمؤلف المشارك للدراسة: «على النقيض من ذلك، يتجاوز بحثنا هذا النهج ليعتمد نموذجاً أكثر استشرافياً للتنبؤ. استخدمنا بيانات معدل ضربات القلب لتدريب نموذج تعلم عميق يستطيع تمييز المراحل المختلفة - النظم الجيبي، وما قبل الرجفان الأذيني، والرجفان الأذيني - وحساب «احتمالية الخطر» من أن المريض على وشك التعرض لنوبة قريبة». وحسب الدراسة التي نشرت في مجلة Patterns العلمية، تم تدريب واختبار النموذج الذكي الذي يحمل اسم WARN على تسجيلات تخطيط كهربائية للقلب على مدار 24 ساعة جمعت من 350 مريضاً في مستشفى تونجي بالصين.

> WARN نظام ذكي يُمكن المرضى من مراقبة صحة قلوبهم باستمرار

وقد صُنفت البيانات من قبل أطباء القلب على أنها نظم جيبي، أو مرحلة ما قبل الرجفان الأذيني، أو رجفان أذيني. وخلال تدريب النموذج، استخدم الباحثون التباين في الفاصل الزمني بين الموجات في تخطيط القلب الكهربائي كمصدر رئيسي للبيانات.

واستخدم الباحثون العينات لمدة 30 ثانية، وقام نموذج التعلم العميق بحساب احتمال حدوث نوبة الرجفان الأذيني الوشيكة. وقد تنبأ نموذج WARN ببداية الرجفان الأذيني في المتوسط قبل 31 دقيقة على بيانات الاختبار وقبل 33 دقيقة على مجموعتي التحقق الخارجيتين (33 مريضاً)، بدقة بلغت 83% و73% على التوالي.

ويتصوّر الباحثون إمكانية دمج هذا النموذج في الهواتف الذكية لمعالجة البيانات التي يتم الحصول عليها من الساعات الذكية. ويكمن الهدف طويل المدى في تمكين المرضى من مراقبة إيقاع قلوبهم باستمرار وتوفير إنذار مبكر بشكل كافٍ من أجل التبكير لاستخدام أدوية مضادة لاضطراب النظم عن طريق الفم لمنع حدوث الرجفان الأذيني، ويؤكد الباحثون أن هذه التقنية قابلة للتخصيص وفقاً لاحتياجات كل مريض.

الرجفان الأذيني عامل خطر رئيسي يزيد الحاجة لمراجعة قسم الطوارئ (Getty)

جديد

الحالة المزاجية في تطبيق «الصحة» لنظام iOS 17

أطلقت آبل ميزة جديدة في تطبيق «الصحة» لنظام التشغيل iOS 17 تسمح للمستخدمين بتتبع مشاعرهم بشكل يومي، مما يوفر نظرة ثاقبة على صحتهم النفسية. ووفقاً لموقع MacRumors، يمكن للمستخدمين تسجيل حالتهم المزاجية في أي وقت من اليوم من خلال إشعارات تطبيق «الصحة» أو ساعة Apple Watch، كما يمكنهم إدخال تقييم عام لمزاجهم اليومي، إذ يقدم تسجيل الحالة المزاجية شريطاً فيه خيارات تتراوح من «غير سعيد جدًا» إلى «محايد» إلى «سعيد جدًا». وبعد تحديد الحالة المزاجية، تطلب آبل من المستخدمين اختيار كلمة تصف شعورهم بشكل أفضل، لتقدم قائمة بالصفات ذات الصلة بالحالة المزاجية للاختيار من بينها. على سبيل المثال، تشمل

الخيارات المتاحة للحالة المزاجية «سعيد جدًا» «مندهش» و«هادئ»، ولا يمكن للمستخدمين إدخال صفاتهم الخاصة، ويجب عليهم اختيار أحد الاقتراحات المقدمة من آبل. وبعد ذلك، يستفسر التطبيق عن سبب شعور المستخدم بتلك الحالة المزاجية، وتشمل الخيارات المتاحة الصحة واللياقة البدنية والعائلة والأصدقاء والعلاقات والعمل والمال والأحداث الجارية. وتُعدّ ميزة تتبع الحالة المزاجية الجديدة إضافة إيجابية لتطبيق «الصحة»، حيث توفر للمستخدمين طريقة سهلة لمتابعة حالاتهم المزاجية بمرور الوقت، ويمكن أن يساعدهم ذلك على فهم العوامل التي تؤثر على مزاجهم بشكل أفضل وإجراء تغييرات إيجابية في حياتهم.

الذكاء الاصطناعي لتطوير واجهات الدماغ الحاسوبية

تتمتع واجهات الدماغ الحاسوبية غير التوغلية (BCIs) بمزايا عديدة مقارنة بنظيراتها التي تعتمد على زرع شريحة في الدماغ (مثل Neuralink أو Synchron)، منها زيادة الأمان، التكلفة المنخفضة، وإمكانية استخدامها من قِبل العديد من المرضى بل وحتى الأشخاص العاديين. لكن التحدي الذي يواجه هذه الأجهزة يتمثل في كون تسجيلاتها أقل دقة وأصعب في التفسير. وفي دراسة حديثة أجراها «بين هي»، بروفيسور الهندسة الطبية الحيوية في جامعة كارنيجي

ميلون، كُلف 28 مشاركاً بمهمة معقدة تتطلب استخدام واجهة التحكم بالدماغ لمتابعة جسم يتحرك في فضاء ثنائي الأبعاد من خلال التفكير فقط. وخلال المهمة، تم استخدام تخطيط كهربية الدماغ (EEG) من خارج الدماغ لتسجيل نشاطهم. بعدها، قام فريق «هي» بفك شفرة النوايا البشرية مباشرةً واستخدم شبكة عصبية عميقة مدعومة بالذكاء الاصطناعي لفهم تلك النوايا واستخدامها لتحريك الجسم. وفي هذا الصدد يقول البروفيسور «بين هي»: «مكنتنا الابتكارات في مجال الذكاء الاصطناعي من تطوير الأداء بشكل فاق التوقعات مقارنة بالتقنيات التقليدية، ويفتح هذا الأبواب نحو استخدامات بشرية واسعة في المستقبل». وأضاف: «نختبر حالياً هذه التقنية للتحكم بأذرع آلية لأداء مهام معقدة. وإضافة لذلك، نقوم باختبار مدى قابليتها للتطبيق ليس فقط مع الأشخاص الأصحاء، ولكن أيضاً مع مرضى السكتات الدماغية الذين يعانون من إعاقات حركية». وقد يؤدي هذا إلى توفر روبوتات مساعدة، مدعومة بالذكاء الاصطناعي، لمجموعة واسعة من المستخدمين في غضون سنوات قليلة. وسيستفيد من هذه الأبحاث مرضى الإعاقات الحركية، الذين يعانون من إصابات في النخاع الشوكي أو السكتات الدماغية أو غيرها من الإعاقات الحركية، والذين لا يرغبون في غرس زراعات دماغية.