الرياضيات والاقتصاد
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 29 مايو 2024
doi: 10.3389/frym.2022.741510-ar

استخدام الرياضيات للتزامن مع الدماغ

Micah Swartz [1,2*] **و *Leonid L. Rubchinsky*** [1,3]
[1]قسم العلوم الرياضية، جامعة إنديانا - جامعة بوردو - إنديانابوليس، إنديانابوليس، إنديانا، الولايات المتحدة
[2]قسم الرياضيات، جامعة ولاية تكساس، سان ماركوس، تكساس، الولايات المتحدة
[3]معهد ستارك لأبحاث علوم الأعصاب، جامعة إنديانا - كلية الطب، إنديانابوليس، إنديانا، الولايات المتحدة

منذ أن كنا أطفالاً ونحن نسمع أن "التزامن" صفة جيدة. من التزامن مع الموسيقى أثناء الرقص إلى التزامن مع الزملاء في ميدان العمل، يمدح الجميع ميزة التزامن، ولكن الإفراط أو التفريط في التزامن أمر سيئ. وفي الدماغ، يتيح التزامن إرسال المعلومات المهمة ذهابًا وإيابًا بين العصبونات حتى نستطيع اتخاذ القرارات والقيام بمهام الحياة اليومية. يمكن للرياضيات أن تساعد الباحثين والأطباء على فهم أنماط التزامن غير الطبيعي في الدماغ وأن تساعدهم على تشخيص أعراض اضطرابات الدماغ وربما علاجها. في هذه المقال، سنشرح بالتفصيل كيفية استخدام الرياضيات لاستكشاف الدماغ وفهمه، وهو أحد الأعضاء الأكثر أهمية في الجسم.

ما التزامن في الدماغ وما سبب حدوثه؟

التزامن هو طريقة يرسل بها بعض أجزاء الدماغ المعلومات المهمة إلى أجزاء أخرى. العصبونات (الخلايا العصبية) في الدماغ هي الخلايا التي ترسل هذه المعلومات إلى

المراجعون الصغار

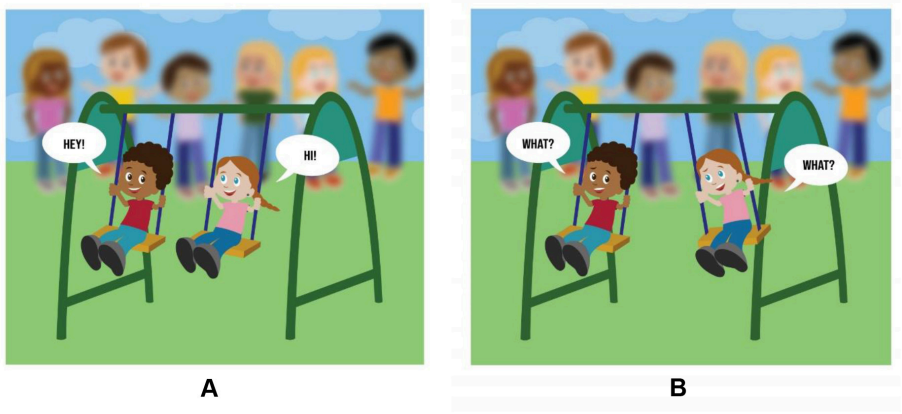
GIOVANNI
العمر: 11

التزامن (Synchronization)
حالة تتزامن فيها عمليتان أو أكثر (في الغالب، تذبذبان أو أكثر)، مثل بلوغ الذروة في الوقت نفسه.

العصبون (Neuron)
خلايا عصبية، بعضها يوجد في الدماغ، وترسل الرسائل الكهربائية إلى الخلايا الأخرى وتستقبلها منها. ونحن نستخدم العصبونات للحواس والمشاعر والأفكار وللتحكم في أفعالنا.

العصبونات الأخرى في الدماغ وإلى الجسم على حد سواء. بصفتنا بشرًا، نستوعب كميات ضخمة من المعلومات. فباستمرار نشمّ الأشياء في العالم من حولنا ونراها ونسمعها ونلاحظها، كما نكوّن بشكل متواصل أفكارًا ونخطط لأفعال بناءً على كل هذه المعلومات. ويمكن أن تحدث مئات من هذه التفاعلات كل ثانية، ما قد يسبب إنهاكًا في بعض الأحيان. هل لاحظت من قبل صعوبة التحدث والإنصات في حفلة مزدحمة صاخبة؟ مع وجود الكثير من الضجيج في الخلفية، قد تشعر بحاجة إلى الصراخ حتى يسمعك الآخرون. يعاني الدماغ البشري المشكلة نفسها عند التواصل مع أجزاء أخرى من الدماغ أو الجسم، ومن هنا تأتي أهمية التزامن بين العصبونات. يتحقق التزامن عندما تشترك عمليتان في نشاط بإيقاع منسق (مثل الوصول إلى الذروة في الوقت نفسه). على غرار الخلايا المرسلة التي تتواصل فيما بينها وتنقل المعلومات، يمكن أن تتزامن العصبونات مع بعضها للتواصل بشكل أفضل.

انظر شكل 1. في حالة التزامن بين طفلين على الأرجوحة، يمكنهما سماع بعضهما والتحدث بسهولة. ولكن عند غياب التزامن بينهما، تزداد صعوبة التواصل بينهما، فضجيج الخلفية والمسافة بينهما تصعّب على كل منهما سماع ما يحاول الآخر قوله. والتزامن في الدماغ بالأهمية نفسها، فهو يتيح للعصبونات التواصل بكفاءة بحيث يمكن إرسال المعلومات المهمة حيثما كانت ضرورية. من خلال التزامن، تولّد العصبونات المختلفة دفعات من النشاط الكهربائي في الوقت نفسه، ما يسهّل تبادل المعلومات بين العصبونات. وتتولى أجزاء محددة من الدماغ المسؤولية عن أنشطة متنوعة مثل الكلام والحركة والرؤية والسمع. ومن الضروري حدوث التزامن للسماح لكل هذه الأجزاء في الدماغ بالتواصل مع بعضها حتى تعمل عقولنا وأجسامنا كما ينبغي.



شكل 1

شكل 1

(A) في حالة التزامن بين الطفلين وهما على الأرجوحة، يمكنهما التواصل بسهولة. **(B)** عند غياب التزامن بين الطفلين، يكون التواصل بينهما أصعب. يحدث شيء مماثل في الدماغ، فعند التزامن بين العصبونات، يمكنها نقل المعلومات المهمة إلى بعضها (حقوق الصورة: Subrina Pumford, subrinapumford.com).

تخيّل طفلاً ثالثًا لا يظهر في الشكل أعلاه ويلعب على أرجوحة أمام الطفلين في الشكل. إذا كان هناك تزامن مستمر بين الطفلين ويتحدثان مع بعضهما، سيصعب على الطفل الثالث التحدث معهما لأن حركته غير متزامنة مع الطفلين. ولن يتمكن الطفلان المتزامنان من سماع الأصوات الأخرى بشكل جيد للغاية. اكتشف العلماء أنه لو كان هناك تزامن *مفرط* بين عصبونات الدماغ، يمكن أن يكون ذلك مضرًا في الواقع لأن المعلومات الجديدة لا يمكن أن تنتقل من خلال العصبونات المنهمكة للغاية في

"التحدث" مع بعضها. ويمكن أن يسبب ذلك توقفًا في أنشطة مثل الكلام والحركة. قد يعاني المرضى المصابون باضطرابات في الدماغ (مثل مرض باركنسون) من تزامن مفرط بين عصبونات الدماغ. وهكذا يحتاج الدماغ على ما يبدو إلى درجة قليلة من التزامن بدون إفراط. فحدوث التزامن بالقدر الملائم يتيح للعصبونات التواصل، ولكن في حالة حدوث تزامن مفرط بين العصبونات، فإنها ستواجه صعوبة في الاستجابة للمعلومات الجديدة. وبالتالي، لن يتمكن جزء من الدماغ من الاستجابة بشكل مناسب للإشارات الواردة من جزء آخر من الدماغ ولن يتمكن على سبيل المثال من القيام ببعض الحركات بشكل صحيح، تمامًا كما يحدث لمرضى باركنسون. فكيف يمكن إذًا للباحثين والعلماء معرفة القدر اللازم بالضبط من التواصل؟

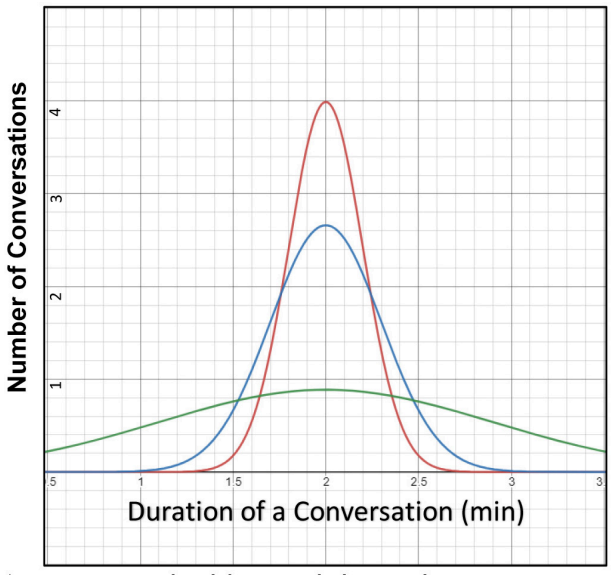
التعاون بين العلوم والرياضيات

في حين يجتهد العلماء لجمع البيانات، نحتاج أن تساعدنا الرياضيات على فهم كل المعلومات التي تُجمع. من خلال العلوم، يمكن استخدام طرق مثل تخطيط كهربائية الدماغ (EEG) لتسجيل النشاط الكهربائي في الدماغ وتحليله. وباستخدام الرياضيات، يمكن تحليل البيانات لمعرفة ما إذا كان هناك تزامن أم لا.

تخطيط كهربائية الدماغ (EEG) (Electro-encephalography (EEG))

طريقة لقياس النشاط الكهربائي في الدماغ من خلال وضع أقطاب كهربائية (أقراص صغيرة) على الرأس. وهذه الطريقة ليست مضرة لأن الأقطاب لا تدخل الدماغ.

تمامًا كأهمية التوصّل إلى متوسط التزامن في الدماغ، فالتعرّف على *أنماط* التزامن بمرور الوقت مهم بالقدر نفسه [1, 2]. انظر شكل 2. على الرغم من تطابق متوسطات كل المنحنيات، فالأنماط مختلفة تمامًا في الواقع.



شكل 2

على الرغم من أن كل المنحنيات الثلاثة في هذا الرسم البياني لها نفس المركز ومتوسط مدة المحادثة البالغ دقيقتين، فالمنحنيات لها شكل مختلف للغاية. ويعني ذلك أن تطابق متوسط مدة أي محادثة لا يعني تطابق شكل البيانات ونمطها أيضًا. عند قياس ذلك على التزامن في الدماغ، نجده يعني أنه بالرغم من التماثل الظاهري لأنواع النشاط المختلفة في الدماغ بالنظر إلى مقياس واحد (مثل المتوسط)، فنمط هذه الأنشطة مختلف كثيرًا.

إليك مثال على التأثير المحتمل لنمطين مختلفين من البيانات (ومتماثلين في المتوسط) على مقدار المعلومات المتبادلة. اطلب من أحد أصدقائك أو أقربائك التحدث معك لمدة دقيقة واحدة، وأثناء التحدث، قم بتغطية أذنيك لنصف ثانية، ثم اكشف أذنيك

لنصف ثانية. كرّر هذه العملية إلى انتهاء الدقيقة. والآن تحدّث لدقيقة أخرى ولكن في هذه المرة قم بتغطية أذنيك لمدة 30 ثانية ثم اكشفهما لمدة 30 ثانية. خلال الدقيقتين على حد سواء، قضيت 30 ثانية وأنت تغطي أذنيك و30 ثانية وأنت تتحدث دون تغطيتهما. ولكن في أي وقت كان فهمك للآخر أفضل؟ الأرجح أنه كان من السهل عليك فهم المحادثة أثناء فواصل النصف ثانية التي كنت تغطي فيها أذنيك. وفي الدقيقة الأخرى، غفلت تمامًا عن الجزء الأول من المحادثة.

من المهم إذًا ملاحظة أن الأنماط الزمنية المختلفة للتزامن في الدماغ قد تتساوى في المتوسطات أيضًا ولكن بفوارق واختلافات كبيرة جدًا [1–3].

نظرًا لأن جزأين من الدماغ يدخلان في دورات تزامن نادرة وطويلة في الوقت نفسه، فلن يتمكنا من الاستجابة للأوامر الواردة من أجزاء الدماغ الأخرى في أثناء الدورات المتزامنة، وبالتالي ستضيع معلومات مهمة. وإذا اشترك الجزءان نفسهما في العديد من الحلقات القصيرة المتزامنة، فإن أجزاء الدماغ الأخرى ستتمكن من التواصل خلال فترات انعدام التزامن المتكررة.

دور الرياضيات

بعد أن يجمع الأطباء أو الباحثون بيانات تخطيط كهربائية الدماغ (EEG)، يجب أن يحول علماء الرياضيات هذه البيانات حتى يمكن التعرّف على الأنماط والدورات، وهذه العملية تساعد الباحثين على فهم البيانات. كيف يمكن إذًا تقسيم البيانات بحيث يتمكن الباحثون من فهمها؟ هناك طريقة اسمها تحليل فورييه تتيح لعلماء الرياضيات تقسيم الإشارات المعقدة إلى عدة أشكال موجية بسيطة ثم فرز الموجات السريعة والبطيئة (شكل 3A). ومن خلال القيام بذلك، يمكننا فصل بيانات نشاط الدماغ المعقدة والمزعجة والتركيز على الأجزاء المهمة للباحثين. ستبدو البيانات أكثر سلاسة بعد عزل الموجات ذات الصلة عن البيانات التجريبية المعقدة، ما سيساعد العلماء على استخلاص استنتاجات حول التزامن في الدماغ. عندما نعزل بعض الموجات المهمة عن البيانات التجريبية، سنتغافل عن بعض المعلومات حتمًا، ولكن المهم هو إزالة المعلومات غير الضرورية في الغالب للتركيز على المعلومات الأكثر أهمية.

خرائط الأطوار هي أداة رياضية أخرى يمكن أن تفيد العلماء بإحصاءات حول دورات التزامن وانعدام التزامن ومدة استمرار هذه الدورات (شكل 3B). دورات انعدام التزامن هي اللحظات التي تكون فيها العصبونات غير متزامنة مع بعضها.

تعاين خرائط الأطوار ما يحدث مع تذبذب واحد أثناء ذروة تذبذب آخر على سبيل المثال. يحدث التزامن بين التذبذبات عندما تصل إلى ذروتها في الوقت نفسه، أو يصل تذبذب إلى ذروته خلال مدة ثابتة بعد تذبذب آخر. تتيح خرائط الأطوار للباحثين تصوّر تزامن وانعدام تزامن العصبونات للإجابة عن أسئلة علمية مهمة.

تحليل فورييه (Fourier analysis)

قسم في الرياضيات وتحليل البيانات يدرس خصائص التذبذبات، ويمثل أشكالاً موجية معقدة من خلال العديد من الأشكال الموجية البسيطة، ما قد يبسط إلى حد كبير عملية تحليل البيانات.

خرائط الأطوار (Phase maps)

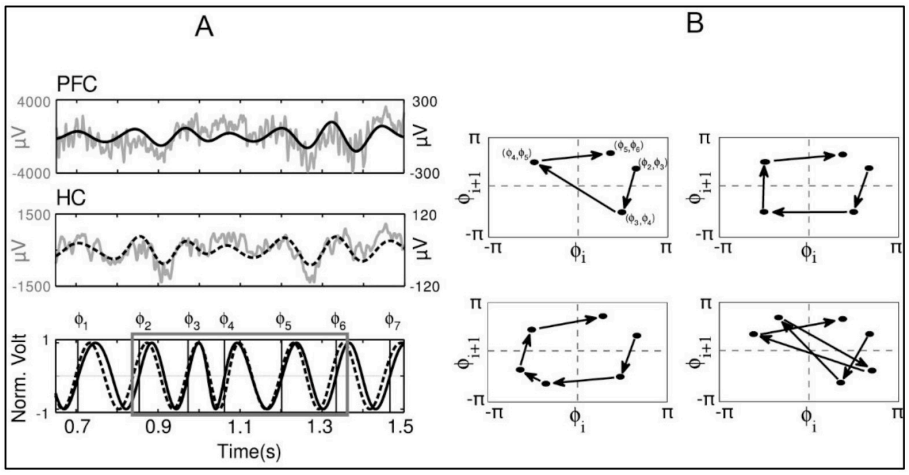
طريقة رياضية تبسّط تحليل الإشارات التذبذبية، وتتيح لنا بشكل عام أن نعرف كيف يعتمد وقت ذروة التذبذبات على توقيت الذروات السابقة.

دورات انعدام التزامن (Desynchronization cycles)

فواصل زمنية تكون فيها العصبونات غير متزامنة مع بعضها.

التذبذب (Oscillation)

سلوك شبيه بالموجة له كمية محددة، حيث تزيد كمية التذبذب وتنخفض بالتناسب مع ارتفاع أو انخفاض التردد المنتظم (على عكس التشبع أو السلوك العشوائي تمامًا على سبيل المثال). تظهر تذبذبات بشكل متكرر في النشاط الكهربائي للدماغ موضوع النقاش هنا، ويمكنك الاطلاع على شكل 3A للتعرف على أنماط نشاط الدماغ التي تشبه الموجات.



شكل 3

شكل 3

(A) يعرض شكل البيانات الفعلية لتخطيط كهربائية الدماغ والتذبذبات المعالَجة الناتجة عن تحليل فوريه. **(B)** يقدّم شكل خرائط الأطوار حيث يمكن دراسة سلسلة من التحولات (تظهر كأسهم) بأدوات رياضية مختلفة. كما يظهر، البيانات الفعلية فوضوية.

تُستخدم معادلات رياضية أخرى لمساعدة العلماء على فهم كيفية تواصل جزء من الدماغ وتصرفه وتفاعله مع الأجزاء الأخرى في الدماغ. ومن المعادلات الرياضية المستخدمة لهذا الهدف المعادلات التفاضلية، وهي عبارة عن أوصاف رياضية لكيفية تغيّر شيء ما بمرور الوقت. استخدم علماء الرياضيات والفيزياء المعادلات التفاضلية لعدة قرون وتُستخدم الآن في علم الدماغ أيضًا. تصف المعادلات التفاضلية تفاعلات معقدة جدًا بين العصبونات ويمكن أن تساعد الباحثين على فهم النشاط شديد التعقيد في الدماغ.

المعادلات التفاضلية (Differential equations)

معادلات رياضية تصف مدى تغيّر شيء ما بمرور الزمن.

من خلال تحليل بيانات الدماغ باستخدام المعادلات التفاضلية، يتبيّن لنا أن فترات انعدام التوازن القصيرة تسهّل على بعض أجزاء الدماغ الاستجابة للإشارات الواردة من أجزاء الدماغ الأخرى [4, 5] (كما يتضح في مثال تغطية أذنيك). ومن دون الفترات القصيرة لانعدام التزامن أو الوقت الذي لا تكون العصبونات فيه متزامنة، لا يمكن للعصبونات استيعاب كل المعلومات المهمة التي تحتاجها.

الخاتمة

قد يتطابق متوسط التزامن بين أنواع متعددة من نشاط العصبونات على الرغم من اختلاف أنماطها. وهناك ارتباط بين أنماط التزامن الفريدة وعدة اضطرابات مختلفة للدماغ مثل باركنسون والإدمان واضطراب طيف التوحد. بشكل عام، يمكن ضبط النمط الزمني للتزامن العصبي في الأدمغة السليمة،

غير أن اضطرابات الدماغ المختلفة يمكن أن تعطّل هذه الأنماط بطرق مختلفة، مع تأثير سلبي لها جميعًا على التواصل بين أجزاء الدماغ. وقد يؤدي ذلك بدوره إلى أعراض منهكة للغاية. يمكن أن تسبب اضطرابات الدماغ هذه ضررًا شديدًا، ولذا يجب أن يفهمها الباحثون إلى أكبر حد ممكن لمساعدة المرضى الذين يعانون منها.

لا تزال هناك حاجة إلى إجراء الكثير من الأبحاث لفهم التزامن والدور الذي يؤديه في الدماغ في الصحة والمرض على حد سواء. والرياضيات أداة فعالة للمساعدة في

استكشاف ذلك، وبالتالي مساعدة الأطباء والعلماء على معرفة المزيد من المعلومات حول آلية عمل أكثر الأعضاء تعقيدًا في أجسامنا، وهو الدماغ.

التمويل

تلقت هذه الدراسة تمويلاً من شعبة الأبحاث الرياضية في المؤسسة الوطنية للعلوم تحت رقم: DMS 1813819.

مقال المصدر الأصلي

Ahn, S., and Rubchinsky, L. L. 2017. Potential mechanisms and functions of intermittent neural synchronization. *Front. Comput. Neurosci.* 11:44. doi: 10.3389/fncom.2017.00044

المراجع

1. Ahn, S., Rubchinsky, L. L., and Lapish, C. C. 2014. Dynamical reorganization of synchronous activity patterns in prefrontal cortex–hippocampus networks during behavioral sensitization. *Cereb. Cortex* 24:2553–61. doi: 10.1093/cercor/bht110
2. Ahn, S., Zauber, S. E., Worth, R. M., Witt, T., and Rubchinsky, L. L. 2018. Neural synchronization: average strength vs. temporal patterning. *Clin. Neurophysiol.* 129:842–4. doi: 10.1016/j.clinph.2018.01.063
3. Malaia, E., Ahn, S., and Rubchinsky, L. L. 2020. Dysregulation of temporal dynamics of synchronous neural activity in adolescents on autism spectrum. *Autism Res.* 13:24–31. doi: 10.1002/aur.2219
4. Ahn, S., and Rubchinsky, L. L. 2013. Short desynchronization episodes prevail in synchronous dynamics of human brain rhythms. *Chaos* 23:013138. doi: 10.1063/1.4794793
5. Ahn, S., and Rubchinsky, L. L. 2017. Potential mechanisms and functions of intermittent neural synchronization. *Front. Comput. Neurosci.* 11:44. doi: 10.3389/fncom.2017.00044

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 29 مايو 2024

المحرر: Marco Aldi

مرشدو العلوم: Daniele Grandini

الاقتباس: Rubchinsky LL و Swartz M (2024) استخدام الرياضيات للتزامن مع الدماغ. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2022.741510-ar

مُترجَم ومقتبس من: Swartz M and Rubchinsky LL (2022) Using Mathematics to Become in Sync With the Brain. Front. Young Minds 10:741510. doi: 10.3389/frym.2022.741510

إقرار تضارب المصالح: يعلن المؤلفون أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

حقوق الطبع والنشر © 2022 © Rubchinsky 2024 و Swartz. هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيدًا وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقًا للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.

المراجعون الصغار

GIOVANNI, العمر: 11
ولدت في كاليفورنيا وأعيش الآن في فيرجينيا. أحب ألعاب الفيديو وممارسة رياضات مثل كرة القدم والمصارعة. أحب أيضًا صناعة الرسوم المتحركة وتحميلها، ويعجبني البناء في لعبة "ماين كرافت" حتى أنني بنيت البيت الأبيض بمقياس 1:1. ومع ذلك، فالجغرافيا إحدى هواياتي المفضلة. أستطيع حفظ كل البلدان والعواصم والأعلام، بالإضافة إلى الأقاليم وعواصمها وأعلامها.

المؤلفون

MICAH SWARTZ
طالب دكتوراة في جامعة ولاية تكساس يدرس تعليم الرياضيات، وهو مهتم بدراسة كيف يشكّل الطلاب هويتهم وما العوامل الموجودة في الفصل الدراسي التي تؤثر على هذا التشكيل. وهو شغوف بتطوير المراجع التي يمكن للمعلّمين استخدامها عند تدريس الرياضيات للطلاب. في وقت فراغه، يحب تحضير البيتزا وتسلق الجبال والطفو على عوامة في النهر والاستمتاع بدفء أشعة الشمس. mas762@txstate.edu*

LEONID L. RUBCHINSKY
عالم في الرياضيات التطبيقية متخصص في علم الأحياء الرياضي وعلم الأعصاب الحاسوبي. حصل على درجة الدكتوراة في الفيزياء وزمالة ما بعد الدكتوراة في علم الأعصاب وعلم وظائف الأعضاء العصبية. وهو أستاذ في جامعة إنديانا - جامعة بوردو - إنديانابوليس وكلية الطب في جامعة إنديانا. ويدرس التذبذبات في نشاط الدماغ وتنطبق أبحاثه على مرض باركنسون واضطرابات الإدمان واضطرابات طيف التوحد.

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology