frontiers FOR YOUNG MINDS

الرياضيات
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 25 أكتوبر 2021
doi: 10.3389/frym.2020.577741-ar

محققو الأمراض: استخدام الرياضيات في التنبؤ بانتشار الأمراض المعدية

Heather Z. Brooks[1], Unchitta Kanjanasaratool[2], Yacoub H. Kureh[3] and Mason A. Porter[3*]

[1]Department of Mathematics, Harvey Mudd College, Claremont, CA, United States

[2]Department of Computational and Data Sciences, George Mason University, Fairfax, VA, United States

[3]Department of Mathematics, University of California, Los Angeles, Los Angeles, CA, United States

أدخلت جائحة كوفيد-19 تغييرات جوهرية على الطريقة التي يعيش بها الناس حياتهم حاليًا. ولتحديد أفضل السبل اللازمة للحد من تأثيرات الجائحة والبدء في إعادة فتح المجتمعات، استخدمت الحكومات نماذج رياضية تتنبأ بانتشار الأمراض المعدية. وفي هذا المقال، نطرح نوعًا شائعًا من النماذج الرياضية الخاصة بانتشار المرض. حيث نناقش كيف يمكن لنتائج تحليل النماذج الرياضية التأثير على سياسات الحكومات والسلوك البشري؛ مثل التشجيع على ارتداء الكمامات والتباعد الجسدي الاجتماعي من أجل المساعدة في إبطاء انتشار مرض ما.

نمذجة الأمراض المعدية

في ختام عام 2019، تعرَّف الأطباء والعلماء على فيروس مستجد، يُطلق عليه الآن ''المتلازمة التنفسية الحادة الشديدة الناتجة عن فيروس كورونا 2'' (فيروس ''سارس-كوف-2'' (SARS-CoV-2))، الذي كان متفشيًا في الصين. تسبب الفيروس في الإصابة بمرض يُطلق عليه ''مرض فيروس كورونا 2019'' (أي كوفيد-19) [1, 2] الذي انتشر في جميع أنحاء العالم

المراجعون الصغار:

ETHAN
العمر:13

الجائحة (PANDEMIC)

الانتشار الواسع لمرض معدٍ عبر عدة قارات أو حتى في جميع أنحاء العالم.

باعتباره **جائحة**[1] عالمية. إن ما يجعل هذا الفيروس خطيرًا للغاية هو قدرته على الانتقال بمنتهى السهولة من شخص إلى آخر، وأن الأشخاص المصابين بكوفيد-19 قد يمرضون بشدة ويفارقون الحياة.

يساعد العلماء الأشخاص في التعافي من الفيروسات عن طريق تصميم أدوية ومعدات طبية. وباستخدام الرياضيات والحوسبة، يبحث العلماء أيضًا عن طرق للحفاظ على سلامة الناس من خلال دراسة تأثيرات تدابير احترازية؛ مثل التباعد الجسدي وارتداء الكمامات. يمكن للحكومات بعد ذلك استخدام المعرفة المكتسبة من مثل هذه الأبحاث في وضع مبادئ توجيهية وسياسات صحية لمواجهة الأزمة. نناقش في هذا المقال **النمذجة الرياضية** للأمراض المعدية [5, 6]. وعادة ما يُطلق على العلماء المتخصصين في هذه الدراسات "**اختصاصيي النمذجة الرياضية للأوبئة**".

لتحسين فهمنا لطريقة انتشار مرض ما، يستخدم العلماء مزيجًا من الرياضيات والبيانات لتطبيق النمذجة الرياضية. توفر النماذج الرياضية طريقة لصياغة القواعد البسيطة لتقديم تخمين تقريبي لكيفية انتشار فيروس، مثل فيروس "سارس-كوف-2"؛ وبالتالي تقديم تخمين تقريبي لانتشار مرض كوفيد-19 المصاحب للفيروس. عند إنشاء ودراسة أحد النماذج الرياضية، يسعى العلماء إلى تحسين دقة **التنبؤات** المتعلقة بطريقة انتشار مرض ما. كما يحاولون أيضًا اختبار تأثيرات الاستجابات المحتملة، مثل ملازمة جميع الناس منازلهم، لتقليل عدد الإصابات الناتجة عن انتشار مرض ما. يمكن أن تساعد أبحاثهم في إرشاد الأشخاص الذين يضعون مبادئ توجيهية أو سياسات لحماية الآخرين من الأمراض [5].

تتمثل إحدى طرق النمذجة الرياضية لكيفية انتشار مرض ما في استخدام **نموذج مجزأ**، مثل **نموذج SIR** (انظر الشكل 1). يقوم العلماء في **النموذج المجزأ**، بتقسيم السكان إلى فئات يُطلق عليها "أقسام" وفحص كيف يغير الناس فئاتهم بمرور الوقت. تستمد نماذج SIR تسميتها من أقسامها، وهي كالآتي: قسم الأشخاص "المعرضين للإصابة" (S)، وقسم "المصابين" (I)، وقسم "المتعافين" (R). يتألف القسم S من الأشخاص المعرضين للإصابة بالعدوى، مما يعني أنهم قد يُصابوا بالمرض الآخذ في الانتشار. ويتألف القسم I من الأشخاص المصابين، والذين ينقلون بدورهم العدوى إلى الآخرين. يتكون القسم R من الأشخاص الذين تعافوا من المرض، على الرغم من أن القسم R قد يشير أيضًا إلى "المستبعدين من الإصابة" تمثيلًا للأشخاص الذين تُوفوا بسبب المرض.

عند إعداد نموذج رياضي لانتشار مرض ما، من المستحسن التركيز على العوامل الأكثر أهمية لانتشار هذا المرض، وعلى التساؤلات العلمية المعينة ذات الأهمية، بحيث يكون النموذج بسيطًا ومفيدًا قدر الإمكان. تختلف العوامل باختلاف الأمراض. وتشمل العوامل ذات الصلة معدل تكرار **المخالطات** الشخصية ومدتها؛ مثل المصافحة أو مشاهدة فيلم معًا أو ممارسة ألعاب الطاولة [6]. تعطي هذه المخالطات فرصة للمرض كي ينتشر. يتطلب انتشار بعض أنواع الأمراض مخالطة لصيقة للغاية، ولكن البعض الآخر قد ينتشر بطرق بسيطة؛ عن طريق لمس السطح نفسه الذي لمسه المصاب أو مجرد التواجد في مكان قريب على سبيل المثال.

ما مدى سرعة انتشار مرض ما؟

لنوضح نمذجة انتشار مرض معد باستخدام نموذج SIR [5]، قبل أن نستخدم نموذج SIR لدراسة انتشار مرض ما في مجموعة سكانية، يجب علينا معرفة (أو تقدير) بضعة عوامل مهمة:

[1] طالع Zaman [3] من أجل التعرف إلى المزيد عن الجائحات وAlbercا et al. [1] وSalathé and Case [4] للحصول على مقدمة ميسرة لجائحة كوفيد-19.

النمذجة الرياضية (MATHEMATICAL MODELING)

النموذج الرياضي هو عبارة عن وصف مبسط لشيء ما باستخدام قواعد الرياضيات ولغتها. يُعرف تطوير واختبار وتحسين نموذج كهذا باسم النمذجة الرياضية. ويعد نموذج SIR (المعرضون للإصابة (S) – المصابون (I) – المتعافون (R)) المتعلق بانتشار الأمراض المعدية مثالًا على أحد النماذج الرياضية.

اختصاصي النمذجة الرياضية للأوبئة (MATHEMATICAL EPIDEMIOLOGIST)

عالم يدرس الأمراض المعدية باستخدام النمذجة والحوسبة الرياضية.

التنبؤ (FORECAST)

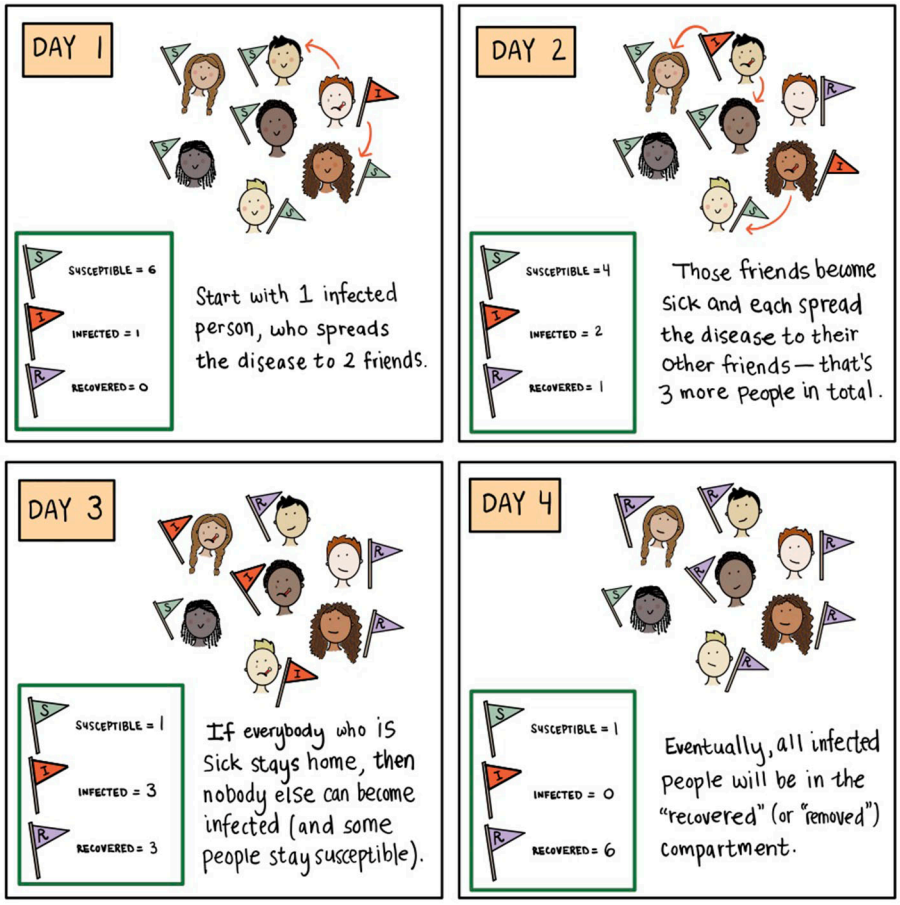
نوع من التوقع يقدم مجموعة من الاحتمالات للنتائج المستقبلية. على سبيل المثال، قد تقول نشرة الأرصاد الجوية في نشرة الأخبار أن هناك احتمال بنسبة 42% لسقوط أمطار على لوس أنجلوس غدًا. وكذلك قد يتنبأ عالم بمعدل عدد الأشخاص في لوس أنجلوس الذين سوف يصابون بكوفيد-19 خلال عام 2021.

النموذج المجزأ (COMPARTMENTAL MODEL)

النوع الأكثر شيوعًا من النماذج الرياضية الذي يستخدمه الباحثون للتنبؤ بكيفية انتشار مرض ما. يتألف النموذج المجزأ لانتشار مرض معد من فئات مختلفة (مثل "المصابون" و"المتعافون") التي يُطلق عليها "أقسام" والقواعد الرياضية لكيفية انتقال الأشخاص من قسم إلى آخر. على سبيل المثال، باستخدام نموذج المعرضين للإصابة والمصابين والمتعافين (SIR)، يمكننا دراسة كيف يتغير عدد المعرضين للإصابة والمصابين والمتعافين في مجموعة سكانية على مدار الوقت.

المخالطة (CONTACT)

تفاعل من أي نوع بين فردين. يمكن أن تكون المخالطة الشخصية إما مباشرة (مثل المصافحة) أو غير مباشرة (مثل لمس نفس السطح أو مجرد التواجد في مكان قريب).



شكل 1

شكل 1

تتمثل إحدى طرق النمذجة الرياضية لكيفية انتشار مرض معد في استخدام نموذج مجزأ. في أحد أنواع النماذج الرياضية المُسمى نموذج SIR، تُقسم أي مجموعة سكانية إلى عدة أقسام: الأشخاص المعرضون للإصابة (S)، والأشخاص المصابون (I)، والأشخاص المتعافون (R).

1. مقدار الوقت الذي يكون خلاله الشخص ناقلًا للعدوى. وهذا يخبرنا بالمدة التي يمكن خلالها للأشخاص المصابين نقل العدوى إلى أشخاص آخرين.
2. معدل المخالطة الشخصية في مجموعة سكانية. وهذا يشير إلى عدد المرات التي يكون فيها الناس على مقربة من بعضهم بعضًا بدرجة تكفي لانتشار المرض من شخص لآخر.
3. احتمال أن تؤدي المخالطة الشخصية إلى انتقال عدوى.

تسمح تلك العوامل الثلاثة للعلماء بتقدير كمية يطلق عليها **عدد التكاثر الأساسي**، والذي يُشار له بالرمز R_0، (وينطق ''R naught'')‏. تشير قيمة R_0 إلى متوسط عدد الأشخاص الذين ينقل إليهم شخص مصاب واحد مرض ما ضمن مجموعة من الأشخاص المعرضين للإصابة به. افترض أن مرضًا ما ينتشر في مدينة لوس أنجلوس. قبل بدء المرض في الانتشار، يعتبر كل فرد في لوس أنجلوس ضمن قسم ''المعرضين للإصابة''.

عدد التكاثر الأساسي (BASIC REPRODUCTION NUMBER (R_0))

عدد حالات العدوى، في المتوسط، الناتجة عن شخص مصاب واحد ضمن مجموعة سكانية من الأشخاص المعرضين للإصابة.

الآن افترض أن الشخص الحامل للمرض يسافر إلى لوس أنجلوس ويبدأ في نقل العدوى للآخرين. إذا كانت قيمة R_0 تساوي 2 وكانت الفترة التي يكون خلالها الشخص ناقلًا للعدوى تساوي يومًا واحدًا (ويتعافى بعد ذلك)، فسينقل هذا الشخص المرض إلى شخصين آخرين، في المتوسط، قبل أن يتعافى. وبالتالي سوف ينقل هذان الشخصان المرض إلى شخصين آخرين في المتوسط قبل التعافي،

وهكذا دواليك. في هذا الطرح المبسط، يمكننا تقدير عدد الأشخاص الذين سوف يصبحون مصابين خلال فترة معينة.

إذا كانت قيمة R_0 أكبر من 1 (والتي نعبر عنها رياضيًا بـ '' $R_0 > 1$''')، فسيزداد عدد الأشخاص المصابين باطراد. لمعرفة كيفية عمل **النمو الأسي**، نستخدم المثال أعلاه $R_0 = 2$ وفترة نقل عدوى مدتها يوم واحد. افترض أن أول شخص مصاب بالعدوى ينقل العدوى إلى شخصين في اليوم الذي يسافر فيه إلى لوس أنجلوس وينقل كل شخص من هذين الشخصين العدوى إلى شخصين آخرين في اليوم التالي. وتذكر أن الشخص المصاب سيتعافى في غضون يوم واحد في هذا المثال. وفي اليوم الذي يلي ذلك، يمكن أن يصيب كل شخص من هؤلاء الأشخاص الأربعة المصابين شخصين آخرين معرضين للإصابة. وفي غضون ثلاثة أيام، نتوقع أن يكون لدينا حوالي $2 \times 2 \times 2 = 8$ أشخاص مصابين. إذا استمر هذا النمط ولا يزال هناك العديد من الأشخاص المعرضين للإصابة، فإننا نضرب العدد في 2 مرة أخرى، لذلك نتوقع أن يكون لدينا حوالي 16 شخصًا مصابًا حديثًا في اليوم التالي. تذكر أن حالات العدوى تلك تنتقل من شخص مصاب واحد في البداية! لكن إذا بدأنا بـ 100 مصاب بدلًا من ذلك، فسيمكنك تخيل مدى سوء الوضع وتفاقمه بسرعة كبيرة.

النمو الأسي (EXPONENTIAL GROWTH)

نوع فائق السرعة من النمو. عندما يزداد المرض بشكل سريع، يتضاعف عدد الأشخاص المصابين بما يتناسب مع العدد الحالي من الأشخاص المصابين. على سبيل المثال، إذا كان هناك شخص واحد مصاب في اليوم الأول الذي يصيب فيه مرض شخص ما ضمن مجموعة سكانية، فسيزداد عدد الأشخاص المصابين بمقدار ثلاثة أمثال كل يومين، حينئذ سيكون هناك ثلاثة مصابين في اليوم الثالث، وتسع مصابين في اليوم الخامس، و27 مصابًا في اليوم السابع، و81 مصابًا في اليوم التاسع وهلم جرا.

يستمر عدد الأشخاص الذين يصابون بمرض ما في الازدياد حتى يتجاوز معدل تعافي المصابين معدل إصابة الأشخاص المعرضين للعدوى. إذا نقل كل شخص مصاب العدوى إلى أقل من شخص واحد آخر في اليوم في المتوسط، فنتوقع حينئذ وجود عدد أقل من حالات الإصابة كل يوم وسوف يختفي المرض في نهاية المطاف. وبصرف النظر عن حدوث ذلك من عدمه، يعتمد الوقت الذي يستغرقه ذلك على حجم المجموعة السكانية ومقدار المخالطات الشخصية للأشخاص داخل المجموعة السكانية[2] .

في الشكل رقم 2، نقارن ما حدث لعدد الأشخاص المعرضين للإصابة والمصابين والمتعافين ضمن مجموعة سكانية في حالة $R_0 > 1$ في مقابل $R_0 < 1$. في الشكل 2A (الذي تكون فيه قيمة R_0 أكبر من 1، يمكن أن يكون عدد الأشخاص الذين يصابون بالعدوى في الوقت ذاته مرتفعًا للغاية (انظر المنحنى البرتقالي)، ويجوز ألا يكون لدى المستشفيات القدرة على علاج كل شخص يُصاب بالعدوى. عندما تكون قيمة R_0 أصغر من 1 ($R_0 < 1$) (انظر الشكل 2B)، لن ينتقل المرض إلى الكثير من الأشخاص في المجموعة السكانية، ومن ثم يصبح منحنى الأشخاص المصابين بمرور الوقت أكثر تسطيحًا. هذا السيناريو مُحبب، فإذا انتشر مرض ما بسرعة، فسنرغب في إبطاء حالات العدوى و''تسطيح المنحنى''[3] (انظر الشكل 3).

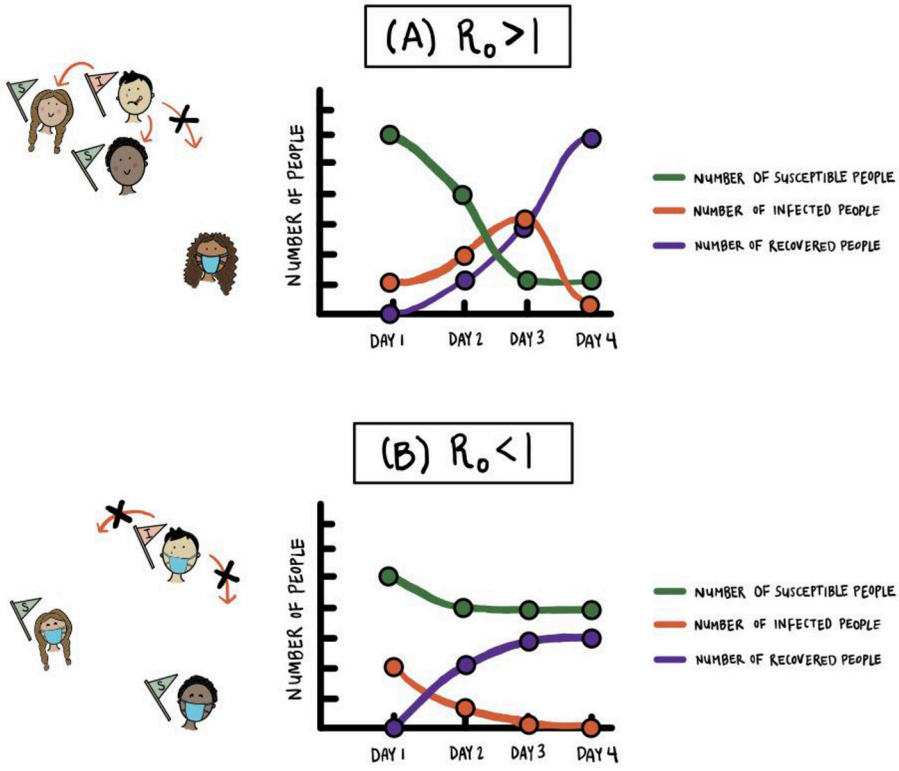
السياسات والسلوكيات و''تسطيح المنحنى''

عند التفكير بشأن كيفية انتشار مرض ما، تعتبر شبكات المخالطات الشخصية مهمة لتقدير قيمة R_0 [4, 6]. تتصل أنت وأصدقاؤك مع بعضكم بعضًا في شبكة اجتماعية، وكذلك أبواك وأصدقاؤهم. لذلك، إذا أُصيب أحد أصدقائك بمرض ما، فيجوز أن ينتقل إليك ومن ثم إلى أبويك وإلى أصدقائهم بعد ذلك. قد ينقل الأشخاص المصابون، الذين يلتقون بالعديد من أصدقائهم شخصيًا، العدوى إلى العديد من الأشخاص.

استجابت العديد من الحكومات لجائحة كوفيد-19 عن طريق إغلاق المدارس وإلغاء الأحداث الرياضية والتجمعات الكبيرة الأخرى وعزل الأشخاص المصابين ومطالبة الأشخاص بملازمة المنزل وممارسة التباعد الجسدي نظرًا لمدى سهولة إصابة الأشخاص بفيروس سارس-كوف-2، واحتمالية

[2] جرّب نموذج SIR التفاعلي في Edenharter [7]. يمكنك أيضًا إلقاء نظرة على المناقشات في Weinersmith et al. [6] وZaman [3] وفي المناقشات والمحاكات التفاعلية في Salathé and Case [4]

[3] الآن بعد أن ناقشنا R_0 بتفاصيل أكثر، ألق نظرة أخرى على ما يحدث عندما تغير كميات، مثل معدلات الإصابة ومعدلات التعافي في المحاكاة التفاعلية في Edenharter [7].



شكل 2

شكل 2

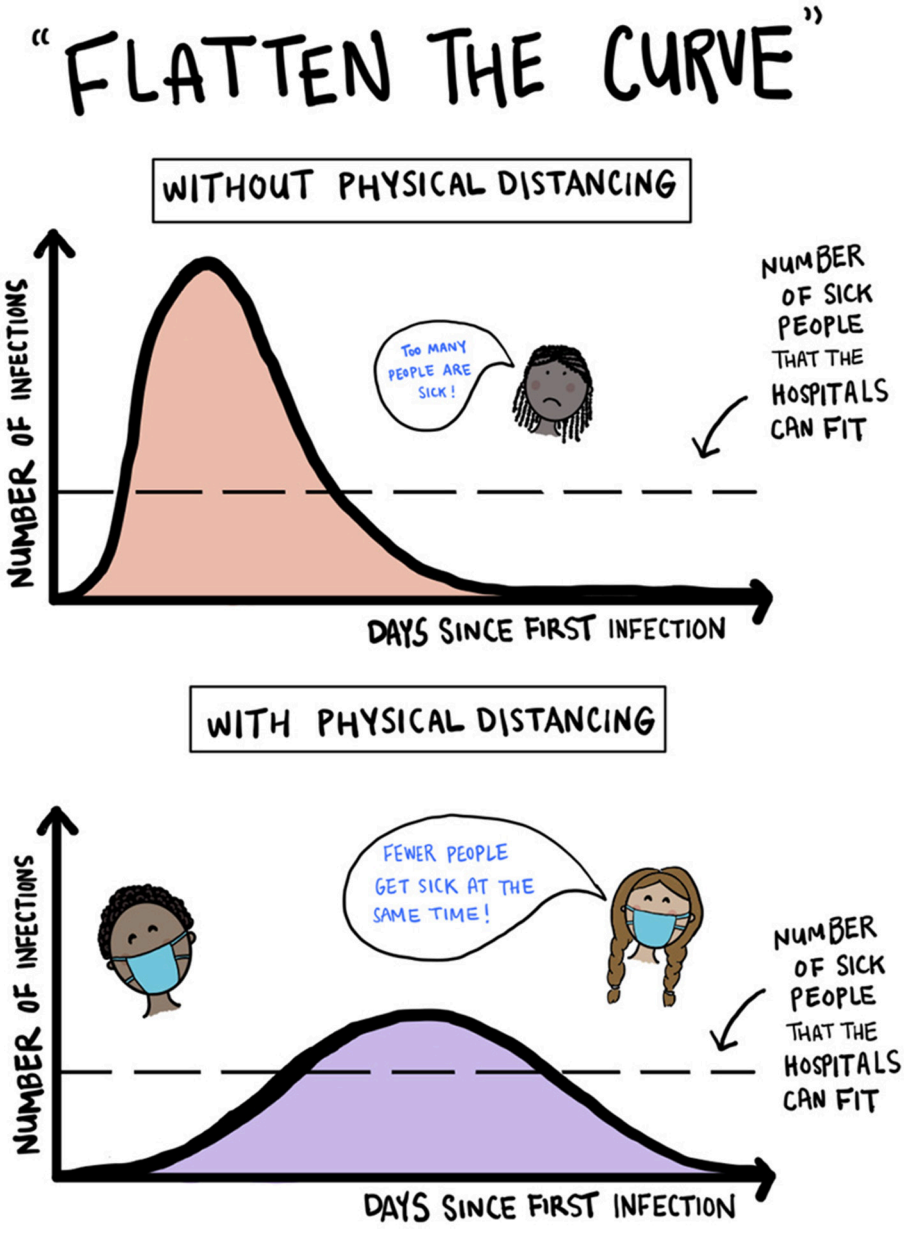
مقارنة عدد الأشخاص المعرضين للإصابة والمصابين والمتعافيين في نموذج SIR لمرض معدٍ. تشير القيم الموجودة على المحور الرأسي إلى جميع الأشخاص الموجودين في الأقسام المعرضين للإصابة والمصابين والمتعافيين في كل يوم (وليس فقط حالات العدوى وحالات التعافي الجديدة في ذلك اليوم). **(A)** عندما يكون $R_0 > 1$، فإن عدد الأشخاص الذين يصابون في الوقت نفسه قد يكون كبير جدًا ويجوز ألا يكون لدى المستشفيات قدرة على علاج كل الأشخاص. نظرًا لأن الجميع تقريبًا يصابون في النهاية في هذه الحالة، يصبح عدد الأشخاص المعرضين للإصابة في النهاية صغيرًا جدًا. **(B)** عندما تبلغ قيمة R_0 أقل من 1، في الحالات مثل ارتداء الكثير من الأشخاص الكمامات وتطبيق التباعد الجسدي، لن ينتقل المرض إلى العديد من الأشخاص ضمن المجموعة السكنية.

إصابتهم بإعياء شديد بسبب كوفيد-19. الهدف من هذه الأنواع من السياسات والسلوكيات أثناء الجائحة هو محاولة الحد من المخالطات الشخصية المباشرة وغير المباشرة وبالتالي ''تسطيح منحنى'' عدد المصابين (انظر الشكل 3) [3, 4, 6]. مع تطبيق مثل هذه الإجراءات والتدابير، إلى جانب ارتداء الكمامات وغسل اليدين كثيرًا، يتوزع عدد المصابين على فترة زمنية أكبر وتكون ذروته أقل، مما يشير إلى أن الحد الأقصى لعدد الأشخاص المصابين في أي يوم أقل مما لو كان الحال خلاف ذلك. هذا مهم حتى تتمتع المستشفيات بالقدرة على علاج أكبر عدد ممكن من الأشخاص. وبتحقيق حالة المنحنى المسطح، يواصل المرض انتشاره لكنه ينتشر ببطء أكثر، بحيث يتسنى للمستشفيات علاج المصابين الذين يحتاجون للمساعدة. وهذا يقلل عدد الوفيات الناتجة عن مرض ما. يقلل كذلك تسطيح المنحنى العدد الإجمالي للأشخاص المصابين بمرور الوقت.

الاستنتاجات

تلعب النماذج الرياضية والحوسبة دورًا كبيرًا في التأثير على استجابات الحكومات لجائحة كوفيد-19. وتكون هذه النماذج مفصلة أكثر مقارنة بنموذج SIR الذي ناقشناه أعلاه[4] . على سبيل المثال، تتضمن العديد من النماذج قسمًا للأشخاص الذين لا يعانون من أعراض ولا يزال يمكنهم نقل العدوى إلى الآخرين وتشمل بعض النماذج قسمًا للأشخاص الذين تطلبت حالتهم دخول إلى المستشفى.

[4] طالع Ferguson et al. [8] للحصول على تفاصيل عن أحد النماذج التي تم استخدامها في المملكة المتحدة.



شكل 3

توضيح ''تسطيح منحنى'' العدوى باستخدام التباعد الجسدي. (الشكل الخاص بنا مستوحى من صور مثل تلك الصورة على https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Covid-19-curves-graphic-social-v3.gif by Siouxsie Wiles and Toby Morris).

توضح جائحة كوفيد-19 الحالية مدى أهمية النمذجة الرياضية للأمراض المعدية. تسمح المناهج الرياضية والحاسوبية للأشخاص بإحراز تقدم في الحد من انتشار مرض ما، بينما يطور الباحثون اللقاحات والعلاجات للقضاء عليه. كما أنها تساعد الجهود في تصميم التدخلات وبرامج التحصين.

شكر وتقدير

نشعر بالامتنان إزاء قرائنا الصغار - Emily Chen، وNia Chiou، وTaryn Chiou، وDimitri Chrysafis، وMaria Chrysafis، وValerie K. Eng، وIris Leung، وTalan Li، وAdam Lindemood، وSuzanna Lindemood، وEli Truong - لتعليقاتهم العديدة المفيدة. كما نشكر والديهم ومعلميهم وأصدقاءهم - Alena Carter وLyndie Chiou وChristina Chow - لجعلنا على

اتصال معهم والتماس آرائهم. نشكر John Butler وFrancesca Henderson وRachel Levy وJoel Miller ومحررينا ومعلقينا على التعليقات المفيدة. وإذ تعترف MAP بالدعم المقدم من المؤسسة الوطنية للعلوم (رقم المنحة DMS من خلال برنامج RAPID، وتعترف MAP وYHK بالدعم المقدم من مؤسسة العلوم الوطنية (رقم المنحة 192295) من خلال برنامج خوارزميات الكشف عن التهديدات (ATD).

المراجع

1. Alberca, G. G. F., Fernandes, I. G., Sato, M. N., and Alberca, R. W. 2020. What is COVID-19? *Front Young Minds* 8:74. doi: 10.3389/frym.2020.00074
2. World Health Organization. 2020. *Coronavirus Disease (COVID-19) Pandemic*. Available online at: https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019.
3. Zaman, L. 2020. *Developing an Intuition for Pandemics*. Available online at: https://infectiousmatter.com/
4. Salathé, M., and Case, N. 2020. *What Happens Next? COVID-19 Futures, Explained With Playable Simulations*. Available online at: https://ncase.me/covid-19/?v=3
5. Brauer, F., Castillo-Chavez, C., and Feng, Z. 2019. *Mathematical Models in Epidemiology*. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag.
6. Weinersmith, Z., Koerth, M., Bronner, L., and Mithani, J. 2020. *A Comic Strip Tour of the Wild World of Pandemic Modeling*. Available online at: https://fivethirtyeight.com/features/a-comic-strip-tour-of-the-wild-world-of-pandemic-modeling/
7. Edenharter, G. 2015. *The Classic SIR Model*. Available online at: https://maple.cloud/app/4837052487041024
8. Ferguson, N. M., Laydon, D., Nedjati-Gilani, G., Imai, N., Ainslie, K., Baguelin, M., et al. 2020. *Report 9: Impact of Non-pharmaceutical Interventions (NPIs) to Reduce COVID-19 Mortality and Healthcare Demand*. Available online at: https://www.imperial.ac.uk/mrc-global-infectious-disease-analysis/covid-19/report-9-impact-of-npis-on-covid-19/

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 25 أكتوبر 2021

حرره: John S. Butler, Technological University Dublin, Ireland

الاقتباس: Brooks HZ, Kanjanasaratool U, Kureh YH and Porter MA (2021) محققو الأمراض: استخدام الرياضيات في التنبؤ بانتشار الأمراض المعدية. Front. Young Minds doi: 10.3389/frym.2020.577741-ar

مُترجَم ومقتبس من: Brooks HZ, Kanjanasaratool U, Kureh YH and Porter MA (2021) Disease Detectives: Using Mathematics to Forecast the Spread of Infectious Diseases. Front. Young Minds 8:577741. doi: 10.3389/frym.2020.577741

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

COPYRIGHT © 2021 © 2021 Brooks, Kanjanasaratool, Kureh and Porter. 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

ETHAN، العمر: 13

أنا Ethan وأبلغ من العمر 13 عامًا. تشمل هواياتي لعب الشطرنج ودراسة الرياضيات والقراءة. أحب لعب الشطرنج نظرًا لأنه حسّن بشكل كبير قدرتي على التحمل وتركيزي والتفكير التكتيكي. استمرت أطول مباراة لعبتها 5 ساعات ونصف! أحب الرياضيات لأنني أفهمها جيدًا بطبيعة الحال. أدرس حساب التفاضل والتكامل 3 في الوقت الحالي. أحب القراءة، وسلسلتي المفضلة: ''أجنحة النار'' (*Wings of Fire*) و''حارس المدن المفقودة'' (*Keeper of the Lost Cities*).

المؤلفون

HEATHER Z. BROOKS

ولدت Heather Zinn Brooks في ولاية أيداهو ونشأت في مدينة سولت ليك بولاية يوتا. حصلت Heather على درجة الدكتوراة في الرياضيات من جامعة يوتا عام 2018. تعيش الآن في لوس أنجلوس ذات الطقس المشمس، حيث تعمل أستاذًا مساعدًا في كلية هارفي مود. ركزت Heather خلال عملها على النمذجة الرياضية لتطبيقات العالم الحقيقي، بما في ذلك انتشار الأمراض والمعلومات الخاطئة. وخارج إطار العمل، تقضي Heather حجرها الصحي في حل الأحجيات وتستمع إلى الموسيقى وتمارس الفن. وعند انتهاء التباعد الجسدي، ستكون متحمسة بشكل خاص للذهاب للتسلق ومشاركة الطعام الجيد مع العائلة والأصدقاء.

UNCHITTA KANJANASARATOOL

ولدت Unchitta Kanjanasaratool وترعرعت في بانكوك، بتايلاند قبل أن تنتقل إلى كاليفورنيا في عام 2016. حصلت Unchitta على شهادتها الجامعية في الرياضيات التطبيقية من جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس في عام 2020، وهي الآن تسعى للحصول على درجة الدكتوراة في العلوم الاجتماعية الحاسوبية من جامعة George Mason University. تشعر Unchitta بالحماس إزاء التطبيقات الرائعة للرياضيات، خاصة في العلوم الاجتماعية، وتستمتع بتواصلها مع الآخرين. تطلع إلى استكشاف الكثير عن منطقة واشنطن العاصمة (التي انتقلت إليها مؤخرًا)، بالإضافة إلى ممارسة رياضة الصحن الطائر (رياضتها المفضلة) مع أصدقائها مرة أخرى بمجرد السيطرة على جائحة كوفيد-19.

YACOUB H. KUREH

ولد Yacoub H. Kureh وتربى في مقاطعة أورانج، كاليفورنيا وحصل على الدكتوراة في الرياضيات من جامعة كاليفورنيا في عام 2020. تتركز اهتماماته البحثية في مجالات علوم الشبكات وعلوم البيانات. يركز على نمذجة انتشار الآراء بين الأفراد الذين يتشاركون في الروابط الاجتماعية. هو طالب جامعي ضمن أول جيل يدرس في الجامعة وطالب دراسات عليا. وهو شغوف بالتعليم ومساندة حق التعليم. في أثناء فترة الحجر الصحي، يقضي وقته في قراءة الخيال العلمي وركوب الدراجات وممارسة ألعاب الطاولة على الإنترنت مع أصدقائه. يتطلع للذهاب في رحلة سفاري مع الأصدقاء عند رفع أوامر التباعد الاجتماعي.

MASON A. PORTER

Mason A. Porter هو أستاذ في قسم الرياضيات بجامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس. ولد في

لوس أنجلوس، كاليفورنيا، وهو متحمس ليكون أستاذًا في مسقط رأسه. بالإضافة إلى دراسة الشبكات والمواضيع الأخرى في الرياضيات وتطبيقاتها، يعد Mason من أشد المعجبين بالألعاب من جميع الأنواع، والخيال، والبيسبول، وحقبة الثمانينيات، وغيرها من الأشياء المبهجة. كان Mason أستاذًا في جامعة أكسفورد، حيث كان يرتدي العباءات في بعض المناسبات (كما هو الحال في سلسلة *Harry Potter*). إنه يتوق بشدة لانتهاء التباعد الجسدي (على الرغم من أنه مصمِّم على الالتزام بذلك طالما كان ذلك ضروريًا) والالتقاء بأصدقائه وطلابه مرة أخرى شخصيًا، ويتطلع إلى قضاء وقت ممتع معهم.
*mason@math.ucla.edu

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

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