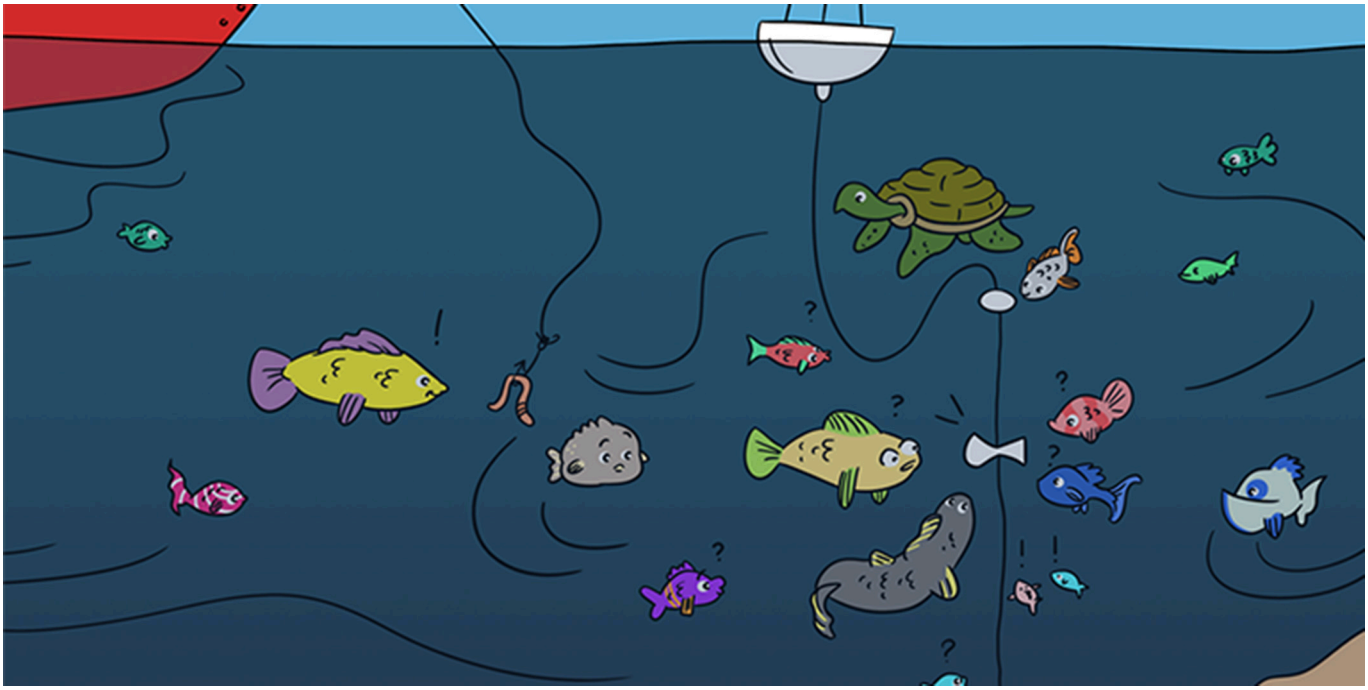
frontiers FOR YOUNG MINDS

التنوع الحيوي
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 25 أكتوبر 2021
doi: 10.3389/frym.2020.00003-ar



كيف نختار التقنيات المناسبة لدراسة الكائنات البحرية في المحيط؟

Emmanuel Boss [1*] ***and Sasha J. Kramer*** [2]

[1] *School of Marine Sciences, University of Maine, Orono, ME, United States*

[2] *Interdepartmental Graduate Program in Marine Science, University of California, Santa Barbara, Santa Barbara, CA, United States*

المراجعون الصغار:

STEVENSON MIDDLE SCHOOL

العمر:12-13

تتنوع الكائنات الحية التي تعيش في المحيط من حيث الحجم والنوع؛ بداية من العوالق المجهرية التي تستخدم ضوء الشمس لإنتاج الطاقة ووصولًا إلى الحيتان الكبيرة التي تأكل الميكروبات والحيوانات الأخرى لتحصل على طاقتها. تتعايش هذه الكائنات الحية مع بعضها البعض في تناغم في محيط شاسع يغطي ما يقرب من ثلاثة أرباع سطح الأرض. ويواجه العلماء الذين يدرسون المحيطات تحديًا حين يحاولون إحصاء كل هذه الأنواع المختلفة من الكائنات الحية ووصفها: فكيف يمكنهم اختيار الأدوات والتقنيات المناسبة لتقدير هذه الكائنات وبيئاتها بدقة؟ عندما يفكر العلماء في الأدوات والتقنيات التي يجب استخدامها للإجابة على أسئلتهم حول المحيط، يتعين عليهم موازنة تكلفة عملية التقدير والقياس بالمعلومات التي سيحصلون عليها. وفي هذا المقال، نصف بعض الأساليب المختلفة التي قد يستخدمها العلماء لدراسة الكائنات الحية في المحيط؛ بدءًا من شباك الصيد أو الزجاجات المستخدمة لجمع عينات المياه التي تُعاد إلى القارب أو المختبر، ومرورًا بالروبوتات التي تسبح صعودًا وهبوطًا وتجمع معلومات حول المحيط الأعمق، ووصولًا إلى الأقمار الصناعية البعيدة التي ترسل إشارات إلى الأرض حول سطح المحيط. تُوجد أيضًا طرق للأطفال للمشاركة في مراقبة المحيطات والمساعدة في إجراء ذلك!

دراسة الكائنات الحية في المحيطات صعبة!

تُغطي مساحة المحيط أكثر من 72% من مساحة سطح الأرض ويبلغ متوسط عمقها حوالي 3700 متر. كيف يُمكننا محاولة دراسة مثل هذا الحجم الكبير من الماء الذي يحتوي على الكثير من الكائنات الحية المختلفة؟

يستخدم علماء المحيطات (العلماء الذين يدرسون المحيط) عددًا من الأدوات المختلفة لدراسة المحيط، بدءًا من **الأقمار الصناعية** التي يُمكنها مراقبة سطح المحيط يوميًا، ووصولًا إلى سفن البحث (يوجد حاليًا حوالي 400 سفينة تديرها 50 دولة مختلفة [1])، وحتى **الروبوتات** التي تغوص وترتفع بشكل دوري ومجهزة **بمستشعرات** (يوجد حوالي 5000 روبوت قيد الاستخدام الآن). وتقيس معظم هذه الأدوات الخصائص الفيزيائية للمحيطات، مثل درجة الحرارة ومستويات ملوحة المياه، مع أداة واحدة تقريبًا من أصل عشر أدوات مُخصصة لجمع معلومات عن الحياة في المحيط.

يحتوي المحيط على كائنات حية من جميع الأحجام؛ بدءًا من الكائنات الدقيقة التي يتراوح حجمها بين 0.2 و20 ميكرومترًا وهي أصغر من أن نراها بأعيننا المجردة (1 ميكرومتر هو واحد على مليون من المتر)، مثل البكتيريا ومعظم **العوالق النباتية** و**العوالق الحيوانية** الصغيرة، ووصولًا إلى الكائنات الأكبر حجمًا من 0.2 إلى 20 مترًا، مثل معظم الأسماك والثدييات البحرية. وتُعتبر كتلة الكائنات الدقيقة هي تقريبًا نفس كتلة الكائنات الحية التي يمكننا رؤيتها بالعين المجردة [2] - توجد الكثير من الكائنات الدقيقة في المحيط! فعلى سبيل المثال، في ملعقة صغيرة من مياه المحيط، توجد حوالي 5 ملايين بكتيريا وحوالي 250000 من العوالق نباتية (كائنات تستخدم الضوء للنمو)، وربما توجد إحدى العوالق الحيوانية الكبيرة (تتغذى العوالق الحيوانية على الكائنات الأخرى؛ وبعضها يشبه شخصية ''شمشون'' (Plankton) في مسلسل ''سبونج بوب'' (Spongebob)). ويُشبه فرق الحجم بين العوالق الحيوانية والبكتيريا فرق الحجم بين برج إيفل والإنسان! في حين أن البكتيريا الصغيرة يمكنها أن تتكاثر كل بضع ساعات، تحتاج العوالق الحيوانية الكبيرة إلى العثور على رفيقة للتكاثر والمعيشة لمدة عام تقريبًا.

أساليب مختلفة مطلوبة لدراسة الكائنات الحية المحيطية المختلفة

نظرًا لأن الكائنات الحية التي تعيش في المحيط تتنوع في أحجامها تنوعًا كبيرًا، من كائنات صغيرة للغاية إلى كائنات كبيرة للغاية، فلا يمكن لعلماء المحيطات استخدام نفس الأساليب لدراسة جميع الكائنات الحية في المحيطات. فعلى سبيل المثال، تُعد العوالق النباتية الصغيرة الموجودة في كل مكان في المحيط المضاء بنور الشمس مصدرًا للطاقة في شبكة الغذاء البحرية. وتعمل العوالق النباتية كغذاء للكائنات الحية الأخرى، وبالتالي فهي هدف مهم للدراسة، ولكن لا يستطيع علماء المحيطات دراسة العوالق النباتية بالطريقة نفسها التي يدرسون بها الحيوانات المفترسة العليا مثل الحوت القاتل. وبينما تتواجد العوالق النباتية دائمًا في كل مكان في المحيط المضاء بنور الشمس، فقد يتواجد حوت واحد فقط في خليج كامل في أي وقت. تُعتبر العوالق النباتية صغيرة للغاية للحد الذي لا يُمكننا معه عدّها بأعيننا المجردة، ولكن سيكون من السهل اكتشاف حوت كبير بدون أي أدوات أخرى.

ولدراسة أصغر الكائنات الحية، مثل البكتيريا والعوالق النباتية والعوالق الحيوانية، يستخدم علماء المحيطات القوارب لجمع عينات من المياه لإجراء دراسة في المختبر. وقد ينظرون إلى هذه

القمر الصناعي (SATELLITE)

جسم في الفضاء يدور حول الأرض ويمكن تركيب أجهزة استشعار عليه لمراقبة الأرض.

الروبوت (ROBOT)

شيء يُمكنه التحكم في حركته بقدر محدود ويُمكن تثبيت أجهزة الاستشعار عليه.

المستشعر (SENSOR)

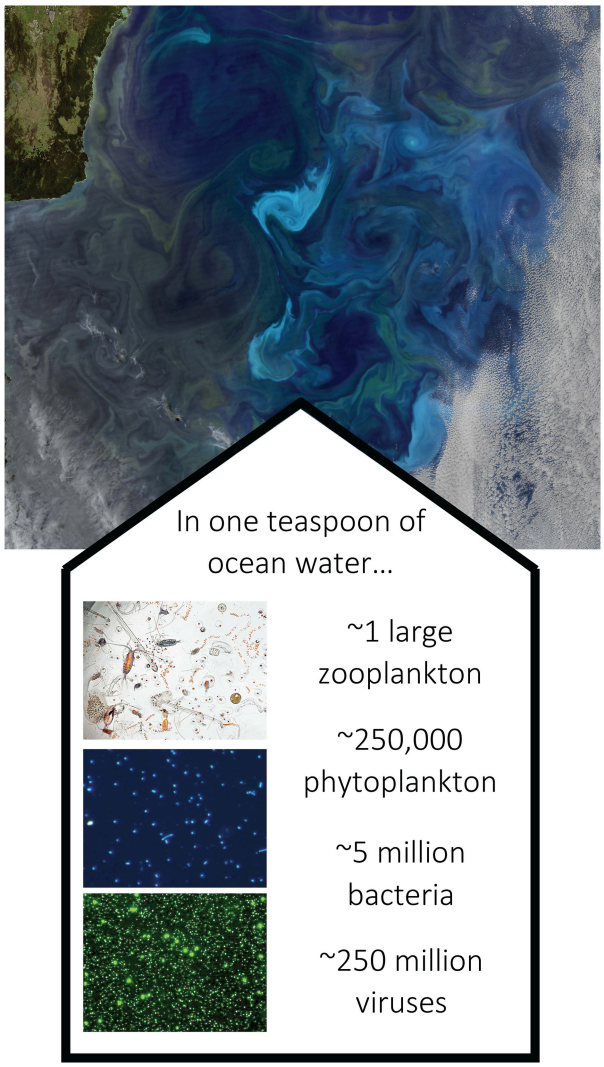
جسم مزود بمكونات إلكترونية تسجل الإشارات المتولدة من البيئة المحيطة به.

العوالق النباتية (PHYTOPLANKTON)

كائنات مجهرية أحادية الخلية تستخدم ضوء الشمس والغازات المذابة والمغذيات للحصول على الطاقة وبناء المواد الخلوية.

العوالق الحيوانية (ZOOPLANKTON)

الحيوانات التي تأكل الميكروبات للحصول على الطاقة وبناء المادة الخلوية.



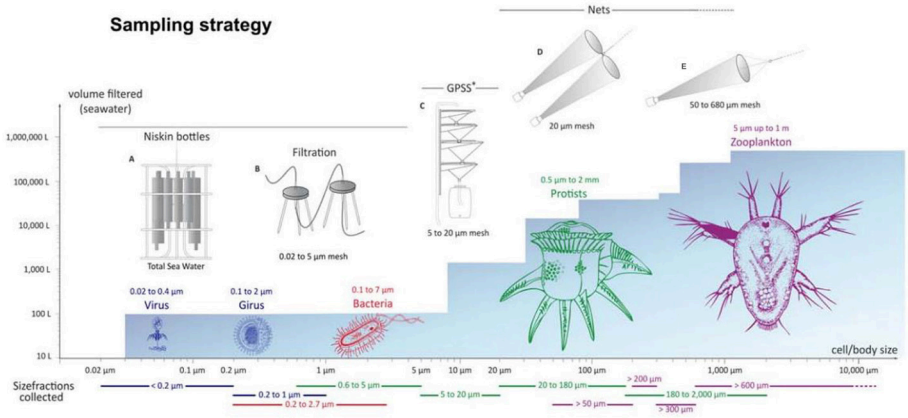
شكل 1

صورة ملونة للمحيط مأخوذة من قمر صناعي، تُظهر الدوامات والدوامات الاضطرابية، بتركيزات مختلفة من جزيء الكلوروفيل أ، وهي صبغة مشتركة بين جميع العوالق النباتية. تمثل المناطق الأكثر خضرة مناطق بها المزيد من الكلوروفيل أ، وبالتالي وجود المزيد من العوالق النباتية. ويصف النص الموجود أسفل الصورة التباينات الكبيرة في تركيزات أنواع الكائنات الحية المختلفة من العوالق الموجودة في ملعقة صغيرة واحدة من مياه المحيط. صورة القمر الصناعي من: https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/gallery/.

شكل 1

الكائنات باستخدام المجاهر أو يستخدمون شعاع ليزر خاص لمعرفة عدد الخلايا الموجودة في العينة وحجمها ونوعها. ويفحص العلماء المادة الوراثية للكائنات الحية التي جُمعت من عينات مياه المحيطات لاكتشاف نوع الكائنات الحية الموجودة في الماء بنفس الطريقة التي قد يفحص بها البشر الحمض النووي الخاص بهم لمعرفة موطن أسلافهم وهيئاتهم. وللقيام بذلك، يحتاج العلماء إلى فك شفرة المادة الوراثية لمعرفة ما إذا كانت تتطابق مع الكائنات الحية المعروفة الأخرى التي جرى دراسة شفراتها الوراثية مسبقًا ووضعها في مكتبة للشفرات الوراثية، أم لا.

كما يمكن أن يوفر الحمض النووي معلومات حول طبيعة الكائنات الحية التي جُمعت من النظام البيئي؛ مثل ما إذا كانت الكائنات الحية قادرة على البقاء على قيد الحياة بدون الأكسجين أم لا. ويمكن أيضًا تحليل عينات المياه بحثًا عن مواد خاصة موجودة في بعض الكائنات الحية، فعلى سبيل المثال، غالبًا ما يبحث علماء المحيطات عن جزيء يسمى الكلوروفيل أ (chlorophyll a) في عينات المياه الخاصة بهم. ويُعتبر جزيء الكلوروفيل أ صبغة تستخدمها العوالق النباتية لجمع ضوء الشمس للحصول على الطاقة، تمامًا كما تفعل الأشجار على الأرض. وتُعد كمية الكلوروفيل الموجودة في الماء إحدى طرق معرفة عدد العوالق النباتية الموجودة في الماء.



شكل 2

يجب استخدام طرق مختلفة لجمع عينات من الكائنات الحية المحيطية ذات الأحجام المختلفة. عندما نأخذ **عينة شاملة** . تُجمع الكائنات الحية الدقيقة، مثل الفيروسات، باستخدام أنواع مختلفة من أنظمة الترشيح لإزالتها من مياه المحيطات. وتُجمع العوالق الحيوانية، التي تفوق حجم الفيروسات بمليون مرة، باستخدام الشباك المنتشرة في المحيط. ويوضح هذا الرسم البياني كمية الماء (على المحور الأيسر) المطلوب ترشيحها لجمع الكائنات الحية ذات الأحجام والأنواع المختلفة (على المحور السفلي). وفوق الكائنات الحية، تُعرض صور لأنظمة الترشيح المحددة ومصادر المياه (سواء كانت زجاجات أو شباك) المشار إليها بالرمز **A إلى E.** من Karsenti et al [3].

أخذ عينة شاملة (HOLISTIC SAMPLING)

طريقة لأخذ العينات حيث تؤخذ العينات من كل جزء من النظام موضع الاهتمام في نفس الوقت.

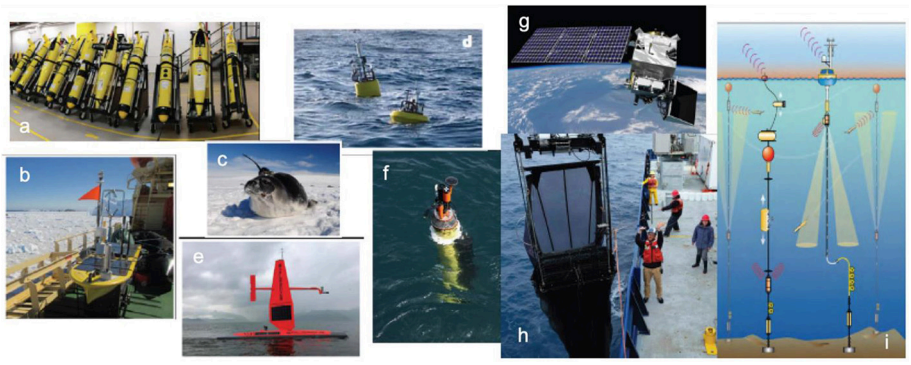
تؤثر العوالق النباتية الموجودة في المياه السطحية للمحيطات على لون الماء (الشكل 1). وتلتقط الأقمار الصناعية الموجهة نحو الأرض صورًا لسطح المحيط. ويستخدم العلماء هذه الصور لرسم خرائط توزيع العوالق النباتية. وعلى الرغم من أنها أصغر من أن نراها بأعيننا، فإنه يمكن رؤية عدد كبير من العوالق النباتية التي تحتل مساحة واسعة (تسمى تجمعات الأزهار البحرية) من الفضاء.

ولدراسة الكائنات الحية الأكبر حجمًا، مثل العوالق الحيوانية التي تقتات على العوالق النباتية، ينشر العلماء كاميرات من سفن الأبحاث أو الروبوتات أو الغواصات. وتلتقط هذه الكاميرات صورًا للكائنات الحية الموجودة في الماء. وتُعد مياه المحيطات وسيلة نقل جيدة للصوت. حيث يستخدم علماء المحيطات أجهزة استشعار صوتية، ترسل نبضة من الصوت، وتقوم بالاستماع للنبضات العائدة، لرسم خرائط توزيع العوالق الحيوانية والأسماك. وتعمل هذه الطريقة بفاعلية؛ حيث تُشتت الكائنات الحية الصوت العائد مرة أخرى إلى المستشعر بشكل مختلف، اعتمادًا على حجمها وشكلها. ويعد الاستماع إلى أصوات الحيوانات طريقة أخرى لدراسة توزيع الكائنات الحية التي تنتج الأصوات، مثل الحيتان. ومن المعروف أن الحيتان ''تتحدث'' مع بعضها البعض عبر آلاف الكيلومترات!

وأخيرًا، تُستخدم الشباك أيضًا لجمع الكائنات الحية من أعماق مختلفة (الشكل 2). وتُعتبر هذه الطريقة مشابهة للطريقة التي يصطاد بها قارب الصيد الأسماك في المحيط. وتحتوي الشباك على شبكة مكونة من العديد من الثقوب المخيطة معًا. ويجري اصطياد الكائنات البحرية المختلفة، اعتمادًا على حجم الثقوب، في الشباك وتتفاوت في الحجم من العوالق النباتية إلى الأسماك الكبيرة.

يمكن استخدام الروبوتات في جمع البيانات من المحيط

درس علماء المحيطات الكائنات الحية في المحيطات بالطريقة التقليدية باستخدام قوارب مجهزة بشبكات وأجهزة جمع عينات المياه (زجاجات كبيرة قادرة على الإغلاق عند عمق معين، لذلك يمكن للمياه أن تصعد من أعماق المحيط إلى السطح دون عائق). كما يُمكن نشر مستشعرات آلية من السفن أو من الروبوتات. وتستخدم الروبوتات البحرية استراتيجيات مختلفة للتنقل مثل الأنواع المختلفة من القوارب. وتتحرك بعض الروبوتات البحرية باستخدام محركات، وبعضها لها أشرعة، وبعضها تغير عمقها في الماء عن طريق تغيير قابليتها للطفو (سواء بالغوص أو الطفو). تتجول الآلاف



شكل 3

شكل 3

أمثلة على طرق أخذ العينات. تشمل المنصات الذاتية (المستقلة) على الطائرات الشراعية **(a)**، والطائرات الشراعية الراكبة للأمواج **(b)**، والكائنات البحرية ذات المستشعرات المرفقة بأجسادها، مثل الفقمات **(c)**، والطوافات السطحية **(d)**، والطائرات الملاحية **(e)**، وعوامات جمع القياسات **(f)**. وتحتوي كل هذه الأدوات على أجهزة استشعار لدراسة المحيط بدون محرك (تعمل المستشعرات وأجهزة الاتصال بالبطاريات). وتراقب الأقمار الصناعية الطاقة الناتجة أو المنبعثة من الأرض **(g)**. وتقوم السفن المزودة بشبكات وأنظمة أخذ العينات الأخرى بجمع العينات لتحليلها في المختبر **(h)** بينما تقوم المراسي الثابتة المزودة بأجهزة استشعار بجمع البيانات في موقعها **(i)**. حقوق الصورة للشكل: **(a)** تقرير ALPS II (https://alps-ocean.us/documents/). A. Snyder **(b)**، في تقرير ALPS II. **(c)** D. Costa، في تقرير ALPS II. **(d)** تقرير Saildrone **(e)** ALPS II، في تقرير .Inc .E **(f)** ALPS II. University of Maine ,Boss **(g)**. معرض صور مشروع NASA PACE (https://pace.oceansciences.org/gallery.htm). **(h)** معرض صور مشروع NASA PACE (https://pace.oceansciences.org/gallery.htm). **(i)** https://oceanobservatories.org/.

من هذه الروبوتات البحرية حاليًا حول المحيط (للاطلاع على صور بعض هذه الروبوتات، يُرجى النظر إلى الشكل 3)، ويُرسل العديد منها بياناتها إلى الشاطئ عبر الأقمار الصناعية. وبهذه الطريقة، يُمكن لعلماء المحيطات مراقبة المحيط أثناء بقائهم على الشاطئ.

ولمعرفة سبب اختلاف أعداد بعض الكائنات الحية في الأجزاء المختلفة من المحيط، يجمع علماء المحيطات مجموعة متنوعة من البيانات من البيئة. وتتضمن هذه البيانات درجة حرارة الماء وكمية الضوء في العمق الذي جُمعت فيه العينة، ووجود الحيوانات المفترسة وكميتها، فضلًا عن وجود المواد الكيميائية التي قد تؤذي الكائنات الحية. تُعد بعض هذه المواد الكيميائية، مثل المواد الغذائية الذائبة، مفيدة للعوالق النباتية، وتلعب دورًا مشابهًا لدور الأسمدة بالنسبة للنباتات على اليابسة. وقد يكون بعضها الآخر، مثل تلك المواد الكيميائية التي تجعل الماء حمضيًا، ضارًا بالكائنات الحية. ففي المياه الحمضية، ستجد بعض الكائنات الحية صعوبة في بناء قشرة، للسبب نفسه الذي يتسبب في إذابة الأسنان عند وضعها في كوب من الكوكاكولا.

ولدراسة التفاعلات بين الكائنات الحية الموجودة في منطقة معينة من المحيط، يحتاج علماء المحيطات إلى اتباع نهج شامل لأخذ العينات. ويُقصد بالنهج الشامل النظر في كل جزء من شبكة الغذاء والبيئة معًا. لإلقاء نظرة شاملة على منطقة من المحيط، يجب قياس جميع أجزاء الشبكة الغذائية في آن واحد. فعلى سبيل المثال، إذا قرر علماء المحيطات أن العوالق النباتية في منطقة معينة لديها ما يكفي من الضوء والمغذيات لتنمو، فسيكون من الصعب شرح سبب عدم زيادة عدد العوالق النباتية، إلا إذا كانت هناك أيضًا قياسات لعدد الحيوانات الآكلة للعشب التي تقتات على العوالق النباتية أثناء نموها.

التحديات التي تعرقل عملية دراسة الكائنات البحرية

قد تضع دراسة الكائنات البحرية العديد من التحديات أمام علماء المحيطات نظرًا لكبر حجم المحيط وتغيره بمرور الوقت. وتُسمى إحدى الصعوبات التي يواجهها العلماء عند محاولة دراسة المحيط بالترسبات الحيوية أو الحشف الحيوي. وتحدث الترسبات الحيوية عندما تستعمر الكائنات الحية (التي تبدأ في النمو) أجهزة الاستشعار ومنصات أخذ العينات، مما يؤدي إلى إجراء قياسات سيئة. وغالبًا ما تبحث الكائنات الحية في المحيط عن أسطح تنمو عليها، وتوفر أجهزة استشعار المحيطات مكانًا مثاليًا لنمو الأعشاب البحرية أو البرنقيل.

توجد صعوبة أخرى تتمثل في حقيقة أن الكائنات الحية مثل الأسماك تنجذب إلى الهياكل أو الأضواء في المحيط مما قد يؤثر على القياسات الناتجة عن تلك الأدوات. ويعرف الصيادون أن الأسماك تنجذب إلى هذه الأماكن، وسيأتون للصيد بالقرب من مراسي المحيط. ويُسلط هذا التأثير الضوء على تحدٍ في علم المحيطات مفاداه: أنه عندما ندرس المحيط ونقدّر خواصه، فإننا في بعض الأحيان نُحدث تغييرات فيه.

ونظرًا لمحدودية الأموال المتاحة لإجراء الدراسات المحيطية، يتعين على العلماء أن يفكروا مليًا في الأسئلة البحثية التي يطرحونها وكيف يمكنهم الحصول على المعلومات الصحيحة للإجابة عن هذه الأسئلة على أفضل وجه. وستراعي الدراسة العلمية الجيدة خصائص الكائنات الحية ذات الأهمية. وقد يطرح علماء المحيطات أسئلة من النوع الآتي:

- ما كمية الماء التي ينبغي تحليلها لمعرفة تركيز الكائن الحي X؟ إذا أعددت فقط دلوًا واحدًا من الماء، فهل سأحصل على ما يكفي من الكائنات الحية لتخمين عدد الكائنات الحية في هذا الخليج بأكمله؟
- إلى متى ستظل القياسات التي أجريتها صحيحة؟ إذا أخذت هذه العينة قبل أسبوع، فهل لا تزال نفس الكائنات الحية موجودة في الماء اليوم، أم تغيرت أعدادها؟
- ما نسبة المحيط التي يمثلها هذا القياس؟ هل يمكنني تخمين شيء عن المحيط بأكمله باستخدام قياساتي، أم فقط عن الخليج الذي درسته؟

تعد الإجابة عن أسئلة من هذا القبيل مفتاحًا لتقرير كمية القياسات ومقدارها ومدى تباعدها. وستضمن هذه الاستراتيجية إنفاق أموال البحث بشكل جيد وفعال. ويتمثل النبأ السار في أن التطورات في التكنولوجيا على مر السنين ساعدت في خفض تكاليف بعض طرق القياس، فضلًا عن زيادة كمية المعلومات التي يمكن لعلماء المحيطات جمعها من قياس واحد. وإذا لم يتمكن العلماء من الإجابة عن أسئلتهم البحثية دون قياس محدد، وكان يتعذر إجراء هذا القياس إلا من القارب فقط، فينبغي عليهم طلب الوقت والمال للذهاب إلى البحر على متن سفينة بحثية. ولكن ربما يمكن الإجابة عن سؤالهم باستخدام بيانات الأقمار الصناعية التي تُجمع كل يوم في جميع أنحاء العالم دون الحاجة إلى قارب. وبهذا الحل، يُمكن توفير بعض النقود.

كيف يمكننا تحسين عمليات قياس وتقدير الكائنات الحية في المحيط؟

لتوسيع مقياس عمليات قياس المحيطات، يحتاج العلماء إلى المساعدة. بعض البرامج الحديثة لديها علماء غير متخصصين في علم المحيطات (بما في ذلك أطفال) يقومون بأخذ قياسات المحيط. وتتمتع برامج المشاركة الشعبية في العلوم (citizen science) بإمكانية زيادة قدرتنا بشكل كبير على أخذ العينات من المحيط. ويهتم الكثير من الناس بالمحيطات بشدة؛ حيث يحبون الذهاب إلى الشاطئ والسباحة في المحيط وتقدير الحيوانات التي تعيش في البحر. وعلى الرغم من ضخامة المحيطات، فلا يوجد سوى العديد من علماء المحيطات (بما في ذلك الروبوتات!) الذين يمكنهم أخذ عينات من المحيط في آن واحد. لذا، نحن بحاجة إلى مساعدة الأشخاص الذين يهتمون بالمحيط لجمع العينات ومشاركة الملاحظات حول البحر. ويمكن جمع البيانات المفيدة حتى بواسطة راكبي الأمواج (https://smartfin.org/)! إذا كنت مهتمًا بالانضمام إلى برنامج علوم المواطن، لمساعدة علماء المحيطات في جمع البيانات حول البحر، فيُرجى الاطلاع على الروابط التالية لمعرفة كيف يُمكنك المساعدة!

https://oceanservice.noaa.gov/citizen-science/ أو

https://planktonplanet.org/ أو

https://www.whoi.edu/what-we-do/educate/k-12-students-and-teachers/resources-for-teachers-citizen-science-projects/ أو

https://medium.com/%40TheW2O/citizen-science-and-the-ocean-4dff1b7e0d84

المراجع

1. Dinsmore, R. P. 2001. "Ships," in *Encyclopedia of Ocean Sciences, 2nd Edn.*, ed J. H. Steele (Academic Press). p. 409–18. doi: 10.1016/B978-012374473-9.00299-X
2. Sheldon, R. W., Prakash, A., and SutcliVe, W. H. 1972. The size distribution of particles in the ocean. *Limnol. Oceanogr.* 17:327–40.
3. Karsenti, E., Acinas, S. G., Bork, P., Bowler, C., De Vargas, C., Raes, J., et al. 2011. A holistic approach to marine eco-systems biology. *PLoS Biol.* 9:e1001177. doi: 10.1371/journal.pbio.1001177

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 25 أكتوبر 2021

حرره: Carolyn Scheurle, Institut de la Mer de Villefranche (IMEV), France

الاقتباس: Boss E and Kramer SJ (2021) كيف نختار التقنيات المناسبة لدراسة الكائنات البحرية في المحيط؟ Front. Young Minds doi: 10.3389/frym.2020.00003-ar

مُترجَم ومقتبس من: Boss E and Kramer SJ (2020) How Do We Choose Technologies to Study Marine Organisms in the Ocean? Front. Young Minds 8:3. doi: 10.3389/frym.2020.00003

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 © 2020 Boss and Kramer 2021 © 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

STEVENSON MIDDLE SCHOOL، العمر: 12–13

تتكون الفصول التي راجعت هذا المقال من إجمالي 63 طالبًا من طلاب العلوم في الصف السابع في ولاية هاواي الجميلة. نحن نمثل فصلين من العقول الفضوليّة والآراء القوية التي تعمل على صقل مهارات التفكير النقدي لدينا مع توسيع رؤيتنا للعالم من خلال عدسة العلم!

المؤلفون

EMMANUEL BOSS

Emmanuel عالم فيزياء مائية يطور طرقًا لدراسة كميات المواد المختلفة الموجودة في الماء وخصائصها (على سبيل المثال العوالق النباتية والرواسب). يستخدم المستشعرات المنتشرة على الأقمار الصناعية أو الروبوتات أو الهياكل المربوطة بشكل ثابت أو التي يتم إنزالها من السفن ويقارن قراءاتها بالتحليل المختبري لما هو موجود في الماء. طور تطبيقًا بالتعاون مع أحد الطلاب لقياس تعكر المياه من الهواتف الذكية. يكون في قمة سعادته حين يغطس في الماء (فهو عاشق للغوص والسباحة).
*emmanuel.boss@maine.edu.

SASHA J. KRAMER

Sasha مرشحة للحصول على درجة الدكتوراة في العلوم البحرية، وهي تدرس العوالق النباتية المجهرية التي تعيش في سطح المحيط باستخدام طرق مختلفة. تأخذ عينات من المحيط للنظر في عدد العوالق النباتية في الماء وأنواعها، وتبحث عن طرق لربط هذه القياسات بالبيانات المُجمعة من الأقمار الصناعية. نشأت Sasha في نيو إنجلاند وتذهب إلى شواطئ كيب كود وتسبح في المحيط الأطلسي، لكنها تعيش الآن في سانتا باربرا، كاليفورنيا وتسبح في المحيط الهادئ! كما تحب التنزه والخبز في وقت فراغها.
sasha.kramer@lifesci.ucsb.edu

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

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