Arabic translation by Yasser Abualnaja of the article Greenan et al. (2023) Keeping an Eye on Earth's Oceans With Argo Robots Front. Young Minds 11:943491. doi: 10.3389/frym.2023.943491

مراقبة محيطات الأرض باستخدام روبوتات آرجو

Blair J. Greenan[1*], Annie P. Wong[2], Tammy Morris[3], Emily A. Smith[4] and Marine Bollard[5]

[1]Bedford Institute of Oceanography, Fisheries and Oceans Canada, Halifax, NS, Canada
[2]School of Oceanography, University of Washington, Seattle, WA, United States
[3]South African Weather Service, Cape Town, South Africa
[4]National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Washington, DC, United States
[5]Euro-Argo European Research Infrastructure Consortium (ERIC), Brest, France

هل تعجبت يوماً ما كيف يمكن للعلماء معرفة ما يحدث تحت سطح البحر؟ هناك عدة أنواع من الروبوتات التي يمكنها الغوص تحت سطح البحر والحصول على البيانات البحرية. يوجد نوع واحد من الروبوتات يسمى آرجو العائم وهو يستطيع أن يغوص في أعماق المحيطات بفعل حركة تيارات المياه ثم يعود للسطح كل١٠ أيام بكمية من المعلومات ليطلع العلماء عليها. حالياً، هناك نحو ٤٠٠٠ قطعة من الروبوت آرجو لمراقبة المحيطات بصفة يومية، حيث تقوم بعمل قياس درجة حرارة وملوحة المحيط ورصد المؤشرات الكيميائية والاحيائية الأكثر تعقيداً. ويمثل الروبوت آرجو أداة هامة من مجموعة الأدوات التي يستعين بها علماء المحيطات في فهم كيفية تأثير المحيطات على الحياة البحرية، بل وأيضاً على كوكب الأرض بصفة عامة.

لماذا يراقب العلماء محيطات الأرض؟

تحظى المحيطات بأهمية خاصة نظراً لمساهمتها في تحسين جودة حياة الإنسان بما توفره من غذاء ومكونات الدواء وسبل النقل وأنشطة الترفيه، وتعد أيضاً موطناً للعديد من الكائنات البحرية مما يجعل كوكب الأرض مكاناً مثالياً للعيش فيه. فعلى سبيل المثال، تنتج **العوالق** الصغيرة الموجودة في المحيطات أكثر من ٥٠% من كمية الأكسجين الذي نتنفسه. وتربو مساحة المحيطات نحو ٧٠% من مساحة سطح الأرض وتمثل دوراً رئيسياً في بيئة هذا الكوكب. ومن واقع أهميتها في تحقيق ذلك التوازن الهائل، عكف العلماء منذ عدة سنوات على مراقبة المحيطات ودراستها بشكل أكثر عمقاً للقدرة على تنبؤ تغيُراتها المحتملة.

العوالق
أنواع النباتات المنجرفة والطحالب والبكتيريا التي تتيح القيام بعملية البناء الضوئي.

ويعكف العلماء المعنيون بدراسة الغلاف الجوي على مراقبة المحيطات نظراً لتأثيرها على الطقس اليومي؛ فكما نعاين مثلاً تبخر المياه بفعل الحرارة على الطرق، تتسبب حرارة سطح البحر في حدوث عملية تبخر مياه المحيط إلى الغلاف الجوي، وبالتالي تؤدي إلى تكون السحب وهطول الأمطار، وعليه فإن الرصد الدقيق لظروف المحيط يساعد على وضع تنبؤات مناخية دقيقة.

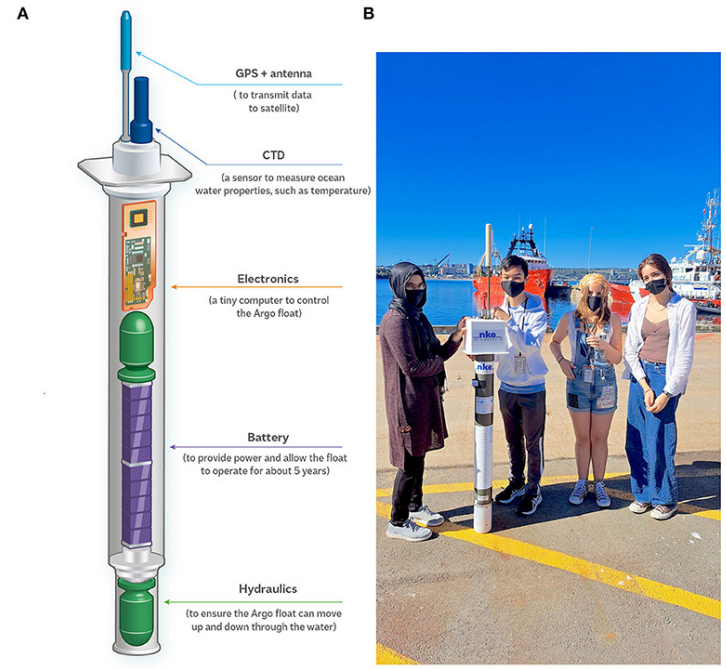
ويعكف علماء آخرون على دراسة **مناخ** الأرض، حيث تتلقى المناطق ذات «المناخ الاستوائي» قدراً كبيراً من الحرارة على مدار العام مما يؤدي إلى تدفئة سطح البحر ومن ثم تكون الغيوم وهطول الأمطار فيجعل مناخ تلك المناطق عادة حار ورطب. وقد يتغير المناخ مع مرور الوقت حيث تتسبب بعض الأنشطة البشرية مثل انبعاثات عوادم المركبات وتدفئة المنازل في زيادة تصاعد **الغازات الدفيئة** إلى الغلاف الجوي، والتي تعمل بدورها بمثابة غطاء يحبس الحرارة فيرفع ذلك من درجة حرارة سطح الأرض. وتعد عملية مراقبة المحيطات من ال عمليات الهامة لفهم كيفية مساهمة الغازات الدفيئة في تغير المناخ، حيث تقوم المحيطات بإمتصاص ثاني أكسيد الكربون والحرارة من الغلاف الجوي وتقوم بتحريكها عبر التيارات البحرية إلى مناطق مختلفة.

المناخ
وصف الطقس على المدى الطويل في منطقة معينة. ويتم ذلك عادةً بتقدير متوسط البيانات التي تم جمعها (مثل درجة الحرارة) على مدار عقدين على الأقل.

الغازات الدفيئة
الغازات التي تتسبب في حبس الحرارة في الغلاف الجوي بما في ذلك ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز والغازات المفلورة.

روبوتات آرجو: مغامرات التجول الحر في المحيطات

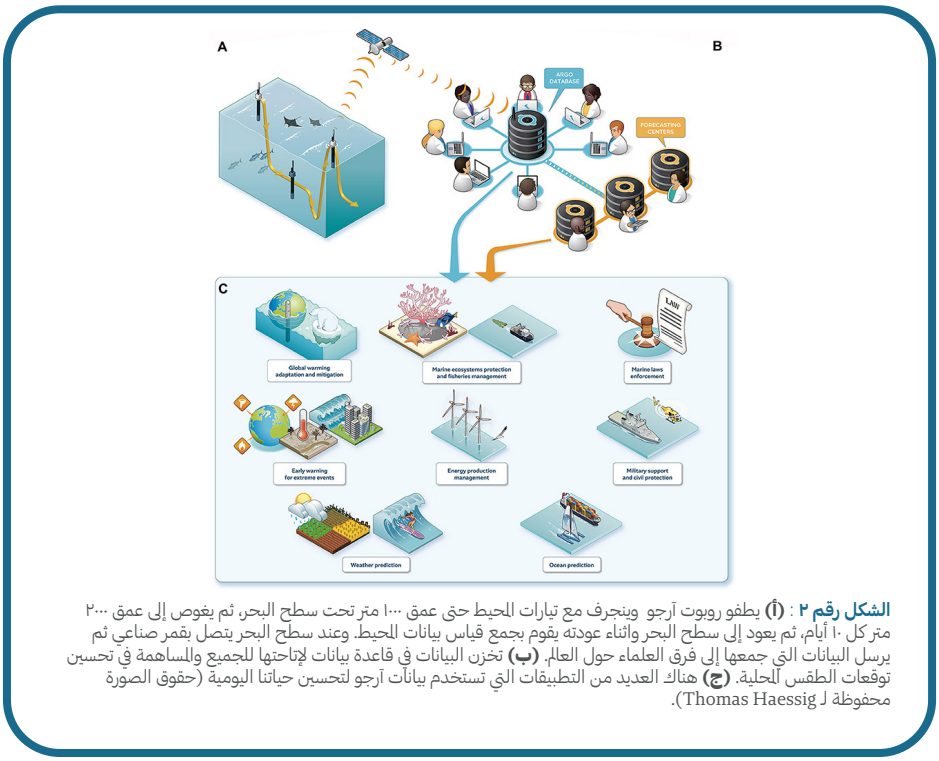
يتعين على العلماء جمع البيانات باستمرار على مدى سنوات عديدة لدراسة المحيطات. وتتمثل إحدى الطرق الهامة لجمع هذه المعلومات في أخذ القياسات على متن السفن (انظر مقالة فرونتيرز - العلوم للعقول الشابة)، ولكن هناك أماكن يصعب على السفن الوصول إليها، كالقطبين الشمالي والجنوبي، فضلا عن عدم استقرار حركة البحار في فصل الشتاء وبالتالي صعوبة إبحار السفن، لذا قام العلماء باختراع روبوتات آرجو لجمع قياسات المحيطات في جميع الفصول (الشكل ١).



الشكل رقم ١: **(أ)** رسم يوضح المكونات الرئيسية لروبوت آرجو (حقوق الصورة محفوظة لـ Thomas Haessig). **(ب)** مجموعة من طلاب المدرسة الثانوية مع روبوت آرجو شاركوا في تطوير برنامج تبني-عوامه في كندا.

تحمل روبوتات آرجو ، أو «العوامات»، **أجهزة استشعار** لجمع بيانات المحيطات. وبالرغم أنها تأخذ مسمى «العوامات»، إلا أن لديها القدرة على الغوص والطفو عبر المحيطات. ويقوم العلماء بإنزال روبوتات الآرجو إلى المحيطات عبر السفن، حيث يمكنها الغوص إلى عمق ١٠٠٠ متر والتحرك بحرية مع تيارات المحيط في هذا العمق لمدة ٩ أيام، وفي اليوم العاشر (١٠) تغوص إلى عمق ٢٠٠٠متر ثم تقوم بجمع قياس بيانات المحيطات أثناء عودتها إلى السطح. وعند الوصول إلى السطح، تقوم بإرسال هذه البيانات وموقعها إلى العلماء عبر الأقمار الصناعية لتمكينهم من إنشاء قاعدة البيانات ذات الصلة. وتغوص الروبوتات مرة أخرى إلى عمق ١٠٠٠ متر وتبدأ الدورة من جديد (الشكل ٢ أ). ويستخدم العلماء برامج الحاسوب للتحقق من جودة القياسات ونقل المعلومات إلى قاعدة البيانات (الشكل ٢ ب). هذه البيانات تكون متاحة لأي شخص في خلال 24 ساعة من عودة الروبوتات إلى السطح.

أجهزة الاستشعار
جهاز يكشف ويستجيب لبعض أنواع المدخلات من بيئة الطبيعة.



الشكل رقم ٢ : **(أ)** يطفو روبوت آرجو وينجرف مع تيارات المحيط حتى عمق ١٠٠٠ متر تحت سطح البحر، ثم يغوص إلى عمق ٢٠٠٠ متر كل ١٠ أيام، ثم يعود إلى سطح البحر وأثناء عودته يقوم بجمع قياس بيانات المحيط. وعند سطح البحر يتصل بقمر صناعي ثم يرسل البيانات التي جمعها إلى فرق العلماء حول العالم. **(ب)** تخزن البيانات في قاعدة بيانات لإتاحتها للجميع والمساهمة في تحسين توقعات الطقس المحلية. **(ج)** هناك العديد من التطبيقات التي تستخدم بيانات آرجو لتحسين حياتنا اليومية (حقوق الصورة محفوظة لـ Thomas Haessig).

وتسجل روبوتات آرجو قياسات الضغط والحرارة وتركيز **الملوحة** في المحيطات، حيث تحدد قياسات درجة الحرارة وتركيز الملوحة **كثافة** المياه، بينما توضح قياسات الضغط للعلماء العمق الذي تم فيه أخذ قياسات درجة الحرارة والملوحة. ويقاس الضغط داخل مياه المحيطات بوحدة الديسيبار، حيث يعادل زيادة الضغط تحت الماء بقيمة ١ ديسيبار زيادة في العمق بقيمة ١ متر تقريباً. في الغلاف الجوي يشكل الضغط العالي و الضغط المنخفض منظومة الطقس الجوي، بينما الإختلاف بين مناطق الكثافة العالية والكثافة المنخفضة في المحيطات تؤدي إلى نشؤ حركة التيارات البحرية والتي تقوم بتحريك كميات كبيرة من المياه حول العالم. لذا يعد الوقوف على فهم كيفية تحرك المياه في المحيطات أمراً هاماً لإجراء الأبحاث حول المناخ من جهة ولحماية نباتات وحيوانات المحيطات من جهة أخرى.

نسبة الملوحة
مقياس تركيز الملح في المحيط ويمكن الإشارة إليها أيضاً بالملوحة.

الكثافة
مقدار الكتلة في المادة (كتلتها) مقسومة على المساحة التي تشغلها المادة (حجمها).

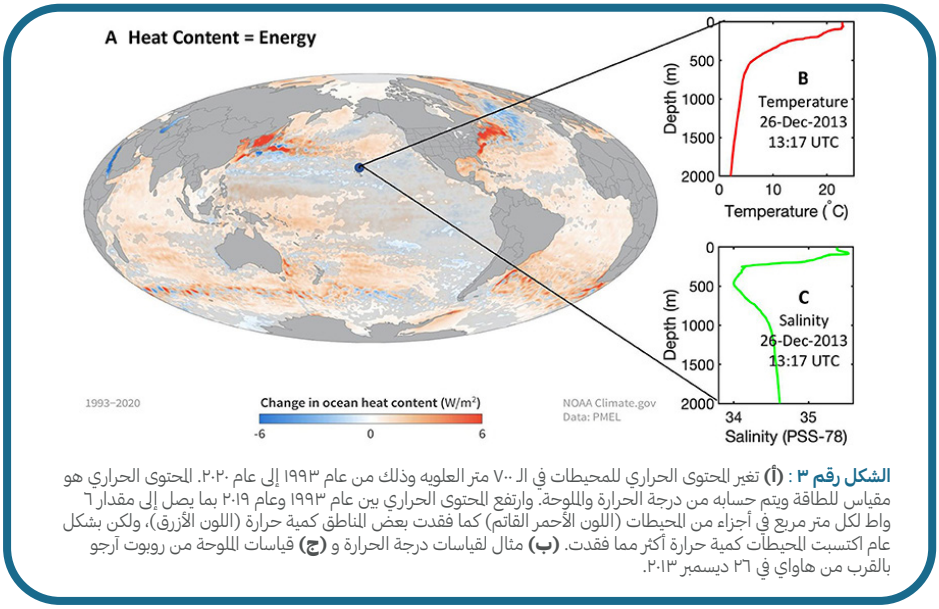
كان الدافع وراء تصميم روبوتات آرجو لأول مرة في أواخر التسعينات هو سد الثغرة الحاصلة في القياسات المجمعة لإرتفاع مستوى سطح البحر من قبل القمر الصناعي جيسون. واطلق عليها اسم آرجو تيمناً بما ورد في الأساطير اليونانية من إبحار جيسون على سفينة تسمى آرجو بحثاً عن الصوف الذهبي. ويمكن دمج بيانات ارتفاع مستوى سطح البحر من الأقمار الصناعية مع بيانات هذه الروبوتات للحصول على المعلومات الخاصة بتغيرات حركة التيارات داخل المحيطات. وتستخدم روبوتات آرجو في المحيطات منذ ٢٠ عاماً وقد ساهمت في جمع أكثر من مليوني قياس حول العالم [1]. واليوم هناك ما يقارب من ٤٠٠٠ نوعاً من روبوتات آرجو تقوم بجمع قياسات المحيطات.

وتعمل هذه الروبوتات بالبطاريات على مدار الساعة طوال أيام السنة حيث يمكن للعلماء مراقبة المحيطات بصورة أفضل من ذي قبل. وتدوم صلاحية البطاريات في تلك الروبوتات لأكثر من خمس سنوات ثم تتوقف عن العمل وتسقط في قاع المحيط. وإن بدا هذا الأمر مصدراً لتلوث المحيطات، فإن التأثير البيئي لا يكاد يذكر مقارنةً بالملوثات الأخرى، وبالنظر أيضاً لما تحتويه هذه البيانات من قيمة علمية تم جمعها لمعرفة طبيعة الأرض

ما الذي يمكننا معرفته حول المحيطات من خلال روبوتات آرجو؟

تمتص المحيطات أكثر من ٩٠% من كمية الحرارة الناجمة عن طريق الغازات الدفيئة الناتجة عن الأنشطة البشرية منذ عام ١٩٧٠. وبالتالي، ارتفعت درجات الحرارة في العديد من مناطق المحيطات. ويقوم العلماء بمراقبة هذه الزيادة في درجات الحرارة من خلال استخدام قياسات الحرارة والملوحة لاحتساب مقدار الحرارة المختزنة في طبقة المحيط والتي تسمى **بالمحتوى الحراري للمحيط** (الشكل ٣). وقد اكتشف العلماء من خلال استخدام البيانات التي جمعتها الروبوتات أن الظواهر المتطرفة مثل موجات الحرارة تحدث في كثير من الاحيان في المحيطات مثلما تحدث في الغلاف الجوي. وتتسبب موجات الحرارة البحرية في دفع الكائنات البحرية للهجرة لأماكن أخرى بحثاً عن المياه الباردة، بينما النباتات والحيوانات التي لا يمكنها الانتقال لمكان آخر سوف تعاني من هذه الموجات.

درجة حرارة المحيط
كمية الطاقة الحرارية المخزنة في المحيط.



الشكل رقم ٣ : **(أ)** تغير المحتوى الحراري للمحيطات في الـ ٧٠٠ متر العلويه وذلك من عام ١٩٩٣ إلى عام ٢٠٢٠. المحتوى الحراري هو مقياس للطاقة ويتم حسابه من درجة الحرارة والملوحة. وارتفع المحتوى الحراري بين عام ١٩٩٣ وعام ٢٠١٩ بما يصل إلى مقدار ٦ واط لكل متر مربع في أجزاء من المحيطات (اللون الأحمر القاتم) كما فقدت بعض المناطق كمية حرارة (اللون الأزرق)، ولكن بشكل عام اكتسبت المحيطات كمية حرارة أكثر مما فقدت. **(ب)** مثال لقياسات درجة الحرارة و **(ج)** قياسات الملوحة من روبوت آرجو بالقرب من هاواي في ٢٦ ديسمبر ٢٠١٣.

يعد الارتفاع العالمي لمستوى سطح البحر أحد العواقب الوخيمة للتغير المناخي، فكلما زادت درجة حرارة المحيطات زاد مستواه وهو أحد الأسباب الأساسية لارتفاع سطح المياه. وقد يتسبب ذلك في حدوث الفيضانات والتعرية وجعل المياه العذبة غير صالحة للشرب بسبب اختلاطها بمياه البحر مما قد يؤثر بشكل كبير على حياتنا اليومية (انظر مقالة فرونتيرز للعقول الشابة للمزيد من المعلومات حول ارتفاع مستوى سطح البحر). وتعد روبوتات آرجو أداة رئيسية لمراقبة الارتفاع العالمي لمستوى سطح البحر حيث تقوم برصد كيفية التغيرات في المحيطات.

النموذج الحاسوبي
برنامج حاسوبي يحاكي أي نظام حقيقي في الطبيعة مثل نظام الغلاف الجوي أو نظام المحيطات.

أدت عملية جمع المعلومات حول المحيطات إلى تحسين الدقة في عملية التنبؤ بالطقس، حيث قام العلماء بإضافة **نموذج حاسوبي** للمحيطات مستخدماً بيانات الحرارة والملوحة التي يتم إرسالها من روبوتات آرجو إلى النماذج الحاسوبية المستخدمة لتوقع الطقس. ونتيجة لذلك، أدى توافر بيانات فعلية حول المحيطات إلى توسيع المعرفة لدى العلماء في كيفية فهم حدوث التفاعل بين الغلاف الجوي والمحيطات لتوقع الأعاصير البحرية الشديدة التي تحدث مثلاً في المحيط الأطلسي ويطلق عليها مسمى «هوريكين» أو التي تحدث مثلاً في المحيط الهندي ويطلق عليها مسمى «سايكلون» أو التي تحدث مثلاً في المحيط الهادئ ويطلق عليها مسمى «تايفون»، حيث تستمد هذه الأعاصير البحرية الشديدة قوتها من أسطح المحيطات الدافئة.

الغوص لمسافات أعمق في اتجاهات جديدة

اقتصر في السابق وجود روبوتات آرجو على ٢٠٠٠ متر من المحيط بما يمثل <٥٠% من حجم المحيطات العالمية. ويصعب تصميم روبوتات يمكنها الغوص لقاع المحيط، ومع ذلك فقد نجح العلماء والمهندسون في الوقت الحالي في صنع بعض الروبوتات التي يمكنها الغوص لعمق ٦٠٠٠ متر [٢]. ويُمكّن جمع العينات من سطح وقاع المحيطات العلماء من تحسين معرفتهم في تغيرات المحتوى الحراري ومحتوى كمية المياه الأقل ملوحة في المحيطات مما يوفر معلومات أدق حول الارتفاع العالمي لمستوى سطح البحر.

نحن الآن على مشارف حقبة جديدة تستطيع الروبوتات خلالها إجراء قياسات كيميائية واحيائية للمحيطات [٣]. وسيقدم ذلك معلومات حول التغيرات في كميات الأكسجين و كميات ثاني أكسيد الكربون، فعلى سبيل المثال نجد حالياً أن المحيطات حول العالم تفقد كميات من غاز الأكسجين وتمتص كميات من غاز ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي للأرض. وقد يؤثر هذه التبادل من الغازات إلى نشؤ آثار على الأنظمة البيئية البحرية مثل مصايد الأسماك والتي تمثل مصدراً للغذاء.

تعد روبوتات آرجو أحد أدوات علماء المحيطات وجزءاً من النظام العالمي لرصد المحيطات والمسمى مختصراً بحروف اللغة الإنجليزية (GOOS). وبالتعاون مع شركاء آخرين من خلال منظومة (GOOS)، ومن خلال أيضاً التطورات الحاصلة في روبوتات آرجو سيساعدنا ذلك على بناء صورة عالمية حول صحة المحيطات وكيف تتغير بمرور الوقت. يمكنك أنت أيضاً أن تنضم إلى مجموعة مراقبي المحيطات، ولكن كيف؟ يتم ذلك عن طريق تبني روبورت عائم، حيث يمكنك أن تختار روبوت آرجو وتسميه كما تشاء ثم تتبع رحلته حول العالم. ولمعرفة المزيد عن روبوت آرجو يمكنك أيضاً الاطلاع على المحتوى التعليمي من خلال الشبكة العنكبوتية (الإنترنت – تحت مسمى Argo Online School the أو تحت مسمى مراقبي المحيطات Ocean Observers). هيا أسرع... مغامرة المحيط في إنتظارك!

المراجع

1. Wong, A. P. S., Wijffels, S. E., Riser, S. C., Pouliquen, S., Hosoda, S., Roemmich, D. et al. 2020. Argo data 1999–2019: two million temperature-salinity profiles and subsurface velocity observations from a global array of profiling floats. Front. Mar. Sci. 7:700. doi: 10.3389/fmars.2020.00700

2. Roemmich, D., Alford, M. H., Claustre, H., Johnson, K., King, B., Moum, J. et al. 2019. On the future of argo: a global, full-depth, multi-disciplinary array. Front. Mar. Sci. 6:439. doi: 10.3389/fmars.2019.00439

3. Bittig, H. C., Maurer, T. L., Plant, J. N., Schmechtig, C., Wong, A. P. S., Claustre, H., et al. 2019: A BGC-argo guide: planning, deployment, data handling and usage. Front. Mar. Sci. 6:502. doi: 10.3389/fmars.2019.00502

تاريخ التقديم: ١٣ مايو ٢٠٢٢
تاريخ الموافقة: ٢١ سبتمبر ٢٠٢٣
نشر على الإنترنت بتاريخ: ٦ أكتوبر ٢٠٢٣
المحرر: Pedro Morais, Florida International University, United States
مرشدو العلوم: Laura Lorenzoni and Sagi Dalyot

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

المراجعون الصِغَار

دينيز العمر: ١٢

مرحباً، اسمي (دينيز) وأنا استمتع بمشاهدة النجوم واللعب بألعاب الفيديو مع أصدقائي. ومجموعة النجوم المفضلة لدي هي ميسييه ٤٥ ونجمي المفضل هو حزام أوريون ولعبتي المفضلة هي كول أوف ديوتي ٢.

ليو العمر: ١٢

وُلد ليو في فلوريدا ويحب شاطئ البحر، ويستمتع بالغوص الحر وقراءة التاريخ والأساطير المتعلقة بما يوجد تحت مياه البحر. ويستمتع باللَعِب بألعاب الفيديو في أوقات فراغه وبعزف آلة الكمان، ولديه كلبين.

عمر العمر: ١٤
تجذُب اهتمامي السياسة الدولية وأحب القراءة عن التاريخ والفلسفة والسياسة. وأحب أيضاً اللَعِب بألعاب الفيديو على حاسوبي وجهاز نينتندو سويتش Nintendo switch والاستماع إلى الموسيقى ولَعِب تقمص الأدوار مثل دانجنز ودراغنز D&D وورهامر ٤٠ الف Warhammer 40K.

المؤلفون

بلير جي غرينان
باحث علمي في بيدفورد لعلوم المحيطات وهو معهد مقره في مدينة هاليفاكس، نوفا سكوشيا بكندا. ويشرف على المساهمة الكندية في برنامج آرجو الدولي. يتركز بحثه على مساعدة المجتمعات الساحلية في التكيُف مع تغير مناخ المحيطات، كمعالجة مشكلات البنية التحتية من خلال توفير أدوات علمية وبيانات عن التغيرات المحلية في مستويات سطح البحر الناجمة عن تغير المناخ.

آني بي وونغ
باحثة علمية بجامعة واشنطن في مدينة سياتل الأمريكية بولاية واشنطن. وبدأت حياتها المهنية كعالمة محيطات في العلوم البحرية من خلال جمع بيانات المحيطات من السفن. وحالياً هي مهتمة بالمحيطات التي تقع حول القارة القطبية الجنوبية وتقوم باستخدام بيانات آرجو لدراسة ملوحة المحيطات. كما تعمل كجزء من فريق إدارة بيانات آرجو الذي يقوم بتوزيع بيانات روبوتات آرجو للعامة.

تامي موريس
باحثة علمية في الوحدة البحرية التابعة لهيئة الأرصاد الجوية في مدينة كيب تاون بجنوب أفريقيا. تعمل في رصد البيانات البحرية وامضت عدة أشهر داخل البحر على متن سفن الأبحاث التي تستخدم معدات لرصد بيانات المحيطات مثل عوامات آرجو والطوافات والمراسي. كما يتركز بحثها حول تيار «أجولهاس» الشديد والمتجه جنوباً على طول سواحل القارة الأفريقية من جهة جنوب شرق القارة وتفاعلاته مع المحيط الجنوبي قرب القارة القطبية الجنوبية.

إيملي أ. سميث
مديرة للعديد من البرامج بما في ذلك برنامج آرجو الأميريكي، و برنامج النظام العالمي لرصد مستوى سطح البحر والمسمى مختصراً بحروف اللغة الإنجليزية (GLOSS)، و برنامج الطائرات الشراعية التي تعمل تحت الماء لدراسة التيارات الموازية لسواحل القارات والتي تسمى «بالتيارات الحدية» و برنامج مخرجات المحتوى الحراري للمحيطات. وتتحمل إيملي مسؤولية إدارة الميزانيات والتخطيط الاستراتيجي لأنظمة الرصد. كما تقوم أيضاً بالتنسيق لبرنامج « تبني طواف» والذي يسهل لشراكات مع المدارس داخل الولايات المتحدة وخارجها، حتى يتمكنوا من تتبع الطوافات المنجرفة واستخدام بياناتها في وقتها الحقيقي داخل الفصول الدراسية. وقد قامت بتدريس طلاب المدارس الإعدادية عدة سنوات قبل انضمامها إلى الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي والمسمى مختصراً بحروف اللغة الإنجليزية (NOAA)، وهذا البرنامج ساعدها لكي تبقى على اتصال بمجال التعليم.

مارين بولارد
مسؤولة عن التوعية لأنشطة يورو-آرجو للتحالف الأوروبي للبنية التحتية للبحوث والمسمى مختصراً بحروف اللغة الإنجليزية (ERIC). ويتم اعتماد ERIC لتعزيز المساهمة الأوروبية طويلة الأجل في نظام آرجو العالمي لمراقبة المحيطات، وذلك بهدف اكتساب معرفة أفضل بالمحيطات وصحتها والتنبؤ بظروفها ودورها في النظام المناخي. وحصلت مارين على درجتي ماجستير في هندسة علم المياه والصحافة العلمية. قبل انضمامها إلى معهد يورو-آرجو، امضت مارين عدة سنوات في نشر كتب ومقالات لتبسيط العلوم للأغراض التعليمية وللعامة.

الاقتباس: Greenan BJ, Wong AP, Morris T, Smith EA and Bollard M (2023) Keepingan Eye on Earth's Oceans With Argo Robots Front. Young Minds 11:943491. doi: 10.3389/frym.2023.943491
الترجمة : ترجمت المقالة بواسطة البرفسور ياسر بن عمر أبو النجا / جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية المملكة العربية السعودية
COPYRIGHT © 2023 Greenan, Wong, Morris, Smith and Bollard هذا مقال متاح يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص للمشاركة 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 مقيداً وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقاً للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.