تسخير الذكاء الاصطناعي لحماية الخليج العربي:

معالجة الكشف الحيوي والقمامة واللدائن الدقيقة

د. فيراسينجام سوبرامانيان
باحث مشارك، مركز العلوم البيئية - جامعة قطر

الدكتور فيراسينجام سوبرامانيان يتوسط فريقه البحثي لمناقشة نتائج البحث.

يُعد الخليج العربي أحد أكثر المناطق البحرية ثراءً بيئيًا واقتصاديًا في العالم، حيث يُوفر موطنًا لأنواع بحرية متنوعة ويدعم مصايد الأسماك التجارية والسياحة وطُرق الشحن الدولية. ولكن هذه المنطقة تواجه العديد من الضغوط الطبيعية والبشرية، مثل الحَشف الحيوي، والنفايات البحرية، والجزيئات البلاستيكية الدقيقة، التي تهدد الصحة البحرية والتنوع البيولوجي وصحة الإنسان. وبما أن أساليب التتبع والإدارة التقليدية تتطلب جهدًا بشريًا كبيرًا ومهارات متقدمة، فذلك يسلّط الضوء على طلب حلول أكثر ابتكارًا وكفاءة.

يوفر الذكاء الاصطناعي إمكانيات ثورية لتعزيز الإدارة البيئية، لاسيَّما من خلال تحليلات البيانات المُتقدمة والمراقبة في الوقت الفعلي والنماذج التنبؤية. ولقد أثبتت تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل التعلُّم الآلي (machine learning)، والتعلُّم العميق (deep learning)، ورؤية الحاسوب (computer vision) فعاليتها في مختلف المجالات، مثل الحفاظ على البيئة البحرية. ومن أجل مواجهة هذه التحديات، يستعمل الباحثون في مركز العلوم البيئة تقنيات متطوِّرة في الذكاء الاصطناعي بتمويل من جامعة قطر.

يَعرض الشكل 1 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في اكتشاف وإدارة الحَشف الحيوي والقُمامة البحرية واللدائن الدقيقة.

معالجة الحَشف الحيوي باستخدام الذكاء الاصطناعي

الحَشف الحيوي هو تراكم الكائنات الحية اللاصقة على الأسطح المغمورة مثل هياكل السفن، والهياكل البحرية، ومرافق الموانئ، ومنشآت تربية الأحياء المائية. ويُعد هذا الأمر مسألة ملحوظة في الخليج العربي بسبب مياهه الدافئة والغنية بالمغذيات، كما أن الحَشف الحيوي يرفع من استهلاك الوقود وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري في السفن، ويضر بالبُنية التحتية البحرية. بالإضافة إلى ذلك، فإنه يُساهم في انتشار الأنواع الغازية، وتعطيل النُظم الإيكولوجية المحلية.

قام فريق مركز العلوم البيئية بفحص مستوى الحَشف الحيوي على هيكل ومراوح سفينة الأبحاث جنان التابعة لجامعة قطر (الشكل 1 أ)، وذلك بإزالة الكائنات المكثِّفة المسبِّبة للتلوث باستخدام التنظيف الميكانيكي وتقنيات الطلاء المضاد للحَشف، أثناء الإرساء الجاف للسفينة وكلاهما مُكلف ويستغرق وقتًا طويلاً. كذلك، أجرى الفريق مسحًا لرصد الحَشف الحيوي باستخدام مركبة تعمل عن بُعد لإنشاء مجموعة بيانات أولية (ROV) للحَشف الحيوي لسفينة الأبحاث جنان (الشكل 1 ب–د). ويجري حاليًا تطوير نموذج رؤية حاسوبية (computer vision) قائمة على الذكاء الاصطناعي مُدمجة مع المركبة التي تعمل عن بُعد لإنشاء روبوت ذاتي لتنظيف بَدن السفينة باستخدام التعليم المعزَّز للتكيُّف وتحسين كفاءة التنظيف في البيئة البحرية للخليج العربي.

مكافحة القُمامة البحرية باستخدام الذكاء الاصطناعي

تُشكِّل القُمامة البحرية، مثل البلاستيك ومعدات الصيد المُهملة وغيرها من المخلفات، تهديدًا كبيرًا للحياة البحرية والنُظم الإيكولوجية في الخليج العربي، حيث تتسبب في أضرار مادية، وتشابكها قد يتسبب في الاصابات البدنية، وابتلاعها، وتدميرها، مما يؤدي في النهاية إلى انخفاض التنوع البيولوجي والصحة البيئية. وفي الآونة الأخيرة، تبين أن القُمامة البحرية تُسهل نقل الأنواع غير المحلية عبر الخليج العربي من خلال السماح للكائنات الحية «بالتنقل المتطفل» إلى بيئات جديدة (الشكل 1هـ).

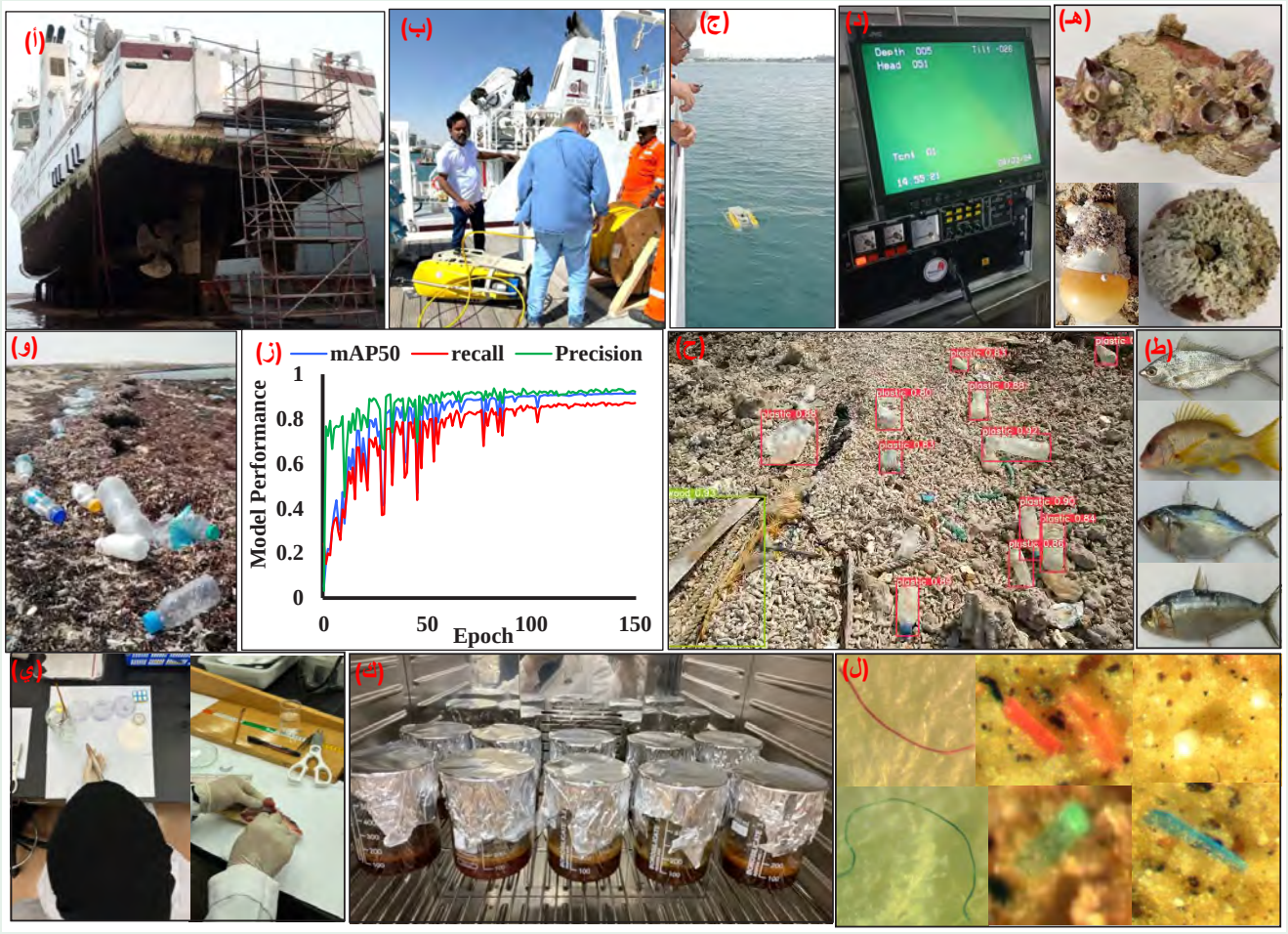
كما أجرى الفريق البحثي مسحًا للقمامة البحرية باستخدام تسجيلات فيديو الهواتف الذكية على طول البر الرئيسي وجزر المنطقة الاقتصادية الحصرية في قطر (الشكل 1و). وتم تحليل مقاطع الفيديو هذه باستخدام نموذج الكشف عن الأجسام في الوقت الفعلي المستند إلى الذكاء الاصطناعي (YOLO) لتحديد وتصنيف القُمامة البحرية (الشكل 1ز، ح). كما إن توسيع هذا النموذج القائم على الذكاء الاصطناعي في جميع دول الخليج من شأنه أن يُمكِّن المراقبة في الوقت الفعلي، وإجراءات الاستجابة السريعة، والتعاون الأفضل بين الدول المجاورة.

معالجة اللدائن الدقيقة باستخدام الذكاء الاصطناعي

أصبحت اللدائن الدقيقة (وهي جزيئات بلاستيكية صغيرة تتراوح من 0.1 ميكرومتر إلى 5 مم) مصدر قلق بيئي عالمي كبير، خاصة في البحار شبه المغلقة مثل الخليج العربي، حيث تُشكِّل تهديدًا كبيرًا للنُظم البيئية وصحة الإنسان. وتأتي اللدائن الدقيقة من مصادر مختلفة، بما في ذلك تحلل المواد البلاستيكية الأكبر حجمًا، وتصريف مياه الصرف الصحي، والأنشطة الصناعية. تم الإبلاغ عن اللدائن الدقيقة في غبار الهواء/ الغلاف الجوي والماء والتربة/الرواسب والكائنات الحية وملح الطعام في الدول الواقعة على طول الخليج العربي. وبهذا الصدد نظَّم الفريق أنشطة توعية لرفع مستوى الوعي حول التلوث باللدائن الدقيقة وتدريب طلبة المدارس الثانوية من خلال مشروع بحثي مُمول من مجلس قطر للبحوث والتطوير والابتكار (HSREP04-1018-220008)، حيث تضمنت الأنشطة وِرش عمل عملية، وعروضًا مختبرية، وبرامج إرشادية لتعريف الطلبة بالبحث العلمي والحفاظ على البيئة. تمت دراسة اللدائن الدقيقة في أربعة أنواع مختلفة من الأسماك التجارية التي تم شراؤها من الأسواق المحلية في دولة قطر (الشكل 1 ط–ل)، وتم حساب وجودها تلقائيًا باستخدام نموذج الكشف عن الأجسام في الوقت الفعلي (object detection model) المستند إلى الذكاء الاصطناعي (YOLO). إضافة إلى تطبيق خوارزميات ذكاء اصطناعي مختلفة لتحسين دقة الكشف عن اللدائن الدقيقة في المصفوفات البيئية، مثل الماء والرواسب والأسماك والملح والغبار الجوي.

يُعد ترسب الغلاف الجوي مسارًا رئيسيًا لدخول اللدائن الدقيقة إلى المحيط، مما يُساهم في زيادة تركيز جزيئات البلاستيك في البيئات البحرية، ويمكن أن تؤثر هذه الجسيمات على العمليات البيوجيوكيميائية للمحيطات، مثل دورة الكربون. ولمعالجة هذه المشكلة في المنطقة الاقتصادية الحصرية لدولة قطر، بدأ الفريق مؤخرًا بعمل دراسة لفحص تأثير أنشطة الغبار على اللدائن الدقيقة والنويدات المشعة (radionuclides) الداخلية والخارجية في قطر باستخدام التقنيات الجيوكيميائية والطيفية وتقنيات الذكاء الاصطناعي، في إطار المشروع الممول من مجلس قطر للبحوث والتطوير والابتكار (CCEC01-1029-230098).

تم اكتشاف اللدائن الدقيقة في ملح البحر في جميع أنحاء



الشكل (1): تطبيق الذكاء الاصطناعي لمعالجة الحَشف الحيوي والقُمامة البحرية واللدائن الدقيقة.

(أ) الحَشف الحيوي على سفينة الأبحاث جنان، (ب-د) مسح المركبة التي تعمل عن بُعد للبَدن والمراوح، (هـ) الكائنات الحية التي تنتقل بالتطفل على القُمامة البحرية، (و) ترسب القُمامة البحرية على طول سواحل قطر، (ز، ح) نموذج الكشف عن الأجسام في الوقت الفعلي المستند إلى الذكاء الاصطناعي لتحديد وتصنيف القُمامة البحرية، (ط-ل) الكشف عن اللدائن الدقيقة في أنواع الأسماك.

العالم، مما يسلط الضوء على وجودها في المحيط ودخولها المحتمل إلى السلسلة الغذائية البشرية. بينما استخدام الذكاء الاصطناعي للكشف عن اللدائن الدقيقة في المنتجات الغذائية قد يثير مخاوف بشأن التعرض البشري، فإنه يقدم أيضًا حلولاً من خلال تمكين الكشف الآلي على نطاق واسع وتصنيف جزيئات البلاستيك الدقيقة. وفي إطار مشروع UREP30-024-1-003، قام الفريق بشراء أنواع مختلفة من ملح المائدة التجاري من الأسواق في دولة قطر وفحص مستويات البلاستيك الدقيق باستخدام التقنيات الطيفية وتقنيات الذكاء الاصطناعي. تم تطبيق نموذج للكشف عن الأشياء لحساب اللدائن الدقيقة المستخرجة من ملح الطعام وفحصها تحت المجهر المُجسم. وتم تحليل أطياف محوّل فوريه للأشعة تحت الحمراء لهذه اللدائن الدقيقة باستخدام نماذج مختلفة للتعلُّم الآلي لتعزيز دقة اكتشاف نوع البوليمر.

الإمكانات المستقبلية للذكاء الاصطناعي في الإدارة البحرية

الذكاء الاصطناعي لديه القدرة على إحداث ثورة في إدارة التهديدات البحرية في الخليج العربي، وتقديم حلول مبتكرة لمعالجة الحَشف الحيوي والقُمامة البحرية واللدائن الدقيقة. إن دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل التعلُّم الآلي ورؤية الحاسوب والتعلم العميق مع تقنيات المراقبة البيئية التقليدية يُعزز قدرات الكشف والقياس الكمي والتحليل. قد تشمل التطوُّرات المستقبلية نماذج تنبؤية لنمو الحَشف الحيوي وانتشار الأنواع الغازية، والرصد في الوقت الفعلي باستخدام الطائرات بدون طيار التي تعمل بالذكاء الاصطناعي (AI powered drones) والروبوتات تحت الماء، والأنظمة الآلية لفَرز النفايات وإعادة تدويرها، وتوصيات السياسات الموجهة بالذكاء الاصطناعي. فعلى الرغم من استمرار التحديات في جمع البيانات والتدريب على النماذج، إلا أن مستقبل الذكاء الاصطناعي في الحفاظ على البيئة البحرية واعد، مع إمكانية تحسين صحة واستدامة البيئة البحرية في الخليج العربي بشكلٍ كبير.

تم تمويل هذا المشروع البحثي من قِبل جامعة قطر، المنحة الداخلية (QUT2RP-ESC-24/25-343: LPI). الباحث الرئيسي الدكتور فيراسينجام سوبرامانيان، والباحثون المشاركون: البروفيسور فاضل السعدوني، والبروفيسور بونوموني فيثاموني، والبروفيسور جاسم الخياط، والدكتور سانكاران راجيندران، وكذلك منح الصندوق القطري لرعاية البحث العلمي (UREP29-007-1-006 وUREP30-024-1-003).