قطر تغوص في أعماق الأرض:

الذكاء الاصطناعي يكشف خفايا التربة والمياه والنبات من أجل تحقيق الاستدامة البيئية

د. نورة القحطاني
أستاذ مساعد باحث في علوم وهندسة المواد، مركز المواد المتقدمة - جامعة قطر

مقدمة:

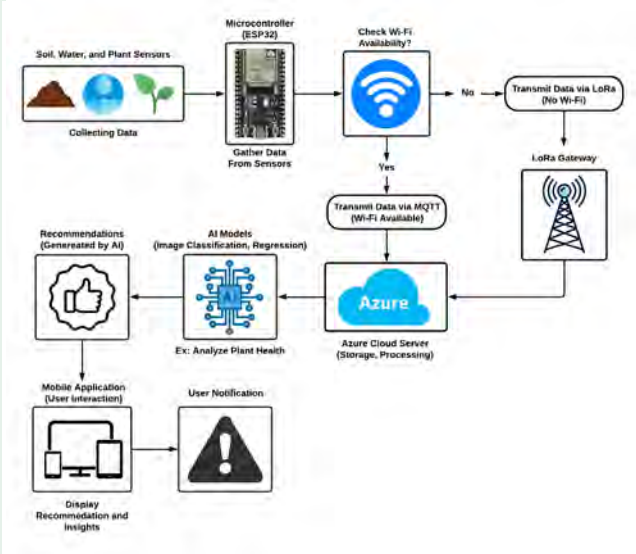
تواجه دولة قطر تحديات بيئية وزراعية كبيرة نتيجة للظروف المناخية القاسية المتمثلة في ارتفاع درجات الحرارة ونُدرة الأمطار، مما يؤدي إلى شح الموارد المائية وارتفاع ملوحة التربة، ويعيق تحقيق إنتاج زراعي مُستدام يُلبي احتياجات الأمن الغذائي للدولة. استجابة لهذه التحديات، تبنَّت دولة قطر رؤية متقدمة نحو التنمية المستدامة، وأطلقت مشروعًا بحثيًا طموحًا يتميز بتعدد التخصُّصات والتعاون بين مختلف الجهات الأكاديمية والحكومية.

يقود المشروع فريق من جامعة قطر تحت إشراف الدكتورة نورة القحطاني، أستاذ مساعد باحث في علوم وهندسة المواد بمركز المواد المتقدمة. ويضُم الفريق نُخبة من طلبة الدراسات العليا والبكالوريوس من كليتي الآداب والعلوم والهندسة، بالإضافة إلى طلبة من المدارس الثانوية في إطار برامج تدريبية لإشراك الشباب في البحث العلمي التطبيقي، وبالتعاون مع وزارة البلدية قسم الشؤون الزراعية وإدارة البحوث الزراعية.

يعمل المشروع باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء (IoT) لمراقبة صحة التربة والمياه والنباتات عبر شبكة من المجسَّات التي تجمع بيانات حيَّة حول رطوبة التربة، الحموضة، المغذيات، وخصائص جودة المياه ونوع النبات. تُعالَج هذه البيانات لتوفير معلومات تُمكِّن المزارعين والخبراء من اتخاذ قرارات مدروسة حول الرَّي والتسميد وإدارة الموارد بكفاءة أكبر، مما يُساهم في رفع إنتاجية المحاصيل، خفض استهلاك الموارد، وتطبيق مُمارسات زراعية مستدامة تتماشى مع رؤية قطر الوطنية 2030 لتحقيق التنمية المستدامة.

جمع البيانات وتحليلها باستخدام الذكاء الاصطناعي:

يوضح الشكل 1 آلية عمل النظام، مُبيِّنا كيف يبدأ النظام بجمع البيانات من مستشعرات التربة والمياه والنباتات من المزارع، بما في ذلك المؤشرات الرئيسية مثل رطوبة التربة، ودرجة الحموضة، ودرجة الحرارة، ومستويات المغذيات، بالإضافة إلى معايير جودة المياه مثل العكارة، والأكسجين المذاب، والملوحة. تُرسل هذه البيانات عبر وحدة التحكم (ESP32) باستخدام بروتوكول نقل بيانات تسلسل الرسائل (MQTT) من خلال مركز الرسائل (Azure IoT Hub) عبر اتصال بالإنترنت (Wi-Fi)، مع استخدام المدى الطويل (LoRa) كبديل في المناطق ذات الاتصال المحدود. بعد وصول البيانات إلى السحابة، تُخزن في قاعدة بيانات (Azure SQL) المُنظَّمة للبيانات المُهيكلة وأداة (Azure Time Series Insights) لتحليل البيانات الزمنية وتسجيلها للرجوع إليها في المستقبل. يُعالج النظام البيانات باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، حيث تُستخدم النماذج الانحدارية (Regression Models) لتحديد التوجهات الزمنية



الشكل (1): آلية عمل النظام.

والتنبؤ بالاحتياجات مثل الرَّي بناءً على تغيُّرات الطقس والظروف البيئية. كما يُستخدم نموذج الشبكات العصبية الالتفافية (CNN) لتحليل صور النباتات، وتحديد المشاكل مثل الأمراض أو علامات نقص المغذيات، باستخدام تقنية مخصَّصة للتعرف وهي (Azure Custom Vision). ويتم كذلك دمج بيانات نُظم المعلومات الجغرافية (GIS)، بما يتيح تقديم توصيات دقيقة تعتمد على الموقع الجغرافي للمَزارع، ويساعد في تعزيز كفاءة استهلاك الموارد وتحسين أداء الإنتاج الزراعي بشكلٍ مستدام.

التوصيات والإشعارات الفورية للمستخدمين:

أحد أهم الجوانب المُميزة للتطبيق هو تقديمه إشعارات وتوصيات فورية للمزارعين والخبراء حول الإجراءات الزراعية المُثلى، حيث يتضمن النظام مجموعة من الإجراءات التلقائية استنادًا إلى التحاليل الحيَّة للبيانات المُجمَّعة، حيث يتم تفعيل آليات مثل الرَّي التلقائي عند انخفاض رطوبة التربة أو إرسال تنبيهات للمستخدمين حول إدارة المغذيات. يوضح الشكل 2 التصميم المبدئي لتطبيق الهاتف المحمول، حيث يعرض ميزات مثل مؤشرات التربة والمياه وصحة النباتات في الوقت الفعلي، بالإضافة إلى تعليمات المُستخدم لتحقيق الاستخدام الأمثل. ويُمكِن للمستخدمين الوصول إلى توصيات فورية مثل جدولة الرَّي وتوزيع المغذيات، ومراجعة البيانات التاريخية عبر قاعدة بيانات (Azure SQL).

يعتمد التطبيق على خدمات مركز الرسائل (Azure IoT Hub) والخادم (Azure Functions) لإرسال إشعارات فورية عند رصد أي تغيُّرات حرجة، مثل ارتفاع الحموضة أو انخفاض الرطوبة. كما يتيح التطبيق للمستخدمين واجهة تفاعلية تَعرض البيانات عبر رسوم بيانية ولوحات تحكُّم ملونة، مما يساعد على فهم حالة المحاصيل بسرعة وتنفيذ التوصيات بشكلٍ فوري. تُمكِّن هذه التحاليل المزارعين والخبراء من اتخاذ قرارات مدروسة وفعَّالة، مما يدعم استدامة الزراعة عبر تحسين كفاءة استخدام الموارد وتقليل التدخلات اليدوية. ومن خلال تخزين البيانات على السحابة، يمكن للمستخدمين الوصول إلى بياناتهم عبر الأجهزة المحمولة، مما يمنحهم رؤية شاملة على المدى الطويل ويساعدهم في متابعة الاتجاهات البيئية وتقييم الظروف المتغيرة.

أهمية المشروع لدولة قطر:

يشكل هذا المشروع خطوة استراتيجية في دعم الجهود الوطنية لتحقيق الاستدامة البيئية في دولة قطر. فباعتبار جودة التربة والمياه أساسًا للتنمية الزراعية واستدامة الموارد، يوفِّر المشروع معلومات دقيقة وشاملة عن خصائص هذه الموارد الحيوية، مما يُمكِّن الجهات المعنية من توجيه السياسات والاستثمارات نحو تعزيز الأمن الغذائي وتحسين كفاءة استخدام المياه، بما يتماشى مع رؤية قطر الوطنية 2030. كما يساهم في تحديث القطاع الزراعي ودعمه بالتكنولوجيا الحديثة، وبالإضافة إلى ذلك يُعزز المشروع التعاون بين المؤسسات الأكاديمية والجهات الحكومية، حيث يساعد في تحديد الاحتياجات البيئية لدولة قطر وربطها بالتطوُّرات العلمية الحديثة. وقد تم بالفعل التنسيق مع وزارة البلدية والبيئة لضمان توافق نتائج المشروع مع الخُطط الوطنية.

يتميَّز المشروع كذلك بمشاركة الطلبة، حيث يوفِّر لهم فرص تدريب عملي على أحدث تقنيات الذكاء الاصطناعي والبيئة. وبمشاركة طلبة من مستويات البكالوريوس والثانوية، يكتسب المشاركون خبرات ميدانية عبر جمع البيانات وتحليل العينات باستخدام أدوات متطوُّرة ويُساهم في تحفيز الطلبة للمشاركة في الأبحاث العلمية وحل المشكلات بطرق فعَّالة، كما يُعزز مهاراتهم في مواجهة التحديات البيئية باستخدام حلول تقنية حديثة. وتتيح هذه المشاركة للطلبة التفاعل مع الخبراء وصُنَّاع

الشكل (2): التصميم المبدئي لبرنامج الهاتف.

القرار، مما يطوُّر مهاراتهم القيادية والبحثية ويمنحهم فهمًا أعمق للتحديات البيئية في قطر وسُبل المساهمة الفعَّالة في معالجتها.

التحديات وكيفية التغلب عليها:

يواجه المشروع عددًا من التحديات، من أبرزها التعامل مع الكميات الكبيرة من البيانات وتحليلها بدقة، ويُشكِّل هذا تحديًا تقنيًا يتطلب توظيف أدوات متقدمة في الذكاء الاصطناعي، بالإضافة إلى تدريب مكثَّف للطلبة والباحثين على استخدام هذه الأدوات للتغلب على هذه التحديات. وبهذا الشأن، تم التعاون مع مؤسسات دولية رائدة في مجالات تحليل البيانات البيئية، كما تم تطوير برامج تدريبية داخلية لتأهيل الطلبة في التعامل مع تقنيات الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات المُعقدة.

النتائج المتوقعة:

من المتوقع أن يقدم المشروع نتائج مبتكرة تُعزز من قدرة دولة قطر على مواجهة التحديات البيئية. كما سيتم إنتاج خرائط تفاعلية لتوزيع التربة وجودة المياه، والتي يُمكِن استخدامها في تحسين التخطيط الزراعي، وتقليل آثار التلوث، وتعزيز الاستدامة. هذه الخرائط والبيانات ستسهم بشكلٍ مباشر في صياغة سياسات بيئية أكثر كفاءة تدعم الاقتصاد الأخضر وتساعد على تحقيق الأمن المائي والغذائي في الدولة.

الاستفادة من النتائج في تطوير القطاع الزراعي:

يُعد القطاع الزراعي أحد أكبر المستفيدين من نتائج هذا المشروع، حيث أن التحليل الدقيق لأنواع التربة وخصائصها، سيُمكِّن المزارعين من تحسين كفاءة استخدام الموارد الزراعية، وتقليل الاعتماد على الأسمدة الكيميائية والمُبيدات، مما يُسهم في تعزيز الإنتاجية الزراعية بطريقة مستدامة. إضافة إلى ذلك، ستساعد البيانات المتعلقة بجودة المياه على تطوير استراتيجيات أكثر كفاءة لإدارة الموارد المائية، مما يضمن استخدامًا مستدامًا لهذه الموارد الحيوية في الزراعة.

إن هذا المشروع البحثي الذي تقوده جامعة قطر بالمشاركة مع وزارة البلدية يُمثل نموذجًا رائدًا لكيفية توظيف الذكاء الاصطناعي في تحليل التربة والمياه لتحقيق التنمية المستدامة، من خلال التعاون الأكاديمي والميداني، والربط بين الابتكار العلمي واحتياجات الدولة. ويقدم المشروع حلولاً بيئية مبتكرة تضع دولة قطر في طليعة الدول التي تستثمر في تقنيات المُستقبَل لخدمة البيئة. ومع النتائج المتوقعة، أن يكون لهذا المشروع تأثير طويل الأمد على القطاعات الحيوية في الدولة، بما في ذلك الزراعة وإدارة الموارد المائية، مما يدعم رؤية قطر لتحقيق استدامة بيئية واقتصادية شاملة.

أثناء زيارة فريق البحث لمصنع حياة للمياه لرؤية عملية إضافة المواد للمياه.