



وزارة التعليم العالي
الجامعة الوطنية الخاصة
كلية الهندسة المدنية
السنة الخامسة

دور تقنيات الاستشعار عن بُعد في إدارة مياه الري

إعداد الطالب

طاهر زعرور

إشراف الدكتورة

بشرى خزام

2026 - 2025

المخلص:

تُعدّ المياه من أهم الموارد الطبيعية التي تعتمد عليها الزراعة، إلا أن العالم يواجه في الوقت الحاضر تحديات متزايدة تتعلق بندرة المياه والتغيرات المناخية وارتفاع الطلب على الغذاء. لذلك أصبح من الضروري استخدام تقنيات حديثة تساعد على إدارة المياه بكفاءة عالية، وتُعتبر تقنيات الاستشعار عن بُعد من أبرز الوسائل التكنولوجية التي ساهمت في تطوير إدارة مياه الري من خلال استخدام الأقمار الصناعية والطائرات المسيّرة وأجهزة الاستشعار الحديثة لجمع البيانات وتحليلها. يهدف هذا البحث إلى توضيح دور تقنيات الاستشعار عن بُعد في إدارة مياه الري، وبيان أهم الدراسات التي تناولت هذا المجال، إضافة إلى عرض أبرز المشكلات والتحديات والحلول المقترحة لتطوير استخدام هذه التقنيات في الزراعة الحديثة. وقد أظهرت الدراسات أن الاستشعار عن بُعد يساهم بشكل فعال في تقليل استهلاك المياه وتحسين جودة الإنتاج الزراعي وتحقيق التنمية المستدامة.

المقدمة

حين تتكلم الأرض بلغة الماء

في الفجر، قبل أن تستيقظ المدن وتزدحم الطرقات، تكون هناك حكاية أخرى تُكتب بصمتٍ بين التراب والماء. حكاية لا يسمعونها كثيرون، لكنها السبب في أن تُزهر الحقول، وتمتلئ الموائد، وتبقى الحياة ممكنة. إنها حكاية الري.

الري ليس مجرد أنبوب يحمل الماء، ولا آلة تدور قرب مزرعة بعيدة، بل هو أشبه برسالة رحمة تصل إلى الأرض العطشى، فالتربة مهما كانت خصبة، لا تستطيع أن تثبت حلمًا بلا قطرة ماء، والمزارع يعرف جيدًا أن الماء ليس عنصرًا من عناصر الزراعة فقط، بل روحها الحقيقية.

في الأزمنة القديمة، كان الإنسان يراقب السماء بقلق، ينتظر المطر كما ينتظر شاعرٌ إلهامه. وحين تأخر المطر، تعلّم أن يصنع للماء طرقًا تشبه الشرايين. حفر القنوات، وبنى السواقي، واخترع وسائل ذكية لينقل الماء من النهر إلى الحقل.

للري شخصيات متعددة، تمامًا كالbشر، فهناك الري بالغمر، ذلك القديم الهادئ الذي يترك الماء ينساب بحرية فوق الأرض، وهناك الري بالتنقيط، الأكثر حكمة واقتصادًا، يقدم الماء للنبته قطرة قطرة، أما الري بالرش، فيشبه المطر الصناعي، يرقص الماء فيه في الهواء قبل أن يهبط على النباتات مثل موسيقى شفافة. لكن أجمل ما في الري ليس التقنية، بل الفلسفة التي يعلمنا إيها. فالماء حين يُوزع بعدل، تزدهر الحياة، وحين يُهدر، يذبل كل شيء حتى وإن بدا أخضر من الخارج. لهذا أصبح الري الحديث اليوم أكثر ذكاءً؛ تُدار بعض المزارع بالحساسات والذكاء الاصطناعي. ومع تغير المناخ وازدياد الجفاف في كثير من مناطق العالم، لم يعد الري رفاهية زراعية، بل قضية بقاء.

في النهاية، يمكننا أن نقول إن الري ليس مجرد وسيلة لسقي الأرض، بل فنٌ يمنح اليابسة قلبًا نابضًا، ويحوّل الصحراء إلى قصة خضراء تستحق أن تُروى. *“كل قطرة ماء تحمل في داخلها حياة كاملة”.* {1}

تُعتبر المياه من الموارد الأساسية لاستمرار الحياة وتحقيق التنمية الزراعية والاقتصادية، إلا أن تزايد عدد السكان والتغيرات المناخية أدى إلى زيادة الضغط على الموارد المائية في مختلف دول العالم. ويُعد القطاع الزراعي من أكثر القطاعات استهلاكًا للمياه، مما دفع الباحثين إلى تطوير تقنيات حديثة تساعد في ترشيد استخدام المياه وتحسين كفاءة الري، ومن هذه التقنيات الهامة تقنيات الاستشعار عن بُعد التي تعتمد على استخدام الأقمار الصناعية والطائرات المسيّرة لجمع البيانات المتعلقة بالتربة والنباتات والظروف البيئية، وقد ساعدت هذه التقنيات في توفير معلومات دقيقة حول احتياجات المحاصيل الزراعية من المياه، الأمر الذي يساهم في تقليل الهدر وتحسين الإنتاج الزراعي. {2}

تكمن أهمية هذا البحث في توضيح الدور الذي تؤديه تقنيات الاستشعار عن بُعد في إدارة مياه الري، إضافة إلى مناقشة التحديات المرتبطة باستخدامها، وعرض الحلول المقترحة لتطويرها في المستقبل.

الدراسة المرجعية:

شهد مجال الاستشعار عن بُعد تطورًا كبيرًا خلال السنوات الأخيرة، وقد تناولت العديد من الدراسات العلمية دوره في إدارة الموارد المائية وتحسين كفاءة الري.

أشارت دراسة أجرتها منظمة الأغذية والزراعة (FAO) إلى أن استخدام صور الأقمار الصناعية في مراقبة الأراضي الزراعية يساعد في تقليل استهلاك المياه بنسبة كبيرة من خلال تحديد الاحتياجات الفعلية للمحاصيل الزراعية. كما أكدت الدراسة أن دمج البيانات الفضائية مع أنظمة الري الحديثة يؤدي إلى رفع كفاءة استخدام المياه وتحسين الإنتاج الزراعي. {2}

في دراسة أخرى نشرتها وكالة الفضاء الأمريكية NASA تم استخدام تقنيات الاستشعار الحراري لمراقبة درجات حرارة التربة والنباتات، حيث ساعدت النتائج في اكتشاف المناطق التي تعاني من الإجهاد المائي قبل ظهور علامات الجفاف بشكل واضح. {3}

كما أجرت إحدى الجامعات الأوروبية دراسة اعتمدت على الطائرات المسيّرة (الدرون) لمراقبة الحقول الزراعية، وأظهرت النتائج أن استخدام الصور الجوية عالية الدقة يساعد في تحديد أماكن نقص المياه بدقة أكبر مقارنة بالطرق التقليدية. {4}

تشير هذه الدراسات إلى أن تقنيات الاستشعار عن بُعد أصبحت أداة أساسية في تطوير الزراعة الذكية وتحقيق الإدارة المستدامة للموارد المائية.

دور تقنيات الاستشعار عن بُعد في إدارة مياه الري

أولاً: تحديد الاحتياجات المائية للمحاصيل

تساعد تقنيات الاستشعار عن بُعد في تحديد كمية المياه التي تحتاجها النباتات بدقة، وذلك من خلال تحليل الصور الفضائية ومؤشرات الغطاء النباتي، مما يساهم في تقليل هدر المياه.

ثانيًا: مراقبة رطوبة التربة

توفر أجهزة الاستشعار بيانات مستمرة حول نسبة الرطوبة في التربة، الأمر الذي يساعد المزارعين على تحديد أوقات الري المناسبة وتحسين نمو المحاصيل.

ثالثاً: الكشف المبكر عن الجفاف

تساعد الأقمار الصناعية في اكتشاف المناطق التي تعاني من نقص المياه أو الإجهاد المائي، مما يتيح اتخاذ إجراءات مبكرة للحد من تأثير الجفاف.

رابعاً: تحسين كفاءة أنظمة الري

تساهم البيانات المستخرجة من تقنيات الاستشعار عن بُعد في تحسين توزيع المياه داخل شبكات الري وتقليل الفاقد المائي.

خامساً: زيادة الإنتاج الزراعي

إن الإدارة الدقيقة لمياه الري تساعد في تحسين صحة النباتات وزيادة جودة المحاصيل والإنتاج الزراعي. {5}

الدراسات الحديثة في مجال الاستشعار عن بُعد وإدارة الري:

أصبحت العديد من الدول تعتمد على تقنيات حديثة في إدارة المياه الزراعية. ففي أستراليا تم استخدام الأقمار الصناعية لمراقبة استهلاك المياه في المزارع الكبيرة، مما ساعد في تقليل الفاقد المائي وتحسين كفاءة الري، ففي ولاية نيو ساوث ويلز الأسترالية تم استخدام بيانات الأقمار الصناعية لمراقبة رطوبة التربة واحتياجات المحاصيل للمياه في مزارع القطن والقمح، حيث ساعد ذلك المزارعين على تحديد أوقات الري المناسبة وتقليل استهلاك المياه بنسبة ملحوظة مع الحفاظ على جودة الإنتاج الزراعي {6}.

وفي الولايات المتحدة الأمريكية استخدمت تقنيات الذكاء الاصطناعي مع الاستشعار عن بُعد لتحليل البيانات الزراعية وتحديد أفضل أوقات الري، الأمر الذي أدى إلى زيادة الإنتاج الزراعي وتقليل

استهلاك المياه، حيث تم استخدام منصة OpenET التي تعتمد على صور الأقمار الصناعية مع نماذج الذكاء الاصطناعي في ولاية كاليفورنيا (Central Valley) لتحليل استهلاك المياه في المحاصيل مثل الذرة والقطن والعنب. ساعدت هذه التقنية المزارعين على تحديد الاحتياجات المائية بدقة وجدولة الري في الأوقات المثلى، مما أدى إلى تقليل استهلاك المياه وتحسين الإنتاجية الزراعية {7}.

كما شهدت بعض الدول العربية استخدام الطائرات المسيّرة في مراقبة المحاصيل الزراعية، حيث ساعدت هذه التقنيات في اكتشاف الأمراض النباتية ومناطق نقص المياه بشكل مبكر، حيث تم في الإمارات العربية المتحدة استخدام الطائرات المسيّرة (الدرون) في بعض المزارع الحديثة لمراقبة أشجار النخيل والمحاصيل الزراعية، حيث زُوّدت بكاميرات حرارية وكاميرات متعددة الأطياف. ساعد ذلك في اكتشاف مبكر لمناطق الإجهاد المائي والأمراض النباتية، مما مكّن المزارعين من التدخل السريع وتقليل خسائر المحاصيل وتحسين كفاءة الري {8-9}.

توضح هذه الدراسات أن التطور التكنولوجي المستمر يساهم في تعزيز دور الاستشعار عن بُعد في تحقيق التنمية الزراعية المستدامة.

المناقشة:

من خلال المقارنة بين الطرق التقليدية وتقنيات الاستشعار عن بُعد في إدارة مياه الري، يتضح أن التقنيات الحديثة توفر الوقت والجهد وتساعد في تحقيق الزراعة الذكية التي تعتمد على البيانات والتكنولوجيا الحديثة، وهذا ما تؤكده الدراسات المذكورة أعلاه حيث نلاحظ أن التطور التكنولوجي المستمر يساهم في تعزيز دور الاستشعار عن بُعد في تحقيق التنمية الزراعية المستدامة، وأن تقنيات الاستشعار عن بُعد أصبحت من الوسائل الأساسية في إدارة مياه الري وتحسين كفاءة استخدام الموارد المائية، حيث ساهمت هذه التقنيات في توفير معلومات دقيقة تساعد المزارعين على اتخاذ قرارات مناسبة فيما يتعلق بعمليات الري، كما أظهرت الدراسات أن استخدام الأقمار الصناعية والطائرات المسيّرة يقلل من الهدر المائي ويرفع جودة الإنتاج الزراعي، إلا أن هناك بعض التحديات

التي تواجه نجاح هذه التقنيات والتي تعتمد بشكل أساسي على توفر البنية التحتية المناسبة والخبرات الفنية اللازمة، وسوف نذكر هنا أهم هذه التحديات وهي:

- 1- ارتفاع تكلفة الأجهزة والبرمجيات الحديثة
- 2- الحاجة إلى كوادر متخصصة لتحليل البيانات
- 3- ضعف البنية التحتية التقنية في بعض المناطق الزراعية
- 4- تأثر جودة الصور الفضائية بالعوامل الجوية مثل الغيوم والعواصف
- 5- ضعف الوعي التقني لدى بعض المزارعين
- 6- صعوبة توفير الإنترنت والتقنيات الرقمية في المناطق الريفية

الحلول المقترحة:

- 1- دعم استخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد في القطاع الزراعي
- 2- تطوير برامج تدريبية للمزارعين والمهندسين الزراعيين
- 3- تعزيز التعاون بين الجامعات والمؤسسات البحثية
- 4- الاستثمار في تطوير شبكات الري الذكية
- 5- تشجيع استخدام الطائرات المسيّرة والأقمار الصناعية في الزراعة
- 6- زيادة الوعي بأهمية ترشيد استهلاك المياه

الخلاصة:

يتضح من خلال هذا البحث أن تقنيات الاستشعار عن بُعد تلعب دورًا مهمًا في إدارة مياه الري وتحقيق التنمية الزراعية المستدامة، فقد ساهمت هذه التقنيات في تحسين كفاءة استخدام المياه، وتقليل الهدر، وزيادة الإنتاج الزراعي، إضافة إلى المساعدة في الكشف المبكر عن مشكلات الجفاف والإجهاد المائي، وعلى الرغم من وجود بعض التحديات المتعلقة بالتكاليف والخبرات الفنية، فإن التطور التكنولوجي المستمر سيسهم في توسيع استخدام هذه التقنيات في المستقبل.

المراجع:

- 1- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)، "حالة الأغذية والزراعة" 2021. روما.
- 2- Zhang C, Kovacs JM، "تطبيق الأنظمة الجوية غير المأهولة الصغيرة في الزراعة الدقيقة"، Precision Agriculture، 2012، مراجعة علمية 693-71:6(13)
- 3- National Aeronautics and Space Administration (NASA)، "تطبيقات الاستشعار عن بُعد في المجالين الزراعي والبيئي"، 2020، واشنطن NASA
- 4- Berni JAJ, Zarco-Tejada PJ, Suarez L, Fereres E، "الاستشعار الحراري ومتعدد الأطياف لمراقبة الغطاء النباتي باستخدام الطائرات دون طيار"، IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing، 2009، 722-738:3(47)
- 5- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)، "المياه من أجل الزراعة والغذاء المستدامين"، 2017، روما
- 6- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO)، "الاستشعار عن بُعد من أجل الزراعة المستدامة"، كانبيرا CSIRO؛ 2020.
- 7- United States Department of Agriculture (USDA), National Aeronautics and Space Administration (NASA)، "مراقبة المحاصيل باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد"، واشنطن USDA؛ 2021
- 8- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)، "حالة الأغذية والزراعة"، 2022، روما

California Department of Water Resources-9، "تحديث خطة كاليفورنيا للمياه"،
2021. ساكرامنتو: ولاية كاليفورنيا