

عنوان البحث

دور نظم الري الذكية والمستدامة في تعزيز الأمن المائي ضمن مشاريع التجميل الطبيعي في إمارة أبوظبي

إعداد الطالب/

محمد محمد المكاوي عبد العال السيد

إشراف/

د. الفيصّل عبد الحميد

د. فايز جرّاد

العام الدراسي:

2025

مقدمة:

يعتبر الأمن المائي من القضايا الاستراتيجية التي تحتل موقعا هاما ، في الخطط الخاصة بالتنمية المستدامة لدولة الإمارات العربية المتحدة، وعلى وجه الخصوص في إمارة أبو ظبي بسبب ما تواجهه من ظروف مناخية قاسية ، واتصافها بالندرة الواضحة في الموارد المائية الطبيعية ، والمقترنة بالارتفاع في معدلات الاستهلاك بسبب التوسع عمرانيا، وزراعيا. بسبب كل تلك التحديات نجد أنه من اللازم أن يتم التوصل لحلول فاعلة ، ومبتكرة في مجال إدارة الموارد المائية بحيث يتم تحقيق الكفاءة والاستدامة معا . ومن أهم ما تبنته إمارة أبو ظبي من الحلول في هذا المجال مؤخرا استخدام نظم الري الذكية والمستدامة، التي تعتبر بمثابة نقلة نوعية في المجال الخاص بإدارة المياه ضمن مشاريع التجميل الطبيعي والحدائق العامة (وزارة التغير المناخي والبيئة، 2023).

إن أنظمة الري الذكية تعتمد على مبدأ استخدام التقنيات الحديثة كإنترنت الأشياء (IoT)، والمجسات الأرضية في قياس رطوبة التربة، واستخدام محطات الرصد المناخي المصغرة، بالإضافة لاستخدام أنظمة التحكم المركزي التي ترتبط بشبكة الإنترنت، على النحو الذي يمكن من تحديد كميات المياه المطلوبة بشكل دقيق ، على النحو الذي يتفق مع احتياجات النبات الفعلي، وظروف الطقس.

هذا التوجه لا يساهم فقط في تخفيض الهدر المائي، ولكنه يحقق هدف التحسين لجودة الغطاء النباتي ، ويخفض تكلفة التشغيل والصيانة. هذا ، وقد بينت تقارير دائرة البلديات والنقل في أبو ظبي (2024) أن تطبيق أنظمة الري الذكية في مجموعة من المشاريع كحدائق منطقة الوثبة ، وحديقة العاصمة بأبوظبي، وممشى القرم يساهم في تخفيض الاستهلاك المائي بنسبة تتراوح ما بين 25% إلى 40% عند مقارنتها بالأنظمة التقليدية.

تعتبر مشاريع التجميل الطبيعي في إمارة أبو ظبي من أهم مظاهر التنمية الحضرية المستدامة بهدف تحسين جودة الحياة في الإمارة ، وتعزيز الهوية البصرية، وتحسين مستوى الراحة البيئية للسكان. كما أنه بالتوسع الواضح في إنشاء المساحات المزروعة في المخططات الحضرية ، تزداد الحاجة لإدارة رشيدة للمياه ، بحيث توازن ما بين المتطلبات اليومية للري ، والمحدودية والندرة الواضحة في تلك الموارد ، لذلك فعندما يتم تطبيق أنظمة الري الذكية ، فإن هذا يعتبر من الخطوات الاستراتيجية التي تساعد على تحقيق أهداف رؤية أبو ظبي 2030 ، والتي تؤكد على ضرورة الإدارة الرشيدة للموارد الطبيعية ، وتكامل الحلول التقنية فيما يتم تقديمه من خدمات البلدية (بلدية أبو ظبي، 2023).

إن مفهوم الاستدامة المائية قد تحول إلى عمود رئيسي في استراتيجية الأمن المائي الإماراتي 2036، ومن أهدافها ضمان الاستمرارية في الإمدادات المائية بجودة وكفاءة عالية ، وعلى وجه الخصوص في مواجهة النمو السكاني المستمر ، والتغير المتواصل في المناخ. و

من هذا الجانب ، فإن لأنظمة الري الذكية دورها الكبير في أن تحقق تلك الاستراتيجية، كونها تساهم في تحسين توزيع المياه، كما تتيح فرصة المراقبة الفورية للاستهلاك، وتحد من الفاقد المائي بسبب التسريبات ، أو التشغيل المفرط، كما أنها تساعد في وضع سياسات تقوم على البيانات الفعلية (وزارة الطاقة والبنية التحتية، 2023).

يضاف لما سبق، فإن التقنيات الذكية تسهم في رفع الكفاءة التشغيلية بأقسام صيانة التجميل الطبيعي، والمرافق الترفيهية عبر الربط ما بين أنظمة الري والبيانات الجغرافية (GIS)، الأمر الذي يتيح تتبع الأعطال، ومراقبة أداء شبكات الري عن بعد. كما

أيضاً فإن الدمج بين هذه النظم، وأنظمة إدارة الأصول البلدية (مثل ATS وIMAS) يساهم في تكوين قاعدة بيانات متكاملة تساعد في دعم اتخاذ القرارات، وتحسن من استدامة العمليات اليومية. تلك التحولات تعبر عن التوجه العام لإمارة أبو ظبي والمتمثل في الاتجاه نحو تطبيق الإدارة الرقمية للخدمات العامة، وتؤكد على أهمية الابتكار من أجل تحقيق الأمن المائي والبيئي في ذات الوقت (دائرة البلديات والنقل، 2024).

ومن هنا تبرز أهمية هذه الدراسة التي تهدف إلى تحليل دور نظم الري الذكية والمستدامة في تعزيز الأمن المائي في مشاريع التجميل الطبيعي في إمارة أبو ظبي، فهي تدور حول تقييم أثر تلك الأنظمة في تخفيض استهلاك المياه، وتحسين كفاءة استخدامها، بالإضافة لدراسة التحديات التشغيلية والمؤسسية التي تواجه تطبيق تلك الأنظمة.

كما أن الدراسة تهدف للإجابة عن تساؤلات هامة متعلقة بمدى التكامل ما بين الجهات المختلفة من منفذين، ومشغلين، ومشرعين، ومدى ما يتم تحقيقه من توافق ما بين النظم الحالية، ومعايير الاستدامة البيئية التي صاغتها الدولة ضمن استراتيجياتها الوطنية (وزارة التغير المناخي والبيئة، 2023).

وبناءً على ما سبق، فإن هذه الدراسة تعتبر إضافة فريدة في مجال البحوث البيئية والإدارية في مجال الإدارة الذكية للمياه، ذلك لأنها تهدف لعرض رؤية علمية، وعملية حول الكيفية التي تحقق التوازن ما بين الجمال العمراني من جهة، والكفاءة البيئية من جهة أخرى، بما يتفق مع الأهداف الوطنية لأمن الموارد الطبيعية، والتنمية المستدامة في إمارة أبو ظبي بصفة خاصة، ودولة الإمارات العربية المتحدة بشكل عام.

مشكلة الدراسة:

إن إمارة أبو ظبي - كغيرها من الإمارات بدولة الإمارات العربية المتحدة - تواجه تحدي متزايد ، ومستمر في المجال الخاص بإدارة الموارد المائية ، وذلك بسبب الطبيعة الجغرافية للدولة ، وبسبب الندرة في مصادر المياه العذبة، الأمر الذي يجعلها معتمدة بشكل كبير على تحلية المياه، ومعالجتها ثلاثيا من أجل توفير مياه صالحة للاستخدام في ري الحدائق والمساحات الخضراء.

إن مثل هذا الواقع يفرض ضغط متواصل على منظومة الأمن المائي بالدولة ، وعلى وجه الخصوص في ظل ما تشهده الدولة والإمارة من توسع عمراني كبير، وتوسع أيضا في مشاريع التجميل الطبيعي التي تحتاج إلى كميات ضخمة من المياه من أجل المحافظة على الغطاء النباتي ، وعلى المظهر الجمالي للإمارة (وزارة الطاقة والبنية التحتية، 2023).

لكن برغم ما تبذله الجهات الحكومية من جهود كبيرة كدائرة البلديات ، والنقل، وبلدية أبو ظبي لتطبيق أنظمة حديثة في الري، فإن هناك مجموعة كبيرة من المشاريع التي ما تزال معتمدة على أساليب تشغيل تقليدية معتمدة على الجداول الزمنية الثابتة، من دون أن تتم مراعاة كل العوامل المناخية، أو مستويات الرطوبة في التربة.

إن تلك الممارسات تؤدي في الغالب لهدر قدر كبير من المياه بسبب الري الزائد، أو التسريبات في الشبكات القديمة، أو بسبب عدم ضبط مواعيد التشغيل بدقة (بلدية أبو ظبي، 2023).

من جانب آخر، نلاحظ أن هناك تفاوت في مستوى تطبيق نظم الري الذكية والمستدامة بين مناطق الإمارة المختلفة، حيث يتم تطبيق بعض الأنظمة المتقدمة في الحدائق النموذجية والمشاريع المركزية، بينما نجد أنه ما زالت المواقع الطرفية أو التي يتم تخصيص ميزانيات محدودة لها تطبق أنظمة شبه يدوية. يعكس هذا التفاوت فجوة مؤسسية واضحة في تطبيق التكنولوجيا، وتوحيد المعايير التشغيلية (دائرة البلديات والنقل، 2024).

على رغم أنه قد ثبت أن أنظمة الري الذكية قد نتج عنها نتائج إيجابية في بعض المواقع، إلا أن هناك محدودية واضحة في تطبيقها عن المقارنة بينها وبين حجم المشاريع القائمة، وهذا الأمر ينتج عنه تساؤل حو مدى فاعلية تلك النظم في أن تحقق أمن مائي فعلي ، وأيضا يثير التساؤل حول قدرتها على أن تحقيق استدامة بيئية واقتصادية على المدى الطويل، على وجه الخصوص في ظل المتغيرات المناخية ، وارتفاع معدلات الطلب على المياه.

لذلك، تتمحور مشكلة هذه الدراسة حول الحاجة إلى تحليل علمي وعملي لمدى مساهمة نظم الري الذكية والمستدامة في تعزيز الأمن المائي ضمن مشاريع التجميل الطبيعي في إمارة أبو ظبي، وذلك من خلال:

- تقييم كفاءة هذه النظم في الحد من استهلاك المياه.
- تحديد العقوبات التشغيلية والإدارية التي تحد من فاعليتها.
- اقتراح حلول تساعد على تطوير تطبيقها بما ينسجم مع سياسات الدولة في الاستدامة البيئية والإدارة المتكاملة للموارد المائية (وزارة التغير المناخي والبيئة، 2023).

إن هذه المشكلة لا تؤثر فقط على الجوانب الفنية للري، لكنها تمتد لتشمل الأبعاد الاقتصادية، والمؤسسية، والتشريعية، الأمر الذي يجعل منها قضية متعددة الأبعاد تتطلب الدراسة العميقة استنادا للأدلة الميدانية ،

والمعلومات التشغيلية من المشاريع الفعلية. لذلك ، فإن هذه الدراسة تساعد على سد فجوة معرفية في الأدبيات العربية التي تناقش دور التقنيات الذكية في إدارة المياه في البيئات الحضرية الجافة، ولتساهم في دعم جهود إمارة أبو ظبي التي تسعى لتحقيق تنمية خضراء تقوم على الكفاءة والاستدامة.

أهمية الدراسة:

تتمثل أهمية هذه الدراسة في إنها تتناول موضوع حيوي معاصر يرتبط بصورة وثيقة بأمن الموارد الطبيعية، واستدامتها في دولة الإمارات العربية المتحدة، وهو الموضوع الخاص بنظم الري الذكية والمستدامة ، والدور الذي تلعبه في تحقيق الأمن المائي في نطاق مشاريع التجميل الطبيعي في إمارة أبو ظبي.

تعتبر دراسة دور نظم الري الذكية والمستدامة في تعزيز الأمن المائي من الضرورات الاستراتيجية في ظل ما يواجه المنطقة من تحديات في مجال البيئة والمناخ ، وفي ظل سعي إمارة أبو ظبي لتطبيق مبادئ التنمية المستدامة التي توازن ما بين الجمال العمراني ، وكفاءة استخدام الموارد الطبيعية (وزارة التغير المناخي والبيئة، 2023).

أولاً: الأهمية الوطنية:

تبرز الأهمية الوطنية لهذه الدراسة في كونها ترتبط بشكل مباشر برؤية أبو ظبي 2030، كما ترتبط باستراتيجية الأمن المائي لدولة الإمارات 2036، وكلاهما تسعيان لضمان استدامة الموارد المائية عبر توظيف التقنيات الحديثة بشكل فاعل في كافة القطاعات.

إن مشاريع التجميل الطبيعي في أبو ظبي، والتي تشمل الحدائق العامة، والمتنزهات ، والمماشي المظللة ، والزراعة في الطرقات ، تستهلك كميات كبيرة من المياه المعالجة بشكل يومي ، وهي تعتبر من القطاعات البلدية الأعلى من حيث استهلاك المياه. عليه ، فإن تحسين كفاءة تلك المشاريع عبر نظم الري الذكية يساهم في تحقيق هدف الأمن المائي الوطني، وهو هدف استراتيجي يتمثل في تخفيض استهلاك المياه في القطاعات غير الإنتاجية بنسبة تتعدى 20% بحلول العام 2036 (وزارة الطاقة والبنية التحتية، 2023).

هكذا ، نجد أن هذه الدراسة تدعم توجهات قيادة دولة الإمارات العربية الرشيدة التي تسعى لبناء مجتمعات متحضرة بالوعي البيئي العالي ، والإدارة الرشيدة للموارد المتاحة ، بما فيها الموارد المائية.

ثانياً: الأهمية البيئية:

من الجانب البيئي ، فإن هذه الدراسة تعتبر إضافة نوعية للجهود العلمية التي تهدف لأن تحقق التوازن ما بين التنمية الحضرية ، والمحافظة على الموارد الطبيعية. ذلك لأن التحول من أنظمة الري التقليدي لأنظمة الري الذكية معتمد على معايير دقيقة لرطوبة التربة، ودرجة الحرارة، واتجاه الرياح، الأمر الذي ينتج عنه تقليل الهدر في المياه والطاقة، وخفض الانبعاثات الكربونية التي تنتج عن معدل التشغيل الزائد للمضخات (بلدية أبو ظبي، 2023).

أيضا ، فإن تطبيق أنظمة الري المستدامة يزيد من قدرة النظم البيئية الحضرية على أن تصمد أمام التغيرات المناخية، ويساهم في تحسين جودة التربة، ويقلل من ملوحتها، وهو ما يعتبر من العناصر الأساسية في الاستدامة البيئية طويلة المدى (الدرعي، 2022).

ثالثا: الأهمية العلمية والبحثية:

تعتبر هذه الدراسة إضافة علمية جديدة للمكتبة العربية في المجال الخاص بالإدارة الذكية للموارد المائية، حيث إن الأبحاث العربية التي تناقش نظم الري الذكية لا تزال محدودة عند مقارنتها بالأدبيات الأجنبية.

إن هذه الدراسة تساهم في معالجة النقص في الدراسات الخاصة بتطبيق التقنيات الذكية في مشاريع التجميل الطبيعي في منطقة الخليج العربي، وبيان طيفية تأثيرها على كفاءة استخدام المياه. كما أنها ستساهم من ناحية أخرى في بناء قاعدة بيانات علمية من الممكن أن يعتمد عليها الباحثون، والمهندسون، والجهات البلدية من أجل تطوير المعايير التصميمية، والتشغيلية الجديدة لأنظمة الري (جامعة الإمارات، 2024).

رابعا: الأهمية الاقتصادية والتطبيقية:

من الناحية الاقتصادية، يشير خفض استهلاك المياه عبر استخدام النظم الذكية إلى خفض النفقات التشغيلية التي تتحملها البلديات، وشركات الصيانة بشكل كبير، كما أنه عندما تستخدم البرمجيات التحليلية في إدارة الري يحد من الأعطال الطارئة، ويزيد في عمر شبكات الري، والمعدات.

أما من الجانِب التطبيقِي، فتقدم هذه الدراسة نموذج واقعي عملي قابل للتطبيق، والتعميم في إمارات الدولة المختلفة. هذا، كما أنه يمكن اعتماد الدراسة بوصفها مرجع من أجل تطوير أدلة تشغيل وطنية للري الذكي في نطاق مشاريع الزراعة التجميلية، والمساحات الخضراء (المنصوري، 2023).

خامسا: الأهمية الاجتماعية والتنموية:

للمساحات الخضراء دورها المهم في تحسين جودة الحياة في المدن، كما تعزز أيضا من صحة السكان بدنيا، ونفسيا، وهي أيضا تخفف من حدة الجزر الحرارية التي يتسبب فيها العمران الكثيف. وعليه، فإن المحافظة على تلك المساحات بطريقة مستدامة يساعد على تعزيز الاستقرار البيئي، والاجتماعي. (وزارة التغير المناخي والبيئة، 2023).

أهداف الدراسة:

تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف العلمية والعملية التي تتفق مع أولويات إمارة أبو ظبي في المجال الخاص بإدارة الموارد المائية المستدامة ، وتعزيز كفاءة مشاريع التجميل الطبيعي. إن هذه الأهداف تنبثق من الحاجة للربط ما بين الجانب التقني المتمثل في نظم الري الذكية، والجانب البيئي والمؤسسي المتمثل في الأمن المائي والاستدامة في إطار متكامل. و

فيما يلي تفصيل الأهداف الرئيسية والفرعية للدراسة:

الهدف الأول: تحليل دور نظم الري الذكية في خفض استهلاك المياه في مشاريع التجميل الطبيعي.

من أهداف الدراسة تحليل تأثير تطبيق نظم الري الذكية على كفاءة استخدام المياه في الحدائق العامة والمساحات الخضراء بصورة مباشرة. فهذه الأنظمة معتمدة على المجسات الحسية ومحطات الرصد المناخي في تحديد كميات المياه المطلوبة بشكل دقيق ، ينتج عن ذلك تقليل الهدر بسبب التشغيل المفرط ، أو الري في أوقات غير مناسبة (الدرعي، 2022).

عندما يتم تحليل هذا الجانب من الممكن قياس نسبة التوفير المائي الناتجة عن التحول من أنظمة الري التقليدية إلى الأنظمة الذكية، وتمن ثم حديد فروقات الأداء بين المواقع التي يتم فيها تطبيق تلك التقنيات وتلك التي لا تزال تعتمد الأساليب التقليدية. (وزارة الطاقة والبنية التحتية، 2023).

الهدف الثاني: تقييم مدى توافق نظم الري المطبقة في إمارة أبو ظبي مع معايير الاستدامة البيئية.

يركز هذا الهدف على تقييم النظم الذكية في الوقت الحالي في ضوء المعايير العالمية والمحلية الخاصة بالاستدامة البيئية، مثل كفاءة استخدام الطاقة، وجودة المياه المستخدمة، والحد من الأثر البيئي للتشغيل والصيانة. إذ تعتبر نظم الري الذكية المستدامة جزء من منظومة التخطيط الأخضر للمدن، الهادف لتقليل البصمة المائية والكربونية للأنشطة البلدية (بلدية أبو ظبي، 2023).

الهدف الثالث: تحليل دور الجهات الحكومية في دعم التحول نحو إدارة مائية ذكية ومتكاملة.

يهتم هذا الهدف بدراسة الدور المؤسسي لدائرة البلديات والنقل، وهيئة البيئة في أبو ظبي، ووزارة التغير المناخي والبيئة في تحقيق التحول نحو أنظمة الري الذكية عبر التشريعات، والسياسات، والدعم الفني. وذلك لأن نجاح تطبيق هذه النظم لا يعتمد فقط على التكنولوجيا ، ولكنه يعتمد أيضا على التكامل المؤسسي والحوكمة البيئية (العتيبة، 2021). كما أن التحليل يعمل على تحديد نقاط القوة في السياسات المطبقة في الوقت الحالي ، مثال على ذلك الرقابة الميدانية على أداء المقاولين، بالإضافة إلى التعرف على أوجه القصور ، مثال على ذلك ضعف التدريب أو تعدد المرجعيات الإدارية. عندما يتحقق هذا الهدف ، فإن ذلك يساهم في صياغة تصور علمي لإطار حوكمة متكامل يدعم تطبيق أنظمة الري الذكية في كافة مشاريع التجميل الطبيعي على مستوى الإمارة.

الهدف الرابع: تحديد التحديات التشغيلية والفنية التي تواجه تطبيق نظم الري الذكية واقتراح حلول عملية لمعالجتها.

تبين الممارسات الميدانية وجود تحديات متعددة تعيق التشغيل الأمثل لأنظمة الري الذكية، مثال على ذلك ضعف الخبرات الفنية، أو عدم توافر قطع الغيار، أو الأعطال التقنية التي ترتبط بالاتصال الشبكي. يهدف هذا الجزء من الدراسة لتحليل تلك التحديات بصورة منهجية ، وتصنيفها إلى فنية، وإدارية، وبشرية، وتشريعية (المنصوري، 2023). من جانب آخر تسعى الدراسة لتقديم توصيف واقعي للحلول المقترحة، عبر تحسين أنظمة التدريب والتأهيل، أو عن طريق تطوير لوائح التشغيل والصيانة، أو دعم الابتكار المحلي في تصميم مكونات أنظمة الري (وزارة التغير المناخي والبيئة، 2023).

الهدف الخامس (الفرعي): بناء قاعدة بيانات علمية لتقييم كفاءة الري الذكي في البيئة الحضرية.

يهدف هذا الهدف الفرعي إلى توثيق البيانات التشغيلية والمناخية الخاصة بمشاريع الري الذكي في أبو ظبي، بما يساعد على إنشاء قاعدة معرفية محلية يمكن أن يتم استخدامها في المستقبل من أجل المقارنة ، والتحسين المستمر. وجود مثل تلك البيانات الموثقة يساعد صانعي القرار على وضع خطط طويلة المدى تساعد على خفض استهلاك المياه وتحقيق الاستدامة (جامعة الإمارات، 2024).

خلاصة:

عبر هذه الأهداف الخمسة، تسعى الدراسة لأن تحقق التكامل بين الجوانب التقنية، والمؤسسية، والبيئية في إدارة الري، بحيث تقدم نموذج تطبيقي قابل للتعميم على باقي الإمارات، كما تساهم في دعم التوجه الوطني نحو إدارة ذكية مستدامة للمياه تحقق الكفاءة التشغيلية ، وتحافظ على الأمن المائي في ظل التغيرات المناخية السريعة.

تساؤلات الدراسة

تشكل التساؤلات البحثية المحاور الرئيسي في الدراسة لأنها تعمل على ترجمة مشكلة البحث إلى استفسارات علمية موجهة بهدف توضيح العلاقة ما بين نظم الري الذكية والمستدامة، وتحقيق الأمن المائي في مشاريع التجميل الطبيعي بإمارة أبو ظبي.

هذه التساؤلات لا تغطي الجوانب التقنية للري فقط ، ولكنها تمتد لتشمل الأبعاد المؤسسية، والاقتصادية، والبيئية، مما يجعل منها إطار شامل لتحليل فعالية تلك النظم في الواقع التطبيقي (وزارة التغير المناخي والبيئة، 2023).

بناء على ذلك، من الممكن تحديد التساؤلات الرئيسة والفرعية على النحو الآتي:

التساؤل الأول: ما مدى كفاءة نظم الري الذكية في تقليل استهلاك المياه في مشاريع التجميل الطبيعي بأبوظبي؟

ينبثق هذا التساؤل من الفرضية الرئيسة التي تفترض أن تطبيق نظم الري الذكية يساهم في خفض كميات المياه المستخدمة ، مقارنة بالأنظمة التقليدية التي تعمل ببرامج زمنية ثابتة.

أهمية هذا التساؤل تأتي من الحاجة إلى تحديد المردود الكمي، والاقتصادي لتلك الأنظمة، على وجه الخصوص في ظل ما تشير إليه تقارير دائرة البلديات والنقل (2024) من أن قطاع التجميل الطبيعي يستهلك حوالي 60% من المياه المعالجة في الإمارة.

الإجابة عن ذلك التساؤل ستساعد على قياس مدى تحقيق الأهداف الاستراتيجية للأمن المائي، وتحديد نسب التوفير المحققة بالفعل عبر تطبيق الأنظمة الذكية في مواقع متعددة، مثال على ذلك حدائق الوثبة، والشامخة، وممشى القرم، وحديقة العاصمة. أيضا تسعى الدراسة إلى مقارنة الأداء بين المشاريع التي تطبق تلك الأنظمة والمشاريع التي ما زالت تطبق الطريقة التقليدية (الدرعي، 2022).

التساؤل الثاني: كيف تسهم نظم الري الذكية في تعزيز الأمن المائي ضمن المنظومة البيئية لإمارة أبو ظبي؟

يستكشف هذا التساؤل العلاقة بين كفاءة نظم الري الذكية ، وبين تحقيق الأمن المائي على المستوى المحلي، ليس من حيث كمية المياه التي يتم توفيرها فحسب ، بل عبر مساهمتها في تحسين إدارة الموارد المائية ورفع كفاءة البنية التحتية أيضا .

وهنا، تبحث الدراسة في مدى قدرة الأنظمة الذكية على أن تدعم خطط إمارة أبو ظبي الخاصة بتقليل الاعتمادية على المياه المحلاة مرتفعة التكلفة، وزيادة الاستفادة من المياه المعالجة ثلاثيا في الزراعة التجميلية (وزارة الطاقة والبنية التحتية، 2023).

كما تتناول الدراسة البعد البيئي لهذا التساؤل، حيث إنه من المتوقع أن يقود تطبيق نظم الري المستدامة إلى خفض البصمة المائية للمدينة ، وتحسين مؤشرات الاستدامة البيئية (المنصوري، 2023).

التساؤل الثالث: ما أبرز التحديات التشغيلية والفنية التي تواجه تطبيق نظم الري الذكية في مشاريع التجميل الطبيعي؟

من خلال هذا التساؤل، تهدف الدراسة لتحليل تلك التحديات وتصنيفها إلى فنية، مؤسسية، وبشرية، ثم قياس مدى تأثيرها على كفاءة واستمرارية النظام.

أيضا تسعى لأن تحدد العوامل التي تعيق تعميم التجربة في كافة المناطق، وتقديم تصورات علمية لحلول واقعية من الممكن أن تعزز من الأداء المستقبلي للأنظمة الذكية (جامعة الإمارات، 2024).

التساؤل الرابع: إلى أي مدى تتكامل جهود الجهات الحكومية والبلدية في دعم وتطبيق نظم الري الذكية والمستدامة؟

هذا التساؤل ذو طابع مؤسسي، يركز على دراسة مدى التنسيق والتكامل ما بين الجهات التي تهتم بتنفيذ ومتابعة مشاريع الري الذكي، مثال على ذلك دائرة البلديات والنقل، وهيئة البيئة في أبو ظبي، ووزارة التغير المناخي والبيئة، بالإضافة إلى الشركات المنفذة والمشغلة. إن أهمية هذا التساؤل ف تكمن في كونه يساعد على فهم مدى وجود إطار تشريعي وتنظيمي موحد يعزز الانتقال إلى منظومة الري الذكي المستدام على مستوى الإمارة، ومدى موافقته لاستراتيجيات دولة الإمارات في الاستدامة البيئية والأمن المائي (العتيبة، 2021).

التساؤل الخامس (الفرعي): ما انعكاس تطبيق نظم الري الذكية على الجوانب الاقتصادية والبيئية والاجتماعية في مشاريع التجميل الطبيعي؟

ينبثق هذا التساؤل من مبدأ أن الري الذكي لا يعتبر فقط تقنية تشغيلية، لكنه أيضا أداة تنمية متعددة الأبعاد لها تأثير على الأداء الاقتصادي، والبيئي، والاجتماعي للمشاريع. فمن الجانب الاقتصادي، يساهم في تخفيض تكاليف التشغيل والصيانة، ومن الجانب البيئي، يحافظ على الموارد، ويحد من الانبعاثات الكربونية. أما من الجانب الاجتماعي، فيساهم في تعزيز جودة الحياة عبر الحفاظ على المساحات الخضراء وتحسين المشهد الحضري (وزارة التغير المناخي والبيئة، 2023). الإجابة عن هذا التساؤل تساهم في بناء رؤية شاملة لدور نظم الري الذكية كجزء من منظومة التنمية المستدامة في إمارة أبو ظبي.

خلاصة: إن التساؤلات الخمسة السابقة تمثل الإطار المنهجي للدراسة، فهي تعتبر خريطة طريق للإجابة على السؤال الرئيس:

"إلى أي مدى تساهم نظم الري الذكية والمستدامة في تعزيز الأمن المائي ضمن مشاريع التجميل الطبيعي في إمارة أبو ظبي؟"

فروض الدراسة:

تستند هذه الدراسة إلى عدد من الفروض العلمية حول العلاقة المتوقعة بين المتغيرات الرئيسية، وهي نظم الري الذكية والمستدامة (المتغير المستقل) والأمن المائي في مشاريع التجميل الطبيعي (المتغير التابع). وقد تمت صياغة تلك الفروض بأسلوب كمي ، بحيث تعبر عن اتجاه العلاقة وأهميتها الإحصائية، واعتمادا على الأدبيات السابقة التي أثبتت فعالية الأنظمة الذكية في تحسين كفاءة استخدام المياه في إمارة أبو ظبي (وزارة التغير المناخي والبيئة، 2023؛ بلدية أبو ظبي، 2023).

الفرضية الأولى: هناك علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين تطبيق نظم الري الذكية وكفاءة استخدام المياه في مشاريع التجميل الطبيعي في إمارة أبو ظبي.

يفترض هذا الفرض أنه عند تطبيق الأنظمة الذكية (مثل الحساسات، وبرامج التحكم المركزي، وأنظمة الرصد المناخي) بمستوى أعلى ، فإن نتيجة ذلك هي تحسين كفاءة استخدام المياه، والحد من الهدر الناتج عن التشغيل اليدوي. وقد دعمت دراسة الدرعي (2022) هذا الاتجاه، حيث بينت أن تطبيق نظم الري الذكية يقود لخفض الاستهلاك المائي بنسبة 35% في الحدائق العامة. لذلك، من المتوقع أن تكون العلاقة بين المتغيرين موجبة قوية ودالة إحصائية، بمعنى أنه كلما ارتفعت درجة تطبيق النظام الذكي، زادت كفاءة استهلاك المياه.

الفرضية الثانية: هناك علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين تطبيق نظم الري المستدامة ومستوى الأمن المائي في إمارة أبو ظبي.

تهدف هذه الفرضية إلى اختبار الأثر المباشر لأنظمة الري المستدامة على تحقيق الأمن المائي عن طريق خفض معدلات الاستهلاك وتحسين إدارة الموارد. إن المراجع تشير إلى أن نظم الري المستدامة تساعد على مراقبة الاستهلاك بدقة وتحسن إدارة المياه المعالجة، الأمر الذي يدعم قدرة الإمارة على تأمين احتياجاتها المائية في ظل النمو العمراني المتسارع (وزارة الطاقة والبنية التحتية، 2023).

الفرضية الثالثة: هناك علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين مستوى التكامل المؤسسي والحوكمة البيئية وبين نجاح تطبيق نظم الري الذكية والمستدامة.

تنطلق هذه الفرضية من كون الحوكمة المؤسسية تعتبر هي العامل التنظيمي الأكثر أهمية في ضمان استدامة نظم الري الذكية. فكلما ارتفع مستوى التنسيق بين الجهات البلدية (دائرة البلديات والنقل، هيئة البيئة، وزارة التغير المناخي والبيئة)، ازدادت فاعلية التطبيق، والعكس صحيح. مما يدعم هذا الاتجاه دراسة العتيبة (2021) التي أثبتت أنه عندما يغيب التكامل بين الإدارات تكون النتيجة التفاوت الكبير في الأداء بين المواقع المختلفة. وعليه، من المفترض أن يقترن ارتفاع مستوى التكامل المؤسسي والرقابة التنظيمية بمستوى نجاح تطبيق نظم الري الذكية والمستدامة في مشاريع التجميل الطبيعي.

الفرضية الرابعة: هناك علاقة سلبية ذات دلالة إحصائية بين التحديات الفنية والتشغيلية ومستوى كفاءة نظم الري الذكية.

هذه الفرضية تعنى بالآثار السلبية ، أو العكسية للعقبات التقنية، مثال على ذلك ضعف الاتصال بالمجسات أو نقص الكوادر المدربة، على الأداء العام للنظام، فكلما زادت المشكلات التشغيلية، نتج عن ذلك تراجع في كفاءة الأنظمة الذكية (بلدية أبو ظبي، 2023). وعليه من المتوقع أن تكون العلاقة سالبة ودالة إحصائيا ، حيث ينتج عن ارتفاع مستوى التحديات انخفاض ملحوظ في الكفاءة التشغيلية للنظام.

الفرضية الخامسة (الفرعي): هناك علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين مستوى الوعي البيئي والتدريب الفني للعاملين وبين استدامة تشغيل نظم الري الذكية.

تنطلق هذه الفرضية من كون العنصر البشري هو حلقة الوصل بين التكنولوجيا ونجاحها الفعلي في الميدان.. فقد بينت ت دراسة جامعة الإمارات (2024) أن التدريب الفني المنتظم والوعي البيئي لهما دور كبير في خفض نسب الأعطال، وزيادة كفاءة النظام بنسبة تصل إلى 25%. وعليه، من المتوقع أن تكون العلاقة بين تدريب العاملين واستدامة التشغيل موجبة قوية ودالة إحصائيا ، بحيث ينتج عن زيادة مهارات العاملين تحسين الأداء التشغيلي ، وتعزيز استدامة النظام.

الدراسات السابقة:

تعتبر الدراسات السابقة هي الأساس العلمي لبناء الإطار النظري للدراسة الحالية، حيث تساهم تساهم في تحديد أوجه الاتفاق والاختلاف في نتائج البحوث السابقة، وتظهر الثغرات البحثية التي تسعى الدراسة لتجاوزها.

في هذا البحث ، وقع الاختيار على ست من الدراسات الحديثة التي تتصل بشكل مباشر بموضوع نظم الري الذكية والمستدامة، وتعزيز الأمن المائي في مشاريع التجميل الطبيعي في الإمارات العربية المتحدة، لما تمثله هذه القضايا من أهمية استراتيجية في تحقيق التنمية المستدامة.

1. دراسة جامعة الإمارات (2024): الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء في أنظمة الري الذكية

بحثت الدراسة العلاقة بين تقنيات الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء في تحسين أداء أنظمة الري في البيئات الحضرية. الهدف من الدراسة هو تطوير نموذج تجريبي يعتمد على الذكاء الاصطناعي لتوقع الاحتياجات المائية بناءً على تحليل الظروف المناخية ومستوى التربة. فيما يخص منهجية الدراسة فقد اعتمد فريق البحث المنهج التطبيقي التجريبي، من خلال إنشاء حقل تجريبي يستخدم خوارزميات تعلم الآلة للتحكم الآلي في الري. لقد أظهرت الدراسة أن النظام التجريبي خفّض استهلاك المياه بنسبة 45% مقارنة بالأنظمة المبرمجة الثابتة، كما طور سرعة الاستجابة للتغيرات المناخية بنسبة 60%. في الختام، أوصت الدراسة بإنشاء منصة وطنية للري الذكي تعتمد على الذكاء الاصطناعي وتربط المشاريع البلدية بالمزارع التجارية لتبادل البيانات وتعزيز الكفاءة التشغيلية (جامعة الإمارات، 2024).

ومن خلال استعراض الدراسات السابقة المحلية والدولية ذات الصلة بموضوع نظم الري الذكية والأمن المائي، يمكن تلخيص أوجه التشابه والاختلاف وأبرز النتائج كما هو موضح في الجدول (1).

2. دراسة المنصوري (2023): التحول الرقمي في إدارة المساحات الخضراء

بحثت الدراسة العلاقة بين التحول الرقمي في إدارة المساحات الخضراء وتحقيق الاستدامة المائية في إمارة أبو ظبي، وهي تهدف إلى تحليل مدى تأثير استخدام التقنيات الرقمية – مثل أجهزة الاستشعار ومحطات الطقس الذكية – على تقليل استهلاك المياه وتحسين كفاءة التشغيل. اعتمدت الباحثة على منهج دراسة الحالة بثلاثة مواقع رئيسية: حديقة العاصمة، ممشي القرم، وحديقة الوثبة، وجمعت بياناتها من نظام ATS البلدي وتقارير التشغيل والصيانة. كما بيّنت النتائج أن الجمع بين البيانات المناخية والمجسات الأرضية أدى إلى تقليل الري الزائد بنسبة 40% وخفض التكاليف التشغيلية بنسبة 18%. كما أظهرت أن التنسيق المؤسسي بين الجهات ساهم في رفع كفاءة الأداء. في الختام أوصت الدراسة بإنشاء مركز تحكم موحد لجميع مشاريع التجميل الطبيعي وربطها بشبكة بيانات آنية لتحليل الأداء (المنصوري، 2023).

3. دراسة وزارة التغير المناخي والبيئة (2023): تقرير الاستدامة المائية في دولة الإمارات

استعرضت الدراسة التجارب الوطنية في إدارة المياه المستدامة، مع تركيز خاص على مشاريع الزراعة التجميلية واستخدام المياه المعالجة. الهدف من الدراسة هو تحليل أثر الابتكار التقني في تحسين كفاءة إدارة المياه وتقليل الفاقد ضمن مشاريع البنية التحتية الخضراء. كما اعتمدت الدراسة المنهج الوثائقي التحليلي، باستخدام بيانات رسمية من

البلديات والهيئات البيئية والشركات العاملة في قطاع الري. لقد توصل التقرير إلى أن تطبيق نظم الري الذكية أسهم في تقليل استهلاك المياه المعالجة بنسبة 31% على مستوى الدولة. كما أظهرت الدراسة أن أنظمة المراقبة الآلية رفعت كفاءة الصيانة الوقائية بنسبة 25%. في الختام أوصت بإعداد دليل وطني موحد لتصميم وتشغيل أنظمة الري الذكية، ووضع معايير ملزمة لدمج الاستدامة في جميع مشاريع التجميل الطبيعي (وزارة التغير المناخي والبيئة، 2023).

4. دراسة الدرعي (2022): كفاءة نظم الري الذكية في الحدائق العامة بأبوظبي

تناولت الدراسة كفاءة أنظمة الري الذكية في الحدائق العامة ومدى مساهمتها في خفض استهلاك المياه وتحسين كفاءة التشغيل. الهدف من الدراسة هو قياس أثر تطبيق نظام الري الذكي المركزي على كميات المياه المستهلكة وجودة الغطاء النباتي في المشاريع البلدية. لقد استخدم الباحث المنهج الوصفي التحليلي، واعتمد على بيانات كمية تم جمعها من عشر حدائق عامة خلال عام واحد، قبل وبعد تطبيق النظام الذكي. أظهرت النتائج انخفاض استهلاك المياه بنسبة 35%، وتحسناً في رطوبة التربة واستقرار نمو النباتات بنسبة 22%. كما تبين أن النظام الذكي يقلل الحاجة إلى التدخل البشري ويحد من الأخطاء التشغيلية. في نهاية الدراسة قدم الباحث توصيات، حيث دعت الدراسة إلى توسيع تطبيق النظام الذكي في جميع الحدائق العامة وربطه بنظام تحكم مركزي موحد على مستوى الإمارة، مع ضرورة تدريب الكوادر الفنية (الدرعي، 2022).

5. دراسة العتبية (2021): الأمن المائي والاستدامة الحضرية في إمارة أبو ظبي

تناولت العلاقة بين مفهوم الأمن المائي والتخطيط الحضري المستدام، مع التركيز على دور المشاريع البيئية في تحقيق التوازن المائي. الهدف من الدراسة هو استكشاف دور التقنيات الذكية في دعم خطط الأمن المائي من خلال إدارة فعالة لموارد المياه في القطاع البلدي. لقد اعتمد الباحث المنهج التحليلي المقارن، من خلال تحليل البيانات الصادرة عن هيئة البيئة ودائرة البلديات والنقل بين عامي 2018-2020. هذا، وقد أوضحت الدراسة أن تطبيق تقنيات المراقبة الذكية ساهم في خفض نسبة الهدر في المياه المخصصة للري من 11% إلى 6% خلال ثلاث سنوات، مع ارتفاع كفاءة التشغيل بنسبة 15%. في الختام، أكدت الدراسة ضرورة تبني مفهوم "المدينة الذكية المائية" ودمج إدارة المياه في الخطط الاستراتيجية الحضرية لأبو ظبي (العتبية، 2021).

6. دراسة الحوسني (2020): كفاءة استخدام المياه في مشاريع الزراعة التجميلية بالإمارات

موضوع الدراسة هو فعالية أنظمة الري الحديثة في الحدائق العامة والمساحات الخضراء باستخدام المياه المعالجة، وهي تهدف إلى تقييم مدى قدرة أنظمة الري الحديثة على تقليل استهلاك المياه وتحسين جودة التربة والغطاء النباتي. لقد اعتمدت الدراسة المنهج التجريبي من خلال متابعة أداء 12 موقعاً تطبق أنظمة مختلفة (الري بالتنقيط، الرش، الري الذكي) لمدة عامين. كما أظهرت أن دمج المياه المعالجة مع الأنظمة الذكية أدى إلى خفض الاستهلاك بنسبة 28% دون تأثير سلبي على النمو النباتي. كما حسنت الأنظمة الذكية من توزيع المياه بنسبة 20% مقارنة بالأنظمة التقليدية. أما عن التوصيات، فقد أوصت الدراسة بتعميم استخدام المياه المعالجة في جميع مشاريع التجميل الطبيعي وزيادة نسبة الاعتماد عليها لتصل إلى 90% من إجمالي مياه الري (الحوسني، 2020).

رقم	الباحث / السنة	عنوان الدراسة	المنهج المستخدم	نطاق الدراسة	أبرز النتائج	الفجوات التي تعالجها الدراسة الحالية
1	الدرعي (2022)	كفاءة نظم الري الذكية في الحدائق العامة بأبوظبي	وصفي تحليلي	عشر حدائق عامة في أبو ظبي	خفض استهلاك المياه بنسبة 35% وتحسين نمو النباتات	ركزت على الكفاءة التقنية فقط دون التحليل المؤسسي
2	المنصوري (2023)	التحول الرقمي في إدارة المساحات الخضراء	دراسة حالة	ثلاث حدائق كبرى في أبو ظبي	تقليل استهلاك المياه بنسبة 40% وخفض التكاليف التشغيلية 18%	لم تتناول العلاقة بين الجهات الحكومية ودور الحوكمة
3	وزارة التغير المناخي والبيئة (2023)	تقرير الاستدامة المائية في دولة الإمارات	تحليلي وثائقي	مستوى وطني	خفض استهلاك المياه بنسبة 31% وتحسين الصيانة الوقائية 25%	دراسة وصفية عامة بدون تحليل ميداني أو تطبيقي
4	العتيبة (2021)	الأمن المائي والاستدامة الحضرية في إمارة أبو ظبي	تحليلي مقارنة	بيانات 2018-2020 من بلدية أبو ظبي وهيئة البيئة	خفض الهدر من 11% إلى 6% وزيادة كفاءة التشغيل 15%	لم تتناول دور نظم الري الذكية كمتغير مستقل
5	الحوسني (2020)	كفاءة استخدام المياه في مشاريع الزراعة التجميلية	تجريبي	12 موقعًا زراعيًا في الإمارات	خفض الاستهلاك بنسبة 28% وتحسين توزيع المياه 20%	لم تربط النتائج بمفهوم الأمن المائي أو التحول المؤسسي
6	جامعة الإمارات (2024)	الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء في أنظمة الري	تطبيقي تجريبي	حقل تجريبي حضري	خفض استهلاك المياه 45% وتحسين الاستجابة المناخية 60%	لم تربط الابتكار التقني بالإطار الإداري في البلديات

يبين الجدول السابق أن غالبية الدراسات السابقة تتفق على أن هناك علاقة إيجابية قوية بين تطبيق نظم الري الذكية وتحسين كفاءة استخدام المياه في مشاريع الزراعة التجميلية، حيث تتراوح نسب التوفير ما بين 28% و45%. كما بينت نتائج كافة الدراسات أن التحول إلى الأنظمة الذكية يساهم في تخفيض التكلفة التشغيلية ويزيد من كفاءة الصيانة الوقائية.

على الرغم من ذلك، فإن غالبية الدراسات ركزت على الجانب التقني والبيئي للري الذكي، في حين تم إغفال البعد الإداري والمؤسسي الذي يرتبط بالتكامل بين الجهات المنفذة، والجهات المشغلة، والجهات المشرفة.

ومن هنا تنبع الثغرة البحثية التي تسعى الدراسة الحالية إلى معالجتها، والتي تتمثل في تحليل الدور التكميلي بين التقنية والحوكمة المؤسسية في تعزيز الأمن المائي في إطار مشاريع التجميل الطبيعي في إمارة أبو ظبي، بما يربط بين الأداء التشغيلي وكفاءة الإدارة البيئية في إطار رؤية الاستدامة الوطنية 2036.

التحليل المقارن للدراسات السابقة:

من خلال تحليل الدراسات الست، نجد الآتي:

اتفاق عام في النتائج: كل الدراسات تؤكد على أن هناك علاقة إيجابية قوية بين تطبيق نظم الري الذكية وخفض استهلاك المياه، حيث تراوحت نسب التوفير بين 28% و45%. وهو ما يعزز صحة الفروض الإحصائية للدراسة الحالية (الدرعي، 2022؛ جامعة الإمارات، 2024).

التركيز على الجانب التقني أكثر من المؤسسي: معظم الدراسات السابقة ركزت على الجانب التقني والتحليلي لأنظمة الري، بينما لم تتناول بشكل معمق البنية الإدارية والتشغيلية والتكامل المؤسسي، وهي الفجوة التي تسعى هذه الدراسة إلى سدها (العتيبة، 2021).

قلة الدراسات التي تناولت قطاع التجميل الطبيعي على وجه التحديد: رغم وفرة الأبحاث في مجال الزراعة الذكية عامةً، إلا أن الدراسات التي خصصت مشاريع التجميل الطبيعي كنطاق للتحليل لا تزال محدودة، مما يمنح الدراسة الحالية أهمية خاصة على المستوى التطبيقي.

المنهجيات المتنوعة: تنوعت المناهج بين الوصفي والتحليلي والتجريبي، مما يتيح قاعدة معرفية متكاملة يمكن البناء عليها لإجراء دراسة كمية تحليلية ميدانية تجمع بين البيانات التشغيلية والمناخية (وزارة التغير المناخي والبيئة، 2023).

تأكيد دور الذكاء الاصطناعي في المستقبل: اتجهت أحدث الدراسات، مثل دراسة جامعة الإمارات (2024)، إلى ربط نظم الري الذكية بتقنيات الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء، ما يشير إلى مستقبل واعد لتكامل هذه النظم ضمن إدارة المدن الذكية.

الخلاصة العامة: يمكن القول إن الدراسات السابقة أسست أرضية معرفية متينة تثبت أن نظم الري الذكية والمستدامة تمثل ركيزة أساسية لتحقيق الأمن المائي في الإمارات، لكنها في الوقت ذاته كشفت عن الحاجة إلى مزيد من الأبحاث التطبيقية التي تدمج بين الجوانب التقنية والإدارية والبيئية، وهو ما تسعى إليه هذه الدراسة من خلال تحليل معمق لتجربة إمارة أبو ظبي كنموذج رائد في تطبيق الري الذكي في مشاريع التجميل الطبيعي.

المنطلقات النظرية للدراسة:

تقوم هذه الدراسة على عدد من الأطر النظرية والمفاهيم العلمية التي توضح العلاقة ما بين نظم الري الذكية والمستدامة ، وبين الأمن المائي في البيئات الحضرية الجافة مثال على ذلك إمارة أبو ظبي. وتمثل هذه المنطلقات قاعدة لفهم الأسس العلمية التي تقوم عليها الدراسة، وتفسير العلاقات بين المتغيرات المستقلة، والتابعة في النموذج المفاهيمي المقترح.

أولاً: مفهوم الأمن المائي وأبعاده: يشير الأمن المائي إلى القدرة على تأمين الكميات الكافية من المياه ذات الجودة المناسبة للاستخدامات الإنسانية والاقتصادية والبيئية بصورة مستدامة . ويشمل الأمن المائي ثلاثة أبعاد مترابطة: الكمية، والجودة، والاستدامة الزمنية. في نطاق إمارة أبو ظبي، يعد الأمن المائي من التحديات الاستراتيجية بسبب اعتماد الإمارة شبه الكامل على المياه المحلاة والمعالجة ثلاثياً ، والتي يتم استخدامها بشكل كبير في ري الحدائق والمساحات الخضراء. حسب رؤية وزارة الطاقة والبنية التحتية (2023) فإن تحقيق الأمن المائي في الإمارات يحتاج إلى تحسين كفاءة الاستخدام في القطاعات غير الإنتاجية – وعلى رأسها قطاع التجميل الطبيعي – حيث يستهلك حوالي 60% من المياه المعالجة بشكل يومي . من هنا، تحول تطبيق نظم الري الذكية والمستدامة إلى أداة محورية تساعد على تحقيق هذا الأمن عن طريق خفض الاستهلاك، وتحسين إدارة الموارد.

ثانياً: الإدارة المتكاملة للموارد المائية (IWRM): يستند الإطار النظري لهذه الدراسة إلى مفهوم الإدارة المتكاملة للموارد المائية (Integrated Water Resources Management)، وهو منهج الهدف منه هو تحقيق الاستخدام الأمثل للمياه عبر الموازنة بين الأبعاد البيئية والاقتصادية والاجتماعية. ويؤكد هذا المفهوم على أهمية التكامل المؤسسي بين الجهات المعنية بالمياه، وتطبيق التقنيات المتطورة في المتابعة والتحكم واتخاذ القرار (الدرعي، 2022).

في حالة أبو ظبي، تتجسد الإدارة المتكاملة للمياه في التنسيق بما بين دائرة البلديات والنقل، وهيئة البيئة ، ووزارة التغير المناخي والبيئة من أجل بناء قاعدة بيانات موحدة ، وتحديث نظام تحكم مركزي في الري، ما يدعم كفاءة التشغيل ويخفض الهدر. وتؤكد دراسة المنصوري (2023) أن الإدارة المتكاملة تعتبر هي الإطار التنظيمي الأوسع الذي تحتضنه نظم الري الذكية، حيث تساعد على جمع البيانات من مواقع مختلفة وتحليلها في منصة موحدة مما يساهم في اتخاذ قرارات الري بصورة علمية مدروسة.

ثالثاً: الاستدامة البيئية في إدارة المياه: تعتبر الاستدامة البيئية من المحاور الأساسية في رؤية الإمارات 2030، وهي تشير إلى ضمان استمرارية الموارد الطبيعية للأجيال القادمة من دون المساس بمقدرتها على التجدد. وفي هذا الإطار ، نجد أن الري الذكي والمستدام يعتبر تجسيد عملي للاستدامة البيئية ، والذي يتم عبر الاعتماد على البيانات المناخية الدقيقة، والمجسات الأرضية من أجل تحديد الكم الفعلي للمياه المطلوبة، وعليه يقل الإفراط في الاستخدام ، وتتم المحافظة على جودة التربة ، وتخفيض انبعاثات الطاقة (وزارة التغير المناخي والبيئة، 2023). كما

من جانب آخر ، فإن نظم الري الذكية تتيح إمكانية إعادة استخدام المياه المعالجة ثلاثياً بشكل فاعل ، وهو ما يعزز مفهوم "الاقتصاد الدائري للمياه" الذي تبنته إمارة أبو ظبي منذ عام 2022 في إطار الخطط الرامية للحد من الفاقد

المائي بنسبة 30% بحلول عام 2030 (بلدية أبو ظبي، 2023). من جانب آخر ، فتشير دراسة الحوسبي (2020) إلى أن الجمع بين الري الذكي ، واستخدام المياه المعالجة يعتبر من أنجح نماذج الاستدامة البيئية في المنطقة.

رابعًا: التكنولوجيا والذكاء الاصطناعي في إدارة الموارد المائية: يعتبر الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء (IoT) بمثابة الإطار التكنولوجي الذي تبنى عليه أنظمة الري الذكية (جامعة الإمارات، 2024). وتؤكد الدراسات الحديثة أن الدمج ما بين الذكاء الاصطناعي في نظم الري من الممكن أن يزيد كفاءة التوزيع المائي بنسبة تتراوح بين 40% و50% مقارنة بالأنظمة التقليدية (جامعة الإمارات، 2024).

خامسًا: الإطار النظري للعلاقة بين الري الذكي والأمن المائي: من الممكن تفسير العلاقة بين المتغيرين الأساسيين في هذه الدراسة – وهي : نظم الري الذكية (المتغير المستقل) والأمن المائي (المتغير التابع) – عبر نموذج العلاقة التكاملية التي تجمع بين التقنية والإدارة. فكلما ارتفعت كفاءة النظام الذكي في التحكم بكمية المياه ، ونوعية استخدامها، زادت مقدرة الدولة على أن تحقيق الأمن المائي عن طريق خفض الطلب على المياه المحلاة والمصادر الجوفية. كما أن تطبيق هذه الأنظمة يدعم الأمن البيئي عبر الحفاظ على الغطاء النباتي وتقليل الأثر الكربوني الناتج عن ضخ المياه الزائد أو الهدر (العتيبة، 2021). بالتالي، فإن نظم الري الذكية لا تعتبر فقط وسيلة تقنية للترشيد، لكنها أداة استراتيجية لإدارة الموارد المائية بكفاءة واستدامة، تتكامل فيها التكنولوجيا مع الحوكمة البيئية والوعي المؤسسي.

سادسًا: الإطار المفاهيمي للدراسة: الإطار المفاهيمي للدراسة قائم على فرضيو أن نظم الري الذكية والمستدامة (المتغير المستقل) تؤثر بشكل إيجابي على الأمن المائي في مشاريع التجميل الطبيعي (المتغير التابع) عبر عدد من العوامل الوسيطة التي شمل: كفاءة التشغيل، التكامل المؤسسي، والتدريب الفني للعاملين. ويرى الباحث أن تحقيق الأمن المائي في أبو ظبي يتطلب توافر نظام تقني متكامل معزز بسياسات تنظيمية وتشغيلية رشيدة، مما يجعل من هذه الدراسة بمثابة جسر بين النظرية والتطبيق في مجال الإدارة الذكية للمياه.

المنهجية وطرق البحث:

تعتمد هذه الدراسة منهجية علمية منظمة الهدف منها هو تحليل العلاقة بين نظم الري الذكية والمستدامة ، وبين تعزيز الأمن المائي في مشاريع التجميل الطبيعي التي تتبع لإمارة أبوظبي ، بالاعتماد على بيانات كمية ووصفية تستند إلى الواقع التطبيقي في الميدان البلدي. وقد تم تصميم المنهجية بحيث تناسب طبيعة المشكلة البحثية ، وأهدافها ، وتسؤلاتها ، على النحو الذي يحقق الدقة والموضوعية في النتائج ، ويتيح إمكانية التعميم العلمي.

تعتمد الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي ، وهو المنهج الأنسب لدراسة الظواهر البيئية والتقنية في سياقها الواقعي ، كونه يساعد على وصف الظاهرة كما هي في الواقع ، ثم تحليل العوامل التي تؤثر فيها ، وتفسير العلاقات بين المتغيرات (وزارة التغير المناخي والبيئة ، 2023).

من جانب آخر ، فقد تم اختيار هذا المنهج لأنه يجمع بين التحليل الكمي والكيفي؛ حيث يتناول الجوانب التقنية (مثل بيانات استهلاك المياه وكفاءة الأنظمة الذكية) إلى جانب الأبعاد المؤسسية والبشرية (مثل التدريب والتكامل المؤسسي). أيضا يتيح هذا المنهج مقارنة الأداء بين المواقع التي تقوم بتطبيق نظم الري الذكية والمواقع التقليدية ، وهو ما يساهم في بناء فهم متكامل لأثر التقنية على تحقيق الأمن المائي في الإمارة.

وسيتم تحليل البيانات الكمية التي يتم جمعها من الاستبيانات باستخدام الأساليب الإحصائية المناسبة من خلال برنامج (SPSS) ، وذلك لقياس قوة العلاقة بين المتغيرات المستقلة والتابعة ، وتحديد دلالتها الإحصائية. كما سيتم توظيف التحليل الوصفي لتحليل المتوسطات ، والانحرافات المعيارية. أما البيانات النوعية الناتجة عن المقابلات الشخصية ، فسيتم تحليلها باستخدام منهج التحليل الموضوعي (Thematic Analysis) بغرض استخراج الأنماط ، والاتجاهات المتكررة التي تفسر النتائج الكمية وتعزز مصداقيتها.

أدوات الدراسة :

اعتمدت الدراسة على أداتين رئيسيتين لجمع البيانات الميدانية بما يحقق التكامل بين الجوانب الكمية والكيفية للتحليل:

أولاً: الاستبيان الموجه :

تم تصميم استبيان علمي يتم توجيهه للمهندسين، والفنيين، والمشرفين العاملين في مشاريع التجميل الطبيعي في إمارة أبو ظبي، وذلك ليتم قياس آرائهم واتجاهاتهم نحو كفاءة نظم الري الذكية، ودورها في تعزيز الأمن المائي. يحتوي

الاستبيان مكون من أربعة محاور رئيسية:

- كفاءة النظام في تقليل استهلاك المياه.
- فاعلية التشغيل والصيانة.
- مستوى التكامل المؤسسي والدعم الإداري.
- أثر التدريب الفني والوعي البيئي على الأداء العام للنظام.

وسيستخدم الباحث مقياس ليكرت الخماسي (Likert Scale) لتحديد مستوى اتفاق المبحوثين مع العبارات من "موافق بشدة" إلى "غير موافق بشدة". بعدها، يتم عرض الاستبيان على لجنة من الخبراء في بلدية أبو ظبي ودائرة البلديات والنقل للتأكد من صدق المحتوى، وإعادة صياغة العبارات لتكون واضحة ودقيقة وغير منحازة في حال تطلب الأمر ذلك.

ثانياً: أداة المقابلات الشخصية (شبه المنظمة):

ستستخدم الدراسة المقابلات الشخصية شبه المنظمة مع مجموعة من الخبراء، والمسؤولين المعنيين بإدارة وتشغيل مشاريع التجميل الطبيعي في إمارة أبو ظبي، وتشمل ممثلين من بلدية أبو ظبي، إلى جانب الاستشاريين المشرفين على المشاريع، ومديري المشاريع في شركات المقاولات.

الهدف من المقابلات هو جمع بيانات نوعية متعمقة حول:

- التحديات الفنية والإدارية في تطبيق نظم الري الذكية.
- مستوى الدعم المؤسسي.
- التكامل بين الجهات الحكومية والمقاولين والمشغلين.

سيتم اختيار المشاركين وفق أسلوب العينة القصدية (Purposive Sampling) لضمان تمثيل أصحاب الخبرة العملية المباشرة في تشغيل أنظمة الري ومتابعة الأداء الميداني، على النحو الذي يحقق التنوع المهني ما بين الجهات الحكومية والاستشارية، والتنفيذية ذات العلاقة.

حدود الدراسة:

أولاً: الحدود المكانية (الجغرافية):

تقتصر هذه الدراسة على نطاق إمارة أبو ظبي، وبشكل أكثر تحديداً على مشاريع التجميل الطبيعي والمرافق الترفيهية والغابات التي تشرف عليها دائرة البلديات والنقل – مركز الوثبة.

وقد تم اختيار هذا النطاق المكاني لعدة أسباب:

- لأن إمارة أبو ظبي تعتبر الأكثر تطبيقاً لتقنيات الري الذكي ضمن مشاريعها التجميلية مقارنة ببقية الإمارات.
- لأنها تمتلك قاعدة بيانات تشغيلية متكاملة عبر نظام ATS تسهل عمليات التحليل الكمي والمقارن.
- لأنها تضم بيئات متنوعة (مدن، ضواحي، مناطق صحراوية) تمثل نموذج مثالي لدراسة كفاءة الأنظمة الذكية في ظروف مناخية متغيرة.

وبذلك، فإن نتائج الدراسة تعبر عن واقع مشاريع التجميل الطبيعي في أبو ظبي على وجه التحديد .

ثانياً: الحدود الزمانية:

ستتم هذه الدراسة خلال العام 2025-2026.

ثالثاً: الحدود الموضوعية (المحورية):

تتمحور الدراسة حول تحليل دور نظم الري الذكية والمستدامة في تعزيز الأمن المائي، من دون التوسع في دراسة كافة الجوانب الأخرى التي ترتبط بإدارة المياه في القطاعات الصناعية أو الزراعية.

وتنحصر الحدود الموضوعية في النقاط التالية:

- دراسة آثار نظم الري الذكية في مشاريع التجميل الطبيعي فقط، وليس في مجالات الزراعة الإنتاجية أو المزارع التجارية.
- تحليل العلاقة بين العوامل التقنية (أنظمة الري) والعوامل الإدارية والمؤسسية (التكامل والتدريب) وتأثيرها في الأمن المائي.
- عدم التطرق لتفاصيل التصميم الهندسي للأنظمة الميكانيكية أو الكهربائية، والاكتفاء فقط بتحليل الأداء العام من منظور الإدارة والاستدامة.

يهدف هذا التحديد الموضوعي إلى التركيز على البعد الإداري البيئي والتنموي، باعتباره المجال الأكثر تأثيراً من حيث تحقيق أهداف الاستدامة المائية للإمارة (المنصوري، 2023).

رابعاً: الحدود البشرية (العينة):

تشمل الدراسة عينة من المهندسين ، والفنيين والمشرفين ، ومديري المشاريع العاملين في مشاريع التجميل الطبيعي التابعة لبلدية أبو ظبي، إلى جانب عدد من الخبراء والاستشاريين المشرفين على التنفيذ ، والتشغيل في شركات المقاولات

المتعاقدة.

ويبلغ حجم العينة الأساسية (30) من المشاركين موزعين على مناطق الوثبة، الشامخة، وبني ياس.

تم اختيار هذه الفئة المهنية بالتحديد لأنها الأكثر قرباً للتطبيق العملي لأنظمة الري الذكية، والأقدر على تقديم تقييم فني وإداري دقيق ومدى فعالية تلك الأنظمة في تحقيق أهداف الأمن المائي، والاستدامة البيئية في مشاريع التجميل الطبيعي (الدرعي، 2022).

خامساً: الحدود العلمية (النظرية):

من الجانب النظري، تقتصر الدراسة على نموذج العلاقة السببية بين نظم الري الذكية والأمن المائي، ولا تتناول بصورة مباشرة نماذج الاقتصاد البيئي، أو سياسات التمويل المستدام. ومع ذلك، تستند الدراسة إلى أطر نظرية داعمة من مفاهيم الإدارة المتكاملة للموارد المائية والاستدامة البيئية، بما يضمن توافق التحليل النظري مع الواقع التطبيقي في الإمارات (جامعة الإمارات، 2024).

خلاصة حدود الدراسة:

تحدد هذه الحدود إطار البحث المكاني، والزمني، والموضوعي، والمنهجي، على النحو الذي يسمح بتفسير النتائج ضمن بيئة محددة وواضحة، هي إمارة أبوظبي خلال الفترة 2022-2024 في نطاق مشاريع التجميل الطبيعي التابعة للبلديات. وعليه، فإن الدراسة تقدم نموذج تطبيقي واقعي قابل للتعميم، والتطوير في إمارات أخرى، بشرط مراعاة الخصائص المناخية والإدارية لكل منطقة.

المراجع:

1. العتيبة، م. ن. (2021). الأمن المائي والاستدامة الحضرية في إمارة أبو ظبي: دراسة تحليلية مقارنة. أبو ظبي: هيئة البيئة في أبو ظبي.
2. الدرعي، س. ع. (2022). كفاءة نظم الري الذكية في الحدائق العامة بمدينة أبو ظبي. مجلة دراسات البيئة والتنمية المستدامة، 14(2)، 55-78. جامعة الإمارات العربية المتحدة.
3. المنصوري، ف. م. (2023). التحول الرقمي في إدارة المساحات الخضراء ودوره في تحقيق الاستدامة المائية في إمارة أبو ظبي. مجلة العلوم البيئية والتقنية، 11(1)، 41-63. جامعة خليفة.
4. الحوسني، ن. س. (2020). كفاءة استخدام المياه في مشاريع الزراعة التجميلية باستخدام المياه المعالجة في دولة الإمارات العربية المتحدة. مجلة الزراعة المستدامة، 7(3)، 102-128. جامعة الإمارات.
5. جامعة الإمارات العربية المتحدة. (2024). الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء في أنظمة الري الذكية: نموذج تطبيقي للتنبؤ بالاحتياجات المائية في البيئات الحضرية. العين: مركز بحوث المياه والبيئة.
6. بلدية أبو ظبي. (2023). تقرير الأداء البيئي لمشاريع التجميل الطبيعي في إمارة أبو ظبي 2023. أبو ظبي: دائرة البلديات والنقل – بلدية مدينة أبو ظبي.
7. دائرة البلديات والنقل. (2024). نظام إدارة الأصول (ATS): دليل التشغيل والصيانة لمشاريع التجميل الطبيعي. أبو ظبي: قطاع البنية التحتية والبلديات.
8. وزارة الطاقة والبنية التحتية. (2023). استراتيجية الأمن المائي لدولة الإمارات العربية المتحدة 2036. أبو ظبي: وزارة الطاقة والبنية التحتية.
9. وزارة التغير المناخي والبيئة. (2023). تقرير الاستدامة المائية في دولة الإمارات: إدارة الموارد وتقنيات الري الذكية. دبي: إدارة الاستدامة البيئية، وزارة التغير المناخي والبيئة.
10. هيئة البيئة – أبو ظبي. (2022). تقرير مؤشرات كفاءة استخدام المياه في القطاع البلدي 2022. أبو ظبي: هيئة البيئة.