مجلة جامعة بني وليد للعلوم الإنسانية والتطبيقية
Bani Waleed University Journal of Humanities and Applied Sciences
تصدر عن جامعة بني وليد - ليبيا
Website: https://jhas-bwu.com/index.php/bwjhas/index

المجلد الحادي عشر – العدد الخامس – 2026 الصفحات (131 -144) ISSN 3005-3900

Digital Transformation as Strategic Tool for Water Conservation: An Analytical Study of the Water Sector in Libya

Elham Giuma Bileid Elbagghi [1]*, Aman Mohamed Ramali [2]
[2.1] Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tripoli.
elhamjum@yahoo.com

التحول الرقمي كأداة استراتيجية لترشيد استهلاك المياه: دراسة تحليلية لقطاع المياه في ليبيا

إلهام جمعة بلعيد البقي [1]*، أمان محمد حسين الرمالي[2]
[1،2] قسم الاقتصاد الزراعي، كلية الزراعة، جامعة طرابلس ، ليبيا.

Received: 06-06-2026	Accepted: 18-07-2026	Published: 28-07-2026

Copyright: © 2026 by the authors. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الملخص

تهدف الدراسة إلى تحليل دور التحول الرقمي كأداة استراتيجية لترشيد استهلاك المياه في ليبيا، من خلال بناء نموذج مفاهيمي يفسر العلاقة بين التحول الرقمي وترشيد استهلاك المياه مع إدراج تحسين كفاءة إدارة الموارد المائية كمتغير وسيط. ينطلق النموذج من فرضية مفادها أن التحول الرقمي لا يؤثر بصورة مباشرة فقط في ترشيد المياه، بل يمارس تأثيره الأساسي عبر تحسين كفاءة إدارة الموارد المائية، ويستند النموذج إلى تحليل سيناريوهات قبل وبعد تطبيق التحول الرقمي لتقييم حجم التحسن المتوقع في كفاءة استخدام المياه. واعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي من خلال مراجعة الأدبيات العلمية المتعلقة بالتحول الرقمي وإدارة الموارد المائية، وتحليل واقع قطاع المياه في ليبيا، بالإضافة دارسة تجارب بعض الدول في التحول الرقمي لإدارة المياه. وتشير النتائج أن استخدام التقنيات الرقمية في إدارة شبكات المياه يمكن أن يقلل بشكل كبير من الفاقد المائي، ويحسن مراقبة شبكات المياه، وتحسين كفاءة توزيع المياه، وتعزيز القدرة على اتخاذ القرارات المبنية على البيانات. وتؤكد الدراسة أهمية تطوير البنية التحتية الرقمية، وبناء القدرات البشرية، وتعزيز الإطار المؤسسي والتشريعي لدعم تطبيق التحول الرقمي في قطاع المياه. وتخلص الدراسة إلى أن التحول الرقمي يمثل مدخلاً استراتيجياً لإصلاح قطاع المياه في ليبيا، من خلال تعزيز الإدارة القائمة على البيانات وتحسين تخصيص الموارد المائية، وتوصي بضرورة تبني استراتيجية وطنية للتحول الرقمي في قطاع المياه لدعم الاستدامة المائية على المدى الطويل. كما تقترح الدراسة خريطة طريق للتحول الرقمي لقطاع المياه في ليبيا وذلك لدعم إدارة الموارد المائية المستدامة وتعزيز الحوكمة الرقمية.

الكلمات الدالة: التحول الرقمي، ترشيد استهلاك المياه، إدارة الموارد المائية، التقنيات الرقمية، ليبيا

Abstract:

This study aims to analyse the role of digital transformation as a strategic tool for rationalizing water consumption in Libya by developing a conceptual framework that explains the relationship

between digital transformation and water consumption rationalization, incorporating water resource management efficiency as a mediating variable. The model is based on the assumption that digital transformation does not exert only a direct effect on water rationalization, but primarily influences it through improving the efficiency of water resource management. The framework relies on a before-and-after scenario analysis of digital transformation implementation to assess the expected improvements in water-use efficiency. The study adopts a descriptive-analytical approach through a comprehensive review of the literature on digital transformation and water resource management, alongside an analysis of the current state of the water sector in Libya. It also examines selected international experiences in applying digital transformation in water management. The findings indicate that the use of digital technologies in managing water networks can significantly reduce water losses, enhance network monitoring, improve water distribution efficiency, and strengthen data-driven decision-making capabilities. The study further highlights the importance of developing digital infrastructure, building human capacities, and strengthening institutional and regulatory frameworks to support the effective implementation of digital transformation in the water sector. The study concludes that digital transformation represents a strategic pathway for reforming Libya's water sector by enabling data-driven management and improving water resource allocation. It recommends the adoption of a national digital transformation strategy for the water sector to support long-term water sustainability. Additionally, the study proposes a digital transformation roadmap for Libya's water sector to enhance sustainable water resource management and promote digital governance.

Keywords: Digital Transformation, Water Consumption Rationalization, Water Resource Management, Digital Technologies, Libya.

المقدمة

يشهد العالم في العقود الأخيرة تزايداً ملحوظاً في التحديات المرتبطة بندرة الموارد المائية وارتفاع الطلب عليها، نتيجة النمو السكاني والتوسع العمراني والتغيرات المناخية، الأمر الذي جعل من إدارة المياه أحد أبرز القضايا الاستراتيجية على المستوى العالمي. وفي هذا السياق، لم يعد التركيز مقتصراً على زيادة الإمدادات المائية، بل أصبح الاتجاه نحو تحسين كفاءة استخدام الموارد المتاحة وترشيد الاستهلاك يمثل أولوية أساسية لتحقيق الاستدامة المائية. وفي ظل هذه التحديات، برز التحول الرقمي كأحد أهم الأدوات الحديثة في تطوير إدارة الموارد المائية، من خلال توظيف التقنيات الرقمية مثل العدادات الذكية، وأجهزة الاستشعار، ونظم المعلومات الجغرافية، وتحليل البيانات الضخمة، بما يسهم في تحسين كفاءة تشغيل شبكات المياه، وتعزيز دقة المراقبة، ودعم اتخاذ القرار القائم على البيانات. وقد أظهرت العديد من التجارب الدولية أن تبني الحلول الرقمية يمكن أن يؤدي إلى تقليل الفاقد المائي، وتحسين توزيع المياه، ورفع كفاءة استخدامها، بما يعزز من قدرة الأنظمة المائية على مواجهة التحديات المتزايدة. وعلى الرغم من الأهمية الاستراتيجية لقطاع المياه في ليبيا، إلا أنه لا يزال يواجه مجموعة من التحديات الهيكلية، من أبرزها الاعتماد على الأساليب التقليدية في الإدارة والتشغيل، وارتفاع معدلات الفاقد المائي، وضعف نظم المعلومات والمراقبة، الأمر الذي يحد من كفاءة استخدام الموارد المائية المتاحة. وفي المقابل، لا يزال توظيف تقنيات التحول الرقمي في هذا القطاع محدوداً، رغم الإمكانات الكبيرة التي توفرها هذه التقنيات في تحسين الأداء التشغيلي وتعزيز الاستدامة المائية. وانطلاقاً من ذلك، تبرز فجوة بحثية تتمثل في محدودية الدراسات التي تناولت دور التحول الرقمي في ترشيد استهلاك المياه في السياق الليبي، خاصة من خلال نماذج تحليلية تربط بين التحول الرقمي وكفاءة إدارة الموارد المائية وترشيد الاستهلاك. ومن هنا، تسعى هذه الدراسة إلى معالجة هذه الفجوة من خلال بناء نموذج مفاهيمي يفسر العلاقة بين هذه المتغيرات، مع التركيز على الدور الوسيط لكفاءة إدارة الموارد المائية في نقل أثر التحول الرقمي إلى نتائج ملموسة في ترشيد استهلاك المياه. وبناءً على ما سبق، تهدف هذه الدراسة إلى تحليل دور التحول الرقمي كأداة استراتيجية في تحسين كفاءة إدارة الموارد المائية وترشيد

استهلاك المياه في ليبيا، وذلك من خلال توظيف المنهج الوصفي التحليلي، وتحليل واقع القطاع، والاستفادة من التجارب الدولية، وصولاً إلى تقديم نموذج مقترح وتوصيات عملية تدعم صناع القرار في تطوير سياسات مائية أكثر كفاءة واستدامة.

مشكلة الدراسة

على الرغم من الأهمية الاستراتيجية لقطاع المياه في ليبيا، إلا أن هذا القطاع لا يزال يعتمد بدرجة كبيرة على الأساليب التقليدية في الإدارة والتشغيل، الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع معدلات الفاقد المائي وضعف كفاءة استخدام الموارد المائية المتاحة. وفي المقابل، يشهد العالم توجهاً متزايداً نحو تبني التحول الرقمي في إدارة الموارد المائية وذلك من خلال استخدام التقنيات الرقمية الذكية ونظم تحليل البيانات. من هنا نشأت إشكالية هذه الدراسة في عدم توظيف تقنيات التحول الرقمي في إدارة الموارد المائية في ليبيا، رغم الإمكانيات التي توفرها هذه التقنيات في تحسين كفاءة استخدام المياه والحد من الفاقد المائي. وبناء على ذلك، تسعى هذه الدراسة إلى الإجابة عن السؤال الرئيسي التالي:

إلى أي مدى يمكن أن يسهم التحول الرقمي كأداة استراتيجية في تحسين إدارة الموارد المائية وترشيد استهلاك المياه في ليبيا؟

ويتفرع عن السؤال الرئيسي مجموعة من الأسئلة الفرعية، أهمها:

1. مالمقصود بالتحول الرقمي وما أبرز التقنيات المستخدمة في إدارة الموارد المائية؟
2. ما هو واقع إدارة الموارد المائية في ليبيا والتحديات التي تواجهها؟
3. ما دور التقنيات الرقمية في تحسين كفاءة إدارة شبكات المياه والحد من الفاقد؟
4. ما هي أبرز التجارب الدولية في توظيف التحول الرقمي في إدارة المياه؟
5. ما هي المتطلبات الأساسية لتطبيق التحول الرقمي في قطاع المياه في ليبيا؟
6. ما هو النموذج المقترح لتفعيل التحول الرقمي في إدارة الموارد المائية في ليبيا؟

أهداف الدراسة

يتمثل الهدف العام في دراسة دور التحول الرقمي كأداة استراتيجية في تحسين كفاءة إدارة الموارد المائية وترشيد استهلاك المياه في ليبيا، واقتراح نموذج مفاهيمي لتفعيل تطبيق التقنيات الرقمية في هذا القطاع. في حين تتمثل الأهداف الفرعية للدراسة في التالي:

1. توضيح مفهوم التحول الرقمي في إدارة المياه، وإبراز دور التقنيات الرقمية في ترشيد استهلاك المياه.
2. تحليل واقع إدارة الموارد المائية في ليبيا والتحديات التي تواجه هذا القطاع.
3. تقييم دور التقنيات الرقمية في تحسين كفاءة إدارة شبكات المياه والحد من الفاقد.
4. استعراض وتحليل التجارب الدولية الناجحة في توظيف التحول الرقمي في إدارة المياه للاستفادة منها.
5. تحديد المتطلبات الأساسية اللازمة لتطبيق التحول الرقمي في قطاع المياه في ليبيا، سواء كانت تقنية أو تنظيمية أو بشرية.
6. اقتراح نموذج مفاهيمي لتفعيل التحول الرقمي في إدارة الموارد المائية في ليبيا بما يساهم في تحسين كفاءة استخدام المياه وترشيد استهلاكها.

منهجية الدراسة

لتحقيق أهداف الدراسة، تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي باعتباره من أكثر المناهج ملاءمة لدراسة الظواهر الإدارية والاقتصادية المعاصرة، حيث يتيح هذا المنهج تحليل واقع إدارة الموارد المائية ويجمع بين وصف وتحليل العلاقة بين التحول الرقمي وترشيد استهلاك المياه من خلال مراجعة الأدبيات العلمية والدراسات السابقة، وتحليل الواقع الحالي لقطاع المياه في ليبيا والتحديات التي تواجهه، ودراسة العلاقات بين متغيرات التحول الرقمي وكفاءة إدارة الموارد المائية وترشيد استهلاك المياه. كما تعتمد الدراسة على المنهج التحليلي المقارن من خلال عرض وتحليل بعض التجارب الدولية في تطبيق التحول الرقمي في إدارة المياه بهدف الاستفادة من هذه التجارب في تطوير نموذج مقترح لإدارة المياه في ليبيا، وللسيناريوهات قبل وبعد

التحول الرقمي وذلك لتقييم الأثر المتوقع للتحول الرقمي في قطاع المياه على كفاءة إدارة الموارد المائية وترشيد استهلاك المياه في ليبيا.

الدراسات السابقة

تناولت العديد من الدراسات موضوع إدارة الموارد المائية من زوايا مختلفة، مع تزايد الاهتمام في السنوات الأخيرة بدور التحول الرقمي في تحسين كفاءة إدارة المياه. ففي السياق الليبي، تعد دراسات (Wheida & Verhoeven, 2007, 2009) من أبرز الدراسات التي سلطت الضوء على واقع الموارد المائية، حيث أكدت أن إدارة الموارد المائية في ليبيا تواجه تحديات بنيوية متراكمة، نتيجة الاعتماد شبه الكلي على المياه الجوفية، وتزايد الطلب، وضعف نظم الحوكمة والمراقبة التقليدية، الأمر الذي يحد من كفاءة تخصيص الموارد المائية ويقوض استدامتها على المدى الطويل. وفي ظل هذه التحديات أكدت الدراسة على ضرورة إعادة هيكلة منظومة إدارة المياه من خلال تبني سياسات متكاملة مدعومة بالتحول الرقمي، الأمر الذي يوفر أدوات متقدمة للرصد اللحظي، وتحليل البيانات، ودعم اتخاذ القرار بما يعزز من كفاءة الاستخدام ويحقق الاستدامة المائية. وفي الإطار الإقليمي، تناولت دراسة (FAO, 2016; Lamma, 2021) نظام الحجر الرملي النوبي باعتباره أحد أهم الخزانات الجوفية المشتركة، مشددة على ضرورة تبني نهج الإدارة المستدامة للمياه الجوفية، خاصة في ظل محدودية الموارد وتجددها البطيء. وتبرز هذه النتائج أهمية الانتقال من نماذج الإدارة التقليدية إلى نماذج أكثر كفاءة تعتمد على التخطيط طويل الأجل واستخدام البيانات.

وفيما يتعلق بالتحول الرقمي، ركزت العديد من الدراسات الحديثة على دور التقنيات الذكية في تطوير إدارة شبكات المياه، فقد أوضحت دراسة (Giudicianni et al. 2019) أن استخدام الأنظمة الذكية في إدارة الشبكات المائية يسهم في تحسين كفاءة التشغيل من خلال المراقبة المستمرة والكشف المبكر عن التسربات، مما يقلل من الفاقد المائي ويرفع من كفاءة التوزيع. كما بينت دراسة (Rojek & Studzinski, 2019) أن توظيف تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) في شبكات المياه يساهم بشكل فعال في تحسين دقة البيانات وتعزيز القدرة على اكتشاف الأعطال والتسربات في الوقت الحقيقي، الأمر الذي ينعكس إيجاباً على كفاءة إدارة الموارد المائية. وعلى الرغم من تنوع هذه الدراسات، إلا أنها تتفق على أن التحول نحو الإدارة الرقمية يمثل عاملاً حاسماً في تحسين كفاءة استخدام المياه، خاصة من خلال تقليل الفاقد المائي وتحسين نظم المراقبة. وبناء على ما سبق، يتضح أن التحول الرقمي يمكن أن يلعب دور مهماً في تحسين إدارة الموارد المائية، خاصة في الدول التي تعاني من ندرة المياه مثل ليبيا، الأمر الذي يبرز أهمية دارسة إمكانية تطبيق هذه التقنيات في قطاع المياه في ليبيا. ومع ذلك وفي السياق الليبي، يلاحظ وجود فجوة بحثية تتمثل في محدودية الدراسات التي تناولت بشكل متكامل دور التحول الرقمي في تحسين إدارة الموارد المائية. وانطلاقاً من ذلك، تسعى هذه الدراسة إلى سد هذه الفجوة من خلال تطوير نموذج مفاهيمي يربط بين التحول الرقمي وكفاءة إدارة الموارد المائية وترشيد استهلاك المياه، بما يسهم في تقديم إطار تحليلي يمكن أن يدعم صناع القرار في تطوير سياسات مائية أكثر كفاءة واستدامة في ليبيا.

مفهوم التحول الرقمي

خلال العقود الأخيرة، شهد العالم تطوراً متسارعاً في التقنيات الرقمية، مما أدى إلى ظهور مفهوم التحول الرقمي الذي أصبح أحد أهم الأدوات الاستراتيجية لتحسين كفاءة المؤسسات وإدارة الموارد المختلفة. ويشير التحول الرقمي إلى عملية توظيف التقنيات الرقمية في مختلف الأنشطة والعمليات المؤسسية بهدف تحسين الأداء، وتعزيز القدرة على اتخاذ القرار، ورفع كفاءة استخدام الموارد (World Bank, 2022). كما لا يقتصر التحول الرقمي على مجرد تحويل البيانات الورقية إلى بيانات إلكترونية، بل تعدى ذلك وشمل أيضاً إعادة تصميم العمليات والأنظمة الإدارية باستخدام التقنيات الرقمية مثل: الحوسبة السحابية، وإنترنت الأشياء، والذكاء الاصطناعي، وتحليل البيانات الضخمة. وتلعب هذه التقنيات الذكية دور مهم في تحسين إدارة القطاعات الحيوية مثل: الطاقة، والنقل، والموارد المائية. كما أصبح التحول الرقمي عنصراً أساسياً في تحقيق

التنمية المستدامة، حيث يساهم في تحسين إدارة الموارد الطبيعية وتقليل الفاقد وتعزيز كفاءة الخدمات العامة (ESCWA, 2021).

التحول الرقمي في إدارة الموارد المائية

تعد إدارة الموارد المائية من المجالات التي شهدت تطوراً كبيراً نتيجة إدماج التقنيات الرقمية الحديثة، حيث ظهرت أنظمة متقدمة تعرف باسم أنظمة الإدارة الذكية للمياه. وتقوم هذه الأنظمة على استخدام أجهزة الاستشعار وشبكات الاتصال الرقمية لجمع البيانات وتحليلها بشكل فوري بهدف تحسين كفاءة توزيع المياه وتقليل الفاقد في الشبكات. وتشير الدراسات الحديثة إلى أن أنظمة الإدارة الذكية للمياه تعتمد على مجموعة من التقنيات الرقمية المتكاملة، أبرزها إنترنت الأشياء، والعدادات الذكية، والذكاء الاصطناعي، والبيانات الضخمة والحوسبة السحابية، نظم المعلومات الجغرافية (GIS). وتسمح هذه الأنظمة بتحليل البيانات المتعلقة بالاستهلاك المائي وتحديد أنماط الطلب على المياه، الأمر الذي يساعد صانعي القرار على تحسين إدارة الموارد المائية من خلال التحليل العلمي وإعداد سيناريوهات مستقبلية لإدارة الطلب على المياه في ظل التغيرات الاقتصادية والمناخية (FAO, 2021)، كما تعد هذه التقنيات من أهم الأدوات الحديثة التي يمكن أن تسهم في تحقيق الاستخدام المستدام للمياه، خاصة في الدول التي تعاني من ندرة الموارد المائية مثل ليبيا. الجدول (1) يوضح أهم تقنيات التحول الرقمي المستخدمة في إدارة الموارد المائية مع الإشارة إلى أثرها على كفاءة استخدام المياه، في حين الجدول (2) يبين الفرق بين الإدارة التقليدية والإدارة الرقمية للموارد المائية.

كما أن استخدام أنظمة الري الذكية حسب التجارب الدولية سوف يعمل على زيادة الإنتاجية الزراعية ويخفض من الهدر بنسبة تتراوح من15% إلى 25% (ESCWA, 2021)، ويدعم إدارة المياه الجوفية لضمان الاستدامة طويلة المدى (IGRAC, 2023). بذلك، يمثل التحول الرقمي نهج متكامل لتقليل الهدر المائي، ورفع الكفاءة التشغيلية، وضمان استدامة الموارد، بما يعزز الأمن المائي وإدارة المياه في ليبيا بفعالية.

جدول (1): أهم التقنيات الرقمية في إدارة الموارد المائية المياه وأثرها على الكفاءة وتقليل الفاقد والهدر

التقنية	الاستخدام في قطاع المياه	الفوائد الرئيسية (الأثر على كفاءة الاستخدام وتقليل الفاقد والهدر)
إنترنت الأشياء (IoT)	تركيب أجهزة الاستشعار في شبكات المياه لمراقبة التدفق، والضغط، وجودة المياه، والكشف عن التسربات.	الكشف المبكر عن التسربات وتحسين كفاءة الشبكات، وتقليل الفاقد المائي.
العدادات الذكية للمياه	قياس استهلاك المياه المنزلي والمؤسسي، بدقة وبشكل آلي وإرسال البيانات إلى مراكز التحكم.	تحسين إدارة الطلب وترشيد الاستهلاك (تقليل الهدر).
نظم المعلومات الجغرافية (GIS)	رسم خرائط شبكات المياه وتحليل البيانات المكانية (تحليل المواقع) مثل مواقع الأبار وخطوط الأنابيب وشبكات التوزيع.	إعداد الخرائط الرقمية لشبكات المياه لتسهيل التخطيط والصيانة، وتحسين التوزيع المكاني، وتقليل الهدر.
تحليل البيانات الضخمة	التنبؤ بالطلب على المياه وتحسين التخطيط من خلال تحليل كميات كبيرة من البيانات المتعلقة بالاستهلاك المائي والظروف البيئية وأنماط الاستخدام.	تحسين التخطيط المائي وتحديد المناطق التي تعاني من ارتفاع الاستهلاك أو التسربات في الشبكات، مما يسهم في رفع كفاءة إدارة المياه.
الذكاء الاصطناعي (AI)	التنبؤ بمعدلات الطلب على المياه وتحسين إدارة توزيع المياه.	إدارة الموارد، الكشف المبكر عن الأعطال والتسربات في شبكات المياه.

المصدر: إعداد الباحثان من مصادر متعددة.

جدول 2: الفرق بين الإدارة التقليدية والإدارة الرقمية للموارد المائية

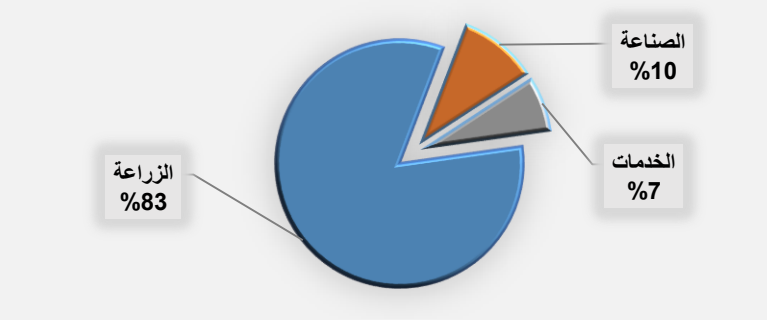
الإداة	الإدارة التقليدية	الإدارة الرقمية
جمع البيانات	يدوي	آلي وفوري
مراقبة الشبكات	محدودة	لحظية
اكتشاف التسربات	بعد حدوث المشكلة	استباقي
اتخاذ القرار	خبرة بشرية	بيانات وتحليل
كفاءة التشغيل	منخفضة	عالية

المصدر: إعداد الباحثان

واقع الموارد المائية في ليبيا

تعد ليبيا من الدول التي تعاني من ندرة الموارد المائية على مستوى العالم، وذلك بسبب طبيعتها الجغرافية والمناخية الصحراوية، حيث تشكل الأرضي الصحراوية أكثر من 80% من مساحة البلاد، كما أن معدلات هطول الأمطار منخفضة جداً مقارنة بالمتوسط العالمي (FAO, 2021 ;Lamma et al., 2015). ولا تمتلك ليبيا أنهاراً دائمة أو مصادر كبيرة للمياه السطحية، الأمر الذي جعلها تعتمد بشكل شبه كامل على المياه الجوفية لتلبية احتياجاتها من المياه. وتشير الدراسات إلى أن أكثر من 97% من استهلاك المياه في ليبيا يعتمد على المياه الجوفية المستخرجة من الأحواض الصحراوية الجنوبية العميقة (FAO, 2021). وتتمثل هذه الاحواض في حوض الكفرة، السرير، مرزق، والحمادة، ويقدر حجم الاستغلال السنوي الآمن لهذه الموارد بنحو3 مليارات متر مكعب، مع قدرة تغذية طبيعية محدودة تصل إلى حوالي 650 مليون متر مكعب سنوياً (FAO. 2021). وفي إطار مواجهة أزمة المياه، تم تنفيذ مشروع النهر الصناعي العظيم الذي يعد أحد مشاريع نقل المياه في العالم، حيث يتم نقل المياه الجوفية من الأحواض العميقة في الصحراء إلى المناطق الساحلية ذات الكثافة السكانية العالية بطاقة تصميمية تصل إلى 6.2-6.5 مليون متر مكعب يومياً، ويغطي حوالي 70% من احتياجات المدن الكبرى مثل طرابلس وبنغازي ومصراته ((MEWA, 2022)).

ويعد قطاع الزراعة أكبر مستهلك للمياه، حيث يستهلك أكثر من 80% من إجمالي الموارد المائية المتاحة، أما الجزء المتبقي موزع على الاستخدامات المنزلية والصناعية والخدمات (MDPI, 2020) كما هو موضح بالشكل رقم (1). وبالرغم من ذلك، فإن كفاءة الاستخدام الزراعي منخفضة جداً، حيث بلغ العائد الاقتصادي لكل متر مكعب نحو 0.02 دولار أمريكي مقارنة بالمتوسط العالمي 0.7 دولار/ م^3 (UNDP Libya, 2023). وتشير البيانات الحديثة إلى أن الموارد المائية المتجددة للفرد أقل من 110 م^3 سنوياً، بينما يبلغ متوسط استهلاك الفرد اليومي نحو 2,392 لتراً (UNICEF, 2022 ;Alnaass et al., 2026)



شكل (1): نسب استهلاك المياه حسب القطاعات في ليبيا

وتشير كل هذه البيانات أن ليبيا تعاني من ندرة مائية حادة نتيجة محدودية الموارد المائية المتجددة مقارنة بمستويات الاستهلاك المرتفعة، الجدول رقم (3) يبين الواقع المائي في ليبيا. هذا الواقع إلى يشير الى وجود ضغوط متزايدة على الموارد المائية وضعف في كفاءة استخدامها، لا سيما في الأنشطة الزراعية، الأمر الذي يطرح تحديات جدية أمام تحقيق الاستدامة المائية. وبصفة عامة، يبرز الجدول الحاجة إلى تحسين إدارة الطلب على المياه، وترشيد الاستهلاك، وتبني سياسات وتقنيات حديثة تضمن الاستخدام الأمثل للموارد المائية المتاحة. وفي هذا السياق، يمثل التحول الرقمي أداة واعدة لتحسين إدارة المياه في ليبيا، ويوفر فرصاً عديدة أبرزها الحاجة الملحة لتعزيز كفاءة استغلال الموارد، وإمكانية البدء بمشاريع رقمية تدريجية منخفضة التكلفة لتجريب الحلول قبل تعميمها، إلى جانب الاستفادة من التجارب الدولية الناجحة في هذا المجال (Mohammed et al., 2026; UN-Water 2020)

جدول 3: الواقع المائي في ليبيا

المؤشر	القيمة
الموارد المائية المتجددة للفرد	105 م³/ سنة
الاستهلاك اليومي للفرد	2392 لتر/ اليوم
نسبة استهلاك القطاع الزراعي	٪80
نسبة المياه الجوفية غير المتجددة	٪97
كفاءة الاستخدام الزراعي	0.02 دولار/ م³

Source: UNICEF. (2022), UNDP Libya. (2023).

التحديات التي تواجه إدارة المياه في ليبيا

يواجه قطاع المياه في ليبيا مجموعة من التحديات الهيكلية، من أهمها:

1. الاعتماد الكبير على المياه الجوفية غير المتجددة.
2. ارتفاع معدلات الفاقد المائي نتيجة التسربات في شبكات التوزيع، حيث تشير العديد من الدراسات إلى أن نسبة الفاقد في شبكات توزيع المياه قد تصل إلى مستويات مرتفعة نتيجة تقادم البنية التحتية وضعف نظم المراقبة والصيانة.
3. النمو السكاني وزيادة الطلب على المياه، مع تزايد عدد السكان والتوسع العمراني، يزداد الطلب على المياه بشكل مستمر، مما يضع ضغوطاً إضافية على الموارد المائية المحدودة.
4. ضعف نظم إدارة البيانات، تعاني مؤسسات قطاع المياه في ليبيا من نقص في أنظمة جمع البيانات وتحليلها، مما يحد من قدرة صناع القرار على التخطيط الفعال لإدارة الموارد المائية.
5. محدودية استخدام التقنيات الحديثة في إدارة الموارد المائية، لا يزال استخدام التقنيات الرقمية في إدارة المياه محدوداً مقارنة بالعديد من الدول المتقدمة، وهو ما يقلل من كفاءة إدارة الشبكات والموارد المائية.

تجارب دولية في التحول الرقمي لإدارة المياه

تمثل تجارب سنغافورة والإمارات العربية المتحدة والمملكة العربية السعودية نماذج متقدمة في توظيف استراتيجيات التحول الرقمي لتعزيز كفاءة إدارة الموارد المائية وترشيد استهلاكها، حيث تبنت هذه الدول سياسات وطنية متكاملة تجمع بين التخطيط الاستراتيجي والتقنيات الرقمية المتقدمة.

تجربة سنغافورة: تعد سنغافورة من الدول الرائدة عالمياً في إدارة الموارد المائية، حيث تبنت الحكومة نموذج الإدارة المتكاملة للموارد المائية من خلال برامج التحول الرقمي التي تقودها هيئة المرافق العامة السنغافورية (PUB)، وتم تطوير منظومة الشبكة المائية الذكية التي تعتمد على إنترنت الأشياء وتحليل البيانات الضخمة في مراقبة شبكات المياه

(Tortajada et. al. 2020;Alshebgo et al., 2026). وتعد مبادرة العدادات الذكية للمياه أحد أبرز مكونات هذه الاستراتيجية، حيث تسمح للمستهلكين بمتابعة استهلاكهم بشكل لحظي، كما توفر بيانات دقيقة للجهات المسؤولة لتحليل أنماط الاستهلاك والكشف المبكر عن التسربات . كما تم توظيف أنظمة التوأم الرقمي والتحليل التنبئي لتحسين عمليات الصيانة وإدارة البنية التحتية المائية(Zhmool et al., 2026) . وقد أسهمت هذه الإجراءات في تقليل الفاقد المائي وتحسين كفاءة إدارة الشبكات، حيث تعد سنغافورة من الدول التي تسجل أدنى معدلات الفاقد في المياه عالمياً، إضافة إلى تحقيق انخفاض ملحوظ في استهلاك المياه لدى المستخدمين نتيجة تعزيز الشفافية في بيانات الاستهلاك (PUB. Singapore, 2021, 2023).

تجربة الإمارات العربية المتحدة: تبنت الدولة استراتيجية متكاملة لتعزيز الأمن المائي من خلال استراتيجية الأمن المائي 2036 التي تهدف إلى ضمان استدامة الموارد المائية وتقليل الطلب على المياه. وتدعم هذه الاستراتيجية مجموعة من البرامج الرقمية التي تشمل نشر العدادات الذكية، وأنظمة المراقبة والتحكم عن بعد، وتحليل البيانات الضخمة في إدارة شبكات المياه (UAE, Water Security Strategy 2036). كما تعتمد المؤسسات المائية، مثل هيئة كهرباء ومياه دبي، على أنظمة إدارة الشبكات الذكية وتقنيات الكشف المبكر عن التسربات باستخدام أجهزة الاستشعار وأنظمة التحليل الرقمي. وقد أسهمت هذه المبادرات في تحقيق نتائج مهمة، من بينها خفض نسبة الفاقد في شبكات المياه إلى مستويات تعد من الأدنى عالمياً، إضافة

إلى تحسين كفاءة تشغيل الشبكات المائية وتقليل التكاليف التشغيلية (DEWA, 2023 ;Alhadad et al., 2026).

تجربة المملكة العربية السعودية: في إطار رؤية السعودية 2030، تبنت المملكة برامج تحول رقمي واسعة في قطاع المياه تهدف إلى رفع كفاءة إدارة الشبكات وتقليل الفاقد وتحسين استدامة الموارد المائية. وتشمل هذه البرامج تطوير منصات رقمية لإدارة البنية التحتية المائية وتوظيف التحليل المتقدم للبيانات في اتخاذ القرار. وقد اعتمدت المملكة مجموعة من التقنيات الرقمية مثل العدادات الذكية، وأجهزة الاستشعار المتصلة بالإنترنت، وأنظمة الذكاء الاصطناعي للكشف المبكر عن التسربات، إضافة إلى منصات البيانات الضخمة التي تراقب آلاف الكيلومترات من شبكات الأنابيب ومئات محطات المعالجة والخزانات، كما يتم استخدام التحليل التنبئي للصيانة وتحسين كفاءة التشغيل في محطات الضخ والمعالجة (Ministry of Environment, Water and Agriculture, 2022). وقد حققت هذه المبادرات نتائج إيجابية، من بينها خفض فاقد المياه في بعض مناطق التشغيل بنسبة تصل إلى 15%، وتحسين كفاءة الطاقة في مرافق المياه بنحو 12%، فضلاً عن تعزيز القدرة على مراقبة الشبكات وإدارة الطلب على المياه بشكل أكثر دقة وفعالية (World Bank, 2021). الجدول (4) يبين المقارنة بين هذه التجارب الدولية من حيث السياسات والاستراتيجيات المتبعة، والتقنيات المستخدمة، وأهم النتائج المحققة. وتشير هذه التجارب إلى أن نجاح استراتيجيات التحول الرقمي في قطاع المياه يعتمد على تكامل السياسات الحكومية مع الاستثمار في البنية التحتية الرقمية وتوظيف التقنيات الحديثة، بما يسهم في تعزيز كفاءة إدارة الموارد المائية وتحقيق الاستدامة في استخدامها.

جدول 4: مقارنة بين التجارب الدولية في التحول الرقمي لإدارة المياه

الدولة	السياسات والاستراتيجيات	التقنيات الرقمية المستخدمة	النتائج المحققة
سنغافورة	إدارة متكاملة للموارد المائية، برنامج العدادات الذكية، وتطوير الشبكة المائية الذكية.	إنترنت الأشياء، العدادات الذكية، التوأم الرقمي، تحليل البيانات الضخمة، والذكاء الاصطناعي.	انخفاض الفاقد المائي، تحسين اكتشاف التسربات، وخفض استهلاك المياه لدى الأسر.
الإمارات العربية المتحدة	استراتيجية الأمن المائي 2036، وبرامج إدارة الطلب على المياه والطاقة.	العدادات الذكية، أنظمةSCADA ، أجهزة استشعار الشبكات، وتحليل البيانات الضخمة.	خفض الفاقد في الشبكات إلى مستويات منخفضة عالمياً، وتحسين كفاءة التشغيل.
المملكة العربية السعودية	برامج التحول الرقمي في قطاع المياه ضمن رؤية السعودية 2030.	العدادات الذكية، إنترنت الأشياء، الذكاء الاصطناعي، ومنصات تحليل البيانات.	تقليل الفاقد المائي، تحسين إدارة الشبكات، ورفع كفاءة استخدام المياه.

المصدر: إعداد الباحثان.

ومن خلال هذه التجارب، نجد أن التحول الرقمي في إدارة المياه في الدول الثلاث يعكس تطوراً متسارعاً نحو تبني التكنولوجيا الذكية لدعم استدامة الموارد المائية، ولكن تختلف التركيزات:

- سنغافورة تعتمد نموذجاً شاملاً يدمج التكنولوجيا والسياسات لتحسين جميع جوانب إدارة المياه.
- الإمارات تركز على التكامل الرقمي بين القطاعات وتحسين الخدمات للمستهلكين.
- السعودية تدمج التكنولوجيا ضمن منظومة رؤية وطنية واسعة لتحقيق كفاءة مؤسسية.

هذه التجارب تمثل مرجعا قوياً لليبيا في تصميم وتطبيق سياسات التحول الرقمي لبناء نظام مائي أكثر كفاءة واستدامة.

متطلبات تطبيق التحول الرقمي في قطاع المياه في ليبيا

إن تطبيق التحول الرقمي في قطاع المياه في ليبيا يتطلب توفير مجموعة من المتطلبات الأساسية التي تشمل الجوانب المؤسسية والتقنية والبشرية والتشريعية. ففي الجانب المؤسسي، من الضروري تبني استراتيجية وطنية واضحة للتحول الرقمي تتضمن أهدافاً محددة وخططاً تنفيذية لتطوير إدارة الموارد المائية وتحسين كفاءة الخدمات. أما من الناحية التقنية، فيستلزم الأمر تطوير البنية التحتية الرقمية، بما في ذلك شبكات الاتصالات وأنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) وأنظمة المراقبة والتحكم عن بعد، إضافة إلى استخدام

أجهزة الاستشعار والعدادات الذكية لتحسين مراقبة الشبكات وتقليل الفاقد من المياه. كما يتطلب التحول الرقمي تأهيل الموارد البشرية من خلال تدريب الكوادر الفنية والإدارية على استخدام التقنيات الرقمية الحديثة وتعزيز ثقافة الابتكار داخل المؤسسات. ومن ناحية أخرى، يجب توفير إطار تشريعي وتنظيمي يدعم استخدام التقنيات الرقمية ويضمن حماية البيانات وتعزيز الأمن السيبراني. وأخيراً، يمثل توفير التمويل الكافي وتعزيز الشراكات مع القطاع الخاص والمنظمات الدولية عاملاً مهماً لدعم تنفيذ مشاريع التحول الرقمي وضمان استدامتها، بما يسهم في تحسين إدارة قطاع المياه وتحقيق كفاءة أكبر في استخدام الموارد المائية في ليبيا. وفي هذا السياق، يقترح الباحثان خريطة طريق للتحول الرقمي لإدارة الموارد المائية في ليبيا، حيث تمثل خريطة الطريق إطار استراتيجي لتبني التقنيات الرقمية في إدارة الموارد المائية بهدف تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل الفاقد المائي وتعزيز الاستدامة. الجدول (5) يبين خريطة الطريق المقترحة للتحول الرقمي في قطاع المياه في ليبيا.

جدول 5: خريطة الطريق المقترحة للتحول الرقمي في قطاع المياه في ليبيا.

المرحلة	الهدف الرئيسي	الإجراءات الرئيسية	التقنيات المستخدمة
المرحلة الأولى تقييم الوضع الحالي	تقييم الوضع الحالي لقطاع المياه، ووضع استراتيجية للتحول الرقمي.	تحليل البنية التحتية الحالية، تقييم أنظمة المعلومات، تحديد الفجوات التقنية، وإعداد استراتيجية وخطة تنفيذ.	نظم إدارة البيانات، أدوات تحليل البيانات، وأنظمة المعلومات الجغرافية (GIS).
المرحلة الثانية تطوير البنية التحتية الرقمية	إنشاء بيئة تقنية داعمة للتحول الرقمي (إنشاء الأساس التكنولوجي اللازم لتطبيق التحول الرقمي في قطاع المياه).	إنشاء منصة وطنية للبيانات المائية، تطوير شبكات الاتصالات، إنشاء قواعد بيانات مركزية (رقمنة البيانات الخاصة بالمياه)، وإنشاء نظام مركزي لمراقبة شبكات المياه.	الحوسبة السحابية، قواعد البيانات الرقمية، شبكات الاتصالات، وإنترنت الأشياء (IoT).
المرحلة الثالثة رقمنة العمليات والبيانات	تحويل العمليات التقليدية إلى عمليات رقمية.	إنشاء قواعد بيانات للموارد المائية، رقمنة الخرائط والشبكات، وتطوير أنظمة إدارة المعلومات.	نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، نظم إدارة الموارد المائية، وقواعد البيانات الرقمية.
المرحلة الرابعة تطبيق الأنظمة الذكية لإدارة المياه	استخدام التقنيات الرقمية لتحسين إدارة شبكات المياه.	تركيب العدادات الذكية، استخدام أجهزة الاستشعار لمراقبة التدفق والضغط، وتطبيق أنظمة المراقبة والتحكم للكشف المبكر عن التسربات.	نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، إنترنت الأشياء (IoT)، والعدادات الذكية.
المرحلة الخامسة التحليل ودعم اتخاذ القرار	استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات وتحسين اتخاذ القرار.	تحليل البيانات الضخمة، التنبؤ بالطلب على المياه، تحليل أنماط استهلاك المياه، تحسين تخطيط توزيع المياه، ودعم اتخاذ القرار في إدارة الموارد المائية.	الذكاء الاصطناعي، تحليل البيانات الضخمة، ونظم دعم القرار.
المرحلة السادسة الاستدامة والتطوير المستمر	ضمان استمرارية التحول الرقمي وتطويره في قطاع المياه.	تدريب الكوادر البشرية، تطوير الإطار التشريعي للتحول الرقمي، تعزيز الأمن السيبراني، إنشاء مراكز بحثية متخصصة في التقنيات المائية، وتعزيز التعاون مع المنظمات الدولية مثل United Nations.	منصات التدريب الرقمي، وأنظمة الأمن السيبراني.

المصدر: إعداد الباحثان.

وتمثل هذه الخريطة إطاراً تدريجياً لتطبيق التحول الرقمي في إدارة الموارد المائية، حيث تبدأ بتقييم الوضع الحالي ووضع الاستراتيجية، ثم تطوير البنية التحتية الرقمية، وصولاً إلى تطبيق الأنظمة الذكية وتحليل البيانات لدعم اتخاذ القرار وتحقيق الاستدامة في إدارة الموارد المائية.

النموذج المفاهيمي للدراسة (Conceptual Framework)

يقوم النموذج المفاهيمي على فكرة أن التحول الرقمي يؤثر على كفاءة إدارة المياه مما يؤدي إلى ترشيد الاستهلاك وتحقيق الاستدامة المائي، أي تحليل العلاقة بين التحول الرقمي بوصفه متغيراً مستقلاً، وتحسين كفاءة إدارة الموارد المائية بوصفه متغير وسيط، وترشيد استهلاك المياه بوصفه متغيراً تابعاً. وينطلق النموذج المفاهيمي للدراسة من افتراض مفاده أن تبني التقنيات الحديثة للتحول الرقمي مثل إنترنت الأشياء (IOT)، العدادات الذكية، وتحليل البيانات يسهم في تحسين عمليات مراقبة شبكات المياه وتعزيز جودة

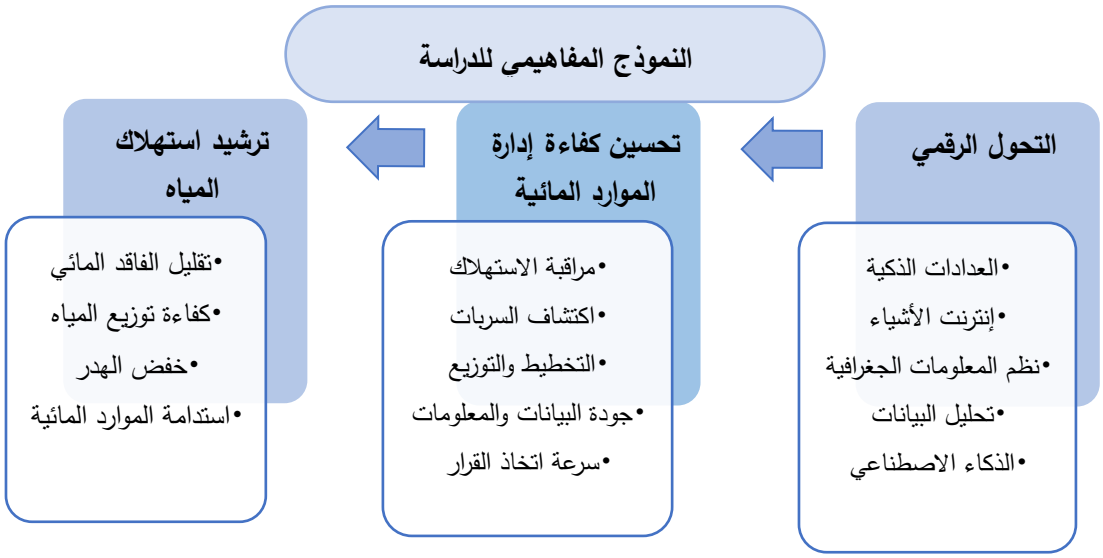
البيانات المتعلقة بالاستهلاك، الأمر الذي يؤدي إلى رفع كفاءة إدارة الموارد المائية، ومن تم يسهم هذا التحسن بدوره في تقليل الفاقد المائي وتحسين كفاءة توزيع المياه، مما ينعكس إيجاباً على ترشيد استهلاك المياه وتحقيق الاستدامة المائية.

وعليه، يفترض النموذج المفاهيمي للدراسة أن تأثير التحول الرقمي على ترشيد استهلاك المياه يتم بشكل غير مباشر من خلال تحسين كفاءة إدارة الموارد المائية كمتغير وسيط، حيث يؤدي تعزيز استخدام التقنيات الرقمية في قطاع المياه، مثل إنترنت الأشياء (IOT)، العدادات الذكية، نظم المعلومات الجغرافية، الذكاء الاصطناعي (AI)، وتحليل البيانات، إلى تحسين عمليات المراقبة، التخطيط، توزيع المياه، وتقليل الفاقد المائي. ويؤدي هذا التحسن في كفاءة إدارة الموارد المائية بدوره إلى ترشيد استهلاك المياه وتحقيق مستويات أعلى من الاستدامة المائية. وبناءً على ذلك، يركز النموذج المفاهيمي على أثر أبعاد التحول الرقمي على تحسين كفاءة إدارة الموارد المائية، ومن ثم تقييم تأثير هذا التحسن الوسيط على تحقيق ترشيد استهلاك المياه. الجدول (6) يبين متغيرات النموذج المفاهيمي ومؤشرات قياس المتغيرات في الدراسة، في حين الشكل (2) يوضح النموذج المفاهيمي للدراسة.

جدول 6: متغيرات النموذج وأبعاد كل متغير.

المتغير	النوع	البعد/ المؤشر
التحول الرقمي	متغير مستقل (X)	العدادات الذكية، إنترنت الأشياء (IOT)، نظم المعلومات الجغرافي (GIS)، تحليل البيانات، الذكاء الاصطناعي (AI).
تحسين كفاءة إدارة الموارد المائية	متغير وسيط (M)	مراقبة الاستهلاك، اكتشاف التسربات، التخطيط والتوزيع، جودة البيانات والمعلومات، سرعة اتخاذ القرار.
ترشيد استهلاك المياه	متغير تابع (Y)	تقليل الفاقد المائي، كفاءة توزيع المياه، خفض الهدر، استدامة الموارد المائية.

المصدر: إعداد الباحثان.



شكل (2): الإطار العام للنموذج المفاهيمي للدراسة

كما يعتمد التحليل على مقارنة الوضع الحالي قبل التحول الرقمي مع الوضع المتوقع بعد تطبيق التحول الرقمي، مع التركيز على أثر التحول الرقمي على تحسين المتغير الوسيط وبالتالي على المتغير التابع. كما يمكن استخدام التحليل الإحصائي عند توفر البيانات لقياس قوة العلاقة بين المتغيرات واختبار الفرضيات. الجدول (7) يبين تحليل السيناريوهات قبل وبعد التحول الرقمي، في حين الجدول (8) يبين المقارنة بين السيناريوهين.

جدول 7: تحليل السيناريوهات

السيناريو	التحليل	النتائج المتوقعة
السيناريو الأول: قبل التحول الرقمي	الوضع الحالي في قطاع المياه يتميز بالاعتماد على المراقبة اليدوية لشبكات المياه، ضعف ومحدودية جمع البيانات الرقمية حول الاستهلاك، تأخر اكتشاف التسربات في الشبكات، ارتفاع الفاقد المائي، وصعوبة التخطيط الدقيق لتوزيع المياه.	انخفاض كفاءة إدارة الموارد المائية، ارتفاع الفاقد المائي، تدني جودة البيانات المتاحة لصناع القرار، وبالتالي صعوبة تحقيق الاستدامة.
السيناريو الثاني: بعد التحول الرقمي	تطبيق التحول الرقمي يشمل تركيب العدادات الذكية لمراقبة الاستهلاك بدقة، استخدام أجهزة الاستشعار لرصد الشبكات والكشف المبكر، نظم المعلومات الجغرافية لتخطيط وتوزيع المياه بفعالية، وتحليل البيانات لدعم اتخاذ القرار وتحسين الأداء التشغيلي.	تحسين كبير في كفاءة إدارة الموارد المائية (المتغير الوسيط)، ومن تم تقليل الفاقد المائي بنسبة ملحوظة، رفع كفاءة التوزيع المياه، أيضاً خفض الهدر بنسبة كبيرة، وبالتالي دعم وتعزيز الاستدامة المائية.

المصدر: إعداد الباحثان.

جدول 8: المقارنة بين السناريوهين

المؤشر	قبل التحول الرقمي	بعد التحول الرقمي
مراقبة الاستهلاك	يدوية وغير دقيقة	رقمية ولحظية
اكتشاف التسربات	بطيء	سريع وفوري
جودة البيانات	منخفضة	عالية ودقيقة
كفاءة التوزيع	محدودة	مرتفعة
الفاقد المائي	مرتفع	منخفض
الهدر	مرتفع	منخفض

المصدر: إعداد الباحثان.

ويتضح من التحليل أن التحول الرقمي يمثل أداة استراتيجية فعالة لترشيد المياه من خلال تحسين كفاءة إدارة الموارد المائية كمتغير وسيط، مما يسهم في تقليل الفاقد والهدر، رفع كفاءة التوزيع، ودعم الاستدامة المائية. كما يتيح هذا التحليل إمكانية تقدير الأثر المتوقع للتحول الرقمي بشكل كمي وموضوعي، مما يدعم اتخاذ القرارات والسياسات المتعلقة بإدارة المياه في ليبيا.

النتائج والمناقشة

من خلال النموذج المفاهيمي المقترح، والذي يفترض أن العلاقة بين التحول الرقمي وترشيد استهلاك المياه هي علاقة غير مباشرة تمر عبر تحسين كفاءة إدارة الموارد المائية، تظهر النتائج وجود تأثير إيجابي واضح للتحول الرقمي في تحسين كفاءة إدارة الموارد المائية. ويعزى ذلك إلى أن اعتماد التقنيات الرقمية يسهم في تعزيز عمليات المراقبة والمتابعة وتحسين جودة البيانات المتعلقة باستهلاك المياه. كما تتيح الأنظمة الرقمية، مثل العدادات الذكية وأجهزة الاستشعار، توفير بيانات لحظية ودقيقة حول أداء شبكات المياه، الأمر الذي يسهم في تسريع اكتشاف التسربات وتحسين عمليات التخطيط والتوزيع. وتشير هذه النتائج إلى أن التحول الرقمي لا يقتصر على تحديث البنية التقنية، بل يمتد ليشمل تعزيز كفاءة اتخاذ القرار التشغيلي.كما تظهر النتائج أن تحسين كفاءة إدارة الموارد المائية له تأثير إيجابي في تحقيق ترشيد استهلاك المياه، حيث تسهم زيادة كفاءة المراقبة وتقليل زمن اكتشاف التسربات في خفض الفاقد المائي، في حين تسهم جودة البيانات في تحسين توزيع المياه وتقليل الاختلالات التشغيلية. ويشير ذلك إلى أن نجاح مبادرات التحول الرقمي في قطاع المياه يعتمد بدرجة كبيرة على قدرتها على تحسين العمليات الإدارية والتشغيلية، وليس فقط على إدخال التكنولوجيا.

وفي ضوء نتائج النموذج المفاهيمي، يتضح أن ترشيد استهلاك المياه يمثل ظاهرة متعددة الأبعاد، حيث يمكن التمييز بين بعدين رئيسيين: يتمثل الأول في تقليل الفاقد المائي المرتبط بالكفاءة الفنية للبنية التحتية لشبكات المياه، بينما يتمثل الثاني في خفض الهدر المائي المرتبط بأنماط الاستهلاك والسلوك المجتمعي. وتشير النتائج إلى أن التحول الرقمي يسهم بدرجة أكبر في معالجة البعد الأول من خلال تحسين مراقبة الشبكات والكشف المبكر عن التسربات، مما ينعكس مباشرة في تقليل الفاقد المائي. في المقابل، يظهر تأثيره على خفض الهدر

المائي بصورة غير مباشرة، من خلال توفير بيانات دقيقة تدعم تصميم سياسات إدارة الطلب على المياه وتعزيز الوعي الاستهلاكي.
وتتفق هذه النتائج مع الاتجاهات الحديثة في أدبيات إدارة الموارد المائية، التي تؤكد أن التحول الرقمي يمثل أداة تمكينية وليس هدفاً بحد ذاته، إذ تتحقق آثاره الفعلية من خلال تحسين كفاءة الإدارة والحوكمة المائية. كما تتوافق مع التجارب الدولية في مجال التحول الرقمي لإدارة المياه، والتي تشير إلى أن استخدام البيانات الرقمية وأنظمة المراقبة الذكية يسهم في تقليل الفاقد المائي وتحسين كفاءة توزيع الموارد. وفي السياق الليبي، تكتسب هذه النتائج أهمية خاصة في ظل التحديات المرتبطة بارتفاع معدلات الفاقد المائي وضعف نظم المراقبة التقليدية، مما يجعل التحول الرقمي مدخلاً استراتيجياً لتعزيز كفاءة إدارة المياه وتحقيق الاستدامة.
وبصورة عامة، تشير النتائج إلى أن تحقيق ترشيد مستدام لاستهلاك المياه يتطلب تبني نهج تكاملي يربط بين التحول الرقمي وتحسين الكفاءة التشغيلية، حيث تمثل كفاءة إدارة الموارد المائية الحلقة الوسيطة التي تنقل أثر الابتكار الرقمي إلى نتائج ملموسة في ترشيد الاستهلاك. وعليه، ينبغي أن تركز السياسات المائية المستقبلية على التحول الرقمي باعتباره رافعة لتحسين الكفاءة التشغيلية وتعزيز استدامة الموارد المائية، وليس مجرد حل تقني منفصل.

التوصيات

في ظل التحديات التي يواجهها قطاع المياه في ليبيا، واستناداً إلى نتائج الدراسة، يمكن اقتراح مجموعة من التوصيات الموجهة لصناع القرار في قطاع المياه الليبي، وذلك على النحو التالي:

1. **تبني استراتيجية وطنية للتحول الرقمي في قطاع المياه:** ينبغي وضع استراتيجية وطنية متكاملة للتحول الرقمي في إدارة الموارد المائية، تتضمن أهدافاً واضحة لرقمنة عمليات المراقبة والتشغيل وربط المؤسسات المائية ضمن منصة بيانات موحدة.
2. **الاستثمار في أنظمة المراقبة الذكية:** من خلال استخدام العدادات الذكية، أنظمة الاستشعار عن بعد، ونظم الكشف المبكر عن التسربات، بما يسهم في تقليل الفاقد المائي وتحسين كفاءة الشبكات.
3. **إنشاء قاعدة بيانات مائية وطنية:** يمثل نقص البيانات الدقيقة أحد أبرز معوقات إدارة المياه في ليبيا، لذلك توصي الدراسة بإنشاء نظام معلومات مائي وطني يعتمد على البيانات اللحظية لدعم التخطيط واتخاذ القرار.
4. **بناء القدرات المؤسسية والبشرية:** يتطلب نجاح التحول الرقمي تطوير المهارات الرقمية للعاملين في قطاع المياه من خلال برامج تدريب متخصصة في تحليل البيانات وإدارة الأنظمة الذكية.
5. **تعزيز الشراكات المؤسسية والتكنولوجية:** تشجيع التعاون بين المؤسسات الحكومية، الجامعات ومراكز البحث العلمي، وشركات التكنولوجيا، لدعم الابتكار في إدارة الموارد المائية.
6. **التحول من إدارة الإمداد إلى إدارة الكفاءة:** بإعادة توجيه السياسات المائية من التركيز على زيادة الإمدادات إلى تحسين كفاءة استخدام الموارد المائية المتاحة، باعتبارها الخيار الأكثر استدامة اقتصادياً وبيئياً.
7. **إطلاق حملات توعوية وسن تشريعات داعمة**: تشجع مختلف المستخدمين على تبني تقنيات الترشيد والعدادات الذكية.
8. **آفاق الدراسات المستقبلية:** تقترح الدراسة إجراء أبحاث مستقبلية تتناول قياس الأثر الاقتصادي للتحول الرقمي في قطاع المياه، تحليل سلوك المستهلك المائي باستخدام البيانات الضخمة، ودراسة تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالطلب المائي في ليبيا.

الخاتمة

هدفت الدراسة إلى تحليل دور التحول الرقمي كأداة استراتيجية لترشيد استهلاك المياه في ليبيا، من خلال بناء نموذج مفاهيمي يربط بين التحول الرقمي وتحسين كفاءة الموارد المائية باعتباره متغيراً وسيطاً مؤثراً في

تحقيق ترشيد الاستهلاك. وقد أظهرت نتائج الدراسة أن التحول الرقمي لا يؤثر بصورة مباشرة فقط في ترشيد المياه، بل يمارس تأثيره الأساسي عبر تحسين كفاءة إدارة الموارد المائية، بما يشمل رفع كفاءة التوزيع، وتعزيز المراقبة التشغيلية، وتقليل الفاقد المائي. كما تشير النتائج إلى أن توظيف التقنيات الرقمية يسهم في معالجة أحد أبرز التحديات الهيكلية التي يواجهها قطاع المياه في ليبيا، والمتمثلة في ضعف نظم المعلومات وغياب المراقبة اللحظية للشبكات المائية. كما أوضحت الدراسة أن تحقيق الترشيد المستدام لا يعتمد فقط على تقليل الطلب الاستهلاكي، وإنما يتطلب تحسين الكفاءة التشغيلية للنظام المائي ككل. وعلاوة على ذلك، أبرزت النتائج التمييز بين بعدين رئيسيين لترشيد المياه، هما تقليل الفاقد المائي المرتبط بالكفاءة الفنية للبنية التحتية، وخفض الهدر المرتبط بالسلوك الاستهلاكي، حيث يلعب التحول الرقمي دوراً محورياً في معالجة البعد الأول وتمهيد الطريق للتأثير في البعد الثاني من خلال دعم السياسات القائمة على البيانات. وعليه، تؤكد الدراسة أن التحول الرقمي يمثل مدخلاً استراتيجياً لإصلاح قطاع المياه في ليبيا، وليس مجرد تحديث تقني، لما يوفره من أدوات داعمة لاتخاذ القرار وتحسين تخصيص الموارد المائية.

المراجع

1. Dubai Electricity and Water Authority (DEWA). (2023). Smart water network management report.
2. Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA). (2021). Digital transformation and water resource management in the Arab region. United Nations.
3. Food and Agriculture Organization (FAO). (2016). The Nubian Sandstone Aquifer System. FAO.
4. Food and Agriculture Organization (FAO). (2021). Water resources management and agricultural water use in Libya. FAO.
5. Giudicianni, C., Di Nardo, A., Di Natale, M., & Santonastaso, G. (2019). Dynamic water network management using smart systems. Procedia Engineering.
6. International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC). (2023). Groundwater resources and sustainability in North Africa.
7. Ministry of Energy and Infrastructure, UAE. (2017). UAE Water Security Strategy 2036.
8. Alnaass, N. S., Lamma, O. A., & Alhadad, A. A. (2026). Climate Change and Groundwater Contamination: A Comprehensive Review of Impacts, Challenges and Adaptation Strategies. Libyan Open University Journal of Applied Sciences (LOUJAS), 576-590.
9. Asanousi Lamma, O., Swamy, A. V. V. S., & Alhadad, A. A. (2018). Assessment of Heavy Metal Pollution in Ground Water and its Correlation with other Physical Parameters at Selected Industrial Areas of Guntur, AP, India. AP, India.
10. Alshebgo, M. A., Alshaybani, M. O., Zayed, A. M., & Lamma, O. A. (2026). Human Health Risk Assessment of Heavy Metal Contaminated Groundwater: Implications for Drinking Water Treatment and Policy Design. Libyan Open University Journal of Applied Sciences (LOUJAS), 551-566.
11. Alhadad, A. A., Lamma, O. A., & Alnaass, N. S. (2026). Assessing the Human Health Risks of Heavy Metal Contamination in Groundwaters: A Comparative, Multi-Regional Study. Libyan Open University Journal of Medical Sciences and Sustainability, 92-107.
12. LAMMA, O. A. (2023). Beneath the Surface: Unveiling the Silent Threat of Groundwater Contamination. Bani Waleed University Journal of Humanities and Applied Sciences, 8(5), 380-393.
13. Mohammed, K. A., Beltet, A. A., Abofares, H. J., & Lamma, O. A. (2026). Assessing Groundwater Quality and Pollution Risk Using an Integrated Water Quality Index (WQI) and Spatial Mapping Approach. Libyan Open University Journal of Medical Sciences and Sustainability, 80-91.
14. Lamma, D. O. A. (2020). Study on groundwater analysis for drinking purpose in Mangalagiri Mandal regions, Andhra Pradesh, India. International Journal of Appl ied Research, 6(1), 148-153.
15. Lamma, O., Abubaker, M., & Lamma, S. (2015). Impact of reverse osmosis on purification of water. Journal of Pharmaceutical Biology, 5(2), 108-112.
16. Lamma, O. A. (2021). Waste disposal and landfill: Potential hazards and their impact on groundwater. International Journal of Geography, Geology and Environment, 3(2), 133-141.

17. Lamma, O. A., Alnaass, N. S., & Alhadad, A. A. (2026). Assessing Long-Term Groundwater Quality Trends Using Historical Water Quality Monitoring Data. Libyan Journal of Health, Science, and Development (LJHSD), 141-154.
18. Ministry of Environment, Water and Agriculture, Saudi Arabia. (2022). Digital transformation in the water sector.
19. PUB Singapore. (2021). Smart water grid development report.
20. PUB Singapore. (2023). Smart water grid and digital water management.
21. Rojek, I., & Studzinski, J. (2019). Detection and localization of water leaks in water distribution networks using IoT. Sustainability, 11(18), 1–15.
22. Tortajada, C., et al. (2020). Digital transformation in water management. Water Resources Management.
23. United Nations Development Programme (UNDP). (2023a). Wastewater treatment and reuse in Libya.
24. United Nations Development Programme (UNDP). (2023b). Water efficiency and sustainable resource management in Libya.
25. United Nations Children's Fund (UNICEF). (2022). Water, sanitation and hygiene situation in Libya.
26. UN-Water. (2020). Digital technologies for water management. United Nations.
27. Wheida, E., & Verhoeven, R. (2007). An alternative solution of the water shortage problem in Libya. Water Resources Management, 21(6), 961–982.
28. Wheida, E., & Verhoeven, R. (2009). The water resources management problem in Libya. Afrika Focus, 22(2), 101–104.
29. World Bank. (2021). Smart water management and digital technologies in water utilities.
30. World Bank. (2022). Digital transformation for water security. World Bank Group
31. Zhmool, H. S., Adel, A. S., Abdaslam, N. M., Abboub, A. D., Sallam, R. M., & Alhadad, A. A. (2026). Chemical Characteristics of Hospital Wastewater and Their Association with Antibiotic Resistance Patterns in Sabratha, Libya. Libyan Open University Journal of Applied Sciences (LOUJAS), 346-354.
32. Zhmool, H. S., Banana, A. A., Abboub, A. D., Mohamed, G. S., Sallam, R. M., & Alhadad, A. A. (2026). Microbiological and Physicochemical Assessment of Antibiotic-Resistant Bacteria in Hospital Wastewater: A Case Study from Sabratha Teaching Hospital, Libya. Libyan Open University Journal of Medical Sciences and Sustainability, 38-48.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **JLABW** and/or the editor(s). **JLABW** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.