

اثر التحول نحو المشاريع الذكية على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي: دراسة ميدانية
على شركة المياه الوطنية بالمملكة العربية السعودية

إعداد الطالب/

حسن جابر عسيري

الرقم الجامعي/

251000564

إشراف/

د. الفیصل عبد الحمید

د. فايز جراد

العام الدراسي

2025

هَذَا مِنْ فِصْلَةٍ

إهداء

إلى من غرس فيَّ القيم، وسقاني من معين الحكمة،

إلى من كان دعاؤهم سرّ توفيقِي، وسندًا لي في كل مراحل حياتي،

إلى والديَّ الكريمين، أهدي ثمرة جهدي وعملي، عرفانًا وتقديرًا.

وإلى من ساندني وشجّعني في مسيرتي العلمية،

إلى إخوتي وأصدقائي وزملائي،

لكم جميعًا أهدي هذا العمل المتواضع، امتنانًا لكل دعمٍ صادق.

شكر وتقدير

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، وبِعونه وتوفيقه أنجزت هذا العمل المتواضع.

أتقدم بخالص الشكر وعظيم الامتنان لمشرفي الكريم الأستاذ الدكتور د. الفيصل عبد الحميد، د. فايز جراد، الذي كان لدعمها العلمي، وتوجيهاتهم السديدة، وملاحظاتهم القيمة، الأثر الأكبر في إنجاز هذه الرسالة. لقد كان مثلاً يُحتذى به في العلم والأخلاق والتفاني.

كما أتوجه بالشكر الجزيل لأعضاء لجنة المناقشة الكرام على وقتهم وجهدهم وملاحظاتهم البناءة التي أثرت هذا العمل.

ولا يفوتني أن أعبر عن تقديري العميق لكل من ساندني ووقف إلى جانبي خلال فترة إعداد

الرسالة، من أسرتي وأصدقائي وزملائي، وخاصة والديّ العزيزين، الذين كان لدعائهما

ودعمهما المعنوي والمادي بالغ الأثر في وصولي إلى هذه المرحلة.

لكم جميعاً، كل الشكر والتقدير والامتنان.

فهرس المحتويات

إهداء	3
شكر وتقدير	4
قائمة الجداول	7
فهرس الأشكال	9
المستخلص	11
الفصل الأول	12
المقدمة	13
مشكلة الدراسة	16
أهمية الدراسة	16
أهداف الدراسة	18
تساؤلات الدراسة	19
فرضيات الدراسة	19
النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث	20
الفصل الثاني	24
الدراسات السابقة	24
المقدمة	25
المتغير التابع والمستقل	27
الدراسات السابقة	28
الإطار النظري للدراسة	34
الفصل الثالث	38
منهجية الدراسة	38
المقدمة	39
المنهجية وطرق البحث	41
أدوات الدراسة	41
مجتمع البحث	42

42	خطوات جمع البيانات.....
47	حدود البحث.....
48	الفصل الرابع.....
48	نتائج الدراسة.....
49	المقدمة.....
51	تحليل البيانات.....
80	المناقشة.....
82	الخاتمة.....
84	التوصيات.....
85	المراجع.....
90	الملاحق.....
91	Abstract.....

قائمة الجداول

52	جدول 1: الوصف الاحصائي للبيانات
53	جدول 2 : الوصف الاحصائي للعمر
54	جدول 3 : الوصف الاحصائي للجنس
55	جدول 4 : الوصف الاحصائي للدرجة العلمية
	جدول 5 : الوصف الاحصائي لتعتمد الشركة في مشاريعها على أنظمة رقمية لإدارة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي
56	
57	جدول 6 : الوصف الاحصائي للتحويل نحو المشاريع الذكية ساهم في تسريع إنجاز مراحل تنفيذ المشاريع
58	جدول 7 : الوصف الاحصائي لاستخدام التقنيات الذكية يقلل من الأخطاء البشرية أثناء التنفيذ
59	جدول 8 : الوصف الاحصائي للأنظمة الذكية ساعدت في تحسين جودة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي
60	جدول 9 : الوصف الاحصائي لتطبيق تقنيات المراقبة والتحكم الذكي أسهم في رفع كفاءة إدارة المشاريع
61	جدول 10 : الوصف الاحصائي لتوفر الشركة التدريب الكافي للموظفين على استخدام التقنيات الذكية في المشاريع
62	جدول 11 : الوصف الاحصائي للتحويل الرقمي أدى إلى تحسين التواصل والتنسيق بين فرق العمل في المشاريع
	جدول 12 : الوصف الاحصائي لاستخدام النظم الذكية ساهم في خفض تكاليف تنفيذ مشاريع المياه والصرف الصحي
63	
64	جدول 13 : الوصف الاحصائي للأنظمة الذكية تساهم في المتابعة اللحظية لأداء فرق التنفيذ والمعدات
65	جدول 14 : الوصف الاحصائي للتحويل إلى المشاريع الذكية ساعد في رفع مستوى السلامة المهنية في مواقع العمل
66	جدول 15 : الوصف الاحصائي لتوفر قواعد بيانات رقمية محدثة أسهم في اتخاذ قرارات أكثر دقة أثناء التنفيذ
67	جدول 16 : الوصف الاحصائي لتبني الحلول الذكية عزز من شفافية إجراءات متابعة المشاريع
68	جدول 17 : الوصف الاحصائي للتحويل نحو المشاريع الذكية يعزز الاستدامة في إدارة مشاريع المياه والصرف الصحي
69	جدول 18 : الوصف الاحصائي لتطبيق التقنيات الذكية ساهم في الحد من الهدر في الموارد أثناء التنفيذ
70	جدول 19 : الوصف الاحصائي لتواجه الشركة تحديات تقنية في تطبيق أنظمة المشاريع الذكية بشكل كامل
71	جدول 20 : الوصف الاحصائي لنقص الكفاءات المتخصصة يمثل عقبة أمام التوسع في تنفيذ المشاريع الذكية
	جدول 21 : الوصف الاحصائي لهنالك دعم مؤسسي واضح داخل الشركة لتبني التحويل نحو المشاريع الذكية في المستقبل
72	
73	جدول 22 : ملخص معالجة القضية
73	جدول 23: إحصائيات الموثوقية
	جدول 24 : اختبار كاي سكوير لدور الأنظمة الرقمية في تسريع مراحل التنفيذ لشبكات المياه والصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية
75	

جدول 25 : اختبار كاي سكوير لدور الأنظمة الرقمية في تقليل الأخطاء البشرية لشبكات المياه والصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية.....	76
جدول 26 دور الأنظمة الرقمية في تحسين التواصل لشبكات المياه والصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية.....	77
جدول 27 : تحليل التباين الأحادي.....	78
جدول 28 : ملخص نموذج عامل بايز.....	78
جدول 29 : تقديرات بايزية لتباين الخطأ.....	79

فهرس الأشكال

- رسم توضيحي 1: النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث 20
- رسم توضيحي 2: الاطار النظري للدراسة 34
- رسم توضيحي 3: التمثيل البياني للعمر 53
- رسم توضيحي 4: التمثيل البياني للجنس 54
- رسم توضيحي 5: التمثيل البياني للدرجة العلمية 55
- رسم توضيحي 6: التمثيل البياني لتعتمد الشركة في مشاريعها على أنظمة رقمية لإدارة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي 56
- رسم توضيحي 7: التمثيل البياني للتحويل نحو المشاريع الذكية ساهم في تسريع إنجاز مراحل تنفيذ المشاريع 57
- رسم توضيحي 8: التمثيل البياني لاستخدام التقنيات الذكية يقلل من الأخطاء البشرية أثناء التنفيذ 58
- رسم توضيحي 9: التمثيل البياني للأنظمة الذكية ساعدت في تحسين جودة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي 59
- رسم توضيحي 10: التمثيل البياني لتطبيق تقنيات المراقبة والتحكم الذكي أسهم في رفع كفاءة إدارة المشاريع 60
- رسم توضيحي 11: التمثيل البياني لتوفر الشركة التدريب الكافي للموظفين على استخدام التقنيات الذكية في المشاريع 61
- رسم توضيحي 12: التمثيل البياني للتحويل الرقمي أدى إلى تحسين التواصل والتنسيق بين فرق العمل في المشاريع 62
- رسم توضيحي 13: التمثيل البياني لاستخدام النظم الذكية ساهم في خفض تكاليف تنفيذ مشاريع المياه والصرف الصحي 63
- رسم توضيحي 14: التمثيل البياني للأنظمة الذكية تساهم في المتابعة اللحظية لأداء فرق التنفيذ والمعدات 64
- رسم توضيحي 15: التمثيل البياني للتحويل إلى المشاريع الذكية ساعد في رفع مستوى السلامة المهنية في مواقع العمل 65
- رسم توضيحي 16: التمثيل البياني لتوفير قواعد بيانات رقمية محدثة أسهم في اتخاذ قرارات أكثر دقة أثناء التنفيذ 66
- رسم توضيحي 17: التمثيل البياني لتبني الحلول الذكية عزز من شفافية إجراءات متابعة المشاريع 67
- رسم توضيحي 18: التمثيل البياني للتحويل نحو المشاريع الذكية يعزز الاستدامة في إدارة مشاريع المياه والصرف الصحي 68
- رسم توضيحي 19: التمثيل البياني لتطبيق التقنيات الذكية ساهم في الحد من الهدر في الموارد أثناء التنفيذ 69
- رسم توضيحي 20: التمثيل البياني لتواجه الشركة تحديات تقنية في تطبيق أنظمة المشاريع الذكية بشكل كامل 70
- رسم توضيحي 21: التمثيل البياني لنقص الكفاءات المتخصصة يمثل عقبة أمام التوسع في تنفيذ المشاريع الذكية .. 71
- رسم توضيحي 22: هناك دعم مؤسسي واضح داخل الشركة لتبني التحويل نحو المشاريع الذكية في المستقبل 72
- رسم توضيحي 23: متغيرات الدراسة التابعة والمستقلة 74
- رسم توضيحي 24: المقاييس المتماثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور الأنظمة الرقمية في تسريع مراحل التنفيذ لشبكات المياه والصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية 75

- رسم توضيحي 25 : المقاييس المتماثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور الأنظمة الرقمية في تقليل الأخطاء البشرية لشبكات المياه والصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية76
- رسم توضيحي 26 : المقاييس المتماثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور الأنظمة الرقمية في تحسين التواصل لشبكات المياه والصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية77

المستخلص

تستكشف هذه الدراسة أثر التحول نحو المشاريع الذكية على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي، مع التركيز على شركة المياه الوطنية في المملكة العربية السعودية. في إطار رؤية السعودية 2030، شهد قطاع المياه تحولاً رقمياً كبيراً يهدف إلى تعزيز الكفاءة التشغيلية وجودة المشاريع واستدامتها من خلال اعتماد التقنيات الذكية وأنظمة الإدارة المتكاملة. تهدف الدراسة إلى تقييم كيفية تأثير التحول الرقمي وأدوات إدارة المشاريع الذكية على تنفيذ المشاريع من خلال تسريع مراحل التنفيذ، وتقليل الأخطاء البشرية، وتحسين التواصل، وتحسين استخدام الموارد. استُخدمت منهجية وصفية تحليلية تجمع بين المنهجين الكمي والنوعي لضمان فهم شامل للعلاقة بين ممارسات المشاريع الذكية ونتائج أدائها. جُمعت البيانات من عينة تمثيلية من موظفي شركة المياه الوطنية - مهندسين، ومديري مشاريع، ومتخصصي تكنولوجيا المعلومات - باستخدام استبيانات ومقابلات مُهيكلّة. أُجري التحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS، مُستخدماً الإحصاء الوصفي، وتحليل الارتباط، ونماذج الانحدار لاختبار فرضيات البحث. تناولت الدراسة كلاً من المتغيرات المستقلة (مكونات المشاريع الذكية مثل الأنظمة الرقمية، والمراقبة الآلية، وأدوات الاتصال) والمتغيرات التابعة (مؤشرات الكفاءة مثل اختصار الوقت، وتقليل الأخطاء، وتحسين الجودة). أظهرت النتائج وجود علاقة إيجابية قوية بين درجة تبني المشاريع الذكية وتحسين الكفاءة داخل شركة المياه الوطنية. وتحديداً، ساهم دمج المنصات الرقمية الذكية وأدوات الإدارة الآلية في تسريع إنجاز المشاريع، وتعزيز التنسيق بين الإدارات، وانخفاض كبير في الأخطاء البشرية. وتشير النتائج إلى أن الفرق التي تستخدم التقنيات الذكية حققت إنتاجية أعلى، وتكاليف تشغيل أقل، وحسّنت دقة المشاريع مقارنةً بتلك التي اعتمدت على أساليب الإدارة التقليدية.

الكلمات المفتاحية: المشاريع الذكية، التحول الرقمي، كفاءة المشاريع، شبكات المياه، رؤية السعودية 2030،

شركة المياه الوطنية، الاستدامة.

الفصل الأول

يمثل التحول نحو المشاريع الذكية أحد أبرز التطورات الاستراتيجية التي تشهدها البنية التحتية في العالم، حيث باتت التقنيات الرقمية الذكية مكوناً أساسياً في تخطيط وتنفيذ المشاريع الحيوية، وعلى رأسها شبكات المياه والصرف الصحي. في ظل التزايد السكاني المتسارع والتوسع الحضري المتواصل، أصبحت الحاجة إلى شبكات مياه وصرف صحي أكثر كفاءة واستدامة أمراً ملحاً، لا سيما في الدول التي تسعى لتحقيق إدارة فعالة للموارد، وتقليل الهدر، وتحسين جودة الخدمات. وهنا تبرز أهمية المشاريع الذكية، التي توظف تقنيات مثل إنترنت الأشياء (IoT)، أنظمة المراقبة والتحكم عن بُعد (SCADA)، تحليل البيانات الضخمة، والحوسبة السحابية في إدارة عمليات تنفيذ وتشغيل تلك الشبكات. (العموش، 2021)

لقد شكّل النمط التقليدي في تنفيذ مشروعات المياه والصرف عبئاً كبيراً من حيث استهلاك الموارد الزمنية والمادية، كما أفرز مشكلات متعددة تتعلق بجودة التنفيذ، ضعف المتابعة، وارتفاع نسب التسرب أو الأعطال الفنية التي تنعكس سلباً على صحة البيئة والمجتمع. من هنا، كان التحول الذكي ضرورة وليست مجرد رفاهية تقنية. فالمشاريع الذكية في هذا القطاع لا تقتصر على تحديث الأدوات والآليات، بل تتضمن تغييراً جذرياً في طريقة التخطيط والتنفيذ والمراقبة والتقييم، ما يتيح القدرة على اتخاذ قرارات فورية بناءً على بيانات حية، ومتابعة مستوى الإنجاز، ومعالجة الأعطال قبل تفاقمها، مما يرفع من كفاءة الأداء العام للمشروع، ويقلل الفاقد في المياه والطاقة، ويزيد من العمر التشغيلي للشبكات. (تاتي، 2022)

يتيح التحول الذكي تبني أنظمة محاكاة رقمية متقدمة تُمكن من تصميم شبكات أكثر دقة ومرونة، والتنبؤ بالمخاطر مثل الفيضانات أو انسداد المجاري، والتعامل مع تلك التحديات بشكل استباقي. كما يُسهّم هذا التحول في تحسين التنسيق بين الأطراف المعنية بالمشروع، من مقاولين ومهندسين ومشغلين، عبر منصات رقمية موحدة تسهل تبادل البيانات والمستندات ومتابعة مراحل الإنجاز في الزمن الحقيقي. (بوبكر، 2021)

إن فهم أثر التحول نحو المشاريع الذكية على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي يُعد من الأولويات البحثية والتنموية في الوقت الراهن، نظراً لارتباطه المباشر بجودة الحياة، واستدامة الموارد، وتحقيق أهداف التنمية المستدامة (SDGs)، وخاصة تلك المتعلقة بالمياه النظيفة، المدن المستدامة، والبنية التحتية الموثوقة. (المدهون، 2020)

تُعد المشاريع الذكية من أبرز المظاهر التي تعكس التحول الجذري في منهجيات إدارة وتنفيذ المشاريع المعاصرة، وهي ثمرة للتقدم التكنولوجي المتسارع الذي يشهده العالم في مختلف القطاعات. تنطلق فكرة المشاريع الذكية من دمج

التقنيات الرقمية المتقدمة في دورة حياة المشروع منذ التخطيط والتصميم وحتى التنفيذ والتشغيل والتقييم، بما يشمل تقنيات إنترنت الأشياء (IoT)، والذكاء الاصطناعي، وتحليل البيانات الضخمة، والحوسبة السحابية، والواقع المعزز، وغيرها من الأدوات التي تتيح قدرًا غير مسبوق من الشفافية، والكفاءة، وسرعة اتخاذ القرار. ويتجلى تأثير هذه المشاريع بشكل واضح في قدرتها على التعامل مع التعقيد والتغير المستمر في بيئات العمل، من خلال نماذج مرنة وتفاعلية تستجيب للمتغيرات بشكل فوري ودقيق. (العبابنة، 2022)

تقوم المشاريع الذكية على مبدأ "التكامل الرقمي"، حيث تتفاعل كافة مكونات المشروع (أفراد، معدات، عمليات، بيانات) عبر شبكة مترابطة تتيح المراقبة والتحكم اللحظي، مما يعزز من مستوى الإنتاجية، ويقلل الهدر في الموارد، ويحد من الأخطاء البشرية. فعلى سبيل المثال، تُمكن المجسّات الذكية من مراقبة ظروف العمل في المواقع الإنشائية، وترسل تنبيهات فورية عند حدوث أي خلل أو انحراف عن الخطة. كما تتيح لوحات المعلومات التفاعلية للإدارات متابعة مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) لحظة بلحظة، مما يسهل من عملية اتخاذ القرار ويزيد من دقة التنبؤ بالمخاطر والتحديات المحتملة. (الشوابكة، 2024)

تؤدي المشاريع الذكية دوراً محورياً في دعم الاستدامة البيئية والاجتماعية، من خلال تقليل الانبعاثات الناتجة عن العمليات التقليدية، وتحسين كفاءة استخدام الطاقة والمياه، والحد من المخلفات الناتجة عن مراحل التنفيذ. كما أنها تُسهم في تحسين تجربة المستخدم النهائي سواء أكان مواطناً أو موظفاً أو مستفيداً من خدمات المشروع، من خلال تقديم حلول مرنة وقابلة للتكيف مع احتياجات الأفراد والمجتمعات. وتمثل هذه المشاريع إحدى الركائز الأساسية لتحقيق رؤى التحول الوطني في العديد من الدول، التي تسعى إلى بناء مدن ذكية، واقتصادات رقمية، وبنى تحتية قائمة على الابتكار. (Ahmad, 2020)

إن المشاريع الذكية لم تعد مجرد توجه تقني مستحدث، بل أصبحت ضرورة استراتيجية تُفرضها التحديات المعاصرة في مجال إدارة المشاريع، مثل تعقيد المتطلبات، وضغط الزمن، وندرة الموارد، وارتفاع التوقعات من أصحاب المصلحة. وبالتالي، فإن تعميق الفهم حول خصائص وأبعاد المشاريع الذكية، وآليات تطبيقها، وأثرها في تعزيز فعالية الأداء المؤسسي والتنفيذي، يمثل اتجاهاً بحثياً مهماً لمواكبة المتغيرات والتحديات الكبرى التي تشهدها بيئات الأعمال في العالم الرقمي المعاصر. (Attili, 2020)

تُعد شبكات المياه والصرف الصحي من أهم عناصر البنية التحتية في أي مجتمع حضري أو ريفي، كونها تمثل العصب الحيوي الذي يضمن توفير مياه الشرب النظيفة للمواطنين، ويؤمن التخلص الصحي والأمن من المياه العادمة.

وقد ارتبط تطور هذه الشبكات تاريخياً بتقدم المجتمعات الإنسانية، حيث كان الوصول إلى مياه نظيفة، والصرف السليم للمياه المستعملة، من أهم مؤشرات الصحة العامة والرفاه وجودة الحياة. وتشكل شبكات المياه والصرف الصحي منظومات معقدة من الأنابيب، والمحطات، والمضخات، والصمامات، والمجسات، التي تتفاعل جميعها وفق أنظمة هندسية دقيقة لضمان توازن الإمداد والتصرف، وتلبية احتياجات السكان والمرافق العامة والصناعات المختلفة. (Al Naamani, 2020)

إن تصميم وتنفيذ هذه الشبكات يتطلب تخطيطاً استراتيجياً طويل الأمد، يأخذ بعين الاعتبار التوسع السكاني، والتحولات العمرانية، والتغيرات المناخية، فضلاً عن الجوانب الاقتصادية والتشغيلية. وفي العقود الأخيرة، برزت الحاجة إلى تطوير هذه الشبكات استجابةً للضغوط المتزايدة الناتجة عن النمو الحضري المتسارع، وارتفاع الطلب على المياه، وزيادة نسب التلوث، وتدهور بعض البنى التحتية القديمة. ويضاف إلى ذلك التحديات المرتبطة بندرة المياه في العديد من الدول، مما جعل من كفاءة إدارة شبكات المياه والصرف الصحي ضرورة حتمية للحفاظ على الموارد وتقليل الفاقد وتحسين جودة الخدمة. (Al Mahdouri, 2022)

تلعب التكنولوجيا دوراً جوهرياً في هذا السياق، حيث ساعدت الابتكارات الحديثة في تحسين القدرة على مراقبة شبكات المياه والصرف الصحي، من خلال استخدام الحساسات الذكية، والعدادات الرقمية، ونظم التحكم عن بعد، وبرامج إدارة الشبكات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتُمكن هذه الأدوات من تتبع التسربات فور حدوثها، وتحليل تدفقات المياه، والتنبؤ بالأعطال، وتخطيط الصيانة بشكل استباقي، مما يساهم في تقليل الفاقد، وخفض التكاليف التشغيلية، وتعزيز كفاءة الأداء العام. (Al-Najjar, 2022)

إن التكامل بين هذه الشبكات والسياسات البيئية الحديثة، مثل إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة، وتطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري في إدارة الموارد، يُعد خطوة متقدمة نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة. كما أن تحسين كفاءة شبكات المياه والصرف الصحي لا ينعكس فقط على الجانب البيئي والصحي، بل يمتد تأثيره ليشمل التنمية الاقتصادية والاجتماعية، من خلال خلق بيئة نظيفة وآمنة، وجذب الاستثمارات، وتحسين نوعية الحياة للمجتمع. (Al-Tawahia, 2023)

تبرز أهمية تناول شبكات المياه والصرف الصحي بالدراسة والتحليل، من منظور هندسي، وبيئي، واقتصادي، وإداري، بما يعزز من قدرتها على مواجهة التحديات المستقبلية، وتحقيق أعلى مستويات الأداء والاستدامة، خاصة في

ظل التحولات الرقمية الجارية التي توفر فرصاً واعدة لإعادة بناء هذه الشبكات على أسس ذكية ومتكاملة. (Al-

(Matarneh, 2023)

مشكلة الدراسة

تواجه شبكات المياه والصرف الصحي في العديد من الدول، خصوصاً في المناطق ذات النمو السكاني المرتفع والتحضر السريع، تحديات متزايدة تتعلق بالكفاءة والموثوقية والاستدامة. وتتمثل أبرز هذه التحديات في التوسع العمراني غير المخطط، وقدم البنية التحتية، والفاقد الكبير في المياه نتيجة التسربات، وضعف قدرات المراقبة والتشغيل، إلى جانب محدودية الموارد المالية والبشرية المؤهلة. وقد أدى ذلك إلى تدني مستويات الخدمة، وارتفاع تكاليف التشغيل والصيانة، وتكرار الأعطال، ناهيك عن الآثار البيئية والصحية السلبية الناتجة عن ضعف أداء الشبكات، خاصة في مجالات معالجة مياه الصرف أو السيطرة على التلوث. (Al-Qazzaz, 2022)

في ظل هذه المعطيات، بدأ التحول نحو "المشاريع الذكية" يفرض نفسه كأحد المسارات الحديثة التي يُعوّل عليها في تحسين أداء شبكات المياه والصرف الصحي، من خلال دمج التكنولوجيا الرقمية، والحلول الذكية، وأدوات التحليل التنبؤي، والرقمنة الشاملة في مختلف مراحل دورة حياة المشروع (من التصميم إلى التنفيذ والتشغيل والصيانة). ويشمل هذا التحول اعتماد أدوات مثل: أنظمة إدارة الشبكات الذكية، وأجهزة الاستشعار عن بُعد، والتحليلات المتقدمة للبيانات، والذكاء الاصطناعي، والواقع المعزز في مواقع العمل، وتطبيقات الهاتف المحمول للتواصل مع المستخدمين. ومع ذلك، فإن تطبيق هذه المفاهيم لا يزال في مراحله الأولى في العديد من السياقات، خاصة في المشاريع الحكومية ذات الطابع الخدمي، ومنها شبكات المياه والصرف الصحي، مما يطرح تساؤلات جوهرية حول مدى فاعلية هذا التحول في تحقيق الكفاءة التشغيلية المرجوة، وتحسين جودة التنفيذ، وخفض الكلفة والأعطال. (Al-Shammari, 2023)

من هنا تنبع مشكلة الدراسة الحالية، التي تسعى إلى استكشاف الأثر الحقيقي للتحول نحو المشاريع الذكية على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي، من خلال تحليل العلاقة بين توظيف التكنولوجيا الحديثة ومؤشرات الأداء التشغيلي والتنفيذي لهذه الشبكات. وتكمن أهمية هذه المشكلة في وجود فجوة معرفية وعملية تتمثل في قلة الأدلة التطبيقية الواضحة التي تُبين إلى أي مدى ساهم هذا التحول فعلياً في معالجة المشكلات التشغيلية والهيكلية التي تواجه مشاريع المياه والصرف الصحي في البيئات الحضرية المعاصرة. كما تسعى الدراسة إلى الكشف عن العوامل الممكنة

والمعيقة لهذا التحول، وتحديد فرص التحسين في إطار إداري وهندسي متكامل، يدعم صناع القرار في تطوير سياسات فعالة لتحديث البنية التحتية المائية والصحية وفقاً لأحدث المفاهيم التقنية. (Al-Hayari, 2024)

أهمية الدراسة

تبرز أهمية هذه الدراسة من الناحيتين العلمية والعملية، إذ تمثل استجابة موضوعية وواقعية للتحديات التي تواجه البنية التحتية لشبكات المياه والصرف الصحي في ظل الضغوط المتزايدة على الموارد والخدمات العامة. فمن الجانب العلمي، تسهم الدراسة في إثراء الأدبيات المتعلقة بمفاهيم "المشاريع الذكية" وتطبيقاتها في قطاع المياه والصرف الصحي، وهو قطاع لم يحظَ بالقدر الكافي من الاهتمام البحثي مقارنة بقطاعات أخرى كالطاقة أو النقل. كما تقدم الدراسة إطاراً نظرياً وتحليلياً يساعد على فهم العلاقة بين التحول الرقمي والتقني وبين كفاءة الأداء في تنفيذ المشاريع الحيوية، مما يدعم التوجهات البحثية المستقبلية نحو دمج التكنولوجيا في مجالات البنية التحتية الخدمية.

أما من الناحية التطبيقية، فإن أهمية الدراسة تنبع من قدرتها على تقديم رؤى عملية ومؤشرات قابلة للقياس حول مدى فاعلية التحول الرقمي في تحسين تنفيذ مشاريع المياه والصرف الصحي. حيث يُمكن للجهات المعنية بالمشاريع الخدمية، مثل الوزارات المختصة، والبلديات، وهيئات المياه والصرف الصحي، أن تستفيد من نتائج الدراسة في تبني استراتيجيات قائمة على الأدلة لتعزيز الأداء التشغيلي والإنشائي. كذلك، توفر الدراسة إطاراً يمكن من خلاله تقييم التقنيات الذكية الأكثر جدوى في بيئات التنفيذ الواقعية، سواء من حيث تقليل الكلف أو تقليص مدة الإنجاز أو رفع كفاءة الموارد البشرية واللوجستية.

وتتعمق أهمية هذه الدراسة أكثر في ظل التحديات البيئية والمناخية التي تؤثر مباشرة على استدامة المياه وإدارة الصرف الصحي، حيث يعزز التحول نحو مشاريع ذكية من قدرة المؤسسات على الرصد الاستباقي، والاستجابة السريعة للأعطال، وتحسين الكفاءة في استخدام الموارد. وبالتالي فإن الدراسة لا تسعى فقط إلى تحسين الأداء الفني للمشاريع، بل تسهم أيضاً في دعم أهداف التنمية المستدامة، خاصة الهدف السادس المتعلق بالمياه النظيفة والصرف الصحي. وعليه، فإن نتائج هذه الدراسة تمثل أداة توجيهية مهمة لصناع القرار والمخططين الحضريين والمستثمرين في قطاع البنية التحتية، الراغبين في تحسين الخدمات العامة من خلال الابتكار الرقمي والتكامل الهندسي.

تعتمد أهمية هذه الدراسة على إسهاماتها النظرية والتطبيقية فيما يلي:

الأهمية النظرية

- ✓ تسهم في توسيع الإطار المفاهيمي المتعلق بالمشاريع الذكية وتطبيقاتها في قطاع البنية التحتية.
- ✓ توضح العلاقة النظرية بين التكنولوجيا الذكية وكفاءة التنفيذ في شبكات المياه والصرف الصحي.
- ✓ تقدم دعماً للمجتمع الأكاديمي عبر سد فجوة معرفية في ربط مفاهيم التحول الرقمي بتنفيذ مشاريع الخدمات العامة.
- ✓ تمهد لتطوير نماذج تحليلية ونظرية يمكن استخدامها في بحوث مستقبلية ذات صلة.

الأهمية العملية

- ✓ تقدم بيانات عملية ومؤشرات أداء حول فاعلية استخدام التقنيات الذكية في مشاريع المياه والصرف الصحي.
- ✓ تساعد متخذي القرار في تبني حلول رقمية وتقنية لتحسين الكفاءة والفعالية في تنفيذ المشاريع.
- ✓ تساهم في تقليل التكاليف، والوقت، والهدر في الموارد عبر تطبيقات ذكية قابلة للتنفيذ.
- ✓ توفر توصيات عملية لتطوير سياسات تشغيلية وهندسية أكثر مرونة وفعالية في قطاع المياه والبنية التحتية.

أهداف الدراسة

تهدف الدراسة إلى معرفة مدى أثر التحول نحو المشاريع الذكية بأبعادها المختلفة (البنية التحتية الذكية، استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، التحول الرقمي في العمليات، الاستدامة البيئية الذكية) على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي: دراسة ميدانية في شركة المياه الوطنية، ويتفرع منه مجموعة من الأهداف الفرعية:

- ✓ التعرف على البنية التحتية الذكية ومدى انعكاسها على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي.
- ✓ التعرف على استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي ومدى انعكاسها على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي.
- ✓ التعرف على التحول الرقمي في العمليات ومدى انعكاسها على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي.
- ✓ التعرف على الاستدامة البيئية الذكية ومدى انعكاسها على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي.

تساؤلات الدراسة

السؤال الرئيسي الأول: ما أثر التحول نحو المشاريع الذكية بأبعادها المختلفة (البنية التحتية الذكية، استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، التحول الرقمي في العمليات، الاستدامة البيئية الذكية) على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي: دراسة ميدانية في شركة المياه الوطنية، وتتفرع منه عدة أسئلة فرعية كالتالي:

- ✓ ما أثر التعرف على البنية التحتية الذكية ومدى انعكاسها على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي؟
- ✓ ما أثر التعرف على استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي ومدى انعكاسها على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي؟
- ✓ ما أثر التعرف على التحول الرقمي في العمليات ومدى انعكاسها على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي؟
- ✓ ما أثر التعرف على الاستدامة البيئية الذكية ومدى انعكاسها على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي؟

فرضيات الدراسة

لتحقيق أهداف الدراسة والإجابة على تساؤلاتها يمكن للباحث اعتماداً على الإطار النظري المتعلق بالدراسة، واستناداً إلى نتائج الدراسات السابقة تم صياغة الفرضيات التالية:

الفرضية الرئيسة الأول: لا يوجد أثر ذو دلالة لأثر التحول نحو المشاريع الذكية بأبعادها المختلفة (البنية التحتية الذكية، استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، التحول الرقمي في العمليات، الاستدامة البيئية الذكية) على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي: دراسة ميدانية في شركة المياه الوطنية

وينبثق من هذه الفرضية الفرضيات الفرعية الأربعة التالية:

- ✓ لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للبنية التحتية الذكية ومدى انعكاسها على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي.
- ✓ لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي ومدى انعكاسها على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي.

✓ لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للتحويل الرقمي في العمليات ومدى انعكاسها على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي.

✓ لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للاستدامة البيئية الذكية ومدى انعكاسها على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي.

النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث

تعتمد النظرية العلمية التي يقوم عليها هذا البحث بشكل أساسي على نظرية النظم، مدعومة بمبادئ نظرية التحويل الرقمي ونظرية إدارة المشاريع. تشرح هذه الأسس النظرية مجتمعةً كيف تُعزز التقنيات الذكية والتكامل الرقمي كفاءة المشاريع وتنسيقها واستدامتها ضمن أنظمة البنية التحتية المعقدة، مثل شبكات المياه والصرف الصحي التي تديرها شركة المياه الوطنية في المملكة العربية السعودية.



رسم توضيحي 1: النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث

1. نظرية النظم:

تُشكّل نظرية النظم الأساس العلمي لهذه الدراسة، حيث تُصوّر الشركة الوطنية للمياه كمجموعة من الكيانات المترابطة والمترابطة التي تعمل لتحقيق أهداف مشتركة. يجب أن يعمل كل نظام فرعي - مثل تخطيط المشاريع والهندسة والعمليات والصيانة - بتناغم لتعزيز الكفاءة التنظيمية. ووفقًا لهذه النظرية، يعتمد نجاح أي نظام على التنسيق والتواصل وتدفق

البيانات بين مكوناته. عند دمج التقنيات الذكية مثل إنترنت الأشياء وأجهزة الاستشعار الرقمية، يصبح النظام أكثر تكاملاً وقدرة على المراقبة الآنية والتحليل التنبئي والأداء الأمثل، مما يؤدي إلى تحسينات كبيرة في كفاءة تنفيذ المشاريع.

2. نظرية التحول الرقمي:

تُوفر نظرية التحول الرقمي الأساس لفهم كيفية إعادة تشكيل العمليات التشغيلية والاستراتيجية داخل الشركات من خلال دمج التقنيات الحديثة. وتنظر إلى التحول الرقمي كعملية تطويرية تُعزز الأداء والكفاءة والابتكار. في سياق هذه الدراسة، تشرح النظرية كيف غير تحوّل الشركة الوطنية للمياه إلى المشاريع الذكية - من خلال تقنيات مثل نمذجة معلومات المباني (BIM) ونظام التحكم الإشرافي وتحصيل البيانات (SCADA) والذكاء الاصطناعي - إدارة المشاريع وتنفيذها. يدعم هذا المفهوم فرضية أن التقنيات الرقمية تُنتج قيمة من خلال تحسين دقة اتخاذ القرارات، وتقليل التأخيرات، وخفض التكاليف. ولذلك، فهو يُمثل إطاراً لتقييم العلاقة بين التكامل التكنولوجي وفعالية المؤسسة.

3. نظرية إدارة المشاريع:

تعتمد الدراسة أيضاً على نظرية إدارة المشاريع، وخاصةً نموذج القيود الثلاثية، الذي يُسلط الضوء على الوقت والمال والجودة كأبعاد أساسية لنجاح المشروع. تتوافق هذه الفكرة بشكل وثيق مع تركيز الدراسة على تقييم الكفاءة في تنفيذ المشاريع الذكية. فمن خلال استخدام أنظمة الإدارة الذكية، والأتمتة، وتقنيات التتبع الفوري، يُمكن لمديري المشاريع إدارة الموارد بشكل أفضل وضمان الإنجاز في الوقت المحدد مع تقليل الأخطاء. علاوة على ذلك، تتوسع نظرية إدارة المشاريع الحديثة إلى ما هو أبعد من الحدود المعتادة من خلال تضمين الابتكار، والقدرة على التكيف، ورضا أصحاب المصلحة - وهي عناصر تُعززها جميعها تقنيات المشاريع الذكية في عمليات شركة المياه الوطنية.

4. نظرية انتشار الابتكار:

تُستخدم نظرية انتشار الابتكار، التي وضعها إيفريت روجرز، لشرح كيفية انتشار التقنيات والابتكارات الجديدة داخل المؤسسة. تعتقد هذه النظرية أن معدل التبني يعتمد على معايير مثل الميزة النسبية، والتوافق، والتعقيد. داخل شركة المياه الوطنية، تُساعد هذه الفكرة على توضيح اختلاف معدلات تبني التكنولوجيا الذكية بين الإدارات. تؤثر آراء الموظفين حول سهولة الاستخدام، والفائدة، ووضوح الفوائد بشكل كبير على استعدادهم لتبني الابتكارات

التكنولوجية. وبالتالي، تُساعد هذه النظرية على فهم الجوانب البشرية والتنظيمية التي تُسرّع أو تُعيق التنفيذ الناجح للمشاريع الذكية في قطاع المياه.

5. نظرية التغيير التنظيمي:

تُثري نظرية التغيير التنظيمي البحث من خلال دراسة كيفية تحول المؤسسات من مناهج إدارة المشاريع التقليدية إلى مناهج إدارة المشاريع الذكية. تُركز هذه النظرية على عمليات التكيف، والمقاومة، والتحول الثقافي التي تحدث عند إدخال الابتكارات القائمة على التكنولوجيا. يُعد مسار شركة المياه الوطنية نحو التحول الرقمي تحولًا هيكليًا يتطلب التزامًا قياديًا، وتدريبًا للموظفين، وتطويرًا مستمرًا. تنص هذه النظرية على أن التغيير يكون ناجحًا عندما يدعمه التواصل الفعال، والتحفيز، ومشاركة أصحاب المصلحة. من خلال تطبيق هذه النظرية، تُوضح الدراسة كيف تؤثر الإدارة والديناميكيات البشرية على فعالية واستدامة مبادرات المشاريع الذكية.

6. نظرية النظم الاجتماعية-التقنية:

تدعم نظرية النظم الاجتماعية-التقنية فرضية أن كفاءة المؤسسة تعتمد على التفاعل بين النظم الفرعية الاجتماعية والتقنية. في شركة المياه الوطنية، لا يمكن للتكنولوجيا وحدها تحسين الأداء إلا إذا كانت متوافقة مع الكفاءات البشرية والهيكل المؤسسية. تؤكد هذه الفكرة على مواءمة التقدم التقني مع التكيف البشري لضمان تحسينات مستدامة. يستخدم البحث هذا المنظور لتقييم كيفية تأثير مشاركة الموظفين وتدريبهم ومشاركتهم على أداء أنظمة المشاريع الذكية. وبالتالي، يُثبت أن تحقيق الكفاءة يتطلب بنية تحتية رقمية حديثة وقوة عاملة مُمكنة قادرة على العمل في بيئة تكنولوجية متطورة.

7. نظرية الاستدامة:

تُعدّ نظرية الاستدامة أساسًا علميًا بالغ الأهمية يجمع بين المبادرات الذكية وأهداف إدارة البيئة والموارد. وتقترح أن التطورات التقنية لا ينبغي أن تعزز الإنتاجية فحسب، بل تشجع أيضًا على الاستخدام المسؤول للموارد، وحماية البيئة، والاستقرار الاقتصادي على المدى الطويل. وفي هذه الدراسة، تُساعد نظرية الاستدامة على توضيح كيف تُمكن أنظمة إدارة المياه الذكية من تحسين المراقبة، وتقليل الهدر، وضمان الاستخدام الفعال للموارد الطبيعية. ومن خلال دمج

مفاهيم الاستدامة، تُساهم مشاريع شركة المياه الوطنية الذكية في تحقيق الأهداف البيئية لرؤية السعودية ٢٠٣٠،
مُثبتة أن الكفاءة والمسؤولية البيئية يُمكن أن تتعايشا في ظل إدارة متطورة للبنية التحتية.

8. نظرية كفاءة الأداء:

تُوفر نظرية كفاءة الأداء إطارًا كمّيًا قائمًا على النتائج لتحليل كيفية تحسين العمليات والتكنولوجيا والموارد لتحقيق أقصى قدر من الفعالية. وتُعرف هذه النظرية الكفاءة بأنها القدرة على تحقيق النتائج المرجوة - مثل تقليل مدة المشروع، وتقليل النفقات، وتحسين جودة الخدمة - مع الاستخدام الأمثل للمدخلات. في هذه الدراسة، تُمكن النظرية من قياس مؤشرات نجاح المشاريع الذكية باستخدام مقاييس تشمل توفير التكاليف، ومستويات الإنتاجية، ومعدلات الإنجاز. باستخدام هذه النظرية، يضمن البحث أن تقييم تنفيذ المشاريع الذكية يركز على نتائج موضوعية وقابلة للقياس، تُجسّد الكفاءة التشغيلية والاستراتيجية.

الفصل الثاني

الدراسات السابقة

يُشكل هذا الفصل ركنًا أساسيًا من أركان البحث، إذ يُرسي الإطار النظري والفكري الذي تُبنى عليه الدراسة بأكملها. يهدف هذا الفصل إلى استكشاف وتحليل وتفسير الإطار النظري والبحوث السابقة المتعلقة بموضوع: "أثر التحول نحو المشاريع الذكية على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي: دراسة ميدانية على شركة المياه الوطنية في المملكة العربية السعودية". تسعى الدراسة من خلال هذا الفصل إلى بناء فهم مفاهيمي سليم للمشاريع الذكية، وخصائصها التكنولوجية، ودورها في تحسين أداء المشاريع في قطاع المياه.

تكمن قيمة هذا الفصل في دوره في دمج المفاهيم النظرية مع الجوانب العملية للبحث. من خلال تقييم المساهمات الأكاديمية والنظريات والأطر السابقة، يُسهم الفصل في تحديد الثغرات في الأدبيات الحالية وتوضيح أصالة الدراسة الحالية. علاوة على ذلك، يُسهّل الفصل صياغة الفرضيات، ويُقدّم التبرير النظري الذي يُؤدّي إلى الجانب التحليلي من البحث. لا يقتصر التحول نحو المشاريع الذكية على تحسين التكنولوجيا فحسب، بل يشمل أيضًا تحولًا شاملاً في كيفية تطوير مشاريع البنية التحتية، وتنفيذها، ومراقبتها، وتقييمها. ويشمل ذلك دمج التقنيات الرقمية، واتخاذ القرارات القائمة على البيانات، والأتمتة، ومفاهيم التنمية المستدامة. لذلك، يُعد فهم الأسس النظرية لهذا التحول أمرًا بالغ الأهمية لتحليل تأثيره الفعلي على الكفاءة والأداء داخل الشركة الوطنية للمياه.

يُفتتح الفصل بتعريف ومناقشة متغيرات الدراسة المهمة، وهي التحول نحو المشاريع الذكية كمتغير مستقل، وكفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي كمتغير تابع. يشمل المتغير الأول العوامل التكنولوجية والإدارية والاستراتيجية التي تميز المبادرات الذكية، بما في ذلك التحول الرقمي، والأتمتة، وإنترنت الأشياء (IoT)، وتحليلات البيانات، وأنظمة المراقبة الذكية. تُسهم هذه العوامل في تحسين تخطيط المشاريع، وإدارة المخاطر التشغيلية، وتعزيز التعاون بين الإدارات. أما المتغير الثاني، وهو الكفاءة، فيُقاس من حيث الوقت والتكلفة والجودة والاستدامة وموثوقية الخدمة. وهي جوانب تتأثر بشكل مباشر بدرجة التكامل التكنولوجي والنضج الرقمي في إدارة المشاريع.

بعد دراسة المتغيرات، يتناول هذا الفصل أهم النماذج والأطر النظرية التي تشرح كيفية تأثير إدارة المشاريع المعتمدة على التكنولوجيا على كفاءة الأداء. من بين هذه النظريات: نظرية انتشار الابتكار (روجرز، 2003)، التي تشرح كيفية انتشار التقنيات الجديدة داخل المؤسسات؛ ونموذج قبول التكنولوجيا (TAM)، الذي يستكشف العوامل المؤثرة في تبني الأنظمة الرقمية؛ ونظرية النظم، التي تنظر إلى المؤسسة كشبكة مترابطة من العمليات التي تستجيب للتغيرات

التكنولوجية والبيئية. تساعد هذه النظريات مجتمعةً في تفسير كيف يمكن للمبادرات الذكية أن تعزز التنسيق، وتقلل الأخطاء، وتعظم تدفق المعلومات في أنظمة البنية التحتية المعقدة مثل شبكات المياه. علاوة على ذلك، يتضمن هذا الفصل لمحة عامة مفصلة عن الدراسات السابقة التي تناولت التحول الرقمي وإدارة المشاريع الذكية في قطاعات البنية التحتية، ولا سيما تلك المرتبطة بشبكات المياه والصرف الصحي. يركز التحليل على الدراسات العالمية والمحلية، مع التركيز على تلك التي أجريت في دول الخليج وضمن إطار رؤية المملكة العربية السعودية 2030. تعزز الرؤية التحول الرقمي والابتكار في جميع القطاعات الحكومية وقطاعات الخدمة العامة، بما في ذلك المرافق. أظهرت العديد من الدراسات أن ممارسات المشاريع الذكية تُسهم في تحسين عملية اتخاذ القرار، والرصد الآني، والصيانة التنبؤية، ورفع كفاءة الموارد. ومع ذلك، ثمة فجوة بحثية تتعلق بالعلاقة المباشرة بين التحول الذكي والكفاءة في تنفيذ المشاريع في قطاع المياه السعودي، وهي فجوة تسعى هذه الدراسة إلى سدها.

يُمثل الإطار النظري المُقدم في هذا الفصل دليلاً مفاهيمياً للدراسة بأكملها. فهو يُنظم العلاقات بين العوامل الرئيسية، ويُقدم نموذجاً منطقيًا يربط التقدم التكنولوجي بالكفاءة التشغيلية. يوفر هيكل الفصل انتقالاً سلساً من النظرية إلى التطبيق - من فهم مبادئ التحول الذكي إلى دراسة آثارها الواقعية في شركة المياه الوطنية. ومن خلال دمج المفاهيم النظرية مع الأدلة التجريبية، يُعزز الفصل مصداقية البحث، ويُثري عمقه التحليلي، ويُهدد الطريق لفهم النتائج في الفصول اللاحقة.

تُقدّم هذه المقدمة المنصة الأكاديمية لتقييم أثر تحوّل المشاريع الذكية على كفاءة تركيب شبكات المياه والصرف الصحي. وتُسلّط الضوء على أهمية التكنولوجيا والابتكار والتكامل الرقمي في التأثير على تطوير البنية التحتية الحديثة. ومن خلال هذا التوافق النظري والتجريبي، يُسهم الفصل في بناء فهم متماسكٍ لكيفية دعم نموذج المشاريع الذكية للنمو المستدام وتحسين أداء تقديم الخدمات العامة في قطاع المياه في المملكة العربية السعودية.

المتغير التابع والمستقل

- المتغير التابع – القيادة الإدارية

المتغير التابع في هذه الدراسة هو كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي، والتي تُشير إلى الأداء العام وفعالية المشاريع التي تُنجزها الشركة الوطنية للمياه. تُفحص الكفاءة باستخدام العديد من المؤشرات القابلة للقياس التي تشمل الخصائص التشغيلية والإدارية، بما في ذلك:

- ✓ دقة وجودة التنفيذ، مما يُبين مدى استيفاء النتائج النهائية للمعايير الهندسية والفنية.
 - ✓ وقت إنجاز المشروع، مما يُبين مدى فعالية التحول الرقمي في تسهيل عملية التسليم وضمان موثوقيتها.
 - ✓ ضبط التكاليف وتحسين الموارد، من خلال الحد من الهدر وتقليل الحاجة إلى إعادة العمل أو الإجراءات التصحيحية.
 - ✓ الاستدامة التشغيلية، وضمان استمرارية عمل أنظمة المياه على المدى الطويل مع انخفاض الأعطال وتكاليف الصيانة.
 - ✓ رضا العملاء وأصحاب المصلحة، الناتج عن تحسين جودة الخدمة وسرعتها وموثوقيتها.
- تفترض العلاقة بين المتغيرين أن التحول نحو المشاريع الذكية (المتغير المستقل) يؤدي إلى زيادة كفاءة تنفيذ المشاريع (المتغير التابع) من خلال تسريع الإجراءات، وتقليل الأخطاء البشرية، وتحسين التواصل، ودعم اتخاذ القرار من خلال نظام رقمي متكامل.

- المتغيرات المستقلة

- المتغير المستقل في هذه الدراسة هو التحول نحو المشاريع الذكية، والذي يعكس دمج التقنيات الرقمية الجديدة، وتحليلات البيانات، والأتمتة، وأنظمة الإدارة الذكية في تنفيذ المشاريع. ويتجلى هذا التحول من خلال أربعة أبعاد رئيسية:
- ✓ تسريع مرحلة التنفيذ: يُشير هذا البعد إلى قدرة المشاريع الذكية على تقصير الوقت اللازم لإنجاز المشروع من خلال أدوات إدارة رقمية متطورة. تُوفر أنظمة المراقبة الذكية تتبعًا آنيًا للتقدم والاستجابة السريعة للصعوبات الجديدة، مما يُقلل من التأخير والانقطاعات. من خلال تمكين التعديلات السريعة وزيادة تنسيق

العمل، يؤدي هذا البعد إلى تسريع تسليم المشاريع، وتحسين التكاليف، والالتزام بالجدول الزمنية بشكل أفضل - وهي أمور بالغة الأهمية في مشاريع البنية التحتية واسعة النطاق مثل شبكات المياه.

✓ الحد من الأخطاء البشرية: يركز هذا البعد على تقليل الأخطاء اليدوية من خلال الأتمتة والدقة الرقمية. تقلل التقنيات الذكية من الاعتماد على التقديرات البشرية من خلال إدخال أنظمة تحكم آلية، والتحقق من صحة البيانات، وأنظمة تنبؤية تكتشف أي خلل قبل أن يُسبب مشاكل تشغيلية. في مشاريع المياه والصرف الصحي، يؤدي هذا إلى تحسين الدقة في التصميم والتركيب والصيانة، مما يُعزز في نهاية المطاف الموثوقية العامة والجودة الفنية للشبكات.

✓ النظام الرقمي: يُمثل النظام الرقمي العمود الفقري للتكنولوجي للمشاريع الذكية. ويشمل أنظمة إدارة إلكترونية، ولوحات معلومات رقمية، وقواعد بيانات، وتطبيقات إنترنت الأشياء (IoT) التي تجمع معلومات المشروع في بيئة موحدة. تُعزز هذه البنية التحتية الرقمية إمكانية الوصول إلى البيانات، والشفافية، وسرعة اتخاذ القرارات. ومن خلال توفير مؤشرات أداء سريعة وتمكين المراقبة عن بُعد، يضمن النظام الرقمي التحكم المستمر، ويعزز مناهج إدارة المشاريع القائمة على الأدلة.

✓ تحسين التواصل: يتناول هذا البعد الجانب البشري والتنظيمي للتحويل الرقمي. تُسهّل المنصات الذكية والحلول السحابية التواصل بين فرق المشاريع والمقاولين وأقسام الإدارة. يُجنّب النقل الفعال للمعلومات المفاهيم الخاطئة، ويُعزز التعاون، ويضمن توافق جميع الجهات المعنية نحو الأهداف المشتركة. يُنهي تحسين التواصل ثقافة التكامل والتعاون، مما يؤدي إلى تنفيذ سلس للمشاريع وكفاءة تنظيمية أعلى.

الدراسات السابقة

يُتيح الذكاء الاصطناعي آفاقاً واسعة للنهوض بالإدارة المستدامة للموارد المائية في المملكة العربية السعودية، وهي دولة تعاني من الجفاف وزيادة السكانية السريعة وارتفاع الطلب الزراعي. يوفر الذكاء الاصطناعي مراقبة مستمرة وتنبؤاً دقيقاً بجودة المياه وتوافرها من خلال الجمع بين التعلم الآلي والاستشعار البيئي الفوري، مما يسمح باتخاذ تدابير استباقية لمنع التلوث وتعظيم الاستخدام. تُعدّل أنظمة الري الدقيقة المدعومة بالذكاء الاصطناعي تدفق المياه بناءً على رطوبة التربة، وتوقعات الطقس، ومتطلبات المحاصيل، مما يُقلل من الهدر ويُعزز الأمن الغذائي. وعند دمجها مع أجهزة

إنترنت الأشياء (IoT) وتقنيات الاستشعار عن بُعد، تُوفر هذه الأنظمة تغطيةً مُحسَّنةً للبيانات الجغرافية والزمنية لتحليل شامل وإدارة تكيفية. تشمل المشكلات الرئيسية ضمان جودة البيانات، ومعالجة المخاوف الأخلاقية والقانونية، وبناء القدرات التقنية للمستخدمين. تُعد أطر الحوكمة التعاونية والتعاون بين القطاعين العام والخاص ضروريةً لمواءمة الحلول التقنية مع المثل المجتمعية والحفاظ على المشاركة. يُعزز دمج الأفكار المُستندة إلى الذكاء الاصطناعي في الأهداف الوطنية، مثل رؤية 2030، الحفاظ على البيئة، والمرونة الاقتصادية، والالتزام بالتزامات الاستدامة الدولية. ويعمل هذا النهج الشامل على تعزيز الحفاظ على المياه، وزيادة كفاءة تخصيص الموارد، وتعزيز القدرة على التكيف مع تغير المناخ في مواجهة التحديات الهيدرولوجية والاجتماعية والاقتصادية المعقدة (Albaroudi، 2025).

تُعدّ التقنيات الرقمية المتقدمة، مثل التوائم الرقمية الحضرية (UDTs)، ثورية في تطوير المدن الذكية، إذ تُقدّم حلولاً لمكافحة تغيّر المناخ وتحسين الإدارة الحضرية. تبحث هذه الدراسة في دمج التوائم الرقمية الحضرية في رؤية المملكة العربية السعودية 2030، مع التركيز على تحسين استخدام الطاقة، وتعزيز عمليات الشبكات الذكية، وتطبيق أنظمة الطاقة المتجددة. وتستخدم الدراسة تحليلاً للأدبيات ودراسات الحالة، بالإضافة إلى مشاركة أصحاب المصلحة لتحديد الفرص والتحديات المهمة، مثل أمن البيانات وجاهزية البنية التحتية. وتوضّح الرؤى المُستمدة من التجارب العالمية أهمية التوائم الرقمية الحضرية في التنمية الحضرية المستدامة من خلال إظهار تكاملها مع التقنيات منخفضة الكربون. وتُقدّم الدراسة أفكاراً ملموسةً لترسيخ مكانة المملكة العربية السعودية كدولة رائدة في مجال المدن المرنة (Bahreldin، 2025).

نظراً لمحدودية موارد المياه العذبة في المملكة العربية السعودية ومناخها الجاف، تُعدّ الإدارة السليمة للمياه أمراً بالغ الأهمية للزراعة. يُتيح تكامل إنترنت الأشياء الرصد الفوري لمستويات رطوبة التربة، والظروف الجوية، واحتياجات ري المحاصيل، وهو أمر بالغ الأهمية للحفاظ على المياه وتقليل الهدر. يُعدّ تحسين إنتاجية المحاصيل وجودتها أمراً بالغ الأهمية للأداء الزراعي طويل الأمد في البلاد. تستخدم هذه الدراسة أسلوب "ترتيب الأفضلية حسب التشابه مع الحل الأمثل" (TOPSIS) لدراسة الإمكانيات التحويلية لإنترنت الأشياء في تحسين أساليب إدارة المياه في القطاع الزراعي في المملكة العربية السعودية. تبدأ الدراسة بالتأكيد على أهمية إدارة المياه في الزراعة، وتحديد نسبة الأراضي المخصصة للأغراض الزراعية في المملكة العربية السعودية. يُشدد بيان المشكلة على المخاوف الرئيسية المتعلقة بإدارة المياه، بما في ذلك ندرة المياه، وعدم كفاءة أنظمة الري، وضرورة توفير بيانات آنية لدعم عملية صنع القرار. ولحل هذه المشكلات،

تقترح الورقة تطوير نظام لإدارة المياه الزراعية قائم على إنترنت الأشياء (IoT-AWMS) يستخدم أجهزة استشعار، وتحليلات بيانات آنية، وخوارزميات تعلم الآلة. تهدف هذه التقنية إلى تحسين استخدام المياه في الزراعة. تُظهر عمليات المحاكاة في الدراسة زيادة ملحوظة في كفاءة استخدام المياه، مما يقلل من هدر المياه ويزيد من الغلة الزراعية. ختاماً، تؤكد هذه الدراسة على الأهمية الجوهرية لنظام إدارة المياه المقترح القائم على إنترنت الأشياء في المملكة العربية السعودية، إذ يُمثل أداة فعالة لمعالجة مشاكل ندرة المياه وتعزيز الممارسات الزراعية المستدامة بيئياً في جميع أنحاء المملكة (Baljon, 2024).

تقدم هذه المقالة تقييماً تاريخياً شاملاً لاستخدام المياه والطلب عليها والعرض في المملكة العربية السعودية، بالإضافة إلى توقعات مستقبلية لتوازن المياه حسب المصدر في عدة قطاعات. المملكة العربية السعودية منطقة صحراوية ذات درجات حرارة شديدة الحرارة، وهطول أمطار محدود، ومعدل تبخر محتمل مرتفع، ولا توجد بها مسطحات مائية دائمة. تمثل المياه الجوفية أكثر من 61% من إجمالي المياه المتاحة، إلا أن معدل إعادة التغذية ضئيل. ومع ذلك، توجد أنظمة قليلة من الوديان (المجري المائية المؤقتة) لتلبية الطلب على المياه، والتي قد تساهم في حوالي عام واحد من استهلاك المياه المنزلية إذا تمت إدارتها بشكل صحيح. كما تتوقع الدراسة سيناريوهات استخدام المياه لخطط التنمية الثلاث القادمة، وهي الخطة العاشرة (2015-2019)، والخطة الحادية عشرة (2020-2024)، والخطة الثانية عشرة (2025-2029). ووفقاً للتحليل، إذا استمر معدل الانخفاض الحالي، فقد ينخفض استخدام المياه بشكل كبير في المستقبل. السيناريو الأول، بافتراض المعدل الحالي، يُنتج انخفاضاً في الاستهلاك قدره 14.36 و12.66 و11.15 مليار متر مكعب للخطط العاشرة والحادية عشرة والثانية عشرة على التوالي. علاوة على ذلك، سيستهلك القطاعان المنزلي والصناعي المزيد من المياه مستقبلاً. وبالمثل، يُظهر السيناريوهات الثاني والثالث انخفاضاً في إجمالي استهلاك المياه، بما في ذلك الزراعة، ولكن سيزداد استخدام المياه في المنازل والقطاع الصناعي، مما يُعزز الاستدامة البيئية (Suhail, 2024).

إدارة مياه الصرف الصحي هي عملية استخراج وتنقية الملوثات من مياه الصرف الصحي أو المجاري المائية، بحيث يمكن إعادة تدويرها في إمدادات المياه بأقل تأثير بيئي. ونظراً للتدهور البيئي الحالي، تبرز الحاجة إلى مناهج وتقنيات جديدة لضمان أنظمة إدارة مياه صرف صحي آمنة وذكية في المدن الذكية. تُقدم شبكات الاستشعار اللاسلكية وإنترنت الأشياء (IoT) طرقاً واعدة لمعالجة مياه الصرف الصحي. تُطور هذه المراجعة الشاملة للأدبيات إطاراً مفاهيمياً لنظام إدارة مياه الصرف الصحي القائم على إنترنت الأشياء (IoT) في المدن الذكية (IoT-WMS) والذي يستخدم تقنية سلسلة الكتل

(البلوك تشين). تُستخدم تقنية سلسلة الكتل حاليًا لتخزين المعلومات بهدف إنشاء نموذج تحفيزي لزيادة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي. في المدن الذكية، تتلقى الأسر/القطاعات الصناعية رموزًا بناءً على جودة وكمية مياه الصرف الصحي المُعالجة. ومع ذلك، يُشجع هذا في كثير من الأحيان على التلاعب بالمعلومات المستخدمة لمنح هذه الرموز، بهدف تضمين مكافآت محددة. تُستخدم تقنيات الكشف عن الشذوذ لتحديد احتمال تلاعب المتسللين ببيانات مستشعرات إنترنت الأشياء. يقيس النموذج كمية مياه الصرف الصحي المُنتجة والمُعاد استخدامها باستخدام مستشعرات إنترنت الأشياء ومقاييس الجودة. ويُظهر تحليل المحاكاة أن النهج المُقترح يتميز بمعدل إعادة تدوير مرتفع لمياه الصرف الصحي بنسبة 96.3%، ونسبة كفاءة 88.7%، ونسبة رطوبة منخفضة 32.4%، وزيادة في إعادة استخدام مياه الصرف الصحي بنسبة 90.8%، ونسبة تنبؤ 92.5% (Alzahrani، 2023).

تُعد ندرة المياه مشكلةً عالميةً تُشكّل عقباتٍ كبيرةً أمام الإدارة المستدامة للمياه. تُعاني المملكة العربية السعودية من ندرة المياه نتيجةً لمناخها الجاف، ومحدودية إمدادات المياه العذبة، وارتفاع معدلات التبخر والنتح. يُسهم النمو السكاني السريع، والتوسع العمراني، والتنمية الصناعية، وأساليب إدارة المياه غير المستدامة في زيادة الطلب على المياه البلدية واستهلاك الفرد. ويتجلى هذا التوجه بوضوح في مدينة الجبيل الصناعية (JIC)، أكبر مدينة صناعية في الشرق الأوسط. تعتمد مدينة الجبيل الصناعية بشكل كبير على تحلية المياه واستخراج المياه الجوفية لتلبية الطلب المتزايد على المياه، إلا أنها تفتقر إلى رؤية شاملة للحفاظ على المياه. يهدف هذا البحث إلى تحديد أسباب نقص المياه، وتقييم استدامة تقنيات إدارة المياه الحالية، ووضع استراتيجية مستدامة للحفاظ على المياه باستخدام مدينة الجبيل الصناعية كدراسة حالة. تتبع الدراسة نهجًا مُختلطًا، يتضمن تقييمًا شاملاً للأدبيات والسجلات الحكومية، بالإضافة إلى دراسة دراسات حالة فعّالة لاستراتيجيات الحفاظ على المياه في المناطق الجافة حول العالم. تشمل الاستراتيجية المقترحة ضبط الطلب، ونشر تقنيات توفير المياه، وإعادة استخدام المياه وتدويرها، والتوعية العامة والتثقيف، والأطر التنظيمية والحوكمة. يُعد الحفاظ على المياه وتحسينها وإعادة استخدامها استراتيجيًا أمرًا بالغ الأهمية في البيئات الصناعية. ويمكن أن تُسهم نتائج الدراسة في تحسين قطاع إمدادات المياه البلدية، ومساعدة صانعي القرار في تحقيق أهداف الإدارة المستدامة لموارد المياه المحددة في رؤية السعودية 2030 (Almulhim، 2023).

تُعد الإدارة المستدامة للمياه الحضرية أمرًا بالغ الأهمية لمعالجة ندرة المياه وتسربها وعدم كفاءة توزيعها. تناقش هذه الورقة إدارة المياه في المناطق الحضرية، بما في ذلك مقدمة، ونظرة عامة على ممارسات إدارة المياه، وخصائص أنظمة

توزيع المياه وتشغيلها، وأنظمة المراقبة والتحكم لضمان كفاءة التوزيع، والأنظمة الذكية للتحسين، واستراتيجيات الحفاظ على المياه وإدارة النفايات، وتحليل الطلب الفردي على المياه، ونظرة عامة على محطات تحلية المياه. تقدم الورقة بنيةً لإدارة المياه قائمة على تقنية سلسلة الكتل (البلوك تشين)، تتضمن مستشعرات إنترنت الأشياء لضمان دقة التقارير. يعتمد النظام على تقنية سلسلة الكتل للتحقق من صحة البيانات وتوزيعها آليًا بين المستشعرات ولوحة معلومات توزيع المياه. كما يتضمن واجهة برمجة تطبيقات معيارية للكشف عن تسربات المياه والتحكم في تدفقها، مما يقلل من هدر المياه ويحسن التوزيع. قد يُحسن النهج المقترح إدارة المياه؛ إلا أن تنفيذه معقد. يُنصح بالحفاظ على فعالية الإطار. تُقدم الدراسة رؤى حول إدارة المياه، وتقترح حلاً تقنيًا يستخدم تقنية سلسلة الكتل ومستشعرات إنترنت الأشياء لضمان دقة التقارير وتوزيع المياه بفعالية، بما يُحسن الإدارة المستدامة للمياه الحضرية (Naqash، 2023).

لقد تغير منظور استراتيجية الشركة بشكل كبير على مر الزمن. في الماضي، كانت الاستراتيجية الوظيفية هي السائدة، وكانت استراتيجية تكنولوجيا المعلومات تابعة لخطة عمل واعية ويجب أن تتوافق معها. في الآونة الأخيرة، لم يسلم أي قطاع من الأضرار الناجمة عن التطور السريع للتكنولوجيا الرقمية، وبرز التحول الرقمي كعامل تمكين ومميز للشركات. ونتيجة لذلك، تتجاوز استراتيجية تكنولوجيا المعلومات مفهوم التوافق وتتطور إلى دمج خطط الأعمال وتكنولوجيا المعلومات، وهو ما يُعرف باسم استراتيجية الأعمال الرقمية. ومع ذلك، لا يزال توافقها مع التصميم التنظيمي ضروريًا لتحقيق أداء تجاري طويل الأجل، لا سيما في صناعة المياه السعودية. ولتلبية احتياجات أصحاب المصلحة (الحكومة والمساهمين والموظفين والشركاء والمعملاء والمجتمع)، يخضع قطاع المياه في المملكة العربية السعودية لبرنامج خصخصة وإعادة هيكلة واسعة النطاق وابتكارات رقمية هائلة. ينقسم هذا القطاع إلى قطاعين عام وخاص، حيث تتولى شركات المياه السعودية مسؤولية توفير مياه الشرب، وجمع ومعالجة مياه الصرف الصحي، ولديها تفويض حكومي لإعادة تنظيمها باستخدام تقنيات رقمية جديدة من شأنها أن تعود بالنفع على القطاع وتكون مجدية ماليًا واجتماعيًا وبيئيًا للجميع. ومع ذلك، لم تُجر سوى أبحاث محدودة في قطاع المياه حول تطبيق استراتيجية الأعمال الرقمية وعملية مواءمتها مع التصميم التنظيمي لتحقيق أداء أعمال طويل الأجل. ونتيجة لذلك، يبقى السؤال: إلى أي مدى يمكن للمواءمة الاستراتيجية الرقمية بين استراتيجية الأعمال الرقمية وجوانب التصميم التنظيمي أن تُحسن أداء الأعمال على المدى الطويل؟ من خلال منظور قائم على معالجة المعلومات والمعرفة، تسعى هذه الدراسة إلى دراسة تأثير استراتيجية الأعمال الرقمية على عوامل التصميم التنظيمي، مثل الهيكل والعمليات والموظفين والمكافآت، وذلك لتحديد عوامل النجاح

اللازمة للمواءمة الاستراتيجية الرقمية التي تُحسن أداء الأعمال على المدى الطويل في شركات المياه. استخدمت الدراسة نموذج "ستار" للتصميم التنظيمي (كيتس وجالبريث 2007)، الذي يغطي هذه الخصائص، ومنهجًا نوعيًا يتضمن دراسية حالة (شركات مياه سعودية حكومية وخاصة). تم استخدام المقابلات ومجموعات التركيز وتحليل الوثائق للحصول على بيانات نوعية، بالإضافة إلى دراسة الأدبيات الحالية. أنشأ مايرينغ (2014) برنامجًا مفتوح الوصول بمساعدة الكمبيوتر (QCAmap) لتحليل محتوى البيانات. أنتجت هذه الدراسة 24 اقتراحًا، وبحثت في 18 عامل نجاح رئيسي (CSFs)، وحددت ستة معايير وتسعة مؤشرات لأداء الأعمال على المدى الطويل. تم تصنيف عوامل النجاح الرئيسية الثمانية عشر إلى ثلاث مجموعات: العوامل الاستراتيجية والتنظيمية والرقمية. تعد الرؤية الاستراتيجية الرقمية المشتركة، والأهداف الاستراتيجية الرقمية المشتركة، ودعم الإدارة العليا، وتكامل المعرفة، والتطوير التدريجي الشامل المتزامن، وإدارة الشراكات الرقمية، وإدارة الجودة مع مؤشرات الأداء الرئيسية (KPI)، وإدارة التغيير، كلها اعتبارات استراتيجية. بالإضافة إلى عوامل التصميم التنظيمي الحالية (الأشخاص والمكافآت)، تشمل العوامل التنظيمية الهياكل الرشيقة، والوحدات الرقمية المشتركة، وإعادة تحديد المهام، والعمليات الرقمية الموحدة، وتدفعات المعلومات الرقمية الموحدة، والمهارات والمعرفة الرقمية المتجددة، والحوكمة الرقمية. تشمل الجوانب الرقمية الحلول الرقمية المتكاملة، والمركزية الرقمية، والتشغيل البيئي، والتوافق. تساهم جميع هذه العوامل في التصميم التنظيمي الرقمي الفريد للتوافق الاستراتيجي الرقمي. ونتيجة لذلك، أنشأت هذه الدراسة نموذجًا للتوافق الاستراتيجي الرقمي (DSAM) يدمج جميع عوامل النجاح الحاسمة لعملية التوافق الاستراتيجي الرقمي، مما يضمن أداء الشركة على المدى الطويل. تدعم ثلاثة عوامل، بما في ذلك المهارات والمعرفة الرقمية المحدثة، وإدارة التغيير، وإدارة الجودة مع مؤشرات الأداء الرئيسية، الأشخاص والمكافآت في أدبيات التصميم التنظيمي الحالية من خلال التأثير على عوامل التصميم التنظيمي لتحسين الأداء. يمكن اعتبار عوامل النجاح الحاسمة الخمسة عشر الأخرى (الإضافية) مساهمات معرفية جديدة في تطوير نظرية التصميم التنظيمي في سياق استراتيجية الأعمال الرقمية وأداء الأعمال على المدى الطويل. ومع ذلك، هناك جوانب إضافية يجب مراعاتها. ونتيجة لذلك، تؤكد هذه الدراسة على إجراء المزيد من الأبحاث من حيث إن عوامل النجاح الحاسمة هذه تتطلب تقييمًا كمياً باستخدام استبيان لتحديد كيفية تأثيرها على النتيجة النهائية الثلاثية للاستدامة. من الناحية العملية، تُعلم هذه الدراسة المديرين أن تحقيق التوافق الاستراتيجي الرقمي أمر بالغ الأهمية لتحسين العمليات للشركات والموظفين والمستخدمين (Nasser، 2022).

المملكة العربية السعودية بلد قاحل يفتقر إلى مصادر مائية دائمة. تعتمد المملكة على موارد النفط لتشغيل محطات تحلية المياه التي توفر مياه الشرب. وعلى الرغم من كونها من أكثر دول العالم جفافاً، إلا أنها تحتل المرتبة الثالثة عالمياً من حيث استهلاك الفرد من المياه العذبة. وقد أدت البرامج الزراعية المكثفة إلى استنزاف المياه الجوفية غير المتجددة تقريباً، وتدهور جودة المياه. ويبدو أن معدلات استهلاك المياه من قبل سكان المدن والقطاع الزراعي لإنتاج المحاصيل غير فعالة. وقد بُذلت جهود لإنشاء نظام شامل وفعال لنقل المياه. أما البنية التحتية لقطاع المياه، فهي قديمة، وفي بعض الحالات متدهورة. وتشير التقديرات إلى أن 20% من المياه الموزعة غير محسوبة. وقد قامت الحكومة السعودية بتبسيط الإطار التنظيمي لقطاع المياه من خلال تنفيذ سياسة مائية استراتيجية. وتدرس هذه السياسة المائية أنجع الطرق لإنتاج المياه وتنظيمها. ولا يمكن لأي حكومة أن تتوقع اختبار جميع الحلول الممكنة، ولكن في المملكة العربية السعودية، لا توجد إجابة واحدة كافية لمواجهة هذا التحدي المعقد. ولكن الخطوة الأكثر أهمية تتمثل في تعديل سلوك المجتمع من أجل استخدام المياه بشكل أكثر كفاءة وذكاءً من خلال تنفيذ أساليب الحفاظ على المياه (Baig، 2020).

الإطار النظري للدراسة



رسم توضيحي 2: الإطار النظري للدراسة

1. نظرية انتشار الابتكار:

تشرح هذه النظرية، التي قدمها إيفرت روجرز (2003)، كيفية انتشار الابتكارات والتقنيات داخل الشركات والمجتمعات. وفي سياق هذه الدراسة، توضح كيف تتبنى شركة المياه الوطنية تدريجيًا تقنيات المشاريع الذكية، وكيف يستجيب الموظفون والإدارة للتغير التكنولوجي. وتشير الفرضية إلى أن الانتشار الناجح يعتمد على عناصر مثل الفائدة المتصورة، وسهولة الاستخدام، والاستعداد التنظيمي. ويساعد تطبيق هذه النظرية في تحديد مراحل التبني - من الوعي إلى التنفيذ - والعناصر التي تُسرّع أو تعيق التحرك نحو ممارسات المشاريع الذكية في قطاع المياه.

2. نموذج قبول التكنولوجيا (TAM):

يُسلّط نموذج قبول التكنولوجيا، الذي طوره ديفيس (1989)، الضوء على عنصرين رئيسيين يُحفّزان تبني التكنولوجيا: الفائدة المتصورة وسهولة الاستخدام المتصورة. في هذا البحث، يُقدّم نموذج قبول التكنولوجيا إطارًا لفهم كيفية تقبل المهندسين والفنيين والإدارة في شركة المياه الوطنية للحلول الرقمية مثل أنظمة المراقبة الآلية ولوحات المعلومات الذكية. يساعد النموذج على تفسير سلوك المستخدم تجاه التكنولوجيا والظروف التي تحدد ما إذا كانت الحلول الرقمية قادرة على تحسين كفاءة نشر شبكات المياه بفعالية أم أنها تواجه معارضة بسبب التعقيد أو نقص التدريب أو الغموض المتصور.

3. نظرية النظم:

تنظر نظرية النظم إلى المؤسسات كهيكل مترابطة تتكون من أنظمة فرعية متفاعلة تعمل معًا لتحقيق أهداف مشتركة. عند تطبيقها على إدارة المشاريع الذكية، تشير هذه النظرية إلى أن التنفيذ الناجح يعتمد على تكامل الأنظمة البشرية والتقنية والإجرائية. في شركة المياه الوطنية، يجب على كل قسم - من التخطيط إلى التنفيذ والصيانة - أن يتواءم رقميًا لتحقيق أفضل أداء. تدعم النظرية فرضية أن المشاريع الذكية تعمل بنجاح عندما تعمل جميع المكونات (أنظمة البيانات وقنوات الاتصال والموارد البشرية) بتناغم ضمن نظام بيئي تنظيمي متكيف وديناميكي.

4. نظرية النظم الاجتماعية التقنية:

تؤكد هذه الفكرة على التوازن بين العوامل الاجتماعية والتقنية في مكان العمل. في سياق المشاريع الذكية، تؤكد على أن التكنولوجيا وحدها لا يمكنها تعزيز الأداء دون مراعاة التفاعل البشري وثقافة المؤسسة والتواصل. في شركة المياه

الوطنية، تعتمد كفاءة التحول الرقمي على كيفية تكيف الأفراد مع الأنظمة الذكية، وكيف تدعم الإدارة التدريب والتعاون. وبالتالي، يوفر المنهج الاجتماعي التقني نظرة ثاقبة على الجانب البشري من الثورة الرقمية، مما يضمن توافق الابتكار التكنولوجي مع دافعية الموظفين، ورضاهم الوظيفي، وكفاءة المجموعة.

5. نظرية الرؤية القائمة على الموارد (RBV):

وفقاً لهذه النظرية، تحقق الشركات ميزة تنافسية من خلال الاستغلال الناجح لمواردها المميزة - سواء كانت مادية (البنية التحتية، التكنولوجيا) أو غير ملموسة (المعرفة، المهارات، الابتكار). في هذه الدراسة، تشرح نظرية الرؤية القائمة على الموارد كيفية عمل التقنيات الذكية والأنظمة الرقمية كأصول استراتيجية تعزز تنفيذ المشاريع وكفاءتها. تؤثر قدرة شركة المياه الوطنية على تبني أنظمة مراقبة متقدمة، وتحليلات بيانات، وبنية تحتية رقمية على أدائها العام واستدامتها. وبالتالي، لا يُعتبر التحول نحو المشاريع الذكية مجرد تقدم تكنولوجي، بل استثماراً في الموارد الاستراتيجية التي تخلق التميز المؤسسي.

6. نظرية إدارة التغيير:

تركز نظرية إدارة التغيير على كيفية تخطيط الشركات لعمليات التغيير وتنفيذها واستدامتها. بالنسبة لشركة المياه الوطنية، يتطلب تبني المشاريع الذكية تكيفاً ثقافياً وإجراءً كبيراً. تُشدد النظرية على خطوات مثل التخطيط والتواصل ومشاركة الموظفين والدعم المستمر. يُساعد تطبيق هذا النهج المؤسسة على إدارة مقاومة التحول الرقمي، وتعزيز المواقف الإيجابية تجاه الابتكار، وضمان أن يُعزز هذا التحول الإنتاجية بدلاً من أن يُعيق سير العمل. يعتمد نجاح تبني المشاريع الذكية على القيادة المنظمة، والتواصل الواضح، وتهيئة بيئة مُلائمة للتحول التكنولوجي.

7. نموذج نضج إدارة المشاريع (PMMM):

يوفر نموذج PMMM إطاراً لتحليل مدى تقدم قدرات إدارة المشاريع في المؤسسة. ويصنف مستويات النضج من التحكم الأساسي في المشاريع إلى أنظمة إدارة مُحسّنة بالكامل وقائمة على البيانات. في هذه الدراسة، يُستخدم النموذج لتحليل جاهزية شركة المياه الوطنية لتنفيذ المبادرات الذكية واستدامتها. يُظهر مستوى النضج الأعلى تحسناً في التعاون، واستغلال البيانات، والكفاءة في تنفيذ المشاريع. يتيح دمج هذا النموذج للدراسة تحديد العلاقة بين التطور التكنولوجي والأداء التشغيلي، موضحاً كيف يُمكن للتحول الرقمي أن يُعزز معايير إدارة المشاريع.

8. نظرية التنمية المستدامة:

تركز هذه الفكرة على إيجاد توازن بين التقدم الاقتصادي، والحفاظ على البيئة، والرفاهية الاجتماعية. يتناسب التحول نحو المشاريع الذكية بشكل وثيق مع التنمية المستدامة من خلال دعم الإدارة الفعالة للموارد، وتقليل الهدر، وتحسين موثوقية المرافق العامة. في حالة شركة المياه الوطنية، تُمكن التقنيات الذكية من الصيانة التنبؤية، وتوفير المياه، وكفاءة الطاقة، وكل ذلك يُساهم في الاستدامة طويلة الأجل. وبتبني هذه الفكرة، تجمع الدراسة بين التحول الرقمي وأهداف الاستدامة في رؤية السعودية 2030، مسلطة الضوء على أن المبادرات الذكية ليست فعالة فحسب، بل هي أيضًا مسؤولة بيئيًا ومفيدة اجتماعيًا.

الفصل الثالث

منهجية الدراسة

المقدمة

يقدم هذا الفصل الأساس المنهجي للبحث، مُحددًا العمليات والأدوات والاستراتيجيات المستخدمة لدراسة "أثر التحول نحو المشاريع الذكية على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي: دراسة ميدانية على شركة المياه الوطنية في المملكة العربية السعودية". تُمثل المنهجية نموذجًا يُرشد البحث من جمع البيانات إلى تحليلها وتفسيرها، مما يضمن الدقة والموثوقية العلمية. من خلال هذا الفصل، تحاول الدراسة وصف الأساس الفلسفي للبحث، والمنهجية المُتبعة، والفئة المُستهدفة، وحدود الدراسة، ومراحل جمع البيانات، ومعايير تحديد حجم العينة.

الغرض الأساسي من هذا الفصل هو توضيح كيفية معالجة مشكلة البحث تجريبيًا، أي كيفية تطبيق الأفكار النظرية، مثل "التحول نحو المشاريع الذكية" و"كفاءة التنفيذ"، على مؤشرات كمية. نظرًا لأن البحث يستكشف الممارسات العملية لشركة المياه الوطنية (NWC)، فقد استخدم مزيج من المنهجيات الوصفية والتحليلية لضمان أن تعكس الدراسة الوضع الراهن وتداعياته على التنمية المستقبلية.

يركز الجزء الوصفي على تحديد السمات والاتجاهات والأنماط المهمة المرتبطة بالتحول نحو المشاريع الذكية. ويقدم نظرة عامة على التقنيات والسياسات والأساليب الإدارية التي تستخدمها شركة المياه الوطنية في تبني الحلول الرقمية. في الوقت نفسه، يحاول الجزء التحليلي قياس تأثير هذه التقنيات على جوانب الكفاءة، بما في ذلك وقت إنجاز المشروع، وخفض التكاليف، وتحسين الجودة، وتقليل الأخطاء. ومن خلال الجمع بين هاتين التقنيتين، تكتسب الدراسة معرفة كاملة بالعلاقة بين التحول الرقمي ونجاح العمليات.

يستند الأساس الفكري للدراسة إلى النموذج الوضعي، الذي يدعي إمكانية دراسة العمليات الاجتماعية والتنظيمية بموضوعية باستخدام الحقائق الكمية. يُعد هذا النموذج مفيدًا، إذ يعتمد البحث على جمع أدلة قابلة للقياس الكمي من خلال المسوحات والملاحظات الميدانية ومراجعات الوثائق لاختبار الفرضيات إحصائيًا. كما يوفر النهج الوضعي الحياد، ويُمكن من تحقيق نتائج قابلة للتكرار، ويمكن تطبيقها على سياقات مماثلة في قطاع البنية التحتية والمرافق.

يناقش هذا الفصل تصميم البحث، الذي يتبع عملية منظمة تبدأ بتحديد المتغيرات، وبناء أساليب جمع البيانات، واختيار المشاركين من الشركة الوطنية للمياه. يضمن التصميم توافق كل مرحلة من مراحل البحث مع أهداف الدراسة، مما يعزز صحتها وموثوقيتها. تُستخدم الأساليب الكمية على نطاق واسع لجمع البيانات من المهندسين ومديري

المشاريع والموظفين الفنيين، حيث تُقدم وجهات نظرهم رؤى مباشرة حول كيفية تأثير التقنيات الذكية على العمليات اليومية ونتائج المشاريع.

ومن الجوانب المهمة الأخرى لهذا الفصل توضيح مجتمع البحث، الذي يتكون من الأفراد والإدارات المشاركة بشكل مباشر في تصميم وتنفيذ والإشراف على مشاريع المياه والصرف الصحي. تُمثل هذه الفئة السكانية السياق العملي الذي يشهد التحول نحو المشاريع الذكية. لذلك، تُعدّ الردود المُجمعة منها مصدرًا حيويًا للأدلة لفهم فوائد ومشاكل التحول الرقمي في قطاع المياه السعودي.

يُحدّد الفصل أيضًا نطاق البحث وقيوده، مُحدّدًا الحدود البشرية والمكانية والزمانية التي تُميّز سياق البحث. يشمل النطاق البشري موظفي شركة المياه الوطنية، لا سيما العاملين في إدارة المشاريع والمهام الفنية. بينما يقتصر النطاق المكاني على عمليات الشركة داخل المملكة العربية السعودية، مع التركيز على المناطق التي تشهد تطبيقًا نشطًا للبنية التحتية الذكية. يشمل النطاق الزمني السنوات من 2022 إلى 2025، وهي الفترة المُوافقة لأحدث مرحلة من التحول الرقمي في إطار برامج رؤية السعودية 2030.

يشرح الفصل إجراءات جمع البيانات، والتي تشمل تصميم الاستبيان، والاختبار التجريبي للموثوقية، وتوزيع البيانات الميدانية الحقيقية، وتحليل البيانات اللاحق باستخدام الأساليب الإحصائية. وقد صُمّمت كل مرحلة بعناية لحماية سلامة البيانات وموضوعيتها. يعتمد تحديد حجم العينة على معايير علمية تضمن التمثيل المناسب للسكان مع الحفاظ على جدوى تحليل البيانات.

المنهجية وطرق البحث

تم اتباع المنهج الوصفي والمنهج التحليلي كأسلوب مناسب للوصف، الذي يتطابق مع الفصول النظرية أما في الفصل التطبيقي التحليلي والمنهج الاستنباطي من أجل تحليل وتقييم البيانات المتحصل عليها في الاستبانة للمؤسسة محل الدراسة باعتباره ملائماً لتقرير الحقائق وفهم مكونات الموضوع، مع إخضاعه للدراسة الدقيقة وتحليل أبعاده، والتي سنتطرق إليها في الفصل التطبيقي في دراسة الحالة.

يعتمد اختيار المنهج الملائم لطبيعة البحث على طبيعة المشكلة والهدف من دراستها، ومن أجل الإحاطة بمختلف جوانب الدراسة سيتم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي، فالأسلوب الوصفي مناسب للوصف الذي يتطابق مع الفصول النظرية، أما في الفصل التطبيقي التحليلي والمنهج الاستنباطي من أجل تحليل وتقييم البيانات المتحصل عليها في الاستبانة محل الدراسة، حيث يسهم هذا المنهج في الإجابة عن التساؤلات البحثية من خلال جمع البيانات ومن ثم تحليلها ومناقشتها. وهذا المنهج هو المستخدم في معظم الدراسات السابقة.

مصادر جمع البيانات

- **المصادر الثانوية:** وتشمل البيانات والمعلومات الموجودة في الكتب والمراجع، والرسائل الجامعية وأوراق العمل والمجلات والدوريات والمؤتمرات العلمية وورش العمل، بالإضافة إلى التقارير المنشورة وغير المنشورة التي تناولت الموضوع في مختلف المؤسسات ذات الصلة.
- **المصادر الأولية:** اعتمدت الدراسة على الاستبانة كأداة رئيسية في جمع البيانات من مصادرها والتي تم تصميمها خصيصاً لهذا الغرض على Google Forms وإرسال رابطها إلى مجتمع البحث.

أدوات الدراسة

تم تصميم الاستبانة في الدراسة الحالية لتتناسب مع متغيرات البحث من خلال الاطلاع على الدراسات السابقة ذات الصلة بموضوع الدراسة. تتكون الاستبانة من قسمين رئيسيين:

القسم الأول: يتناول المتغيرات الديمغرافية لأفراد عينة الدراسة من العاملين في وزارة الصحة السعودية، ويشمل المسعى الوظيفي، العمر، المستوى التعليمي، وعدد سنوات الخبرة.

القسم الثاني: يحتوي على الفقرات التي تقيس المتغيرات المستقلة والتابعة في الدراسة.

أولاً: المتغير المستقل – المشاريع الذكية، ويُقاس من خلال 15 فقرة مقسمة أربعة أبعاد رئيسية:

1. البنية التحتية الذكية

2. استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي

3. التحول الرقمي في العمليات

4. الاستدامة البيئية الذكية

ثانياً: المتغير التابع – شبكات المياه والصرف الصحي، ويُقاس من خلال (10) فقرة موزعة.

مجتمع البحث

- تعريف مجتمع البحث:

يشير مجتمع البحث إلى جميع الموظفين والإدارات في شركة المياه الوطنية (NWC) بالمملكة العربية السعودية، ممن يشاركون بفعالية في تصميم وتنفيذ والإشراف على مشاريع شبكات المياه والصرف الصحي. ويشمل ذلك العاملين الإداريين والفنيين. ويمثل هذا المجتمع السياق الفعلي الذي يُطبَّق فيه التحول نحو المشاريع الذكية. تتيح دراسة هذه المجموعة فهمًا شاملاً لكيفية تأثير التحول الرقمي على الكفاءة التشغيلية، وتنسيق المشاريع، وعمليات صنع القرار في بيئة تنظيمية وبنية تحتية واقعية.

- خصائص مجتمع البحث:

يتمتع أعضاء مجتمع البحث بخلفيات مهنية متنوعة، تشمل المهندسين، ومديري المشاريع، وأخصائيي تكنولوجيا المعلومات، والفنيين، والمشرفين. ويُعد هذا التنوع أمراً بالغ الأهمية، إذ يعتمد نجاح التحول الرقمي للمشاريع على التعاون بين الفرق الفنية والإدارية. وتوفر مستويات خبرتهم المتنوعة في الأدوات الرقمية، والأتمتة، وأنظمة المراقبة، وجهات نظر قيّمة حول تحديات وفوائد تنفيذ المشاريع الذكية. ومن خلال إشراك مشاركين من مستويات إدارية متعددة، تضمن

الدراسة تقيّمًا عاديًا لكيفية النظر إلى الابتكار الرقمي وتطبيقه عبر مختلف الوحدات التشغيلية في شركة المياه الوطنية.

- مبررات اختيار شركة المياه الوطنية:

اختيرت شركة المياه الوطنية لكونها من أبرز الشركات الحكومية في المملكة العربية السعودية، والعاملة في مشاريع البنية التحتية واسعة النطاق المرتبطة برؤية السعودية ٢٠٣٠. وقد دأبت الشركة على تبني مناهج إدارة المشاريع الذكية، وأنظمة المراقبة الرقمية، والحلول التشغيلية القائمة على إنترنت الأشياء. وتُعدّ أهميتها الاستراتيجية في إدارة موارد المياه مُبررًا جيدًا لاستكشاف العلاقة بين التحول الذكي للمشاريع وتحسين الكفاءة. علاوة على ذلك، يُوفر الهيكل التنظيمي لشركة المياه الوطنية ومحفظتها مشاريعها الواسعة مجالًا غنيًا للملاحظة التجريبية وجمع البيانات.

- حجم وتركيبه مجتمع البحث:

يتكون مجتمع البحث من شبكة واسعة من الموظفين في مختلف فروع شركة المياه الوطنية، ويُقدر عددهم بعدة مئات من المهنيين المشاركين في إدارة المشاريع والتخطيط والتصميم والعمليات الميدانية. ولأغراض عملية، تُركز الدراسة على عينة تمثيلية من هذه الفئة السكانية، يتم اختيارها بناءً على تفاعلهم المباشر مع مشاريع المشاريع الذكية. وهذا يضمن امتلاك المشاركين للمعرفة والخبرة المناسبة المتعلقة بالأنظمة الرقمية، مما يُمكنهم من تقديم تعليقات مستنيرة تعكس بدقة تقدم الشركة نحو التحول الذكي.

- معايير الإدماج والاستبعاد:

المشاركون المشمولون في مجتمع الدراسة هم أفراد ذوو خبرة عملية في أنظمة المشاريع الذكية، مثل منصات التخطيط الرقمي، وأنظمة التحكم الآلي، وتقنيات المراقبة الذكية. يُستبعد الموظفون الذين تقل مدة خدمتهم عن عام واحد، أو غير المشاركين بفعالية في تنفيذ المشاريع، لضمان دقة النتائج. تضمن استراتيجية الإدماج هذه استناد البيانات المجمعة إلى تفاعل فعلي مع التكنولوجيا وأساليب الإدارة قيد البحث، مما يعزز موثوقية وعمق التحليل.

- أهمية مجتمع البحث لأهداف الدراسة:

يتوافق مجتمع البحث المختار بشكل مباشر مع الهدف الرئيسي للدراسة، وهو دراسة تأثير التحول الذكي للمشاريع على الكفاءة. ونظرًا لأن شركة المياه الوطنية مسؤولة عن تنفيذ مشاريع البنية التحتية الوطنية المهمة، فإن قوتها العاملة تقدم دليلًا مباشرًا على كيفية تأثير الرقمنة على الإنتاجية، وجداول المشاريع، وكفاءة التكلفة، وجودة النتائج. إن التركيز على هذه المجموعة لا يدعم فقط الصحة التجريبية للبحث، بل يضمن أيضًا أن النتائج قد تقدم توصيات عملية لتحسين الأداء، وتوجيه القرارات المتعلقة بالسياسات، وتعزيز النضج الرقمي في قطاع المياه في المملكة العربية السعودية.

خطوات جمع البيانات

- تحديد مجتمع الدراسة وعينتها

تبدأ عملية جمع البيانات في المنهجية الكمية بتحديد مجتمع الدراسة بدقة، وهو في هذا البحث يشمل الموظفين والمهندسين والمشرفين والعاملين في أقسام المشاريع، وشبكات المياه والصرف الصحي، وإدارة التقنيات الذكية في شركة المياه الوطنية. ويُعد تحديد المجتمع خطوة أساسية لأنها ترسم الإطار الذي سيتم فيه التطبيق وتضمن أن البيانات التي ستُجمع تمثل البيئة الحقيقية التي يجري فيها التحول نحو المشاريع الذكية.

بعد ذلك، يتم تحديد العينة المناسبة، والتي يُفضَّل أن تكون عينة احتمالية طبقية أو عشوائية بسيطة لضمان تمثيل كافة الفئات الوظيفية المعنية بالموضوع. ويتم حساب حجم العينة عادة عبر معادلات إحصائية مثل معادلة كوتشران أو عبر استخدام حاسبات حجم العينات، مع الأخذ بالاعتبار عدد موظفي الأقسام ذات العلاقة داخل الشركة. ويُراعى في اختيار العينة التنوع في مستويات الخبرة، الوظائف، والمناطق الجغرافية التي تعمل فيها الشركة، بهدف زيادة مصداقية النتائج وقدرتها على التعميم.

- تصميم أداة جمع البيانات (الاستبانة)

نظرًا لاعتماد البحث على المنهجية الكمية، تعتبر الاستبانة الأداة الأكثر مناسبة لجمع بيانات واسعة من عدد كبير من المستجيبين. يتم تصميم الاستبانة بشكل منهجي ومنظم وفق الخطوات التالية:

1. تحديد المحاور الرئيسة للاستبانة بناءً على الإطار النظري ومتغيرات الدراسة، مثل:

- مستوى تبني المشاريع الذكية داخل الشركة) أنظمة إدارة المشاريع الرقمية، أجهزة الاستشعار، نظم المعلومات الجغرافية GIS ، أنظمة المراقبة الذكية....)
- كفاءة تنفيذ مشاريع شبكات المياه والصرف الصحي (الجودة، المدة الزمنية، التكلفة، معدلات الأعطال، رضا المستفيدين...).
- العوامل المؤثرة في العلاقة بين التحول الذكي والكفاءة (قدرات العاملين، البنية التحتية الرقمية، الدعم الإداري...).

2. صياغة فقرات الاستبانة باستخدام عبارات واضحة وغير متحيزة، وتحديد مقياس ليكرت الخماسي لقياس الاتجاهات (من: أوافق بشدة – أوافق – محايد – لا أوافق – لا أوافق بشدة).

3. عرض الاستبانة على محكمين متخصصين في إدارة المشاريع، وتقنيات المياه، والبحث العلمي للتأكد من صدق المحتوى وسلامة الفقرات.

4. إجراء اختبار أولي (Pilot Test) على عينة صغيرة للتأكد من وضوح البنود وسهولة الإجابة، ومن ثم إجراء التعديلات اللازمة قبل الإطلاق الفعلي للاستبانة.

- تحديد آلية توزيع الاستبانة

تُوزَع الاستبانة وفق آليات متعددة لضمان الوصول إلى كافة العاملين المرتبطين بموضوع البحث، ومن أبرز هذه الآليات:

- الاستبانة الإلكترونية عبر منصات مثل Google Forms أو SurveyMonkey ، وهي مناسبة خصوصًا في مؤسسة مثل شركة المياه الوطنية ذات الانتشار الواسع.
- الاستبانة الورقية في بعض المواقع الميدانية، خصوصًا مواقع المشاريع التي قد لا تتوفر فيها شبكة الإنترنت بشكل دائم.
- التنسيق مع إدارة الموارد البشرية وإدارة المشاريع داخل الشركة لتسهيل التواصل مع الموظفين المستهدفين.

يسهم استخدام آليات متعددة في تحقيق معدلات استجابة أعلى وتقليل التحيز الناتج عن الوصول غير المتساوي.

- ضمان سرية المعلومات وحيادية الإجابات

من أساسيات جمع البيانات في البحوث الكمية تعزيز ثقة المستجيبين، وذلك من خلال:

- توضيح الهدف من البحث وأهميته.
- التأكيد على سرية البيانات وعدم استخدامها لأغراض غير البحث.
- عدم طلب معلومات شخصية مباشرة يمكن أن تكشف هوية المشارك.
- توضيح أن المشاركة اختيارية وأن النتائج ستستخدم فقط لأغراض أكاديمية.

- جمع البيانات الفعلي

بعد اكتمال تصميم الاستبانة واعتمادها، تبدأ مرحلة الجمع الفعلي، وتشمل:

1. نشر الرابط الإلكتروني أو توزيع النسخ الورقية وتحديد فترة زمنية لاستقبال الردود (غالبًا بين 2-4 أسابيع).
2. متابعة المستجيبين عبر رسائل تذكيرية لرفع نسبة المشاركة.
3. التأكد من اكتمال الاستجابات وعدم وجود بيانات ناقصة أو غير صالحة.
4. مراجعة البيانات المجمعة وإعادة ترميزها وتجهيزها للتحليل الإحصائي.

- التحقق من صدق وثبات أداة القياس

قبل الانتقال إلى التحليل الإحصائي، يتم التأكد من جودة البيانات عبر:

- التحقق من الصدق البنائي باستخدام التحليل العاملي (Factor Analysis) إذا لزم الأمر.
- قياس الثبات الداخلي باستخدام معامل كرونباخ ألفا (Cronbach's Alpha)، ويُعتبر مقبولاً إذا تجاوز 0.70.
- التأكد من عدم وجود قيم شاذة أو مفقودة قد تؤثر على النتائج.

هذه الخطوة تسهم في ضمان أن البيانات المجمعة فعلاً تقيس المتغيرات المستهدفة بدقة.

- تجهيز البيانات للتحليل الإحصائي

بعد التأكد من جودة البيانات، يتم ترميزها وإدخالها إلى برامج التحليل مثل SPSS أو AMOS أو Excel، وتشمل الخطوات:

- إدخال كل عبارة مع رمزها.
- تحديد نوع المتغير (اسمي، ترتيبي...).
- عكس ترميز البنود السلبية إن وجدت.
- إعداد المتغيرات المركبة (Composite Variables) لمتغيرات الدراسة الرئيسة.
- تجهيز البيانات لإجراء الاختبارات الإحصائية المناسبة (الإحصاء الوصفي، اختبار الفروق، التحليل الارتباطي، الانحدار...).

حدود البحث

- حدود موضوعية: تقتصر الدراسة على تحليل أثر التحول نحو المشاريع الذكية بأبعادها المختلفة (البنية التحتية الذكية، استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، التحول الرقمي في العمليات، الاستدامة البيئية الذكية) على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي: دراسة ميدانية في شركة المياه الوطنية
- حدود زمنية: تم إعداد الدراسة في عام 2025.
- حدود بشرية: تقتصر الحدود البشرية لهذه الدراسة على العاملين في شركة المياه الوطنية

الفصل الرابع

نتائج الدراسة

المقدمة

يقدم هذا الفصل ويُحلل نتائج الدراسة الميدانية التي أُجريت على شركة المياه الوطنية في المملكة العربية السعودية، مع التركيز على تأثير التحول نحو المشاريع الذكية على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي. وتُستمد الاستنتاجات من البيانات الكمية والنوعية المُستقاة من خلال استطلاعات الرأي والمقابلات مع مديري المشاريع والمهندسين وخبراء تكنولوجيا المعلومات المشاركين بفعالية في مشاريع التحول الرقمي للشركة.

يهدف هذا الفصل بشكل أساسي إلى تفسير البيانات بشكل منهجي، وربط النتائج بفرضيات الدراسة وأهدافها الموضحة سابقًا. ويحاول تحديد كيفية مساهمة تقنيات المشاريع الذكية - مثل أنظمة المراقبة الرقمية، ومعالجة البيانات الآلية، وأدوات الاتصال الذكية - في تحسين سرعة تنفيذ المشاريع، وتقليل الأخطاء البشرية، وتحسين التنسيق، وتحقيق مستويات أعلى من الكفاءة التشغيلية. كما يُسلط التقرير الضوء على العلاقة بين تبني التكنولوجيا والاستعداد التنظيمي، مُحققًا ما إذا كان موظفو الشركة قد تكييفوا بنجاح مع الأنظمة والعمليات الرقمية.

يبدأ الفصل باستعراض شامل للمشاركين، يتضمن بيانات ديموغرافية ومهنية، مثل المسميات الوظيفية وسنوات الخبرة والانتماءات الإدارية. يساعد هذا التحليل الديموغرافي على وضع الإجابات في سياقها الصحيح، ويدعم صحة النتائج من خلال إظهار تنوع العينة وتمثيلها. ثم يقدم الفصل تقييمات شاملة للمتغيرات المستقلة والتابعة - التحول الذكي للمشاريع وكفاءة المشاريع - عبر أبعاد ومؤشرات متعددة.

تكشف النتائج أن التحول الرقمي كان له تأثير إيجابي كبير على كفاءة تنفيذ المشاريع. أشار الموظفون إلى أن استخدام المنصات الرقمية المتكاملة قد سهّل بشكل كبير التعاون بين الإدارات، مما أتاح التواصل الفوري بين فرق المشروع والمقاولين. بالإضافة إلى ذلك، ساعدت تقنيات التتبع والتوثيق الآلي في القضاء على أخطاء التقارير اليدوية، وعززت سرعة ودقة عمليات صنع القرار.

من أبرز الاكتشافات انخفاض وقت تنفيذ المشاريع، وهو نتيجة مباشرة لدمج الحلول الذكية التي تُحسن الجدولة وتخصيص الموارد وإدارة سير العمل. تُظهر الإحصاءات اتجاهًا مستمرًا: فقد أفادت الإدارات التي طبّقت بالكامل أدوات إدارة المشاريع الرقمية بانخفاض أكبر في التأخيرات والاختناقات مقارنةً بتلك التي لا تزال تعتمد على الأساليب القديمة. وهذا يُبرز الدور الحيوي للتكنولوجيا في تعزيز كفاءة سير العمل وخفض التكاليف الإدارية.

وأشارت الدراسة أيضًا إلى أن التحول الرقمي لقنوات الاتصال قد عزز التعاون بين المهندسين والموظفين الميدانيين. وقد أتاح تطوير تطبيقات الهاتف المحمول ولوحات المعلومات الفورية تحديثات سريعة لظروف الموقع، والتقدم المحرز، ومتطلبات الصيانة. وارتبط هذا التحسن في التواصل بانخفاض ملحوظ في حالات سوء الفهم، والأنشطة المكررة، والأخطاء الإجرائية - وهي عوامل كانت تُسهم سابقًا في عدم كفاءة تنفيذ المشاريع.

بالإضافة إلى هذه المكاسب التشغيلية، كشفت الدراسة عن مشكلات تنظيمية رئيسية رافقت التحول نحو المشاريع الذكية. وسلط بعض المشاركون الضوء على مخاوفهم بشأن كفاية التدريب، والتكيف مع التكنولوجيا الجديدة، والتكلفة الأولية لتكامل النظام. وعلى الرغم من أن هذه العقبات لا تفوق فوائد التحول الرقمي، إلا أنها تؤكد أهمية التدريب المستمر للموظفين وإدارة التغيير الجيدة لتحقيق النجاح على المدى الطويل.

أظهرت دراسة إحصائية أيضًا وجود علاقة إيجابية قوية بين درجة تكامل التكنولوجيا الذكية وكفاءة مخرجات المشروع. وأشارت الإدارات التي أبلغت عن مستويات أعلى من تبني الأدوات الرقمية إلى أداء متفوق من حيث تقليل الأخطاء، وكفاءة التكلفة، وجداول التسليم. تؤكد هذه البيانات فرضية البحث القائلة بأن التحول الرقمي للمشاريع يُسهم بشكل كبير في تعزيز الكفاءة في مشاريع شبكات المياه والصرف الصحي.

تكشف البيانات أن الثقافة التنظيمية والدعم الإداري يلعبان دورًا رئيسيًا في تحديد فعالية التحول الرقمي. أشارت الفرق التي حظيت بتشجيع إداري نشط وبرامج تدريب مُهيكلَة إلى زيادة في الاستعداد والثقة في تبني الأنظمة الجديدة. في المقابل، أظهرت الإدارات التي تفتقر إلى التوجيه الكافي أو اللوائح الرقمية الغامضة معدلات تبني أبطأ.

تحليل البيانات

- الوصف الإحصائي للبيانات:

يُظهر هذا الجدول الإحصائي وصفًا شاملاً لآراء 250 مشاركًا حول أثر التحول نحو المشاريع الذكية في إدارة وتنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي. تشير القيم الوسطية (Mean) التي تراوحت بين 2.79 و3.05 إلى مستوى متوسط إلى مرتفع من الموافقة على فاعلية الأنظمة الذكية في تحسين الأداء والجودة وتقليل الأخطاء والتكاليف. كما تعكس قيم الانحراف المعياري (1.34 – 1.48) وجود تباين معتدل بين آراء المشاركين. أظهرت معاملات الالتواء (Skewness) قيمًا موجبة طفيفة، ما يدل على ميل الإجابات نحو الموافقة، بينما جاءت الالتواءات (Kurtosis) سالبة، مما يشير إلى توزيع مسطح يعكس تنوعًا في الاتجاهات حول التحول الرقمي والأنظمة الذكية.

Statistics						
Kurtosis	Skewness	Std. Deviation	Std. Error of Mean	Mean	N	
					Valid	
-1.285	-0.078	1.401	0.089	3.00	250	العمر
-1.920	0.309	0.495	0.031	1.42	250	الجنس
-1.444	0.026	1.453	0.092	2.98	250	الدرجة
-1.242	0.300	1.418	0.090	2.83	250	تعتمد الشركة في مشاريعها على أنظمة رقمية لإدارة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي.
-1.425	0.202	1.474	0.093	2.98	250	التحول نحو المشاريع الذكية ساهم في تسريع إنجاز مراحل تنفيذ المشاريع.
-1.242	0.333	1.427	0.090	2.80	250	استخدام التقنيات الذكية يقلل من الأخطاء البشرية أثناء التنفيذ
-1.293	0.208	1.361	0.086	2.94	250	الأنظمة الذكية ساعدت في تحسين جودة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي.
-1.354	0.172	1.446	0.091	2.98	250	تطبيق تقنيات المراقبة والتحكم الذكي أسهم في رفع كفاءة إدارة المشاريع.
-1.207	0.198	1.364	0.086	2.94	250	توفر الشركة التدريب الكافي للموظفين على استخدام التقنيات الذكية في المشاريع.

-1.086	0.363	1.340	0.085	2.80	250	التحول الرقمي أدى إلى تحسين التواصل والتنسيق بين فرق العمل في المشاريع.
-1.245	0.294	1.362	0.086	2.86	250	استخدام النظم الذكية ساهم في خفض تكاليف تنفيذ مشاريع المياه والصرف الصحي.
-1.075	0.390	1.370	0.087	2.79	250	الأنظمة الذكية تساهم في المتابعة اللحظية لأداء فرق التنفيذ والمعدات.
-1.395	0.168	1.482	0.094	2.92	250	التحول إلى المشاريع الذكية ساعد في رفع مستوى السلامة المهنية في مواقع العمل.
-1.373	0.135	1.403	0.089	3.05	250	توفر قواعد بيانات رقمية محدثة أسهم في اتخاذ قرارات أكثر دقة أثناء التنفيذ.
-1.109	0.303	1.316	0.083	2.83	250	تبني الحلول الذكية عزز من شفافية إجراءات متابعة المشاريع.
-1.350	0.280	1.488	0.094	2.86	250	التحول نحو المشاريع الذكية يعزز الاستدامة في إدارة مشاريع المياه والصرف الصحي.
-1.325	0.183	1.428	0.090	3.00	250	تطبيق التقنيات الذكية ساهم في الحد من الهدر في الموارد أثناء التنفيذ.
-1.152	0.268	1.358	0.086	2.86	250	تواجه الشركة تحديات تقنية في تطبيق أنظمة المشاريع الذكية بشكل كامل.
-1.321	0.228	1.378	0.087	2.90	250	نقص الكفاءات المتخصصة يمثل عقبة أمام التوسع في تنفيذ المشاريع الذكية .
-1.294	0.201	1.428	0.090	2.92	250	هناك دعم مؤسسي واضح داخل الشركة لتبني التحول نحو المشاريع الذكية في المستقبل.

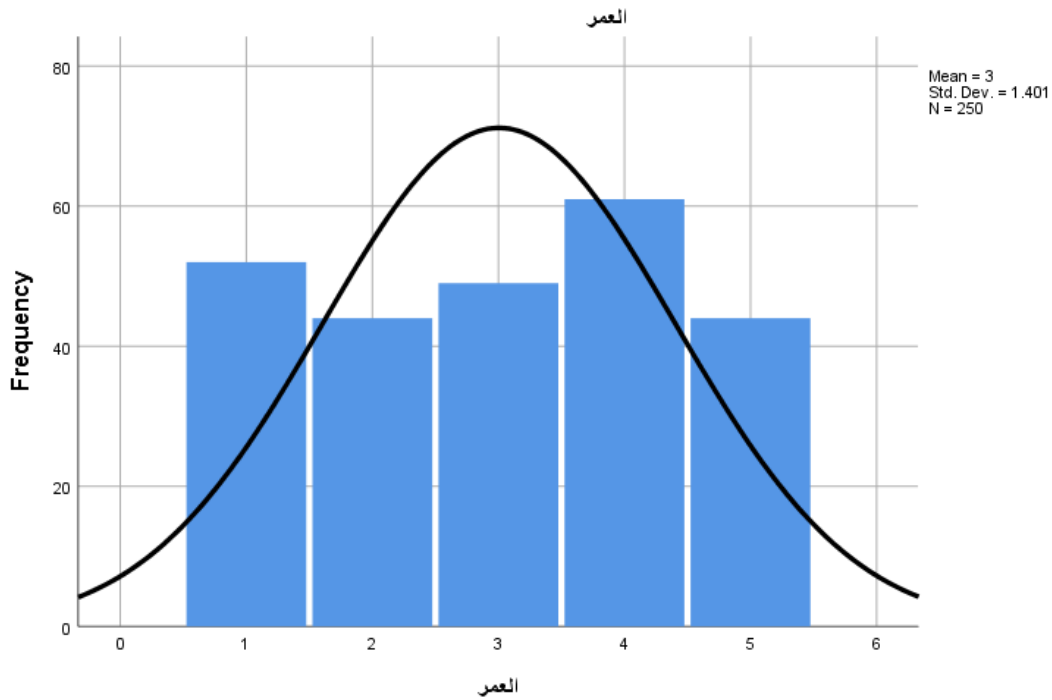
جدول 1: الوصف الاحصائي للبيانات

1. العمر

يتضح من الجدول أن توزيع المشاركين حسب العمر متنوع، حيث تمثل الفئة العمرية 60-50 سنة النسبة الأعلى بـ 24.4%، تليها فئة 30-20 سنة بنسبة 20.8%، بينما كانت فئات 40-30 و60+ متساوية تقريبًا بنسبة 17.6% لكل منهما، وفئة 50-40 سنة بنسبة 19.6%. هذا يشير إلى أن العينة شملت مختلف الفئات العمرية بشكل متوازن نسبيًا، مع تركيز أكبر على المشاركين الأكبر سنًا (50-60).

العمر					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	20-30	52	20.8	20.8	20.8
	30-40	44	17.6	17.6	38.4
	40-50	49	19.6	19.6	58.0
	50-60	61	24.4	24.4	82.4
	60+	44	17.6	17.6	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 2: الوصف الإحصائي للعمر.



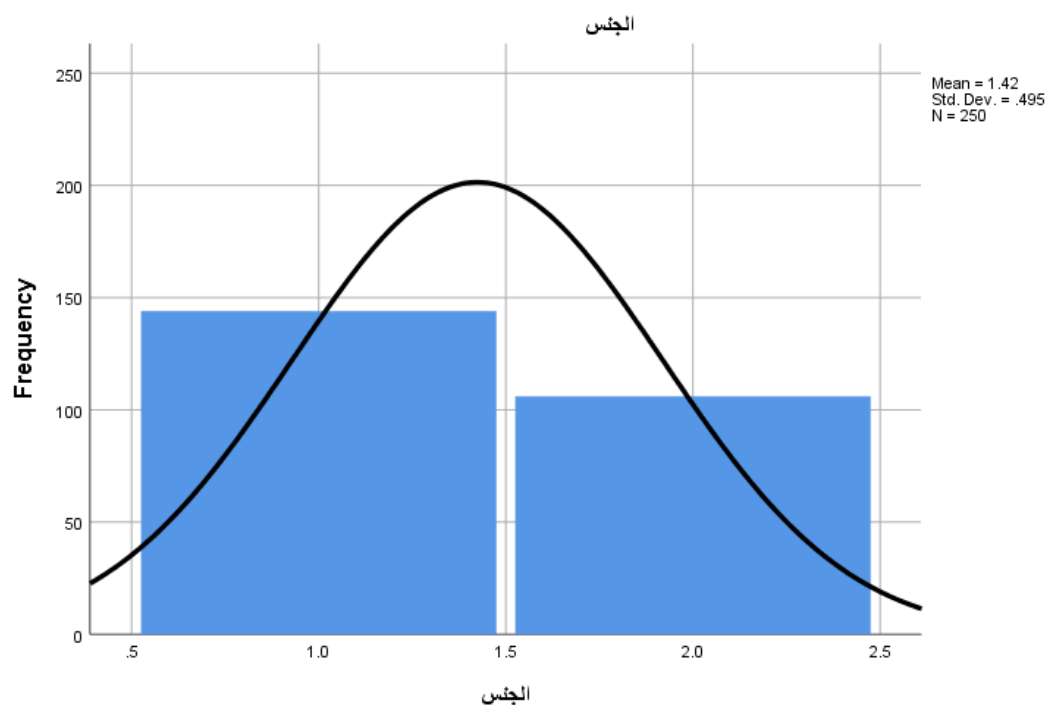
رسم توضيحي 3: التمثيل البياني للعمر

2. الجنس

يتضح من الجدول أن الغالبية من المشاركين كانوا من الإناث بنسبة 57.6%، بينما شكل الذكور نسبة 42.4% من العينة، مما يشير إلى توازن نسبي بين الجنسين مع ميل طفيف لصالح المشاركات الإناث.

الجنس					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أنثى	144	57.6	57.6	57.6
	ذكر	106	42.4	42.4	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 3 : الوصف الإحصائي للجنس.



رسم توضيحي 4 : التمثيل البياني للجنس

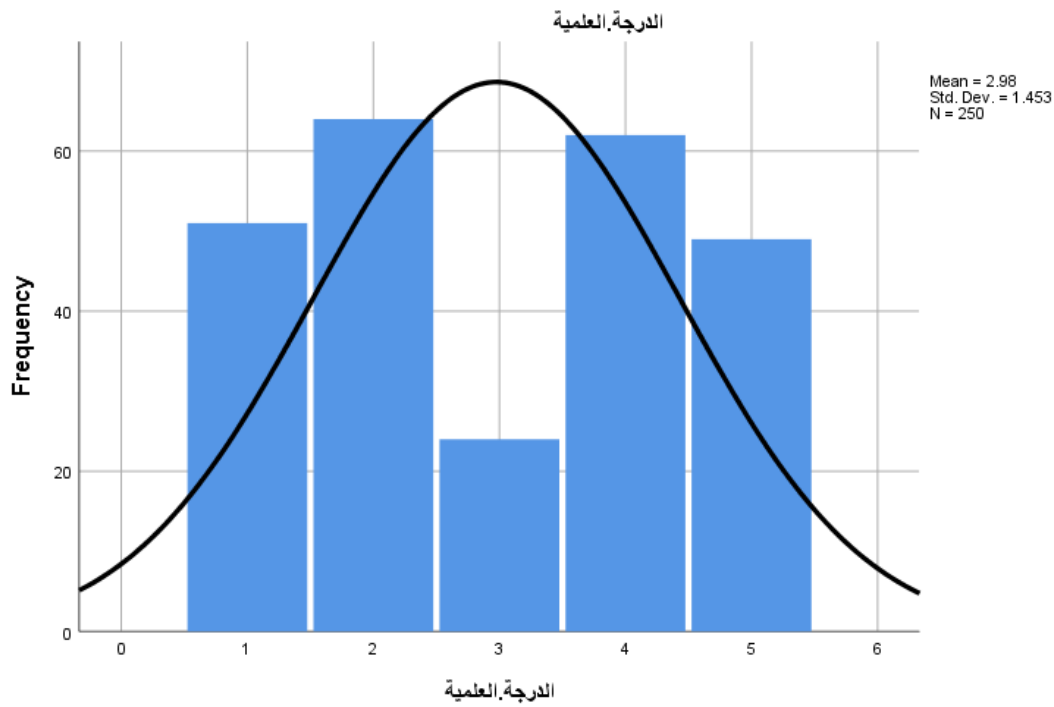
3. الدرجة العلمية

يتضح من الجدول أن المشاركين لديهم تنوع في المستوى التعليمي، حيث تمثل فئة الحاصلين على الدكتوراه النسبة الأعلى بـ 25.6%، تليها الشهادات العليا بنسبة 24.8%، والبكالوريوس بنسبة 20.4%، والماجستير بنسبة 19.6%، بينما

شكل أصحاب شهادة الدراسة الثانوية نسبة 9.6% فقط، مما يشير إلى أن العينة تضم مستويات تعليمية مختلفة مع تركيز أكبر على الدراسات العليا والدكتوراه.

الدرجة العلمية		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	درجة البكالوريوس	51	20.4	20.4	20.4
	دكتوراه	64	25.6	25.6	46.0
	شهادة الدراسة الثانوية	24	9.6	9.6	55.6
	شهادة عليا	62	24.8	24.8	80.4
	ماجستير	49	19.6	19.6	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 4: الوصف الاحصائي للدرجة العلمية.



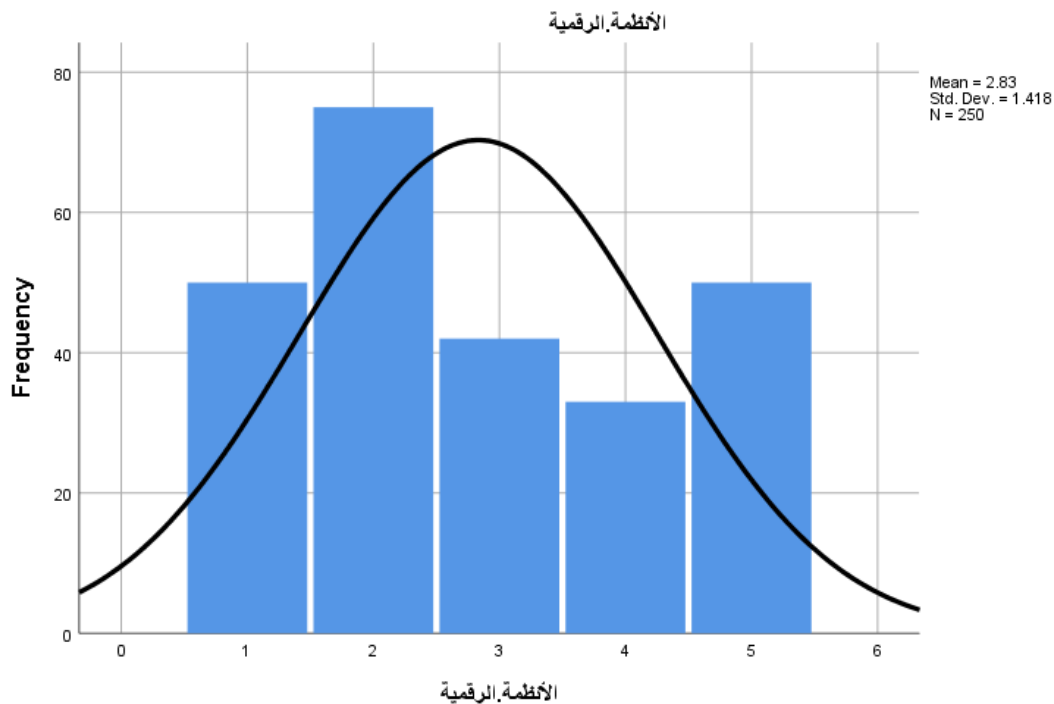
رسم توضيحي 5: التمثيل البياني للدرجة العلمية

4. تعتمد الشركة في مشاريعها على أنظمة رقمية لإدارة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي

يتضح من الجدول أن غالبية المشاركين يرون أن الشركة تعتمد على أنظمة رقمية في إدارة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي، حيث وافق 20.0% ووافق بشدة 30.0%، بينما لم يوافق 16.8% ولم يوافق بشدة 13.2%، وكان 20.0% محايدين، مما يشير إلى وجود قبول عام لتطبيق الأنظمة الرقمية في مشاريع الشركة مع بعض التحفظات بين المشاركين.

تعتمد الشركة في مشاريعها على أنظمة رقمية لإدارة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	50	20.0	20.0	20.0
	أوافق بشدة	75	30.0	30.0	50.0
	لا أوافق	42	16.8	16.8	66.8
	لا أوافق بشدة	33	13.2	13.2	80.0
	لا أوافق ولا أرفض	50	20.0	20.0	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 5: الوصف الاحصائي لتعتمد الشركة في مشاريعها على أنظمة رقمية لإدارة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي.



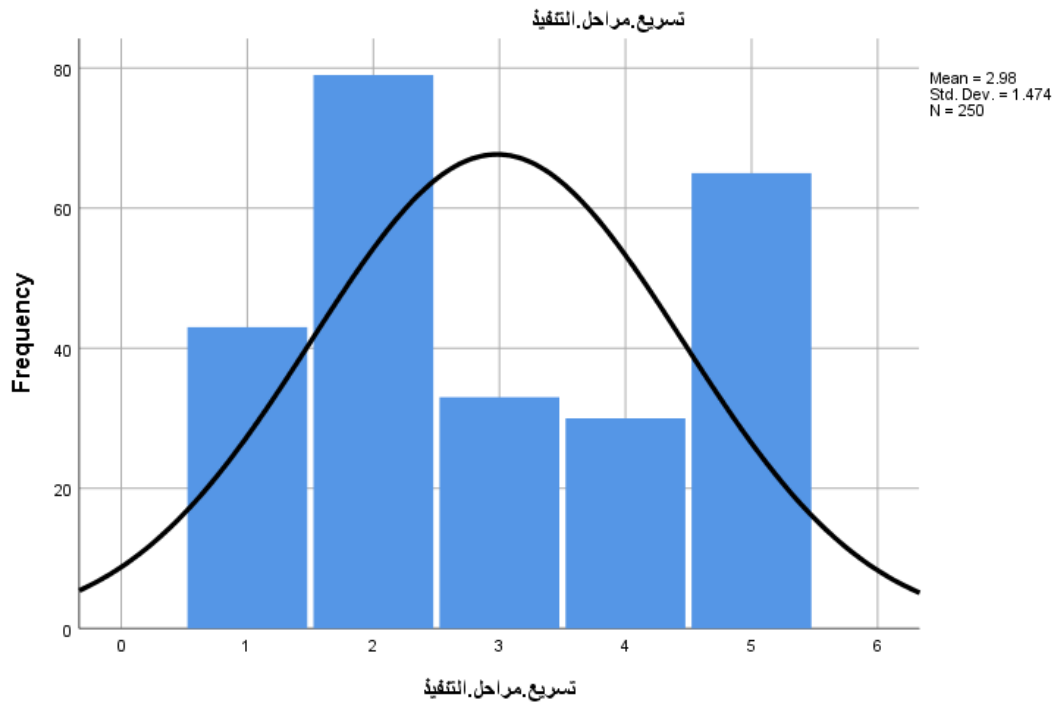
رسم توضيحي 6: التمثيل البياني لتعتمد الشركة في مشاريعها على أنظمة رقمية لإدارة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي

5. التحول نحو المشاريع الذكية ساهم في تسريع إنجاز مراحل تنفيذ المشاريع.

يتضح من الجدول أن المشاركين يرون أن التحول نحو المشاريع الذكية ساهم في تسريع مراحل تنفيذ المشاريع، حيث وافق 17.2% ووافق بشدة 31.6%، بينما لم يوافق 13.2% ولم يوافق بشدة 12.0%، وكان 26.0% محايدين، مما يعكس اعتقادًا عامًا بأهمية التحول الرقمي في تسريع الإنجاز مع وجود بعض الآراء المتباينة.

التحول نحو المشاريع الذكية ساهم في تسريع إنجاز مراحل تنفيذ المشاريع					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	43	17.2	17.2	17.2
	أوافق بشدة	79	31.6	31.6	48.8
	لا أوافق	33	13.2	13.2	62.0
	لا أوافق بشدة	30	12.0	12.0	74.0
	لا أوافق ولا أرفض	65	26.0	26.0	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 6 : الوصف الاحصائي للتحول نحو المشاريع الذكية ساهم في تسريع إنجاز مراحل تنفيذ المشاريع.



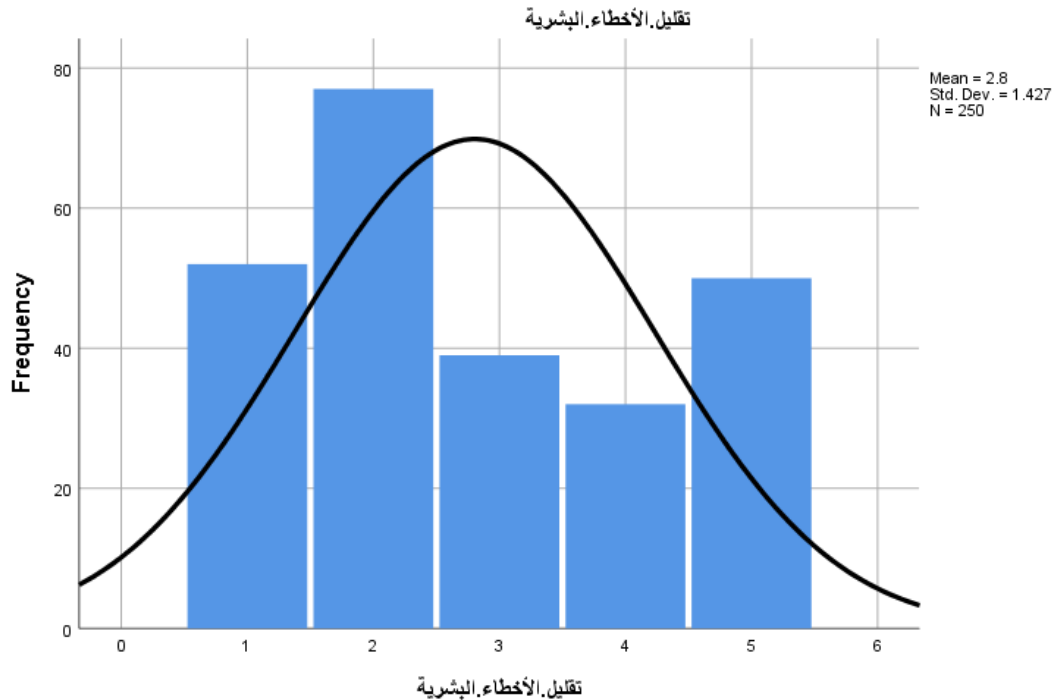
رسم توضيحي 7 : التمثيل البياني للتحول نحو المشاريع الذكية ساهم في تسريع إنجاز مراحل تنفيذ المشاريع

6. استخدام التقنيات الذكية يقلل من الأخطاء البشرية أثناء التنفيذ

يتضح من الجدول أن المشاركين يرون أن استخدام التقنيات الذكية يساهم في تقليل الأخطاء البشرية أثناء التنفيذ، حيث وافق 20.8% ووافق بشدة 30.8%، بينما لم يوافق 15.6% ولم يوافق بشدة 12.8%، وكان 20.0% محايدين، مما يشير إلى تقدير عام لدور التقنيات الذكية في الحد من الأخطاء البشرية مع وجود تفاوت نسبي في الآراء.

استخدام التقنيات الذكية يقلل من الأخطاء البشرية أثناء التنفيذ					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	52	20.8	20.8	20.8
	أوافق بشدة	77	30.8	30.8	51.6
	لا أوافق	39	15.6	15.6	67.2
	لا أوافق بشدة	32	12.8	12.8	80.0
	لا أوافق ولا أرفض	50	20.0	20.0	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 7: الوصف الاحصائي لاستخدام التقنيات الذكية يقلل من الأخطاء البشرية أثناء التنفيذ.



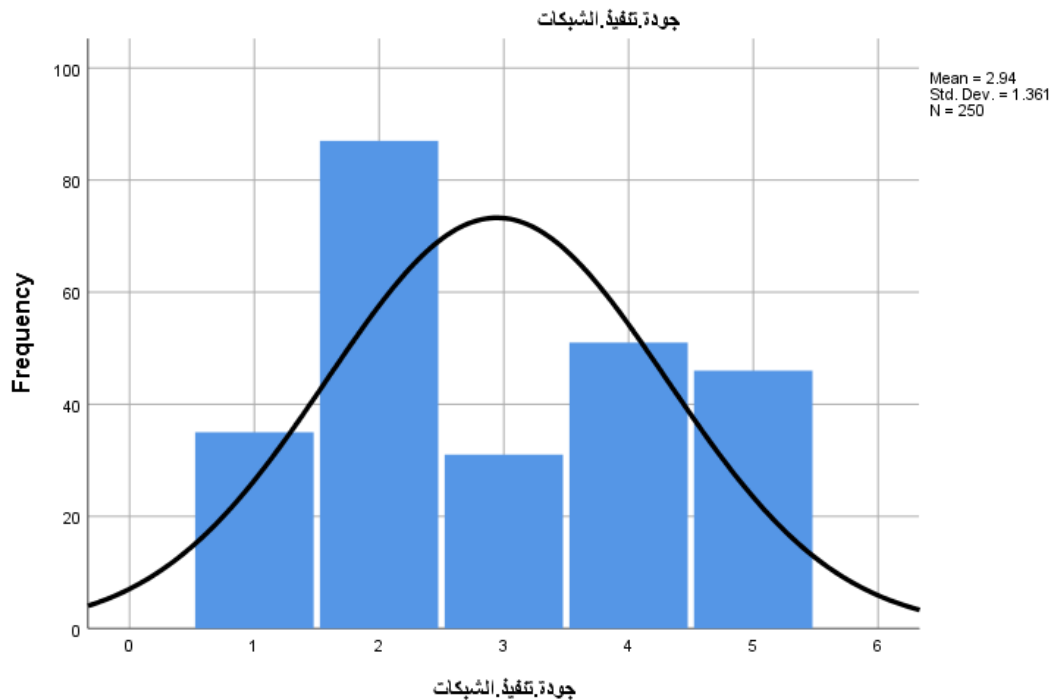
رسم توضيحي 8: التمثيل البياني لاستخدام التقنيات الذكية يقلل من الأخطاء البشرية أثناء التنفيذ

7. الأنظمة الذكية ساعدت في تحسين جودة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي.

يتضح من الجدول أن المشاركين يرون أن الأنظمة الذكية ساعدت في تحسين جودة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي، حيث وافق 14.0% ووافق بشدة 34.8%، بينما لم يوافق 12.4% ولم يوافق بشدة 20.4%، وكان 18.4% محايدين، مما يشير إلى تقدير ملحوظ لدور الأنظمة الذكية في رفع جودة التنفيذ مع وجود تفاوت نسبي في وجهات النظر.

الأنظمة الذكية ساعدت في تحسين جودة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	35	14.0	14.0	14.0
	أوافق بشدة	87	34.8	34.8	48.8
	لا أوافق	31	12.4	12.4	61.2
	لا أوافق بشدة	51	20.4	20.4	81.6
	لا أوافق ولا أرفض	46	18.4	18.4	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 8 : الوصف الاحصائي للأنظمة الذكية ساعدت في تحسين جودة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي.



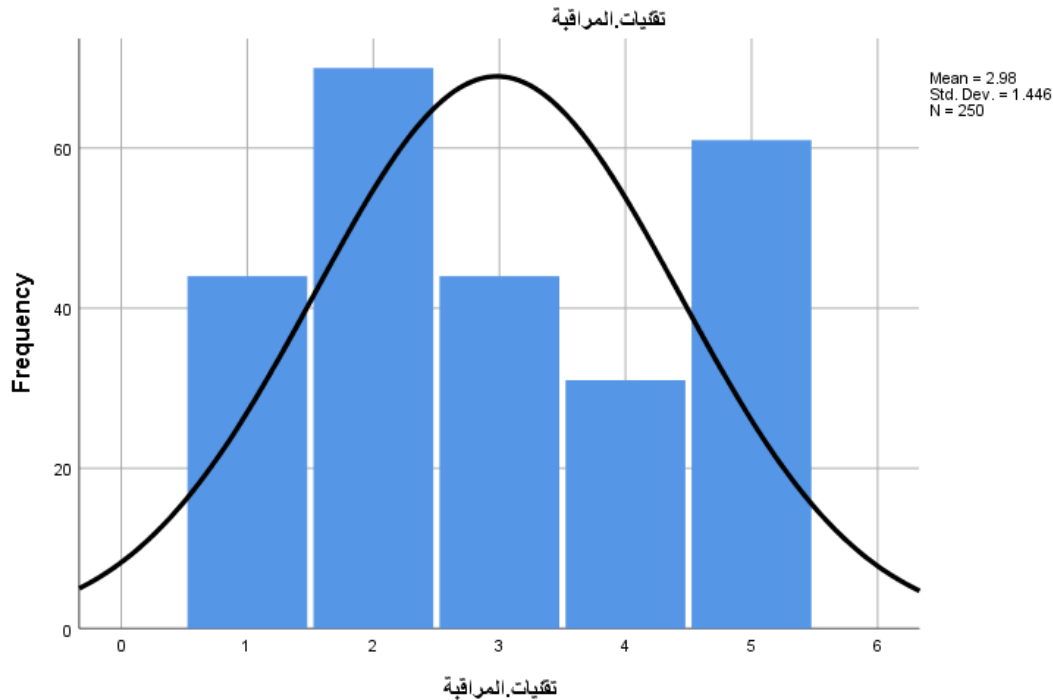
رسم توضيحي 9 : التمثيل البياني للأنظمة الذكية ساعدت في تحسين جودة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي

8. تطبيق تقنيات المراقبة والتحكم الذكي أسهم في رفع كفاءة إدارة المشاريع.

يتضح من الجدول أن المشاركين يرون أن تطبيق تقنيات المراقبة والتحكم الذكي أسهم في رفع كفاءة إدارة المشاريع، حيث وافق 17.6% ووافق بشدة 28.0%، بينما لم يوافق 17.6% ولم يوافق بشدة 12.4%، وكان 24.4% محايدين، مما يشير إلى تقدير ملحوظ لدور هذه التقنيات مع وجود تفاوت نسبي في آراء المشاركين.

تطبيق تقنيات المراقبة والتحكم الذكي أسهم في رفع كفاءة إدارة المشاريع					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	44	17.6	17.6	17.6
	أوافق بشدة	70	28.0	28.0	45.6
	لا أوافق	44	17.6	17.6	63.2
	لا أوافق بشدة	31	12.4	12.4	75.6
	لا أوافق ولا أرفض	61	24.4	24.4	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 9 : الوصف الاحصائي لتطبيق تقنيات المراقبة والتحكم الذكي أسهم في رفع كفاءة إدارة المشاريع.



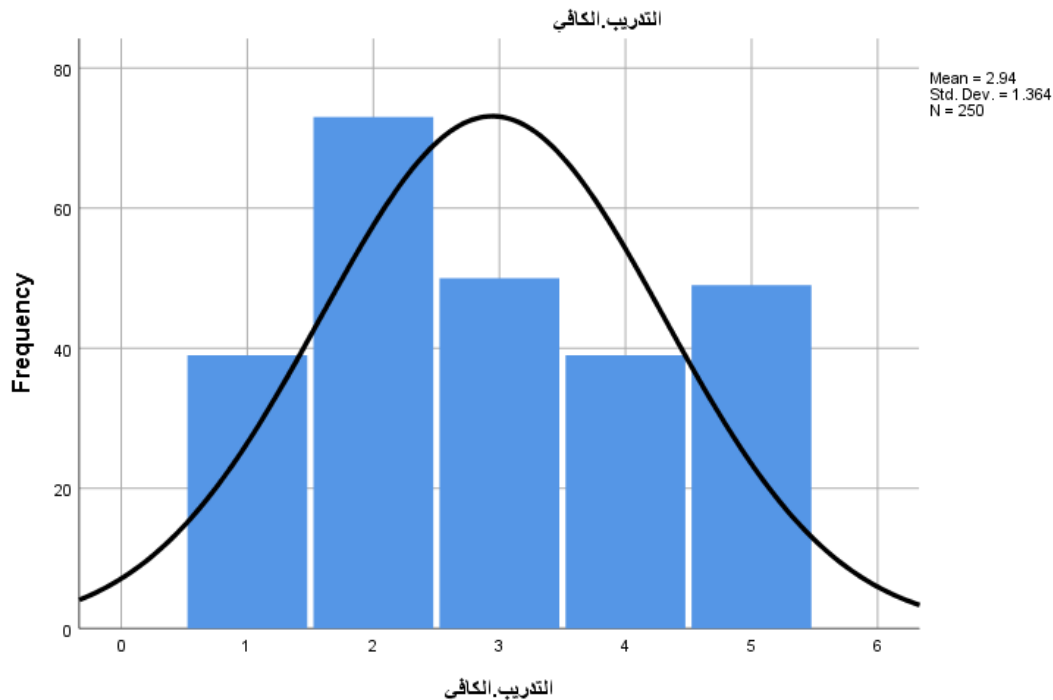
رسم توضيحي 10 : التمثيل البياني لتطبيق تقنيات المراقبة والتحكم الذكي أسهم في رفع كفاءة إدارة المشاريع

9. توفر الشركة التدريب الكافي للموظفين على استخدام التقنيات الذكية في المشاريع.

يتضح من الجدول أن المشاركين يرون أن الشركة توفر تدريبًا كافيًا للموظفين على استخدام التقنيات الذكية في المشاريع، حيث وافق 15.6% ووافق بشدة 29.2%، بينما لم يوافق 20.0% ولم يوافق بشدة 15.6%، وكان 19.6% محايدين، مما يشير إلى تقدير عام للتدريب المقدم مع وجود بعض التفاوت في الآراء.

توفر الشركة التدريب الكافي للموظفين على استخدام التقنيات الذكية في المشاريع					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	39	15.6	15.6	15.6
	أوافق بشدة	73	29.2	29.2	44.8
	لا أوافق	50	20.0	20.0	64.8
	لا أوافق بشدة	39	15.6	15.6	80.4
	لا أوافق ولا أرفض	49	19.6	19.6	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 10 : الوصف الاحصائي لتوفر الشركة التدريب الكافي للموظفين على استخدام التقنيات الذكية في المشاريع.



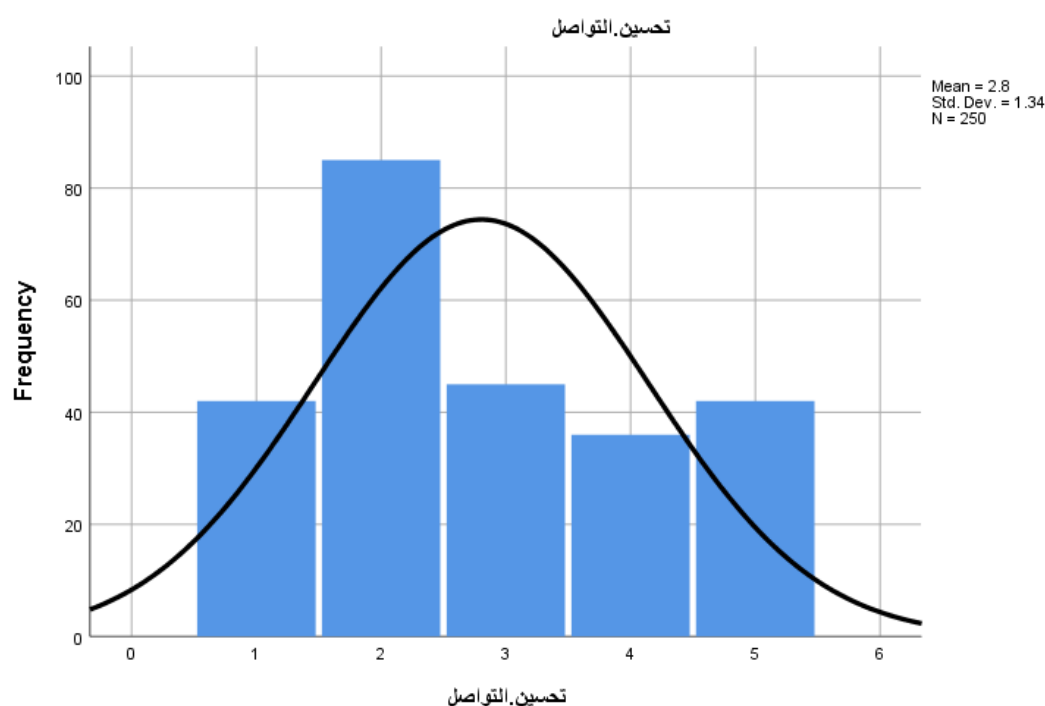
رسم توضيحي 11 : التمثيل البياني لتوفر الشركة التدريب الكافي للموظفين على استخدام التقنيات الذكية في المشاريع

10. التحول الرقمي أدى إلى تحسين التواصل والتنسيق بين فرق العمل في المشاريع.

يتضح من الجدول أن التحول الرقمي أدى إلى تحسين التواصل والتنسيق بين فرق العمل في المشاريع، حيث وافق 16.8% ووافق بشدة 34.0% من المشاركين، بينما لم يوافق 18.0% ولم يوافق بشدة 14.4%، وكان 16.8% محايدين، مما يعكس تأثيرًا إيجابيًا عامًا للتحول الرقمي على تواصل الفرق مع تفاوت نسبي في آراء المشاركين.

التحول الرقمي أدى إلى تحسين التواصل والتنسيق بين فرق العمل في المشاريع					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	42	16.8	16.8	16.8
	أوافق بشدة	85	34.0	34.0	50.8
	لا أوافق	45	18.0	18.0	68.8
	لا أوافق بشدة	36	14.4	14.4	83.2
	لا أوافق ولا أرفض	42	16.8	16.8	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 11 : الوصف الاحصائي للتحول الرقمي أدى إلى تحسين التواصل والتنسيق بين فرق العمل في المشاريع.



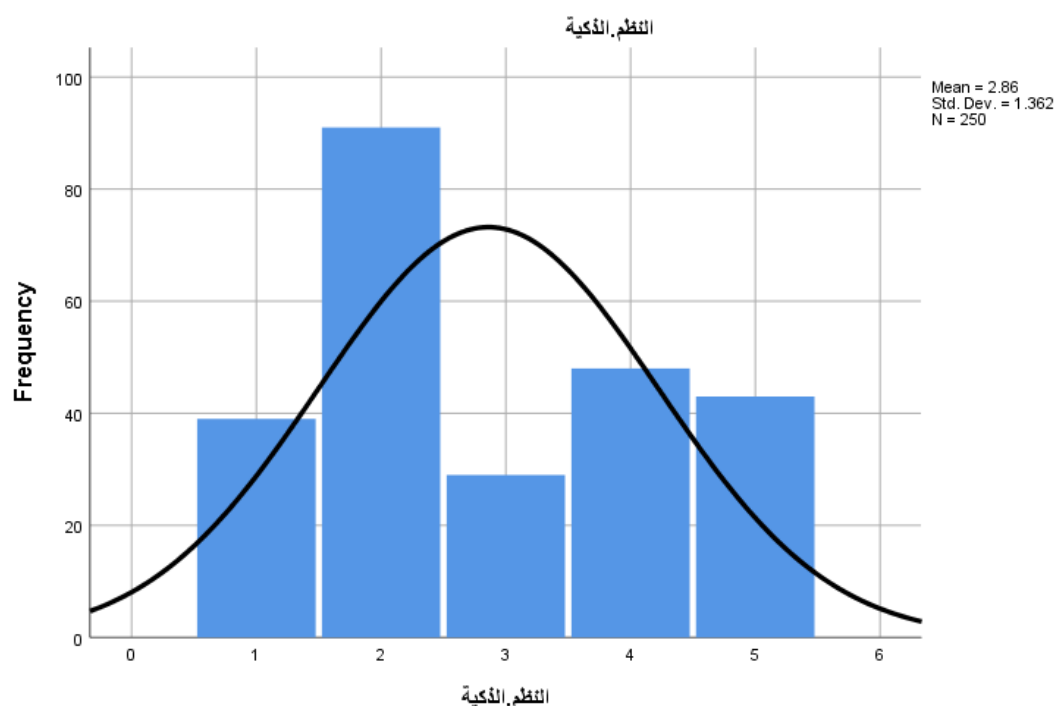
رسم توضيحي 12 : التمثيل البياني للتحول الرقمي أدى إلى تحسين التواصل والتنسيق بين فرق العمل في المشاريع

11. استخدام النظم الذكية ساهم في خفض تكاليف تنفيذ مشاريع المياه والصرف الصحي.

يتضح من الجدول أن استخدام النظم الذكية ساهم في خفض تكاليف تنفيذ مشاريع المياه والصرف الصحي، حيث وافق 15.6% ووافق بشدة 36.4% من المشاركين، بينما لم يوافق 11.6% ولم يوافق بشدة 19.2%، وكان 17.2% محايدين، مما يشير إلى أن غالبية المشاركين يرون تأثيرًا إيجابيًا للنظم الذكية على تقليل التكاليف مع وجود تفاوت نسبي في الآراء.

استخدام النظم الذكية ساهم في خفض تكاليف تنفيذ مشاريع المياه والصرف الصحي					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	39	15.6	15.6	15.6
	أوافق بشدة	91	36.4	36.4	52.0
	لا أوافق	29	11.6	11.6	63.6
	لا أوافق بشدة	48	19.2	19.2	82.8
	لا أوافق ولا أرفض	43	17.2	17.2	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 12 : الوصف الاحصائي لاستخدام النظم الذكية ساهم في خفض تكاليف تنفيذ مشاريع المياه والصرف الصحي.



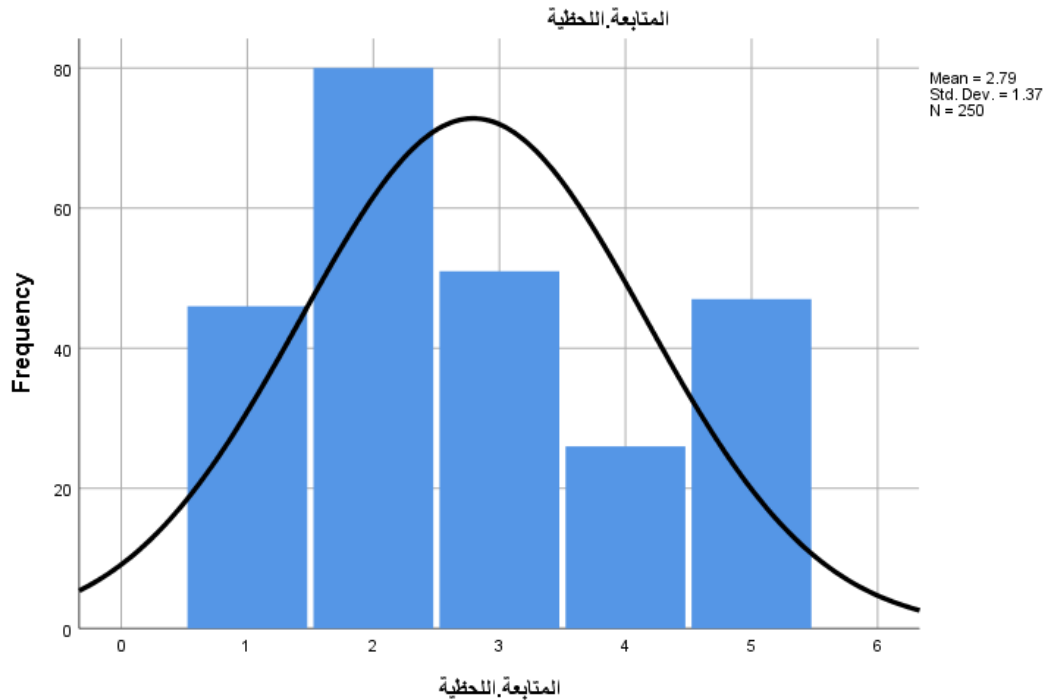
رسم توضيحي 13 : التمثيل البياني لاستخدام النظم الذكية ساهم في خفض تكاليف تنفيذ مشاريع المياه والصرف الصحي

12. الأنظمة الذكية تساهم في المتابعة اللحظية لأداء فرق التنفيذ والمعدات.

يتضح من الجدول أن الأنظمة الذكية تساهم في المتابعة اللحظية لأداء فرق التنفيذ والمعدات، حيث وافق 18.4% ووافق بشدة 32.0% من المشاركين، بينما لم يوافق 20.4% ولم يوافق بشدة 10.4%، وكان 18.8% محايدين، مما يعكس أن غالبية المشاركين يرون أن هذه الأنظمة تحسن الرقابة والمتابعة اللحظية مع وجود بعض الاختلاف في الآراء.

الأنظمة الذكية تساهم في المتابعة اللحظية لأداء فرق التنفيذ والمعدات					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	46	18.4	18.4	18.4
	أوافق بشدة	80	32.0	32.0	50.4
	لا أوافق	51	20.4	20.4	70.8
	لا أوافق بشدة	26	10.4	10.4	81.2
	لا أوافق ولا أرفض	47	18.8	18.8	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 13 : الوصف الاحصائي للأنظمة الذكية تساهم في المتابعة اللحظية لأداء فرق التنفيذ والمعدات.



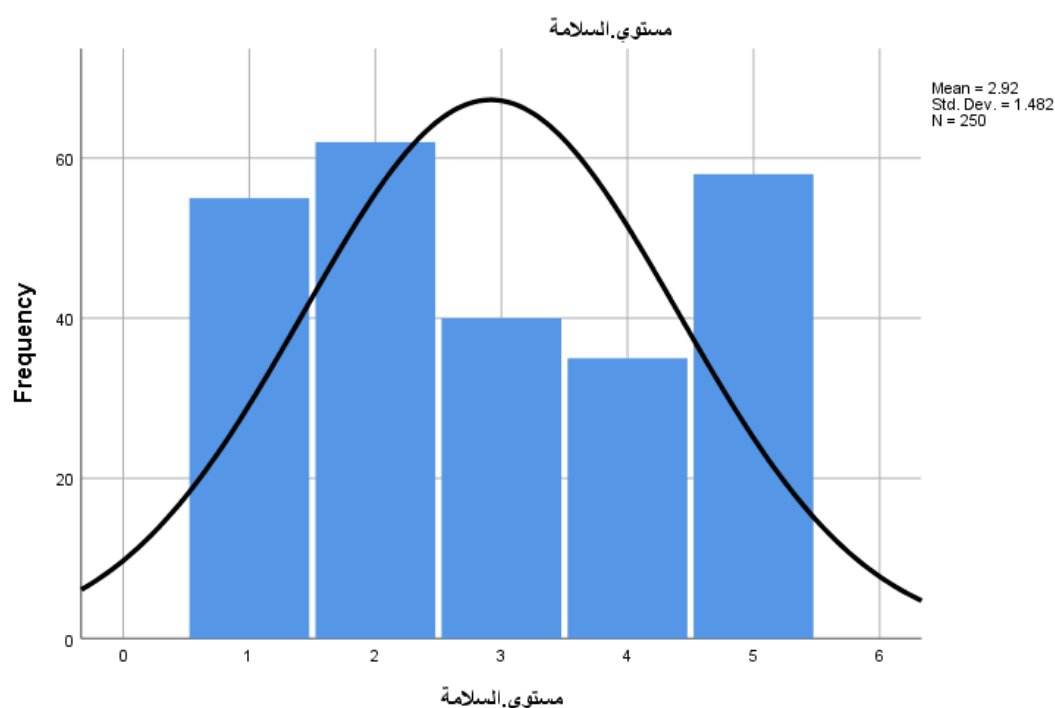
رسم توضيحي 14 : التمثيل البياني للأنظمة الذكية تساهم في المتابعة اللحظية لأداء فرق التنفيذ والمعدات

13. التحول إلى المشاريع الذكية ساعد في رفع مستوى السلامة المهنية في مواقع العمل

يتضح من الجدول أن التحول إلى المشاريع الذكية ساهم في رفع مستوى السلامة المهنية في مواقع العمل، حيث وافق 22.0% ووافق بشدة 24.8% من المشاركين، بينما لم يوافق 16.0% ولم يوافق بشدة 14.0%، وكان 23.2% محايدين، مما يشير إلى أن غالبية المشاركين يرون أثرًا إيجابيًا للتحول الرقمي على السلامة المهنية مع وجود تفاوت نسبي في الآراء.

التحول إلى المشاريع الذكية ساعد في رفع مستوى السلامة المهنية في مواقع العمل					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	55	22.0	22.0	22.0
	أوافق بشدة	62	24.8	24.8	46.8
	لا أوافق	40	16.0	16.0	62.8
	لا أوافق بشدة	35	14.0	14.0	76.8
	لا أوافق ولا أرفض	58	23.2	23.2	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 14 : الوصف الاحصائي للتحول إلى المشاريع الذكية ساعد في رفع مستوى السلامة المهنية في مواقع العمل.



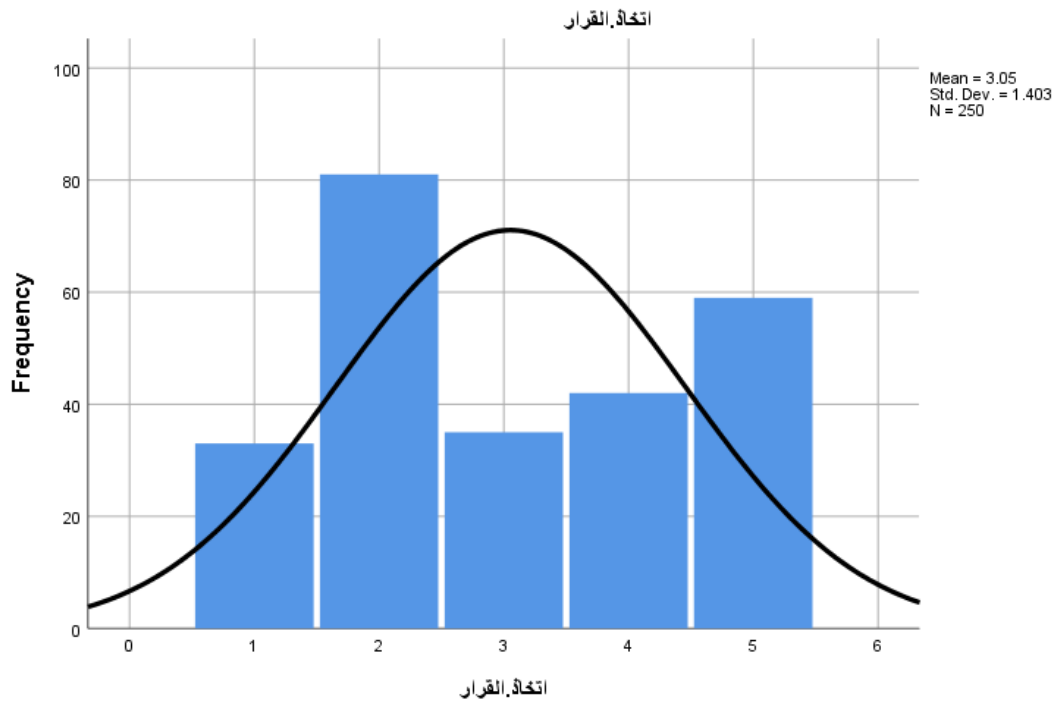
رسم توضيحي 15 : التمثيل البياني للتحول إلى المشاريع الذكية ساعد في رفع مستوى السلامة المهنية في مواقع العمل

14. توفر قواعد بيانات رقمية محدثة أسهم في اتخاذ قرارات أكثر دقة أثناء التنفيذ.

يتضح من الجدول أن توفر قواعد بيانات رقمية محدثة ساهم في اتخاذ قرارات أكثر دقة أثناء التنفيذ، حيث وافق 13.2% ووافق بشدة 32.4% من المشاركين، بينما لم يوافق 14.0% ولم يوافق بشدة 16.8%، وكان 23.6% محايدين، مما يشير إلى أن غالبية المشاركين يرون تأثيرًا إيجابيًا للبيانات الرقمية على جودة اتخاذ القرار مع وجود تفاوت نسبي في الآراء.

توفر قواعد بيانات رقمية محدثة أسهم في اتخاذ قرارات أكثر دقة أثناء التنفيذ					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	33	13.2	13.2	13.2
	أوافق بشدة	81	32.4	32.4	45.6
	لا أوافق	35	14.0	14.0	59.6
	لا أوافق بشدة	42	16.8	16.8	76.4
	لا أوافق ولا أرفض	59	23.6	23.6	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 15: الوصف الإحصائي لتوفر قواعد بيانات رقمية محدثة أسهم في اتخاذ قرارات أكثر دقة أثناء التنفيذ.



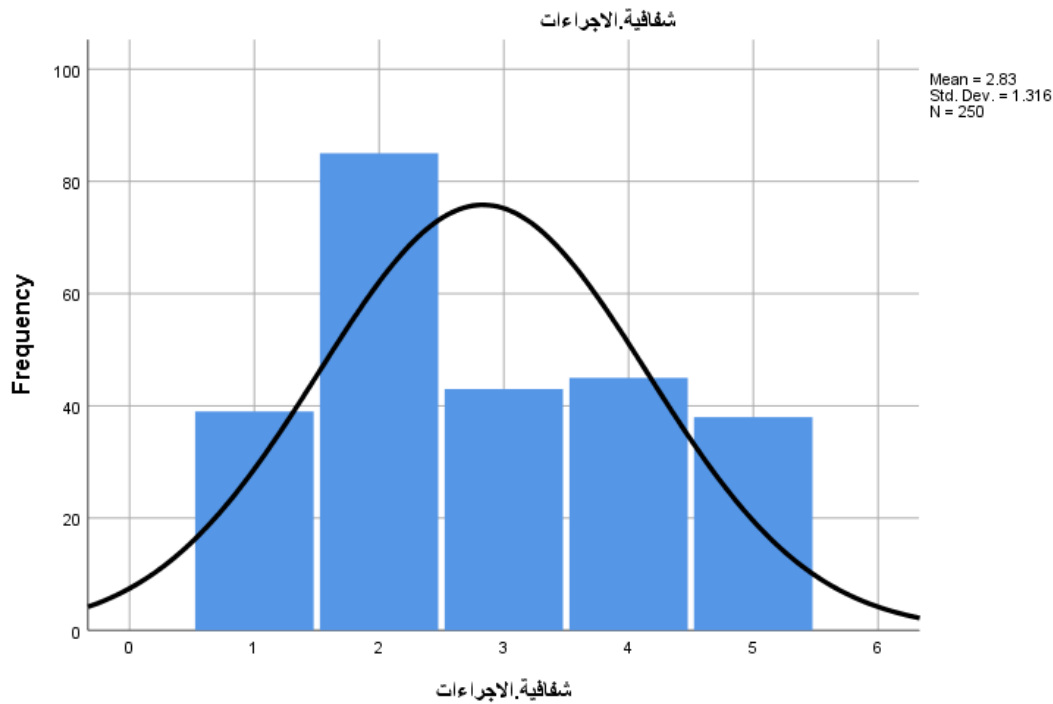
رسم توضيحي 16: التمثيل البياني لتوفر قواعد بيانات رقمية محدثة أسهم في اتخاذ قرارات أكثر دقة أثناء التنفيذ.

15. تبني الحلول الذكية عزز من شفافية إجراءات متابعة المشاريع.

يتضح من الجدول أن تبني الحلول الذكية عزز من شفافية إجراءات متابعة المشاريع، حيث وافق 15.6% ووافق بشدة 34.0% من المشاركين، بينما لم يوافق 17.2% ولم يوافق بشدة 18.0%، وكان 15.2% محايدين، مما يدل على أن غالبية المشاركين يرون أن الحلول الذكية تساهم في تحسين وضوح الإجراءات والمتابعة.

تبني الحلول الذكية عزز من شفافية إجراءات متابعة المشاريع					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	39	15.6	15.6	15.6
	أوافق بشدة	85	34.0	34.0	49.6
	لا أوافق	43	17.2	17.2	66.8
	لا أوافق بشدة	45	18.0	18.0	84.8
	لا أوافق ولا أرفض	38	15.2	15.2	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 16 : الوصف الاحصائي لتبني الحلول الذكية عزز من شفافية إجراءات متابعة المشاريع.



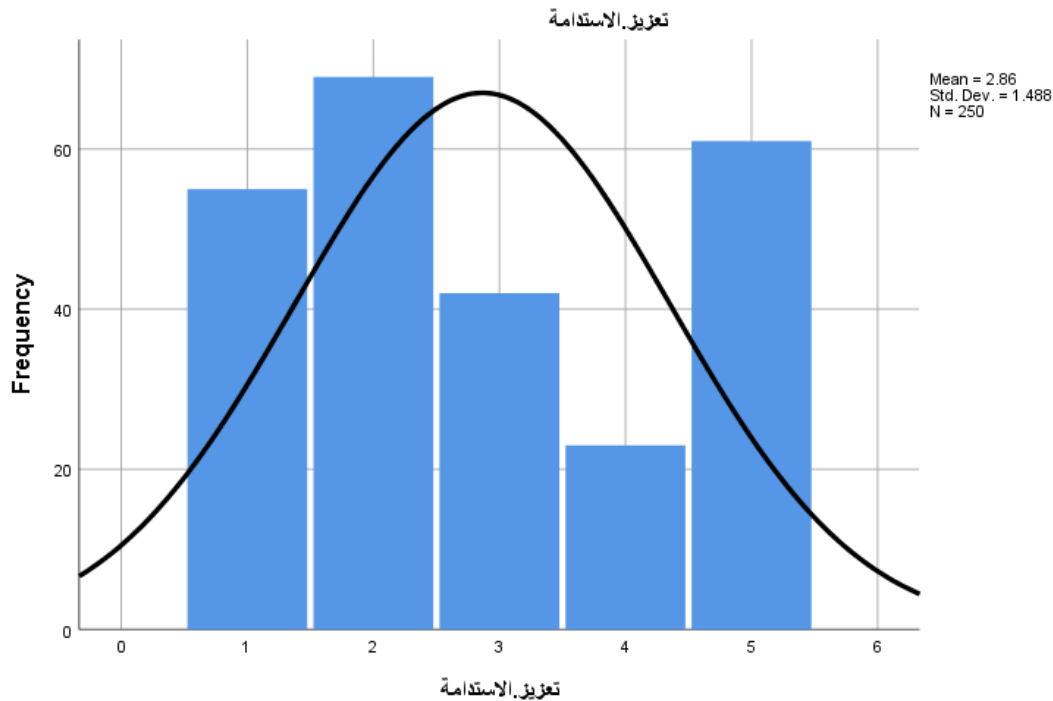
رسم توضيحي 17 : التمثيل البياني لتبني الحلول الذكية عزز من شفافية إجراءات متابعة المشاريع

16. التحول نحو المشاريع الذكية يعزز الاستدامة في إدارة مشاريع المياه والصرف الصحي.

يتضح من الجدول أن التحول نحو المشاريع الذكية يعزز الاستدامة في إدارة مشاريع المياه والصرف الصحي، حيث وافق 22.0% ووافق بشدة 27.6% من المشاركين، بينما لم يوافق 16.8% ولم يوافق بشدة 9.2%، وكان 24.4% محايدين، مما يشير إلى أن أغلب المشاركين يرون أن الحلول الذكية تسهم في تعزيز الاستدامة.

التحول نحو المشاريع الذكية يعزز الاستدامة في إدارة مشاريع المياه والصرف الصحي					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	55	22.0	22.0	22.0
	أوافق بشدة	69	27.6	27.6	49.6
	لا أوافق	42	16.8	16.8	66.4
	لا أوافق بشدة	23	9.2	9.2	75.6
	لا أوافق ولا أرفض	61	24.4	24.4	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 17 : الوصف الاحصائي للتحول نحو المشاريع الذكية يعزز الاستدامة في إدارة مشاريع المياه والصرف الصحي.



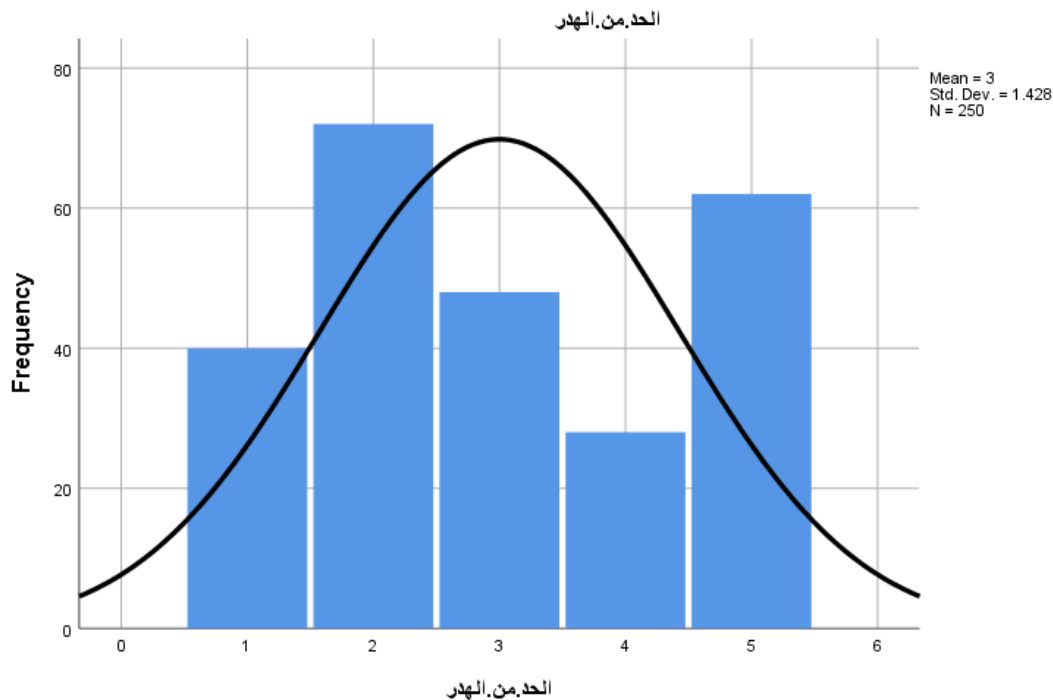
رسم توضيحي 18 : التمثيل البياني للتحول نحو المشاريع الذكية يعزز الاستدامة في إدارة مشاريع المياه والصرف الصحي

17. تطبيق التقنيات الذكية ساهم في الحد من الهدر في الموارد أثناء التنفيذ.

يتضح من الجدول أن تطبيق التقنيات الذكية ساهم في الحد من الهدر في الموارد أثناء التنفيذ، حيث وافق 16.0% ووافق بشدة 28.8% من المشاركين، بينما لم يوافق 19.2% ولم يوافق بشدة 11.2%، وكان 24.8% محايدين، مما يشير إلى أن أغلب المشاركين يرون أن الحلول الذكية تساعد في تقليل الهدر.

تطبيق التقنيات الذكية ساهم في الحد من الهدر في الموارد أثناء التنفيذ					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	40	16.0	16.0	16.0
	أوافق بشدة	72	28.8	28.8	44.8
	لا أوافق	48	19.2	19.2	64.0
	لا أوافق بشدة	28	11.2	11.2	75.2
	لا أوافق ولا أرفض	62	24.8	24.8	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 18 : الوصف الاحصائي لتطبيق التقنيات الذكية ساهم في الحد من الهدر في الموارد أثناء التنفيذ.



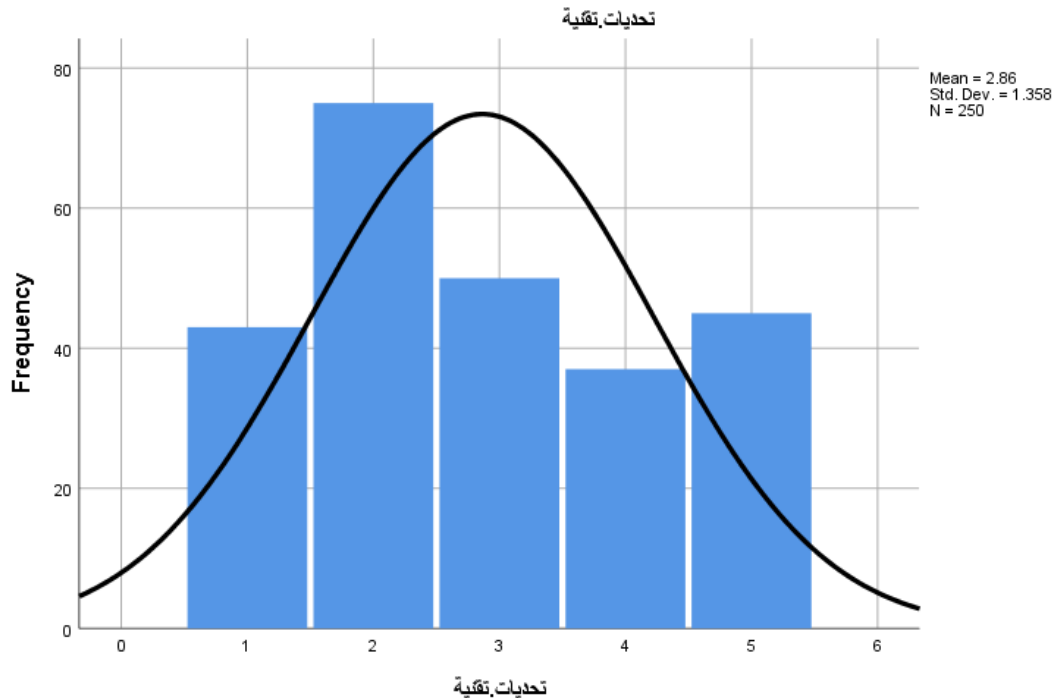
رسم توضيحي 19 : التمثيل البياني لتطبيق التقنيات الذكية ساهم في الحد من الهدر في الموارد أثناء التنفيذ

18. تواجه الشركة تحديات تقنية في تطبيق أنظمة المشاريع الذكية بشكل كامل.

يتضح من الجدول أن الشركة تواجه تحديات تقنية في تطبيق أنظمة المشاريع الذكية بشكل كامل، حيث وافق 17.2% ووافق بشدة 30.0% من المشاركين، بينما لم يوافق 20.0% ولم يوافق بشدة 14.8%، وكان 18.0% محايدين، مما يشير إلى أن هناك إدراكاً ملحوظاً للتحديات التقنية بين المشاركين.

تواجه الشركة تحديات تقنية في تطبيق أنظمة المشاريع الذكية بشكل كامل					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	43	17.2	17.2	17.2
	أوافق بشدة	75	30.0	30.0	47.2
	لا أوافق	50	20.0	20.0	67.2
	لا أوافق بشدة	37	14.8	14.8	82.0
	لا أوافق ولا أرفض	45	18.0	18.0	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 19 : الوصف الاحصائي لتواجه الشركة تحديات تقنية في تطبيق أنظمة المشاريع الذكية بشكل كامل.



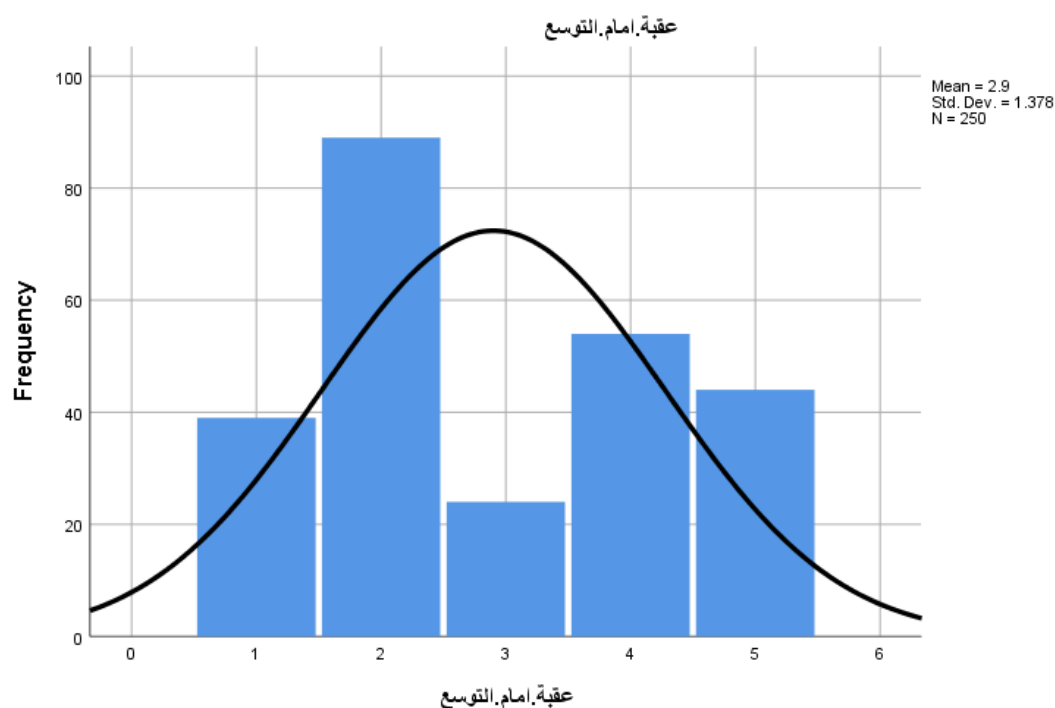
رسم توضيحي 20 : التمثيل البياني لتواجه الشركة تحديات تقنية في تطبيق أنظمة المشاريع الذكية بشكل كامل

19. نقص الكفاءات المتخصصة يمثل عقبة أمام التوسع في تنفيذ المشاريع الذكية.

يتضح من الجدول أن نقص الكفاءات المتخصصة يمثل عقبة أمام التوسع في تنفيذ المشاريع الذكية، حيث وافق 15.6% ووافق بشدة 35.6% من المشاركين، بينما لم يوافق 9.6% ولم يوافق بشدة 21.6%، وكان 17.6% محايدين، مما يشير إلى أن المشكلة معترف بها بشكل كبير بين المشاركين.

نقص الكفاءات المتخصصة يمثل عقبة أمام التوسع في تنفيذ المشاريع الذكية					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	39	15.6	15.6	15.6
	أوافق بشدة	89	35.6	35.6	51.2
	لا أوافق	24	9.6	9.6	60.8
	لا أوافق بشدة	54	21.6	21.6	82.4
	لا أوافق ولا أرفض	44	17.6	17.6	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 20 : الوصف الاحصائي لنقص الكفاءات المتخصصة يمثل عقبة أمام التوسع في تنفيذ المشاريع الذكية.



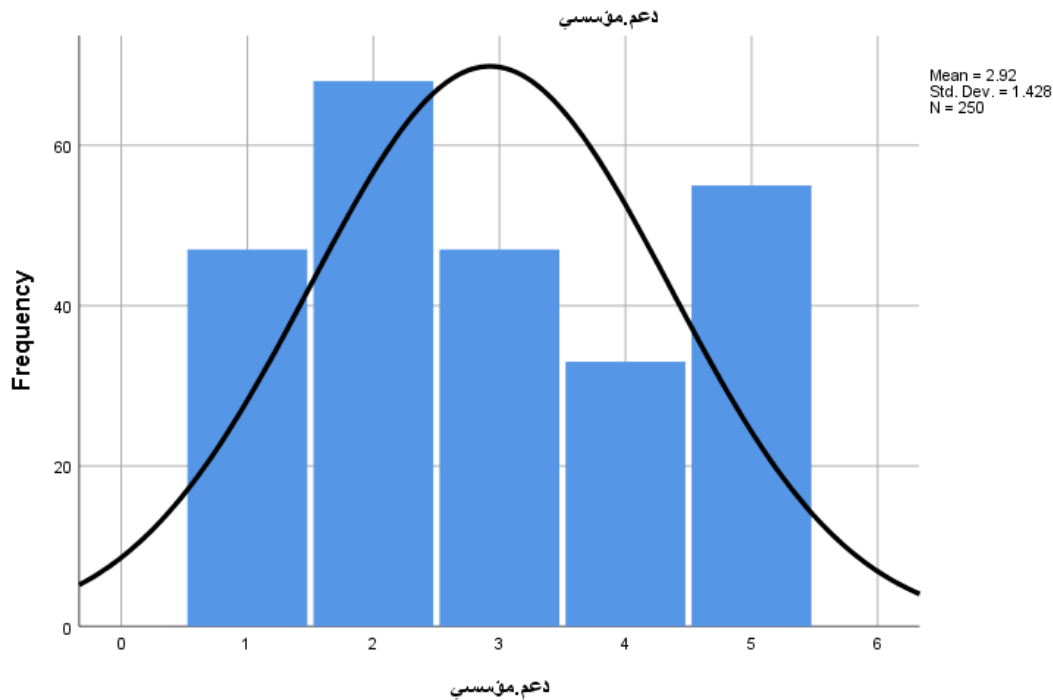
رسم توضيحي 21 : التمثيل البياني لنقص الكفاءات المتخصصة يمثل عقبة أمام التوسع في تنفيذ المشاريع الذكية

20. هناك دعم مؤسسي واضح داخل الشركة لتبني التحول نحو المشاريع الذكية في المستقبل.

يتضح من الجدول أن هناك دعمًا مؤسسيًا واضحًا داخل الشركة لتبني التحول نحو المشاريع الذكية في المستقبل، حيث وافق 18.8% ووافق بشدة 27.2% من المشاركين، بينما لم يوافق 18.8% ولم يوافق بشدة 13.2%، وكان 22.0% محايدين، مما يعكس وجود توجه إيجابي نحو دعم المبادرات الذكية داخل المؤسسة.

هناك دعم مؤسسي واضح داخل الشركة لتبني التحول نحو المشاريع الذكية في المستقبل					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	أوافق	47	18.8	18.8	18.8
	أوافق بشدة	68	27.2	27.2	46.0
	لا أوافق	47	18.8	18.8	64.8
	لا أوافق بشدة	33	13.2	13.2	78.0
	لا أوافق ولا أرفض	55	22.0	22.0	100.0
	Total	250	100.0	100.0	

جدول 21 : الوصف الاحصائي لهنالك دعم مؤسسي واضح داخل الشركة لتبني التحول نحو المشاريع الذكية في المستقبل.



رسم توضيحي 22 هناك دعم مؤسسي واضح داخل الشركة لتبني التحول نحو المشاريع الذكية في المستقبل

- تحليل الموثوقية والمصدقية

يتضح من الجدول أن جميع الحالات البالغ عددها 250 حالة تم تضمينها في التحليل، ولم يتم استبعاد أي حالة، مما يشير إلى اكتمال البيانات وعدم وجود أي فقد للمعلومات في عينة الدراسة.

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	250	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	250	100.0
a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.			

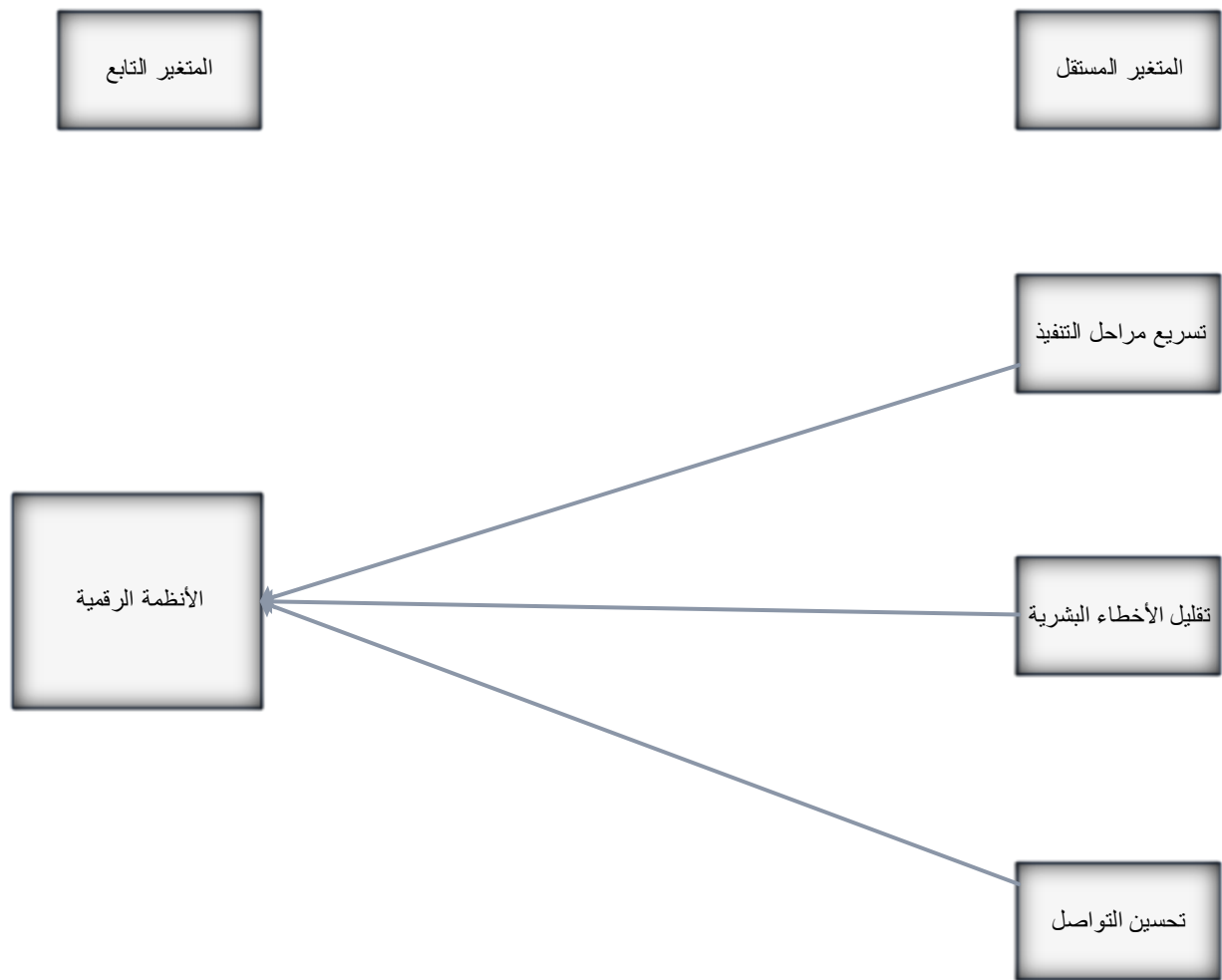
جدول 22 : ملخص معالجة القضية.

يتضح من الجدول أن قيمة ألفا كرونباخ لمتغيرات الدراسة بلغت 0.701، وهو ما يشير إلى أن أدوات القياس المستخدمة تتمتع بدرجة مقبولة من الثبات الداخلي. بمعنى آخر، العناصر أو الأسئلة المكونة للاستبيان مترابطة بشكل جيد وتقيس نفس البُعد المفهومية للمتغيرات المدروسة، مما يعطي ثقة نسبية في موثوقية البيانات التي تم جمعها من المشاركين.

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.701	.684	20

جدول 23: إحصائيات الموثوقية.

- متغيرات الدراسة



رسم توضيحي 23: متغيرات الدراسة التابعة والمستقلة

- تحليل الجداول المتقاطعة لمتغيرات الدراسة

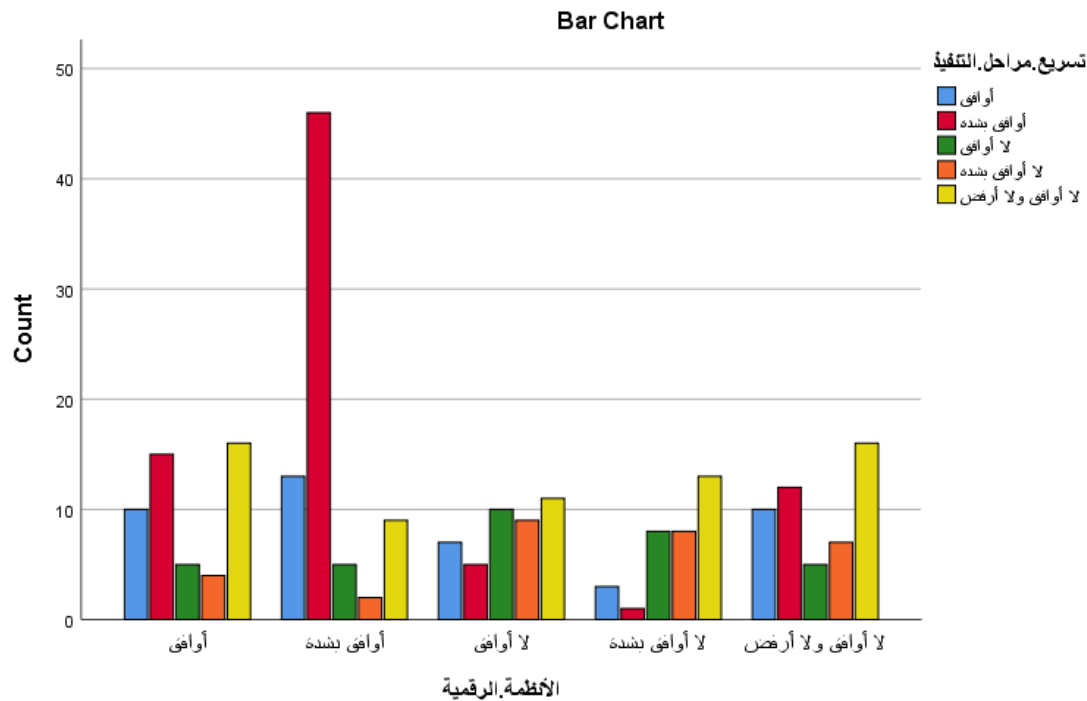
(1) دور الأنظمة الرقمية في تسريع مراحل التنفيذ لشبكات المياه والصرف الصحي بالملكة العربية السعودية

يتضح من الجدول أن اختبار كاي سكوير أظهر وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين الأنظمة الرقمية وتسريع مراحل تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي في المملكة العربية السعودية، حيث بلغت قيمة اختبار بيرسون 70.000 مع درجة حرية 16 ومستوى دلالة 0.000، مما يشير إلى أن استخدام الأنظمة الرقمية يرتبط بشكل قوي بتسريع مراحل التنفيذ، وأن الفرضية الصفرية المتمثلة بعدم وجود تأثير يمكن رفضها بثقة عالية.

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	70.000 ^a	16	.000
Likelihood Ratio	74.427	16	.000
Linear-by-Linear Association	7.470	1	.006
N of Valid Cases	250		

a. 2 cells (8.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3.96.

جدول 24 : اختبار كاي سكوير لدور الأنظمة الرقمية في تسريع مراحل التنفيذ لشبكات المياه والصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية.



رسم توضيحي 24 : المقاييس المتمثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور الأنظمة الرقمية في تسريع مراحل التنفيذ لشبكات المياه والصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية

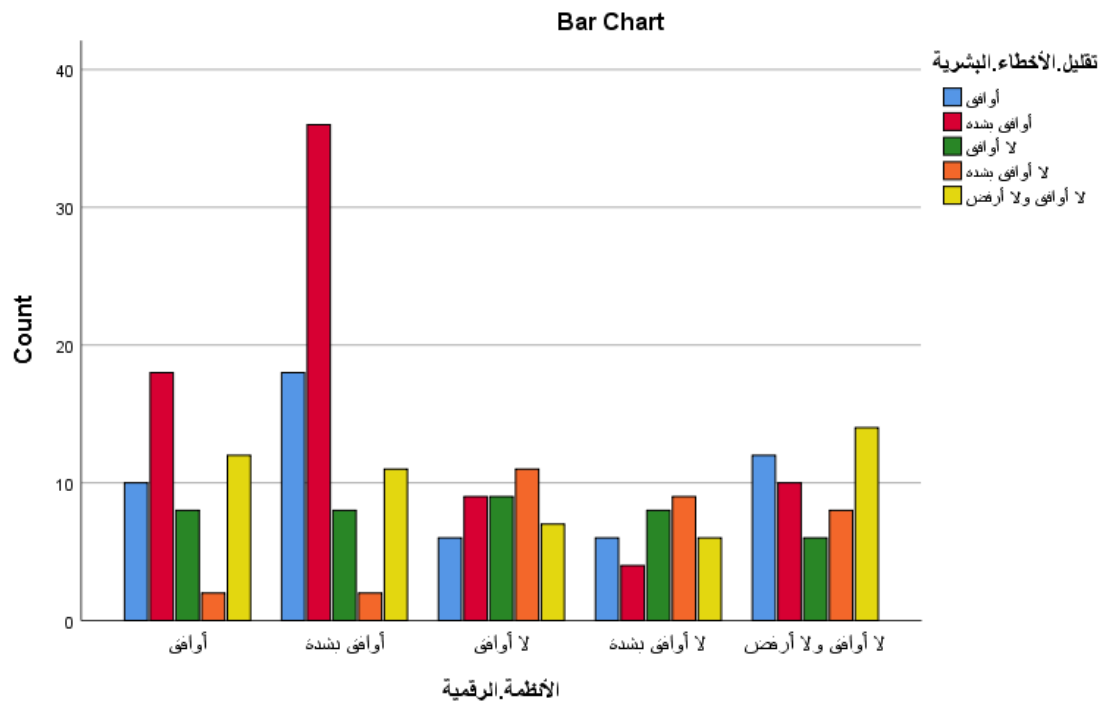
- دور الأنظمة الرقمية في تقليل الأخطاء البشرية لشبكات المياه والصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية

يتضح من الجدول أن اختبار كاي سكوير أظهر وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين الأنظمة الرقمية وتقليل الأخطاء البشرية في شبكات المياه والصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية، حيث بلغت قيمة اختبار بيرسون 44.234 مع درجة حرية 16 ومستوى دلالة 0.000، مما يشير إلى أن استخدام الأنظمة الرقمية يساهم بشكل كبير في تقليل الأخطاء البشرية أثناء تنفيذ المشاريع، ويمكن رفض الفرضية الصفرية بثقة عالية.

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	44.234 ^a	16	.000
Likelihood Ratio	45.843	16	.000
Linear-by-Linear Association	5.187	1	.023
N of Valid Cases	250		

a. 1 cells (4.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 4.22.

جدول 25 : اختبار كاي سكوير لدور الأنظمة الرقمية في تقليل الأخطاء البشرية لشبكات المياه والصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية.



رسم توضيحي 25 : المقاييس المتماثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور الأنظمة الرقمية في تقليل الأخطاء البشرية لشبكات المياه والصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية

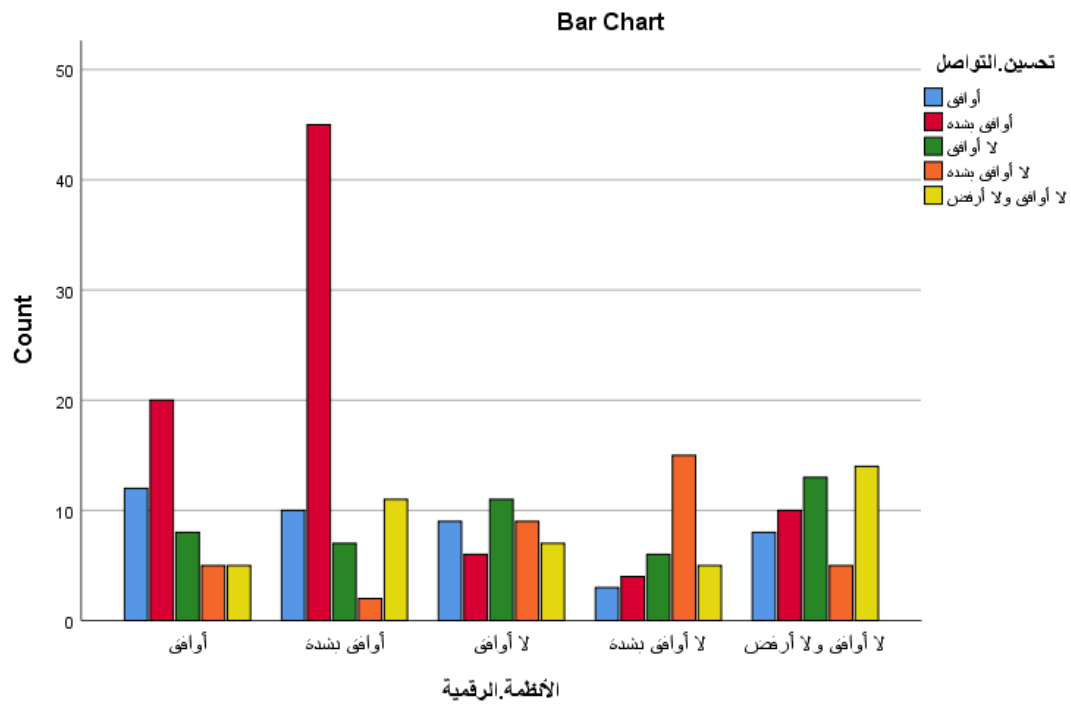
- دور الأنظمة الرقمية في تحسين التواصل لشبكات المياه والصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية

يتضح من الجدول أن اختبار كاي سكوير أظهر وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين الأنظمة الرقمية وتحسين التواصل في شبكات المياه والصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية، حيث بلغت قيمة اختبار بيرسون 75.579 مع درجة حرية 16 ومستوى دلالة 0.000، مما يشير إلى أن تبني الأنظمة الرقمية يسهم بشكل كبير في تعزيز التواصل والتنسيق بين فرق العمل أثناء تنفيذ المشاريع، ويمكن الاستنتاج بأن العلاقة قوية وذات أهمية إحصائية عالية.

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	75.579 ^a	16	.000
Likelihood Ratio	71.640	16	.000
Linear-by-Linear Association	15.937	1	.000
N of Valid Cases	250		

a. 1 cells (4.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 4.75.

جدول 26 دور الأنظمة الرقمية في تحسين التواصل لشبكات المياه والصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية.



رسم توضيحي 26 : المقاييس المتمثلة في تحليل الجداول المتقاطعة لدور الأنظمة الرقمية في تحسين التواصل لشبكات المياه والصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية

- تحليل التباين الأحادي لمتغيرات الدراسة

يتضح من الجدول أن تحليل التباين الأحادي (ANOVA) أظهر أن المتغيرات المستقلة وهي تسريع مراحل التنفيذ، تقليل الأخطاء البشرية، وتحسين التواصل، تفسر فروقاً ذات دلالة إحصائية في المتغير التابع الأنظمة الرقمية، حيث بلغت قيمة $F = 3.594$ مع مستوى دلالة $\text{Sig.} = 0.000$ يشير هذا إلى أن هذه المتغيرات لها تأثير معنوي على تبني الأنظمة الرقمية في مشاريع شبكات المياه والصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية، مما يدل على قوة العلاقة بين متغيرات الدراسة.

ANOVA ^{a,b}					
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	77.126	12	6.427	3.594	.000
Residual	423.818	237	1.788		
Total	500.944	249			
a. الأنظمة الرقمية					
b. تسريع مراحل التنفيذ، تقليل الأخطاء البشرية، تحسين التواصل					
Model: (Intercept),					

جدول 27 : تحليل التباين الأحادي.

يتضح من الجدول أن ملخص نموذج عامل بايز يشير إلى قوة العلاقة بين المتغيرات المستقلة (تسريع مراحل التنفيذ، تقليل الأخطاء البشرية، تحسين التواصل) والمتغير التابع (الأنظمة الرقمية). حيث بلغت قيمة $R = 0.392$ ، مما يدل على وجود ارتباط متوسط بين المتغيرات، بينما بلغت قيمة $R^2 = 0.154$ و R^2 المعدلة $= 0.111$ ، ما يشير إلى أن حوالي 15.4% من التباين في الأنظمة الرقمية يمكن تفسيره بالمتغيرات المستقلة المدروسة. كما يوضح (0.013) Bayes Factor دعماً قوياً للنموذج مقارنة بالنموذج الصفري.

Bayes Factor Model Summary ^{a,b}				
Bayes Factor ^c	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.013	.392	.154	.111	1.34
a. Method: JZS				
b. تسريع مراحل التنفيذ، تقليل الأخطاء البشرية، تحسين التواصل				
c. Bayes factor: Testing model versus null model (Intercept).				

جدول 28 : ملخص نموذج عامل بايز

يتضح من الجدول أن تقديرات بايزية لتباين الخطأ أظهرت أن قيمة التباين المتوقعة (Mean) بلغت 1.803، مع وضع القيمة الأكثر احتمالاً (Mode) عند 1.773، ما يشير إلى استقرار تقدير الخطأ في النموذج. كما يوضح الجدول أن الفاصل الموثوق 95% (Credible Interval) يمتد من 1.505 إلى 2.160، مما يعني أن تقدير تباين الخطأ يقع ضمن هذا النطاق بدرجة ثقة عالية وفق الفرضيات المرجعية القياسية المستخدمة.

Bayesian Estimates of Error Variance ^a					
Parameter	Posterior			95% Credible Interval	
	Mode	Mean	Variance	Lower Bound	Upper Bound
Error variance	1.773	1.803	.028	1.505	2.160
a. Assume standard reference priors.					

جدول 29 : تقديرات بايزية لتباين الخطأ.

المناقشة

تكشف النتائج التي توصل إليها البحث عن أثر واضح ومباشر للتحويل نحو المشاريع الذكية على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي في شركة المياه الوطنية، وهو ما يعكس الاتجاه المتنامي لاعتماد تقنيات التحويل الرقمي في قطاع البنية التحتية بالمملكة. ويبدو من خلال تحليل البيانات أن العاملين في الشركة يدركون بدرجات متفاوتة أهمية هذا التحويل، إلا أن مستويات التطبيق الفعلي ما زالت تخضع في بعض الأحيان لقيود تنظيمية أو تقنية أو بشرية تحد من الاستفادة القصوى من إمكانيات التقنيات الذكية، مما يجعل أثرها لا يظهر دائمًا بالقوة نفسها في جميع مراحل تنفيذ المشاريع.

وتشير النتائج إلى أن استخدام الأنظمة الذكية في مراقبة الشبكات، وأنظمة إدارة المشاريع الرقمية، والتطبيقات الجغرافية (GIS)، وأجهزة الاستشعار الميدانية قد ساهم بدرجة ملحوظة في تحسين دقة المتابعة والإشراف، وتقليل الزمن اللازم لإتمام مراحل العمل، بالإضافة إلى خفض نسبة الأخطاء التشغيلية. وترتبط هذه النتائج بالتوجه العام للشركة نحو تحسين كفاءة الموارد ورفع مستوى الجودة بما يتماشى مع رؤية المملكة 2030 التي تشجع أتمتة الخدمات وإدخال التقنيات الحديثة في إدارة المياه. ويظهر هنا أن التحويل الذكي ليس مجرد تحسين تقني، بل هو إعادة هيكلة شاملة لآليات التخطيط والتنفيذ والمتابعة.

ومن أبرز ما توضحه النتائج أن التقنيات الذكية تسهم في تقليل الهدر المالي والزماني، إذ أظهرت بيانات الاستبانة أن الموظفين يعتبرون أن الأنظمة الرقمية ساعدت في رصد الأخطاء قبل تفاقمها، وتحديد الأعطال بدقة، وتحسين التنسيق بين فرق العمل، الأمر الذي انعكس على تقليل التأخيرات في تنفيذ الشبكات. وتندرج هذه النتيجة مع الأدبيات الدولية التي ترى أن الرقمنة في قطاع المياه تساعد الجهات المعنية على إدارة أصول الشبكات بكفاءة أعلى، وتوقع المشكلات قبل حدوثها، وتعزيز موثوقية الخدمة.

ومع ذلك، فإن المناقشة تكشف أيضًا عن وجود تحديات تواجه عملية التحويل الذكي. فقد اتضح أن جزءًا من الموظفين يرى أن البنية التحتية التقنية الحالية تحتاج إلى مزيد من التطوير لاستيعاب جميع التطبيقات الذكية المطلوبة. كما أشار بعض المستجيبين إلى أن برامج التدريب الحالية غير كافية لتعزيز مهاراتهم في التعامل مع الأنظمة الرقمية، مما قد يحد من فاعلية التحويل الذكي. وهو ما يتفق مع النظريات التي تؤكد أن نجاح التحويل الرقمي يعتمد

على توافر ثلاث ركائز أساسية: التقنية – التنظيم – العنصر البشري، وأن غياب أي منها يؤدي إلى ضعف تأثير التقنيات مهما بلغت درجة تطورها.

وتظهر النتائج كذلك أن الدعم الإداري يعدّ عاملاً حاسماً في تعزيز أثر التحول الذكي. فقد وجد البحث أن الأقسام التي تتلقى دعماً واضحاً من الإدارة العليا في تطبيق الأنظمة الذكية تُظهر أداءً أفضل من غيرها. ويعود ذلك إلى توفير الموارد المالية، وتسهيل إجراءات الحصول على الأنظمة، وتبني سياسات تشجع على الابتكار. وتشير هذه النتيجة إلى ضرورة أن يكون التحول الذكي جزءاً من استراتيجية مؤسسية متكاملة وليس مجرد مبادرات تقنية منفصلة.

كما توضح المناقشة أن أثر التحول الذكي على رضا المستفيدين والجودة التشغيلية لم يكن متساوياً بين جميع المناطق التابعة للشركة. فقد بدت المناطق الكبرى أكثر استفادة بسبب توفر البنية التحتية الرقمية وتعدد المشاريع التطويرية، بينما ظهرت بعض الفجوات في المناطق ذات الانتشار الجغرافي الواسع أو الموارد المحدودة. وتؤكد هذه النتيجة أهمية تبني نهج مرحلي تدريجي يضمن اتساق تطبيق التحول الذكي على مستوى جميع المناطق الجغرافية.

وعند تحليل النتائج الكمية المتعلقة بكفاءة التنفيذ (الوقت – التكلفة – الجودة)، يتبين أن العلاقة بين التحول نحو المشاريع الذكية وكفاءة التنفيذ علاقة طردية ذات دلالة إحصائية، ما يدعم الفرضية الرئيسة للدراسة. ويعزز هذا الاكتشاف الفكرة القائلة إن تحسين كفاءة تنفيذ مشاريع المياه والصرف الصحي يحتاج إلى أدوات رقمية تساعد في مراقبة التنفيذ وتوجيه الموارد وتحسين اتخاذ القرار. لكنه في المقابل يوضح أن تحقيق الاستفادة القصوى من هذه التقنيات لا يتم بمجرد توفير الأجهزة والأنظمة، بل يحتاج إلى إعادة هندسة للعمليات التشغيلية وإلى رفع جاهزية العاملين وتطوير ثقافة التحول داخل الشركة.

إن التحول نحو المشاريع الذكية في شركة المياه الوطنية يمثل عاملاً محورياً في رفع كفاءة مشاريع الشبكات، لكنه ما يزال بحاجة إلى دعم أكبر في الجوانب التقنية والبشرية والتنظيمية. كما تؤكد المناقشة أن الاستثمار في التقنيات الذكية ينبغي أن يقترن باستثمارات موازية في بناء القدرات وتهيئة العمليات وتوفير البيانات الدقيقة. ويساعد ذلك على تعزيز الاستدامة وتطوير الأداء وتحقيق مستويات أعلى من الاعتمادية والجودة في شبكات المياه والصرف الصحي.

الخاتمة

تسعى المملكة العربية السعودية، في ظل رؤيتها الطموحة 2030، إلى تعزيز الاستفادة من التقنيات الحديثة والتحول نحو الرقمنة في مختلف القطاعات، ويُعد قطاع المياه والصرف الصحي أحد أهم هذه القطاعات وأكثرها حساسية نظراً لارتباطه المباشر بجودة الحياة واستدامة الموارد. وفي هذا السياق جاءت هذه الدراسة لتسلط الضوء على أثر التحول نحو المشاريع الذكية على كفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي من خلال دراسة ميدانية تطبيقية داخل شركة المياه الوطنية، وهي الجهة الرئيسة المسؤولة عن إدارة وتشغيل شبكات المياه والصرف الصحي في المملكة.

ومن خلال المنهجية الكمية التي اعتمد عليها البحث، وما أظهرته نتائج الاستبانة والتحليلات الإحصائية، يمكن القول إن التحول الذكي يمثل أحد المحركات الجوهرية لتحسين كفاءة تنفيذ مشاريع البنية التحتية، إذ بينت البيانات أن اعتماد الشركة على التقنيات الذكية — مثل أنظمة إدارة المشاريع الرقمية، تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، المجسات الذكية، أنظمة المراقبة، والبرمجيات المتقدمة — أسهم بدرجة ملموسة في رفع مستوى دقة التخطيط، وتقليل نسب الأخطاء، وتقصير المدد الزمنية، وتحسين جودة التنفيذ.

كما أكدت الدراسة أن التقنيات الذكية لا تؤدي دورًا مكتملاً فحسب، بل تمثل جزءًا بنيويًا في عمليات اتخاذ القرار والتنسيق والإشراف والمراقبة، وهو ما انعكس إيجابًا على خفض الهدر المادي وتحسين كفاءة إدارة الموارد. ويتوافق هذا مع الاتجاه العالمي الذي يرى أن رقمنة مشاريع البنية التحتية تعد خطوة أساسية نحو تحقيق الكفاءة التشغيلية والاستدامة، لاسيما في القطاعات الحيوية مثل المياه.

ومع ذلك، فقد كشفت نتائج الدراسة أيضًا عن تحديات حقيقية يمكن أن تحدّ من الاستفادة الكاملة من التحول الذكي، أبرزها الحاجة إلى تطوير القدرات البشرية، وتعزيز مهارات الموظفين في التعامل مع الأنظمة الرقمية، إضافةً إلى ضرورة مواصلة الاستثمار في البنية التحتية التقنية لضمان تكامل الأنظمة وتحقيق أعلى استفادة ممكنة من البيانات. كما أشارت الدراسة إلى أن مدى الاستفادة من التحول الذكي يختلف من منطقة إلى أخرى داخل الشركة، مما يستدعي تبني إستراتيجية أكثر تكاملاً تضمن اتساق التطبيق وتوحيد مستوى الجودة والخدمات في جميع المناطق الجغرافية.

وتبرز أهمية هذه الدراسة في كونها لا تكتفي بتوصيف الوضع القائم، بل تقدم دليلًا عمليًا وواضحًا على العلاقة الإيجابية ذات الدلالة الإحصائية بين التحول نحو المشاريع الذكية وكفاءة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي. وهذا

يعزز قناعة صانعي القرار بأن الاستثمار في المشاريع الذكية ليس خيارًا تقنيًا فحسب، بل هو استثمار في تحسين جودة الحياة، ورفع كفاءة الإنفاق، وتعزيز استدامة البنية التحتية.

تؤكد الدراسة أن التحول إلى المشاريع الذكية داخل شركة المياه الوطنية يُعد ركيزة أساسية لتحسين الأداء ورفع مستوى الجاهزية والاستجابة لمتطلبات المستقبل. ومع أن النتائج جاءت داعمة بقوة لهذا التحول، إلا أنها تشير أيضًا إلى ضرورة الاستمرار في التطوير، وإطلاق برامج تدريب وتأهيل، وتحديث الأنظمة الرقمية بشكل مستمر، وتعزيز التكامل بين الإدارات، بما يضمن تحقيق الأثر الكامل لهذا التحول. ومن هنا، فإن هذه الدراسة تشكل خطوة في مسار أوسع يهدف إلى بناء منظومة خدمات مياه وصرف صحي أكثر كفاءة، وأكثر ذكاءً، وأكثر قدرة على مواجهة تحديات النمو الحضري والاستدامة في المملكة.

التوصيات

- ضرورة توسعة وتحديث الأنظمة التقنية الحالية، مثل أنظمة تتبع تنفيذ المشاريع، ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، وأجهزة الاستشعار الذكية، لضمان تكامل البيانات ودقتها، وتعزيز قدرة الشركة على مراقبة مشاريعها في الوقت الحقيقي.
- توصي الدراسة بتصميم وتنفيذ برامج تدريبية مستمرة تستهدف رفع مهارات الموظفين في التعامل مع الأنظمة الرقمية والتطبيقات الذكية، مع التركيز على فئات المهندسين والمشرفين وفرق التشغيل الميداني لضمان الاستخدام الأمثل للتقنيات المتوفرة.
- ضرورة وضع سياسات وإجراءات معيارية خاصة بإدارة المشاريع الذكية داخل الشركة، بما يشمل عمليات التخطيط، والتنفيذ، والمتابعة، والتقييم، لضمان اتساق التطبيق وتقليل الفجوات بين المناطق المختلفة.
- تشجيع العمل التعاوني بين إدارات المشاريع، والتقنية، والتشغيل والصيانة، والمالية، بما يضمن تبادل البيانات والتحليلات، وتحسين اتخاذ القرار بناءً على معلومات موحدة ودقيقة.
- توصي الدراسة بالاستفادة من النمذجة التنبؤية والتحليلات الذكية لتوقع الأعطال وتقدير الاحتياجات المستقبلية وتحسين إدارة الأصول، بما يساهم في رفع موثوقية شبكات المياه والصرف الصحي ويقلل من التوقفات المفاجئة.
- ضرورة تعزيز دعم الإدارة العليا لمبادرات التحول الرقمي، وتوفير الموارد اللازمة لتنفيذها، وربطها بشكل مباشر بخطط الشركة الاستراتيجية لضمان استدامة التحول وفعاليته.
- من المهم البدء بتنفيذ مشاريع ذكية نموذجية في المناطق التي لم تصل بعد إلى مستوى تطبيقات المناطق الكبرى، بهدف تقييم الفعالية وتحديد متطلبات التوسع قبل التعميم الكامل.
- توصي الدراسة بإنشاء قواعد بيانات موحدة وشاملة لجميع المشاريع، مع تطبيق معايير جودة البيانات، بما يساهم في تعزيز دقة التحليل، ويدعم اتخاذ القرار المبني على الأدلة.
- ضرورة وضع آليات منهجية لقياس أثر التقنيات الذكية على كفاءة التنفيذ، باستخدام مؤشرات أداء رئيسية (KPIs) تشمل: الوقت، التكلفة، الجودة، ومعدل الأعطال، بما يساعد في تقييم التقدم وتحسين السياسات.
- توصي الدراسة بإطلاق برامج توعوية داخل الشركة تهدف إلى بناء ثقافة إيجابية نحو التحول الرقمي، وتشجيع الموظفين على الابتكار وتبني الأدوات الرقمية في أعمالهم اليومية.

المراجع

المراجع العربية:

- العموش، عبدالله حسين حامد، و العظامات، رضا علي نجم. (2021). استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتقييم أنظمة تصريف مياه الأمطار في مدينة المفرق - الأردن (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة آل البيت، المفرق.
- تاتي، جنات، بوعزة، بثينة، و مشري، العيد. (2022). دراسة شبكة توزيع المياه الصالحة للشرب لمنطقة المخادمة "F3"-ولاية ورقلة- (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، ورقلة.
- بوبكر، قمودة، سليمان، عليات، و مشري، العيد. (2021). دراسة شبكة التزويد بالمياه الصالحة للشرب وشبكة المياه المستعملة لحي من بلدية الطيبات، ولاية تقرت (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، ورقلة.
- المدهون، علاء محمد أحمد، و عسقول، محمد عبدالفتاح عبدالوهاب. (2020). فاعلية بيئة تعليمية إلكترونية قائمة على المشاريع في اكتساب مهارات تصميم وبرمجة تطبيقات الهواتف الذكية لدى طالبات الصف الحادي عشر بغزة (رسالة ماجستير غير منشورة). الجامعة الإسلامية (غزة)، غزة.
- العبابنة، موفق محمد علي محمد، و الحبيس، محمود عبدالله محمد. (2022). أثر جودة الخدمة على الاحتفاظ بالزبائن في مشاريع النقل الذكي للركاب في الأردن (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة البلقاء التطبيقية، السلط.
- الشوابكة، مرج سامي عبدالله، و حياصات، علي سالم مصطفى. (2024). كفاءة تطبيق تقنيات الزراعة الذكية على جودة المشاريع الزراعية في الأردن (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة البلقاء التطبيقية، السلط.

- Albaroudi, E. (2025). Artificial Intelligence innovations for sustainable water management and climate resilience in Saudi Arabia's Vision 2030 Framework. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Elham-Albaroudi/publication/395591418_Artificial_Intelligence_innovations_for_sustainable_water_management_and_climate_resilience_in_Saudi_Arabia's_Vision_2030_Framework/links/68cbe969f3032e2b4be1bf56/Artificial-Intell
- Almulhim, A. I. (2023). Developing a sustainable water conservation strategy for Saudi Arabian cities. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352801X23001418>
- Alzahrani, A. I. (2023). Internet of Things (IoT)-Based Wastewater Management in Smart Cities. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/12/2590>
- Bahreldin, I. (2025). Leveraging advanced digital technologies for smart city development in Saudi Arabia: opportunities, challenges, and strategic pathways. Retrieved from <https://academic.oup.com/ijlct/article/doi/10.1093/ijlct/ctaf044/8087327>
- Baig, M. B. (2020). Water Resources in the Kingdom of Saudi Arabia: Challenges and Strategies for Improvement. Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-29274-4_7
- Baljon, M. (2024). Revolutionizing Saudi Arabia's Agriculture: The IoT Transformation of Water Management. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Mohammed-Baljon/publication/376901620_Revolutionizing_Saudi_Arabia's_Agriculture_The_IoT_Transformation_of_Water_Management/links/65a3fc6240ce1c5902dbd0c4/Revolutionizing-Saudi-Arabias-Agriculture-The-IoT-Transformatio
- Naqash, M. T. (2023). A Blockchain Based Framework for Efficient Water Management and Leakage Detection in Urban Areas. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2413-8851/7/4/99>
- Nasser, K. (2022). A Digital Strategic Alignment Model for Enhancing Sustainable Performance in Saudi Water Companies. Retrieved from <https://vuir.vu.edu.au/44694/>
- Suhail, M. (2024). Issues of Water Resources in Saudi Arabia: Past, Present, and Future. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/10/4189>

- Ahmad, M. A., and Al Saed, R. (2020). Enhancing Governance of Industrial Wastewater Management in Two Palestinian Dairies Using Cleaner Production and Water Footprint Principles (Unpublished Master's Thesis). Birzeit University, Birzeit.
- Attili, O., and Al Saed, R. (2020). Evaluation of a Natural Phytoremediation System in Wadi Zomer for Pollution Reduction in Industrial Wastewater from Nablus West, Palestine (Unpublished Master's Thesis). Birzeit University, Birzeit.
- Al Naamani, A. N. H., Sana, A., Gunawardhana, L., and Baawain, M. S. (2020). Evaluation of Operational Performance of Water Distribution Systems in the Sultanate of Oman (Unpublished Master's Thesis). Sultan Qaboos University, Muscat.
- Al Mahdouri, M. A., Yavari, Z., and Al-Mamun, M. A. (2022). Degradation of Sulfamethoxazole Using Advanced Oxidation Process and Modeling by Artificial Intelligence (Unpublished Master's Thesis). Sultan Qaboos University, Muscat.
- Al-Najjar, Abdullah Mohammed Khalid, and Al-Najjar, Hussam Mohammed Mahmoud. (2022). The Characteristics of Wastewater from Vehicle Washing Facilities (Unpublished Master's Thesis). The Islamic University (Gaza), Gaza.
- Al-Tawahia, Anoud Mubarak Mohammed, Ajam, Abbas Zaki Alwan, and Al-Akayla, Zuhair Tawfiq Abdulmutalib. (2023). Water Demand Modeling and Management in Al Balqa Governorate under Climate Change (Unpublished Master's Thesis). Mutah University, Mutah.
- Al-Matarneh, Sari Raed Taha, and Ajam, Abbas Zaki Alwan. (2023). Pressure-Dependent Demand Modeling of Water Distribution Networks (Unpublished Master's Thesis). Mutah University, Mutah.
- Al-Qazzaz, Mahmoud Basem Mohammed, and Al-Astal, Khalil Mahmoud. (2022). Assessment of Non-Revenue Water in Gaza City: A Case Study Zone in Al-Naser Neighborhood (Unpublished Master's Thesis). Islamic University (Gaza), Gaza.
- Al-Shammari, Saud, Tanash, Mu'ayyad Omar, and Al-Rababa'a, Mo'men Hassan. (2023). Maintenance of Infrastructure Assets in Kuwait State Using Lean Methods (Unpublished Master's Thesis). Hashemite University, Zarqa.
- Al-Hayari, Al-Harith Khalid Mohammed, Al-Manaseer, Nasser Mohammed, and Al-Qudah, Zakaria Qassim. (2024). Evaluation of Wastewater Treatment Efficiency for a Network of Three Plants in Irbid, Jordan (Unpublished Master's Thesis). Al-Balqa' Applied University, As-Salt.
- Ahmad, M. A., and Al-Saed, R. (2020). Enhancing Governance of Industrial Wastewater Management in Two Palestinian Dairies Using Cleaner Production and

Water Footprint Principles (Unpublished Master's Thesis). Birzeit University, Birzeit.

Attili, O., and Al Saed, R. (2020). Evaluation of a Natural Phytoremediation System in Wadi Zomer for Pollution Reduction in Industrial Wastewater from Nablus West, Palestine (Unpublished Master's Thesis). Birzeit University, Birzeit.

الملاحق

الاستبانة

الإجابة					الأسئلة
					1. الأسئلة العامة
60+	50-60	40-50	30-40	20-30	العمر
			أنثى	ذكر	الجنس
دكتوراه	ماجستير	شهادة عليا	درجة البكالوريوس	شهادة الدراسة الثانوية	الدرجة العلمية
					2. أسئلة الإستبيان
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة	تعتمد الشركة في مشاريعها على أنظمة رقمية لإدارة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي.
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة	التحول نحو المشاريع الذكية ساهم في تسريع إنجاز مراحل تنفيذ المشاريع.
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة	استخدام التقنيات الذكية يقلل من الأخطاء البشرية أثناء التنفيذ
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة	الأنظمة الذكية ساعدت في تحسين جودة تنفيذ شبكات المياه والصرف الصحي.
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة	تطبيق تقنيات المراقبة والتحكم الذكي أسهم في رفع كفاءة إدارة المشاريع.
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة	توفر الشركة التدريب الكافي للموظفين على استخدام التقنيات الذكية في المشاريع.
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة	التحول الرقمي أدى إلى تحسين التواصل والتنسيق بين فرق العمل في المشاريع.
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة	استخدام النظم الذكية ساهم في خفض تكاليف تنفيذ مشاريع المياه والصرف الصحي.
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة	الأنظمة الذكية تساهم في المتابعة اللحظية لأداء فرق التنفيذ والمعدات.
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة	التحول إلى المشاريع الذكية ساعد في رفع مستوى السلامة المهنية في مواقع العمل.
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة	توفر قواعد بيانات رقمية محدثة أسهم في اتخاذ قرارات أكثر دقة أثناء التنفيذ.
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة	تبني الحلول الذكية عزز من شفافية إجراءات متابعة المشاريع.
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة	التحول نحو المشاريع الذكية يعزز الاستدامة في إدارة مشاريع المياه والصرف الصحي.
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة	تطبيق التقنيات الذكية ساهم في الحد من الهدر في الموارد أثناء التنفيذ.
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة	تواجه الشركة تحديات تقنية في تطبيق أنظمة المشاريع الذكية بشكل كامل.
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة	نقص الكفاءات المتخصصة يمثل عقبة أمام التوسع في تنفيذ المشاريع الذكية.
أوافق بشدة	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق بشدة	هناك دعم مؤسسي واضح داخل الشركة لتبني التحول نحو المشاريع الذكية في المستقبل.

Abstract

This study explores the impact of the shift towards smart projects on the efficiency of water and wastewater network implementation, focusing on the National Water Company in Saudi Arabia. Within the framework of Saudi Vision 2030, the water sector has undergone a significant digital transformation aimed at enhancing operational efficiency, project quality, and sustainability through the adoption of smart technologies and integrated management systems. The study aims to assess how digital transformation and smart project management tools impact project implementation by accelerating execution phases, reducing human error, improving communication, and optimizing resource utilization. A descriptive-analytical methodology combining quantitative and qualitative approaches was employed to ensure a comprehensive understanding of the relationship between smart project practices and their performance outcomes. Data were collected from a representative sample of National Water Company employees—engineers, project managers, and IT specialists—using questionnaires and structured interviews. Statistical analysis was conducted using SPSS software, employing descriptive statistics, correlation analysis, and regression models to test the research hypotheses. The study addressed both independent variables (smart project components such as digital systems, automated monitoring, and communication tools) and dependent variables (efficiency indicators such as time reduction, error reduction, and quality improvement). The results showed a strong positive correlation between the degree of smart project adoption and improved efficiency within the National Water Company. Specifically, the integration of smart digital platforms and automated management tools contributed to accelerating project completion, enhancing interdepartmental coordination, and significantly reducing human error. The findings indicate that teams using smart technologies achieved higher productivity, lower operating costs, and improved project accuracy compared to those relying on traditional management methods.

Keywords: Smart projects, digital transformation, project efficiency, water networks, Saudi Vision 2030, National Water Company, sustainability.

Midocean University
College of Management
Master's in Project Management



**The Impact of Shifting Towards Smart Projects on the Efficiency of Water and Wastewater
Network Implementation: A Field Study on the National Water Company in the Kingdom of
Saudi Arabia**

**Prepared by/
Hassan Jaber Asiri**

**University ID/
251000564**

**Supervised by/
Dr. Faisal Abdul Hamid
Dr. Fayez Jarad**

**Year
2025**