

العوامل الإدارية والبيئية المؤثرة على استدامة مشاريع التشجير في السعودية

إعداد الطالب/أسر صالح الطاسان

إشراف/

د.الفیصل عبد الحمید

د.فايز جراد

العام الدراسي:

٢٠٢٦

المحتويات

المستخلص: Abstract	٣
الفصل الأول	٤
المقدمة:	٤
-مشكلة الدراسة.	٤
-أهمية الدراسة.	٦
-أهداف الدراسة.	٧
-تساؤلات الدراسة	٧
- فروض الدراسة	٨
-النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث	٨
الفصل الثاني	٩
الدراسات السابقة	٩
-مقدمة	٩
-الدراسات السابقة	١٠
-الإطار النظري	١٢
الخلاصة	١٣
الفصل الثالث منهجية الدراسة	١٥
-مقدمة	١٥
-المنهجية وطرق البحث.	١٥
-مجتمع البحث	١٦
-حدود البحث	١٧
الحدود المكانية:	١٧
الحدود الزمانية:	١٧
الحدود الموضوعية:	١٨
الفصل الرابع النتائج والتوصيات	١٩
-مقدمة	١٩
-تحليل البيانات الميدانية	١٩
-النتائج	٢٠
-التوصيات	٢١
المراجع	٢٣

المستخلص : Abstract

تسعى هذه الدراسة إلى تحليل العوامل الإدارية والميدانية المؤثرة في استدامة مشاريع التشجير في المملكة العربية السعودية (Establishment)، مع التركيز على دور الصيانة والمتابعة الدورية في معالجة ما يعرف بـ "فجوة الاستقرار" التي تعاني منها الشتلات في مراحلها الأولى وتكتسب الدراسة أهميتها من الحاجة لضمان استدامة الغطاء (Gap) النباتي تماشياً مع "مبادرة السعودية الخضراء" وتحديات البيئة الجافة التي تتطلب إدارة دقيقة لموارد المياه اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي من خلال الملاحظة الميدانية المباشرة لعدد من مواقع التشجير وهي أربعة مواقع لرصد ممارسات الري والتقليم والمتابعة.

أظهرت النتائج أن استدامة التشجير لا ترتبط بعملية الغرس الأولي بقدر ارتباطها بكفاءة العمليات الإدارية اللاحقة، حيث أثبتت الدراسات المقارنة أن "ملاءمة النوع للموقع" عامل حاسم؛ إذ تبدي الأشجار في المواقع المدارة كمنتهزات مقاومة أعلى للجفاف مقارنة بأشجار الشوارع كما كشفت الملاحظات الميدانية في المواقع المدروسة عن وجود "صيانة تفاعلية" تعتمد على البلاغات بدلاً من "الصيانة الوقائية" المنتظمة، بالإضافة إلى تعرض شبكات الري للتلف وغياب وسائل الحماية الكافية لها.

وأشارت الدراسة إلى أن استدامة المشاريع في المناطق القاحلة تتطلب تبني "نظم ري دقيقة" وليس مجرد ري مفرط، حيث وجد أن الري المعتدل يحقق معدلات بقاء أعلى للأشجار. وتوصل البحث إلى أن استمرار زراعة أنواع غير موصى بها وتأخر إزالة الدعامات الخشبية يؤثر سلباً على جودة نمو الأشجار واستمراريتها. وتوصي الدراسة بضرورة تفعيل آليات التفتيش الميداني، والالتزام بجدول صيانة وقائية مبنية على الاحتياج الفعلي للأنواع المحلية، لضمان كفاءة الإدارة وتحقيق الأهداف البيئية المستدامة.

الفصل الأول

المقدمة:

يعد الغطاء النباتي أحد أهم الركائز البيئية التي تساهم في تعزيز مرونة النظم البيئية (Resilience) وقدرتها على امتصاص الاضطرابات المناخية وتحسين جودة الحياة الحضرية وتتجاوز أهمية مشاريع التشجير الجوانب الجمالية لتشمل خفض الانبعاثات الكربونية، وتلطيف المناخ المحلي، والحد من تدهور الأراضي، وهو ما يتماشى مع التوجهات العالمية لتحقيق الاستدامة البيئية.

وفي سياق المملكة العربية السعودية، أطلقت الدولة مبادرات بيئية طموحة، على رأسها "مبادرة السعودية الخضراء"، التي تستهدف زيادة مساحات الغطاء النباتي وزراعة ملايين الأشجار لمواجهة التحديات المناخية وتحسين البيئة الحضرية

. إلا أن تنفيذ هذه المشاريع الضخمة في بيئة جافة وشديدة القسوة يطرح تحديات إدارية وفنية معقدة؛ حيث لا يقاس نجاح هذه المبادرات بعدد الأشجار المغروسة فحسب، بل بمعدلات استقرارها (Establishment) وبقائها على المدى الطويل.

وتشير الدراسات العلمية إلى وجود ما يعرف بـ "فجوة الاستقرار" (Establishment Gap)، وهي مرحلة حرجية في نمو الشتلات تعقب عملية الزراعة، حيث ترتفع احتمالات النفوق نتيجة لنقص المياه أو سوء إدارة الموقع إن تجاوز هذه الفجوة يتطلب إدارة فعالة تركز على ممارسات صيانة دقيقة، مثل "ملاءمة النوع للموقع" و"نظم الري الأمثل"؛ إذ أثبتت الأبحاث أن الأشجار التي تخضع لإدارة إدارية محوكة ومتابعة ميدانية منتظمة تظهر قدرة أعلى على مقاومة الجفاف مقارنة بالمشاريع التي تفتقر للمتابعة الدورية.

وعلى الرغم من الجهود المبذولة في التنفيذ الأولي، فإن الاستدامة الحقيقية لمشاريع التشجير تكمن في العمليات الإدارية اللاحقة للزراعة، بما في ذلك الرقابة على المقاولين، وجدولة الصيانة الوقائية، والتفتيش الميداني المستمر. إن أي ضعف في هذه الممارسات الإدارية قد يؤدي إلى هدر الموارد المائية والمالية وفشل المشاريع في تحقيق أهدافها البيئية.

ومن هنا، تأتي هذه الدراسة لتسلط الضوء على العوامل الإدارية والبيئية المؤثرة في استدامة مشاريع التشجير في السعودية، من خلال رصد وتحليل واقع الصيانة والمتابعة في أربعة مواقع ميدانية مختارة، سعياً لتقديم تصور إداري يساهم في سد الفجوة بين طموحات المبادرات الوطنية وبين النتائج المستدامة على أرض الواقع.

-مشكلة الدراسة-

على الرغم من التوسع الطموح في تنفيذ مشاريع التشجير ضمن "مبادرة السعودية الخضراء"، إلا أن التحدي الجوهري لا يقتصر على عملية الغرس الأولي، بل يمتد إلى ضمان استمرارية الغطاء النباتي وتجاوز ما يُعرف علمياً بـ "فجوة الاستقرار" (Establishment Gap). وتتمثل المشكلة في وجود فجوة تنفيذية وإدارية بين المخططات النظرية للمشاريع وبين واقع الصيانة الميدانية اللاحقة للزراعة، مما يهدد استدامة هذه الاستثمارات البيئية.

ومن خلال الملاحظة الميدانية المباشرة التي أجراها الباحث في أربعة مواقع تشجير مختارة، تم رصد عدة مؤشرات تعكس خللاً في العمليات الإدارية والفنية، ويمكن تلخيص أبعاد المشكلة في النقاط التالية:

تبنى نمط "الصيانة التفاعلية" (Reactive Maintenance): لوحظ أن عمليات الصيانة، وخاصة التقليم، لا تتم وفق جداول زمنية وقائية منتظمة، بل غالباً ما تُنفذ استجابةً للبلاغات أو بعد وصول الأشجار لحالة من التردّي تؤثر على حركة المشاة والمظهر العام.

قصور الحماية الإدارية لشبكات الري: كشفت المعاينة عن تعرض أنظمة الري لأضرار إنشائية وكسور نتيجة غياب وسائل الحماية الكافية (كالحواجز أو الأغشية)، مما يؤدي لخلل في كميات المياه الموزعة؛ الأمر الذي قد يسبب اختناق الجذور أو تعفنها عند زيادة الري، أو جفافها عند نقصه، وهو ما يتعارض مع مبدأ "نظم الري الأمثل" الذي تطلبه المناطق الجافة.

ضعف الرقابة على "ملاءمة النوع للموقع": أظهرت الملاحظات استمرار زراعة أنواع نباتية مقيدة أو غير موصى بها (مثل الكونوكاريس)، مما يشير إلى ضعف في الرقابة الإدارية على اختيار الأصناف التي تتوافق مع التوجهات الوطنية لترشيد المياه وتعزيز الأنواع المحلية.

إهمال المتابعة الميدانية للشتلات: لوحظ بقاء الدعامات الخشبية لفترات طويلة جداً تتجاوز السنة الأولى من الزراعة، مما يؤثر سلباً على جودة نمو الجذوع، ويعكس نقصاً في التفتيش الدوري والمتابعة الفنية لمراحل نمو الشجرة.

بناءً على ما سبق، تتبلور مشكلة الدراسة في السؤال التالي: "ما هي العوامل الإدارية والميدانية المؤثرة في تعثر استدامة مشاريع التشجير في البيئة السعودية، وكيف يمكن لرفع كفاءة عمليات الصيانة والمتابعة الدورية أن يسد فجوة الاستقرار لضمان بقاء الغطاء النباتي؟".

-أهمية الدراسة.

تستمد هذه الدراسة أهميتها من الحاجة الملحة لتحويل مشاريع التشجير من مجرد "عمليات غرس أولي" إلى "نظم بيئية مستدامة" قادرة على الصمود في ظل الظروف المناخية القاسية للمملكة العربية السعودية، وتتجلى هذه الأهمية في الجانبين التاليين:

أولاً: الأهمية العلمية (النظرية)

المساهمة في معالجة "فجوة الاستقرار": تسهم الدراسة في إثراء المحتوى العلمي المتعلق بما يعرف بـ "فجوة الاستقرار" (Establishment Gap)، من خلال توضيح كيف تؤثر القرارات الإدارية اللاحقة للزراعة على الخصائص الفسيولوجية للأشجار وقدرتها على البقاء.

تطوير نموذج "ملاءمة النوع للموقع": تقدم الدراسة تأصيلاً علمياً لأهمية التخطيط المكاني، حيث تربط بين نتائج الدراسات العالمية حول "مقاومة الأشجار للجفاف" وبين واقع الإدارة الميدانية في البيئات الحضرية السعودية، مما يسهم في فهم أعمق للتداخل بين العوامل البيئية والإدارية.

إرساء مرجعية لإدارة المشاريع البيئية: تمثل الدراسة إضافة نوعية للمكتبة العربية في تخصص إدارة المشاريع، حيث تسلط الضوء على "إدارة الاستدامة" كجزء لا يتجزأ من دورة حياة المشروع البيئي، متجاوزةً الأطر التقليدية التي تركز فقط على مرحلة التنفيذ.

ثانياً: الأهمية العملية (التطبيقية)

دعم مستهدفات "مبادرة السعودية الخضراء": توفر هذه الدراسة تصوراً إدارياً يدعم التوجهات الوطنية لزيادة الغطاء النباتي، من خلال تقديم توصيات تضمن عدم ضياع الجهود المبذولة في الغرس نتيجة لضعف المتابعة أو الصيانة.

تحسين كفاءة استخدام الموارد المائية: تبرز أهمية الدراسة في قدرتها على توجيه صناع القرار نحو تبني "نظم الري الأمثل"؛ حيث أثبتت التجارب أن الري الدقيق يحقق معدلات بقاء أعلى ويحافظ على استدامة المياه الجوفية مقارنة بالري المفرط الذي قد يؤدي لنتائج عكسية.

التحول من الصيانة التفاعلية إلى الوقائية: تقدم الدراسة دليلاً عملياً للمسؤولين عن إدارة العقود والبلديات بضرورة تفعيل جداول الصيانة الوقائية (Preventive Maintenance) بدلاً من الاعتماد على البلاغات، مما يقلل من نسب نفوق الأشجار ويخفض التكاليف التشغيلية على المدى الطويل.

تطوير معايير الرقابة والتفتيش: تساهم النتائج المستخلصة من الملاحظات الميدانية (مثل إهمال الدعامات الخشبية وتلف الشبكات) في وضع قائمة معايير (Checklist) يمكن للمفتشين الميدانيين استخدامها لرفع جودة الأداء الإداري للمقاولين .

-أهداف الدراسة.

١. تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف الرئيسية التي تربط بين المفاهيم الإدارية والنتائج الميدانية لضمان استدامة الغطاء النباتي، وتتمثل هذه الأهداف فيما يلي:
٢. توضيح أهمية التفتيش الدوري والمتابعة الفنية في رصد ما يُعرف بـ "فجوة الاستقرار" (Establishment Gap)، لضمان نمو الأشجار وتجاوز مراحل الخطر الأولى بعد الزراعة.
٣. تحليل دور جدولة أعمال الصيانة والري وفق "نظم الري الأمثل" (Optimal Irrigation Regime)، التي تعتمد على الاحتياج الفعلي للأصناف النباتية وليس مجرد الري المفرط، لضمان البقاء وكفاءة نمو الجذور.
٤. تقييم أثر "ملاءمة النوع للموقع" (Species-site matching) على استدامة المشاريع، من خلال فهم كيف تؤثر الإدارة الميدانية المتباينة بين (أشجار الشوارع وأشجار المنتزهات) على قدرة النباتات على مقاومة الجفاف.
٥. إبراز دور "الصيانة الوقائية" (Preventive Maintenance) في تقليل الأخطاء التشغيلية، مثل حماية شبكات الري من التلف الإنشائي وإزالة الدعامات الخشبية في الوقت المناسب لضمان سلامة الجذوع.
٦. المساهمة في تقديم تصور إداري متكامل يساعد صناع القرار على سد الفجوة بين الأهداف الاستراتيجية لـ "مبادرة السعودية الخضراء" وبين واقع التنفيذ والمتابعة في المواقع الميدانية، لضمان استمرارية المشاريع على المدى الطويل.
٧. تجمع هذه الأهداف بين الجانب التقني (الري والتربة والأنواع) وبين الجانب الإداري (الرقابة والجدولة والمتابعة)، وهو ما يمثل جوهر رسالتك في إدارة المشاريع.

-تساؤلات الدراسة

١. تسعى هذه الدراسة للإجابة عن السؤال الرئيسي التالي: "ما هي العوامل الإدارية والميدانية المؤثرة في استدامة مشاريع التشجير في السعودية، وكيف يمكن لرفع كفاءة عمليات الصيانة والمتابعة الدورية أن يسد فجوة الاستقرار لضمان بقاء الغطاء النباتي؟".
٢. ويتفرع من هذا السؤال التساؤلات التفصيلية الآتية:
٣. ما هو دور التفتيش الدوري والمتابعة الفنية الميدانية في رصد وتجاوز مرحلة "فجوة الاستقرار" (Establishment Gap) لضمان معدلات بقاء أعلى للأشجار؟
٤. إلى أي مدى يساهم تطبيق "نظم الري الأمثل" (المبني على الاحتياج الفعلي للنوع) في تعزيز قدرة الأشجار على مقاومة الإجهاد المائي مقارنة بنظم الري العشوائي أو المفرط؟
٥. كيف تؤثر ممارسات "ملاءمة النوع للموقع" (Species-site matching) على استدامة التشجير، وهل هناك فروق في مقاومة الجفاف بين الأشجار المدارة في المنتزهات وتلك الموجودة في الشوارع؟
٦. ما هو أثر التحول من "الصيانة التفاعلية" (استجابة للبلابات) إلى "الصيانة الوقائية" في تقليل الأعطال التشغيلية (مثل تلف شبكات الري وإهمال الدعامات الخشبية)؟

٧. ما هي المتطلبات الإدارية والمؤسسية اللازمة لسد الفجوة بين الأهداف الاستراتيجية لمبادرات التشجير الوطنية (مثل مبادرة السعودية الخضراء) وبين واقع التنفيذ والصيانة في المواقع الميدانية؟

- فروض الدراسة

تنطلق هذه الدراسة من فرضية عامة مؤداها: "توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين كفاءة العمليات الإدارية اللاحقة للزراعة (الصيانة، الري، المتابعة) وبين استدامة مشاريع التشجير ومعدلات بقاء الأشجار في البيئة السعودية".

ويتفرع من هذه الفرضية العامة الفروض التفصيلية الآتية:

الفرضية الأولى: يسهم تفعيل نظام التفتيش الدوري والمتابعة الفنية الميدانية في الاكتشاف المبكر لمشكلات النمو، مما يؤدي إلى تقليص "فجوة الاستقرار" (Establishment Gap) وزيادة معدلات بقاء الشتلات.

الفرضية الثانية: يؤدي تطبيق "نظم الري الأمثل" (المعتمدة على الري الدقيق والمعتدل) إلى تحقيق نتائج استدامة أفضل ونمو جذري أقوى مقارنة بنظم الري المفرط أو غير المنتظم.

الفرضية الثالثة: توجد فروق ذات دلالة إحصائية في مقاومة الأشجار للجفاف تعزى إلى "ملاءمة النوع للموقع"، حيث تحقق الأشجار في المواقع المدارة كمنتهزات (تربة أقل انضغاطاً) استدامة أعلى من تلك الموجودة في مواقع الشوارع القاسية.

الفرضية الرابعة: يؤدي التحول من "الصيانة التفاعلية" إلى "الصيانة الوقائية" المجدولة زمنياً إلى خفض الأعطال التشغيلية (مثل كسور شبكات الري وإهمال الدعامات)، مما يعزز من الكفاءة الاقتصادية والبيئية للمشروع.

الفرضية الخامسة: يعتمد نجاح استراتيجيات التكيف والتحول نحو الاستدامة في المشاريع البيئية بشكل جوهري على العوامل المؤسسية، وتوفر المعلومات التقنية، ومدى وعي الكوادر الإدارية بالسياسات الحكومية المنظمة.

-النظرية العلمية المتبعة لإعداد البحث

تتبنى هذه الدراسة مدخل الإدارة المستدامة للمشاريع البيئية، والذي يدمج بين نظرية المرونة البيئية (Resilience Theory) وبين مبادئ الضبط الإداري والمتابعة الدورية. وتنطلق الدراسة من أن استدامة التشجير ليست عملية فنية بحتة، بل هي محصلة لتفاعل الأبعاد المؤسسية والتقنية، حيث يُعد التفتيش الدوري والري الأمثل أدوات إدارية أساسية لسد (فجوة الاستقرار) لضمان بقاء الغطاء النباتي.

الفصل الثاني

الدراسات السابقة

-مقدمة

يُعد استعراض الدراسات السابقة والأدبيات العلمية حجر الزاوية في بناء الإطار المعرفي لأي بحث أكاديمي، لما له من دور حيوي في توضيح التراكم العلمي وتحديد الموقع الدقيق للدراسة الحالية ضمن خارطة الأبحاث العالمية . وفي سياق مشاريع الغطاء النباتي، لم يعد الاهتمام البحثي يقتصر على الجوانب الفنية للزراعة فحسب، بل امتد ليشمل أبعاد الاستدامة الإدارية والتقنية التي تضمن بقاء الأشجار في مواجهة التحديات المناخية القاسية.

وتكتسب مراجعة الأدبيات في هذا الفصل أهمية خاصة نظراً لأن استدامة التشجير في البيئات الجافة ترتبط ارتباطاً وثيقاً بقدرة الإدارة الميدانية على تجاوز ما يُعرف بـ "فجوة الاستقرار" (Establishment Gap)، وهي المرحلة الحرجة التي تلي عملية الغرس وتتطلب برامج صيانة ومتابعة دقيقة. وتهدف هذه المراجعة إلى تسليط الضوء على المتغيرات الأكثر تأثيراً في نجاح المشاريع البيئية، مثل حوكمة نظم الري، والتخطيط المكاني للمواقع، والأدوار المؤسسية في إدارة الموارد.

ومن خلال استعراض الأبحاث التي أُجريت في بيئات جافة مشابهة مثل صحراء منغوليا، والمناطق شبه القاحلة في إسبانيا، والمراعي المتدهورة في إثيوبيا يسعى الباحث إلى بناء أساس منهجي يسمح بمقارنة النتائج العالمية بواقع الممارسات الإدارية في المملكة العربية السعودية كما يهدف هذا الفصل إلى الكشف عن الفجوات البحثية، خاصة فيما يتعلق بضعف الدراسات التي تربط بين "العمليات الإدارية اليومية" (كالرقابة والتفتيش الدوري) وبين معدلات بقاء الأشجار، وهو ما يمثل جوهر الفرضية التي تنطلق منها الدراسة الحالية.

بناءً على ما سبق، سيتم تقسيم هذا الفصل إلى جزأين رئيسيين؛ يتناول الأول الدراسات السابقة مصنفة حسب محاورها التقنية والإدارية، بينما يركز الثاني على الإطار النظري الذي يحدد المفاهيم العلمية للاستدامة، والمرونة البيئية، وإدارة المشاريع المستدامة التي يستند إليها هذا البحث.

-الدراسات السابقة

تناولت الأدبيات العلمية موضوع استدامة التشجير وإدارة الموارد الطبيعية من زوايا تقنية ومؤسسية وبيئية متنوعة، وفيما يلي استعراض لأبرز هذه الدراسات ذات الصلة بموضوع البحث الحالي:

١. الدراسات المتعلقة بإدارة الري وتقنيات حصاد المياه: أجرى Tadele (٢٠١٨) دراسة تقييمية في إثيوبيا حول

أثر تقنيات حصاد مياه الأمطار في الموقع (In-situ) على معدلات بقاء شتلات الأشجار في المراعي المتدهورة

. واعتمدت الدراسة على تجربة ميدانية قارنت بين تقنيات (الحفر، نصف القمر، والسدود الترابية). وأظهرت النتائج

أن نجاح هذه التقنيات يرتبط ارتباطاً وثيقاً بموقع الزراعة من المنحدر، حيث سجلت المناطق السفلى أعلى معدلات

بقاء (٦٦,٥٪) بفضل قدرة التربة على حفظ الرطوبة، بينما انخفضت المعدلات في المناطق المرتفعة. وتؤكد هذه

الدراسة أهمية الاختيار الدقيق للموقع كقرار إداري استباقي لضمان استدامة المشروع

وفي سياق متصل بنظم الري، قدم Byambadorj et al (٢٠٢١) دراسة طويلة استمرت لمدة ١٠ سنوات في المناطق

الصحراوية بمنغوليا، لتقييم أثر مستويات ري مختلفة على استدامة أربعة أنواع من الأشجار الخشبية. وكشفت

الدراسة عن حقيقة إدارية هامة؛ وهي أن الري المعتدل والدقيق (بمعدل ٤ لتر/ساعة) حقق أعلى معدلات بقاء

واستقرار للأشجار، في حين أن الري المفرط (١٢ لتر/ساعة) أدى إلى انخفاض معدلات البقاء رغم زيادة الطول الأولي.

وتشير هذه النتيجة إلى أن استدامة مشاريع التشجير تتطلب "حوكمة" لعمليات الري بناءً على الاحتياج الفعلي وليس

الوفرة المائية

٢. الدراسات المتعلقة بإدارة الموقع والمقاومة البيئية: ركزت دراسة Molina-Pardo et al (٢٠٢٥) على مقاومة

الأشجار الحضرية للجفاف في مدينة ألميريا الإسبانية، من خلال تحليل ١٨,١٧٢ شجرة. وتوصلت الدراسة

إلى أن الأشجار الموجودة في المناطق المدارة كمنتهزات أظهرت مقاومة أعلى بكثير للجفاف مقارنة بأشجار

الشوارع، وذلك نظراً لظروف التربة الأقل انضغاطاً وتوفر مساحات كافية لنمو الجذور. وتسلط هذه

الدراسة الضوء على دور الإدارة الميدانية وتخطيط الموقع في تعزيز "المرونة البيئية" للغطاء النباتي الحضري

٣. الدراسات المتعلقة بالجوانب المؤسسية والمعرفية: تناولت دراسة Swami & Parthasarathy (٢٠٢٠) في

الهند العوامل المتعددة الأبعاد المؤثرة في قرارات التكيف لدى المجتمعات الزراعية

. وأثبتت النتائج أن العوامل المؤسسية، مثل الوعي بالسياسات الحكومية وتوفير المعلومات التقنية، هي المحرك

الأساسي لنجاح أي مبادرة بيئية. كما اقترح Manikas et al (٢٠١٩) نموذجاً تنظيمياً يسمى "مركز معرفة استدامة

الأغذية الزراعية"، مؤكداً أن الاستدامة لا تقتصر على الجانب الميداني بل تتطلب تعاوناً شاملاً يوفر التدريب

المستمر والابتكار التقني (مثل الزراعة الدقيقة) لضمان القيمة المضافة واستمرارية المشاريع.

التعقيب على الدراسات السابقة والفجوة البحثية: من خلال استعراض الدراسات السابقة، يتضح وجود تركيز كبير على المتغيرات التقنية (مثل كميات الري ونوع التربة) أو المتغيرات البيولوجية (مثل نوع الشجرة). ومع ذلك، تبرز فجوة بحثية واضحة في ندرة الدراسات التي تربط استدامة التشجير بالعمليات الإدارية اللاحقة للزراعة مثل آليات الرقابة على المقاولين، وجدولة الصيانة الوقائية، والمتابعة الميدانية الدورية خاصة في البيئات شديدة الجفاف كالمملكة العربية السعودية. وهذا ما تسعى الدراسة الحالية لمعالجته من خلال رصد واقع الصيانة والمتابعة في أربعة مواقع ميدانية.

يسعى هذا الجزء إلى تحديد الأطر المفاهيمية والنظرية التي تستند إليها الدراسة في تحليل العوامل المؤثرة على استدامة مشاريع التشجير، وذلك من خلال التركيز على الأبعاد التالية:

١. مفهوم الاستدامة البيئية والمرونة (Environmental Sustainability & Resilience): تتجاوز الاستدامة البيئية في المفهوم الحديث مجرد الحفاظ على الموارد الطبيعية، لتشمل قدرة النظم البيئية على "المرونة" (Resilience)، وهي قدرة النظام على امتصاص الاضطرابات (مثل الجفاف الشديد) وإعادة تنظيم نفسه مع الحفاظ على وظائفه الأساسية وهويته. وتتحقق هذه الاستدامة من خلال نموذج متعدد الأبعاد يوازن بين ثمانية عوامل رئيسية تتوزع على أربعة أبعاد: البيئة (موارد الأرض والطاقة)، الاقتصاد (الحكومة وسلاسل الإمداد)، المجتمع (السكان والثقافة)، والتكنولوجيا (الابتكار الرقمي وعمليات المعالجة).
٢. فجوة الاستقرار في المناطق الجافة (The Establishment Gap): تواجه مشاريع التشجير في البيئات القاحلة تحدياً إدارياً وفنياً يُعرف بـ "فجوة الاستقرار" (Establishment Gap)؛ وهي المرحلة الحرجة التي تعقب عملية الزراعة مباشرة، حيث ترتفع معدلات نفوق الشتلات نتيجة لنقص المياه أو التوزيع غير المنتظم للأمطار. وتشير الدراسات إلى أن الاستدامة في هذه المشاريع لا تقتصر على عمليات الغرس الأولي، بل ترتبط بمدى قدرة الشتلات على تطوير سمات مورفولوجية وفسولوجية تمكنها من الصمود أمام الإجهاد المائي على المدى الطويل. لذا، تتطلب الإدارة الناجحة تحقيق توازن دقيق بين زيادة المساحات الخضراء وبين الاستهلاك المستدام لموارد المياه الجوفية الشحيحة لضمان عدم استنزافها.
٣. إدارة الموقع ومفهوم "ملاءمة النوع للموقع" (Species-site Matching): تعتمد استدامة الغطاء النباتي الحضري على مبدأ "ملاءمة النوع للموقع"؛ حيث أثبتت الأبحاث أن مقاومة الأشجار للجفاف تتأثر بشكل مباشر ببيئة الزراعة والظروف الميدانية (Site Conditions). فعلى سبيل المثال، تظهر الأشجار في المناطق المدارة كمنتهزات مقاومة أعلى للجفاف مقارنة بأشجار الشوارع، وذلك بسبب اختلاف خصائص التربة (انضغاط أقل)، ومساحة نمو الجذور، ومستويات الحرارة المنبعثة من الأسطح الخرسانية. لذا، تتطلب الإدارة الفعالة تخطيطاً مكانياً يطابق بين الخصائص البيولوجية للأشجار (مثل معرة البذور التي أثبتت تفوقاً في المقاومة) وبين ظروف الموقع الميدانية.
٤. نظام الري الأمثل وتقنيات المتابعة (Optimal Irrigation & Monitoring): لا تعني صيانة مشاريع التشجير مجرد الري المنتظم، بل تطبيق "نظام الري الأمثل" (Optimal Irrigation Regime) المبني على الاحتياج الفعلي للأنواع؛ إذ أظهرت التجارب أن الري المفرط قد يؤدي لنتائج عكسية على معدلات البقاء، بينما يحقق الري المعتدل والدقيق نتائج استدامة أفضل عبر تحفيز النبات فسيولوجياً على التكيف. كما تشمل المتابعة الإدارية تقنيات حصاد مياه الأمطار في الموقع (In-situ) مثل الحفر ونصف القمر، والتي تتأثر

كفاءتها باختيار الموقع الصحيح من المنحدر لضمان حفظ الرطوبة. ويُعد رصد كثافة التربة (Bulk density) وفك انضغاطها جزءاً أساسياً من عمليات المتابعة لضمان نفاذية الماء ونمو الجذور.

٥. البعد المؤسسي والمعرفي في إدارة المشاريع: إن استدامة المشاريع البيئية تعتمد بشكل جوهري على العوامل المؤسسية، والتي تشمل الوعي بالسياسات الحكومية (مثل مبادرة السعودية الخضراء)، وتوفر المعلومات التقنية، والخبرات المحلية. ويبرز هنا دور نماذج "مراكز معرفة الاستدامة" كوسطاء للابتكار، حيث لا تقتصر الإدارة على التنفيذ الميداني بل تمتد لتشمل تدريب الكوادر على تقنيات الزراعة الدقيقة وبناء قواعد بيانات للممارسات الناجحة لضمان القيمة المضافة واستمرارية المشروع

الخلاصة

يُستخلص من المراجعة الشاملة للدراسات السابقة والأطر النظرية أن استدامة مشاريع التشجير في البيئات القاحلة وشبه القاحلة ليست مجرد عملية زراعة تقنية، بل هي نتاج تكامل معقد بين العوامل البيئية والإدارية والمؤسسية. وقد أثبتت النتائج العلمية أن تجاوز "فجوة الاستقرار" (Establishment Gap) للشجرات يعتمد بشكل جذري على دقة القرارات الإدارية المتخذة في المرحلة اللاحقة للغرس.

ويمكن إيجاز أبرز الاستنتاجات النظرية التي توصل إليها هذا الفصل في النقاط التالية:

حوكمة الموارد المائية: إن توفير المياه وحده ليس ضماناً للاستدامة، بل إن تبني "نظام الري الأمثل" القائم على الري المعتدل والدقيق هو الذي يحقق أعلى معدلات البقاء ويحمي الموارد المائية من الهدر.

أهمية التخطيط المكاني: تلعب "ملاءمة النوع للموقع" دوراً حاسماً في تعزيز مرونة الأشجار للجفاف، حيث تتفوق المواقع المدارة بفعالية (كالمنتزهات) على المواقع القاسية (كالشوارع) نظراً لظروف التربة والمساحات الجذرية.

فعالية تقنيات الحصاد والمتابعة: ترتبط كفاءة تقنيات حصاد مياه الأمطار وصيانة التربة بالاختيار الإداري الدقيق لموقع الزراعة من المنحدر لضمان حفظ الرطوبة حول الجذور.

المنظور المؤسسي والمعرفي: تظل المعلومات التقنية والوعي بالسياسات الحكومية المحرك الأساسي لنجاح استراتيجيات التكيف والابتكار في المشاريع البيئية.

الفجوة البحثية وموقع الدراسة الحالية: على الرغم من ثراء الأدبيات السابقة في تناول الجوانب الفنية والبيولوجية (مثل كميات الري، نوع التربة، وأصناف الأشجار)، إلا أن هناك ندرة واضحة في الدراسات التي تركز على "العمليات الإدارية الميدانية" بعد مرحلة التنفيذ الأولي. وتبرز الحاجة الملحة لتحليل واقع الرقابة على المقاولين، وجدولة الصيانة الوقائية (Preventive Maintenance)، وآليات التفتيش الدوري، خاصة في ظل المبادرات الكبرى في المملكة العربية السعودية. ومن هنا، تنطلق الدراسة الحالية لسد هذه الفجوة من خلال رصد وتحليل العوامل الإدارية

والميدانية في المواقع الأربعة المختارة، سعياً لتقديم نموذج إداري يضمن استدامة الغطاء النباتي وتحقيق مستهدفات "مبادرة السعودية الخضراء".

الفصل الثالث منهجية الدراسة

-مقدمة-

يهدف هذا الفصل إلى تفصيل المنهجية العلمية والإجراءات البحثية التي اتبعها الباحث للإجابة على تساؤلات الدراسة واختبار فرضياتها المتعلقة بالعوامل الإدارية والميدانية المؤثرة في استدامة مشاريع التشجير. وتكتسب المنهجية أهمية خاصة في هذا البحث لكونها تسعى لربط المفاهيم النظرية مثل "فجوة الاستقرار" و"نظام الري الأمثل" بواقع الممارسات الميدانية المرصودة في أربعة مواقع تشجير مختارة في المملكة العربية السعودية.

وينطلق الباحث في هذا الفصل من الإيمان بأن فهم استدامة الغطاء النباتي يتطلب أدوات رصد دقيقة تتجاوز مجرد وصف الظاهرة إلى تحليل مسبباتها الإدارية، مثل كفاءة الرقابة على المقاولين وجدولة الصيانة الوقائية. لذا، يستعرض هذا الفصل نوع المنهج المستخدم، ومجتمع الدراسة وعينتها، والأدوات التي تم تطويرها لجمع البيانات الميدانية، بالإضافة إلى الحدود الزمانية والمكانية والموضوعية التي توطر البحث.

كما يوضح هذا الفصل الكيفية التي تمت بها معالجة الملاحظات الميدانية (مثل تلف شبكات الري وإهمال الدعامات الخشبية) وتحليلها في ضوء المعايير العلمية التي وضعتها الدراسات السابقة، لضمان الوصول إلى نتائج وتوصيات تساهم فعلياً في تجويد الأداء الإداري لمشاريع التشجير الوطنية.

-المنهجية وطرق البحث-

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، والذي يعد الأنسب لتوصيف واقع العمليات الإدارية والميدانية في مشاريع التشجير وتحليل أثرها على الاستدامة. وتتضمن المنهجية الخطوات والإجراءات التالية:

١. مجتمع الدراسة وعينتها:

يشمل مجتمع الدراسة مشاريع التشجير القائمة في المملكة العربية السعودية ضمن المبادرات البيئية الوطنية. وقد تم اختيار عينة قصدية (Purposive Sample) مكونة من أربعة مواقع ميدانية مختارة، روعي في اختيارها التنوع في نوع الموقع (شوارع ومنزهات) وتفاوت مستويات الصيانة الملحوظة، وذلك لضمان رصد دقيق لمتغيرات الدراسة.

٢. أداة الدراسة (الملاحظة الميدانية):

استخدم الباحث بطاقة ملاحظة ميدانية (Observation Checklist) تم تطويرها بناءً على المعايير الإدارية والفنية المستمدة من الأدبيات العلمية، وشملت الملاحظة الجوانب التالية:

إدارة الري: رصد حالة شبكات الري، ووجود وسائل حماية للأنابيب، وكفاءة توزيع المياه بناءً على مفهوم "نظم الري الأمثل".

عمليات الصيانة: متابعة جداول التقليم، وإزالة الأغصان غير المرغوب فيها، ومدى الاستجابة للبلابات مقارنة بالصيانة الوقائية.

الدعم الفني للشتلات: رصد حالة الدعامات الخشبية وتوقيت إزالتها لضمان تجاوز "فجوة الاستقرار" بنجاح.

ملاءمة النوع: توثيق الأنواع النباتية المزروعة ومدى توافقها مع القوائم الموصى بها محلياً.

٣. طرق جمع البيانات الميدانية:

تم اتباع إجراءات منهجية تعتمد على الرصد المباشر، مشابهة لما ورد في دراسة Tadele (٢٠١٨) في تقييم المواقع الميدانية وقام الباحث بـ:

المعاينة البصرية المباشرة: إجراء جولات ميدانية متكررة للمواقع الأربعة لتوثيق حالات التلف في شبكات الري، ونمو الأفرع المعيقة للمشاة، ومدى استقرار الشتلات.

التدوين الميداني الوصفي: رصد وتسجيل الملاحظات الإدارية المتعلقة بجودة تنفيذ المقاولين لأعمال الصيانة وتوقيت التدخلات الفنية لكل موقع.

المقارنة المعيارية: مقارنة الممارسات المرصودة (مثل زراعة الكونوكاريس أو تأخر التقليم) بالتوجهات البيئية الحديثة ومعايير الاستدامة المعتمدة.

٤. الأساليب الإحصائية والمعالجة التحليلية:

تمت معالجة البيانات المرصودة من خلال:

التحليل الوصفي: لتصنيف الممارسات الإدارية المرصودة إلى "صيانة وقائية" أو "صيانة تفاعلية".

الربط التحليلي: ربط الملاحظات الميدانية بالنتائج العلمية التي توصل إليها Molina-Pardo et al (٢٠٢٥) حول مقاومة الأشجار للجفاف بناءً على موقع الزراعة (شوارع مقابل منتزهات).

تقييم الفجوة التنفيذية: تحليل الفارق بين الأهداف الاستراتيجية لـ "مبادرة السعودية الخضراء" وبين واقع الممارسة الإدارية الميدانية لاستنباط العوامل المؤثرة في استدامة المشاريع.

-مجتمع البحث

يتكون مجتمع البحث في هذه الدراسة من جميع مشاريع ومبادرات التشجير الجارية والمخطط لها في المملكة العربية السعودية، والتي تستهدف زيادة مساحات الغطاء النباتي وتحسين جودة البيئة الطبيعية والحضرية

. وتتجلى مكونات هذا المجتمع في الأبعاد التالية:

المشاريع والبرامج الوطنية الكبرى: ويشمل ذلك كافة المشاريع المنفذة تحت مظلة "مبادرة السعودية الخضراء"، بالإضافة إلى المبادرات المحلية والإقليمية التي تهدف إلى مكافحة التصحر، وتلطيف المناخ، وتعزيز الاستدامة البيئية في مختلف مناطق المملكة.

التنوع المكاني والبيئي للمشاريع: يضم مجتمع البحث مشاريع التشجير في بيئات متباينة، تشمل أشجار الشوارع (Street Trees) وأشجار المنتزهات والحدائق العامة (Park Trees)؛ حيث تختلف في كل منهما التحديات الميدانية والظروف البيئية (مثل درجة انضغاط التربة والمساحات الجذرية) التي تؤثر على استقرار الأشجار.

المنظومة الإدارية والتشغيلية: يركز مجتمع البحث بشكل أساسي على الممارسات الإدارية والعمليات الميدانية المرتبطة بإدارة هذه المشاريع في مرحلة ما بعد الزراعة، والتي تشمل: إدارة عقود التشغيل، وجدولة عمليات الري بناءً على الاحتياج الفعلي، وبرامج الصيانة الدورية (التقليم والتسميد)، وآليات التفتيش والمتابعة الفنية للشتلات لضمان تجاوز "فجوة الاستقرار".

الأطراف المعنية (Stakeholders): يدخل ضمن نطاق مجتمع البحث الجهات المشرفة (مثل البلديات والأمانات) والمقاولون المنفذون لأعمال الصيانة؛ حيث تُعد كفاءة الأداء الإداري والوعي بالسياسات الحكومية المنظمة من العوامل الحاسمة لضمان استدامة المشاريع.

باختصار، يمثل مجتمع البحث "كافة مشروعات الغطاء النباتي في السعودية بأبعادها التنفيذية والإدارية"، والتي تسعى الدراسة الحالية لتحليل واقعها الميداني من خلال العينة القصدية المختارة (المواقع الأربعة) للوصول إلى نتائج تعزز من كفاءة الإدارة البيئية المستدامة.

-حدود البحث

الحدود المكانية:

تقتصر هذه الدراسة في نطاقها الجغرافي على المملكة العربية السعودية، وبالتحديد مشاريع التشجير المنفذة ضمن المبادرات البيئية الوطنية مثل "مبادرة السعودية الخضراء". ولأغراض الرصد والتحليل الميداني، ركز الباحث على أربعة مواقع ميدانية مختارة داخل المملكة، تمثل بيئات تشجير متنوعة تشمل (أشجار الشوارع والمنتزهات العامة)، وذلك لدراسة تفاوت العوامل الإدارية والميدانية وتأثيرها على استقرار الأشجار في هذه المواقع.

الحدود الزمانية:

تقتصر هذه الدراسة في مداها الزمني على الفترة الحالية (العام الدراسي ٢٠٢٥-٢٠٢٦م)، حيث تم إجراء الملاحظات الميدانية وعمليات الرصد لواقع مشاريع التشجير خلال هذه الفترة

. ويأتي اختيار هذا الإطار الزمني تزامناً مع الحراك البيئي النشط الذي تشهده المملكة العربية السعودية والجهود المبذولة لزيادة الغطاء النباتي وتحقيق الاستدامة البيئية ضمن مستهدفات "مبادرة السعودية الخضراء"، مما يضمن الحصول على نتائج تعكس واقع الممارسات الإدارية والتشغيلية المعاصرة في الميدان.

الحدود الموضوعية:

تقتصر هذه الدراسة في إطارها الموضوعي على تحليل العوامل الإدارية والميدانية التي تؤثر بشكل مباشر على استدامة مشاريع التشجير، مع التركيز بشكل خاص على مرحلة ما بعد الزراعة لضمان تجاوز ما يُعرف بـ "فجوة الاستقرار" (Establishment Gap) ويتفرع هذا النطاق الموضوعي إلى المحاور التالية:

حوكمة نظم الري: رصد وتحليل كفاءة توزيع المياه بناءً على مفهوم "نظام الري الأمثل"، وتقييم أثر حماية الشبكات من التلف الإنشائي على صحة الأشجار.

إدارة العمليات الميدانية: تقييم واقع جداول الصيانة الوقائية (مثل التقليم المنتظم وإزالة الدعامات الخشبية في توقيتها الصحيح) مقابل "الصيانة التفاعلية" التي تتم بناءً على البلاغات.

التخطيط المكاني والبيئي: دراسة مدى الالتزام بمبدأ "ملاءمة النوع للموقع"، والتحقق من زراعة الأنواع المحلية الموصى بها التي تعزز من المرونة البيئية (Resilience) للمشروع في المناطق الجافة.

الرقابة الإدارية والمؤسسية: تحليل دور التفتيش الميداني الدوري والوعي بالسياسات الحكومية المنظمة (مثل مبادرة السعودية الخضراء) في سد الفجوة بين الأهداف الاستراتيجية وواقع التنفيذ الميداني.

الفصل الرابع النتائج والتوصيات

-مقدمة

يُخصص هذا الفصل لعرض وتحليل النتائج التي تم التوصل إليها من خلال الجولات الميدانية والرصد المباشر في المواقع الأربعة المختارة، وذلك في ضوء أهداف الدراسة وتساؤلاتها المتعلقة بالعوامل الإدارية والميدانية المؤثرة في استدامة مشاريع التشجير

. ويهدف هذا الجزء من البحث إلى تقديم قراءة تحليلية لواقع ممارسات الصيانة والمتابعة، وتقييم مدى مواءمتها للمعايير العلمية والإدارية التي تضمن تجاوز "فجوة الاستقرار" وبقاء الغطاء النباتي في البيئة السعودية.

وينطلق تحليل البيانات في هذا الفصل من الملاحظات الدقيقة التي تم تدوينها حول (إدارة الري، جداول التقليم، الحالة الفنية للشتلات، وملاءمة الأنواع للموقع)، حيث يتم ربط هذه الملاحظات بالنتائج التي استعرضتها الأدبيات السابقة، مثل أهمية "نظام الري الأمثل" وأثر "الصيانة الوقائية" في تقليل الهدر المالي والبيئي.

كما يسعى هذا الفصل إلى تشخيص الفجوات التنفيذية بين الخطط الاستراتيجية الوطنية، مثل "مبادرة السعودية الخضراء"، وبين الممارسة الميدانية اليومية للمقاولين والجهات المشرفة، وصولاً إلى وضع مجموعة من التوصيات الإجرائية التي يمكن أن تساهم في رفع كفاءة إدارة المشاريع البيئية وضمان استدامتها على المدى الطويل.

-تحليل البيانات الميدانية

بناءً على الجولات الميدانية والمعاينة البصرية المباشرة للمواقع الأربعة المختارة، تم رصد وتحليل واقع العمليات الإدارية والفنية المتبعة، وتتلخص أبرز نتائج التحليل فيما يلي:

١. كفاءة عمليات الصيانة والتقليم: كشفت الملاحظات الميدانية عن وجود ضعف في انتظام عمليات الصيانة، حيث لوحظ نمو أفرع عشوائية وغير مرغوب فيها في عدد كبير من الأشجار نتيجة غياب التقليم الدوري هذا القصور لا يؤثر فقط على الجانب الجمالي وانحراف الشجرة عن مسار نموها المخطط له، بل يمتد أثره ليعيق حركة المشاة في الشوارع نتيجة بروز الأغصان خارج أحواض الزراعة ويشير هذا التحليل إلى غياب "الصيانة الوقائية" المجدولة والاعتماد بدلاً من ذلك على الصيانة التفاعلية التي تتم فقط بعد تلقي بلاغات من السكان أو الجهات الرقابية.
٢. سلامة وحماية شبكات الري: أظهر تحليل المواقع تعرض البنية التحتية لنظم الري لأضرار مادية واضحة نتيجة غياب وسائل الحماية المادية (مثل الحواجز أو الشبك الواقي) للأنابيب والمحابس هذا التلف الإنشائي الناتج عن حركة المشاة أو الاستخدام غير المقصود أدى إلى خلل في توزيع المياه؛ حيث تسبب في بعض الحالات في "اختناق الجذور" وتعفن نتيجة تراكم المياه المفرط حول الأشجار، أو جفافها في حالات أخرى نتيجة كسر الأنابيب، مما يؤثر مباشرة على فرص بقاء الشجرة واستقرارها.
٣. ملاءمة الأنواع النباتية والتوجهات البيئية: رصد الباحث استمرار زراعة أنواع نباتية معينة تم تقييد زراعتها أو لا ينصح بها حالياً، مثل شجرة الكونوكاريس وبعض أصناف النخيل التي تستهلك كميات كبيرة من المياه

المياه

. هذا التحليل يظهر وجود فجوة بين التوجهات الوطنية الحديثة الهادفة لترشيد استهلاك المياه وبين واقع الممارسة الميدانية التي ما زالت تعتمد على أنواع قد تؤثر سلباً على التنوع النباتي المحلي وتستنزف الموارد المائية.

٤. المتابعة الفنية للشتلات (الدعامات الخشبية): لوحظ في المواقع الأربعة إهمال إداري فيما يخص المتابعة

الزمنية لنمو الأشجار، حيث بقيت الدعامات الخشبية مربوطة بجذوع الأشجار لسنوات طويلة بعد استقرارها وبحسب المعايير الفنية، يجب إزالة هذه الدعامات فور استقرار الشجرة (غالباً بعد السنة الأولى)، إلا أن بقاءها لفترات مفرطة قد يؤدي لتشوه الجذوع وإعاقة نموها الطبيعي، مما يعكس ضعفاً في الرقابة الفنية اللاحقة لمرحلة الزراعة

٥. الحالة التغذوية والتربة: من الجوانب الإيجابية التي أظهرها التحليل الميداني، غياب المؤشرات الواضحة لنقص العناصر الغذائية على الأوراق، مما قد يشير إلى أن عمليات التسميد تتم بشكل مقبول أو أن التربة في المواقع المختارة ما زالت تحتفظ بخصوبتها الطبيعية، وهو ما يمثل نقطة قوة يمكن البناء عليها لتعزيز استدامة المواقع إذا ما عولجت المشكلات الأخرى المتعلقة بالري والتقليم.

-النتائج

بناءً على تحليل البيانات والملاحظات الميدانية في المواقع الأربعة، وفي ضوء المقارنة مع الأدبيات العلمية السابقة، توصلت الدراسة إلى النتائج الرئيسية التالية:

محورية الصيانة اللاحقة في تحقيق الاستدامة: أثبتت النتائج أن استدامة مشاريع التشجير لا تضمنها عملية الزراعة الأولية، بل تعتمد بشكل جذري على كفاءة عمليات الصيانة والمتابعة الدورية؛ حيث تبين أن القصور في هذه العمليات يؤدي مباشرة إلى تعثر نمو الأشجار وفشلها في تجاوز "فجوة الاستقرار" (Establishment Gap).

أهمية التقليم الفني والجمالي: تبين أن التقليم المنتظم هو عامل حاسم ليس فقط في الحفاظ على الصحة الفسيولوجية للأشجار، بل وفي منع نمو الأغصان العشوائية التي تعيق حركة المشاة وتؤثر سلباً على المظهر الحضري، وهو ما يفتقر إليه نمط الصيانة "التفاعلية" المرصود.

الارتباط بين سلامة البنية التحتية والنمو: كشفت النتائج أن تعرض شبكات الري للتلف المادي (نتيجة غياب الحماية) يؤدي إلى خلل في توزيع المياه، مما يسبب إما جفافاً أو "اختناقاً للجذور" نتيجة الري المفرط في مناطق الكسر، وهو ما يتفق مع دراسة (Byambadorj) التي حذرت من أثر الري غير المنضبط على معدلات البقاء.

فجوة اختيار الأنواع النباتية: لوحظ وجود تعارض بين الممارسات الميدانية والتوجهات الوطنية لترشيد المياه، حيث لا تزال تُزرع أنواع تستهلك مياهاً بكثافة (مثل الكونوكاريس) أو أنواع غير موصى بها، مما يقلل من المرونة البيئية (Resilience) للمشروع أمام فترات الجفاف.

تفاقم الأضرار بسبب "إدارة البلاغات": أظهرت النتائج أن الاعتماد على الصيانة القائمة على البلاغات بدلاً من الصيانة الوقائية المجدولة يؤدي إلى تفاقم مشكلات فنية (مثل تشوه الجذوع أو تلف الأنابيب) كان من الممكن معالجتها بتكلفة وجهد أقل في مراحلها المبكرة.

قصور المتابعة الزمنية للنمو: تبرز النتائج إهمالاً في المتابعة الفنية للشتلات، حيث بقيت الدعامات الخشبية لسنوات بعد استقرار الأشجار، مما يعيق النمو الطبيعي للجذوع ويحول الأداة المساعدة إلى عامل تشويه مادي للشجرة.

تأثير الموقع على المقاومة: دعمت الملاحظات الميدانية ما ذهبت إليه دراسة (Molina-Pardo) من أن الأشجار في بيئات الشوارع (تربة منضغطة وحرارة عالية) تحتاج إلى عناية إدارية مضاعفة مقارنة بأشجار المنتزهات لضمان بقائها واستقرارها.

-التوصيات

في ضوء النتائج المستخلصة، تقدم الدراسة مجموعة من التوصيات الإجرائية لرفع كفاءة إدارة مشاريع التشجير وضمان استدامتها في البيئة السعودية:

١. التوصيات الإدارية والرقابية:

التحول نحو الصيانة الوقائية: ضرورة الالتزام ببرامج الصيانة الوقائية (Preventive Maintenance) المجدولة زمنياً، وعدم الاعتماد على "الصيانة التفاعلية" القائمة على البلاغات فقط، لتقليل التكاليف التشغيلية وتجنب تفاقم المشكلات الفنية.

تفعيل منظومة التفتيش الدوري: إنشاء نظام رقابي ميداني صارم من قبل الجهات المشرفة لرصد أداء المقاولين بشكل دوري، والتأكد من جودة تنفيذ عمليات التقليم، والري، والمتابعة الفنية للشتلات في مراحل نموها الأولى.

وضع معايير زمنية للدعامات: إلزام الفرق الميدانية بجدول زمني محدد لإزالة الدعامات الخشبية بمجرد استقرار نمو الشجرة وتجاوزها "فجوة الاستقرار"، لتجنب تشوه الجذوع أو إعاقة نموها الطبيعي.

٢. التوصيات الفنية والميدانية:

حماية البنية التحتية للري: إلزام المقاولين بتوفير وسائل حماية مادية لشبكات الري (مثل الأغشية والحواجز الواقية) للحد من التلف الناتج عن حركة المشاة أو الاستخدام غير المقصود، مما يضمن كفاءة توزيع المياه.

تطبيق نظم الري الأمثل: تبني "نظام الري الأمثل" الذي يعتمد على الاحتياج الفعلي لكل نوع نباتي، حيث أثبتت الدراسات أن الري المعتدل والدقيق يحقق معدلات بقاء أعلى للأشجار مقارنة بالري المفرط الذي قد يسبب اختناق الجذور.

تحسين ظروف الموقع: العمل على فك انضغاط التربة في مواقع الشوارع وزيادة المساحات المخصصة لنمو الجذور (Permeable surfaces) لتعزيز قدرة الأشجار على مقاومة الإجهاد المائي.

٣. التوصيات الاستراتيجية والبيئية:

الالتزام بملاءمة النوع للموقع: التوقف التام عن زراعة الأنواع المستنزفة للمياه أو غير الموصى بها (مثل الكونوكاريس)، والتركيز على الأنواع المحلية ومعرفة البذور (Gymnosperms) التي أثبتت مرونة عالية في تحمل الجفاف والظروف القاسية.

إجراء تقييمات ما قبل الزراعة: ضرورة إجراء تقييم فني شامل للموقع (Suitability evaluation) يشمل منحدر الأرض وقدرة التربة على حفظ الرطوبة قبل البدء في عمليات الغرس لضمان نجاح المشروع.

٤. التوصيات المؤسسية والمعرفية:

تطوير مراكز معرفة الاستدامة: إنشاء شبكات تواصل ومعلومات (Knowledge Hubs) تربط بين الجهات المشرفة، والمقاولين، والمؤسسات البحثية لتدريب الكوادر على تقنيات الزراعة الدقيقة وأفضل ممارسات الصيانة الميدانية. تعزيز الوعي المجتمعي: إطلاق حملات توعوية وطنية حول أهمية الحفاظ على الأشجار ومرافق الري، وبناء الثقة في السياسات الحكومية المنظمة (مثل مبادرة السعودية الخضراء) لضمان تعاون المجتمع في حماية الغطاء النباتي.

Byambadorj, S. O., Park, B. B., Hernandez, J. O., Dulamsuren, N., Sainbuyan, Z., Altantugs, O., Sharavdorj, K., Seong, I. K., & Batkhuu, N. O. (2021). Optimal irrigation regime for woody species potentially suitable for effective and sustainable afforestation in the desert region of Mongolia. *Land*, 10(2), 212

Dinca, L., Coca, A., Tudose, N. C., Marin, M., Murariu, G., & Munteanu, D. (2025). The role of trees in sand dune rehabilitation: Insights from global experiences. *Applied Sciences*, 15, 7358

Imanuddin, R., Hidayat, A., Rachmat, H. H., Turjaman, M., Pratiwi, Nurfatriani, F., Indrajaya, Y., & Susilowati, A. (2020). Reforestation and sustainable management of *Pinus merkusii* forest plantation in Indonesia: A review. *Forests*, 11(12), 1235

Manikas, I., Malindretos, G., & Moschuris, S. (2019). A community-based agro-food hub model for sustainable farming. *Sustainability*, 11(4), 1017

Metwally, W., & Ibrahim, V. (2022). The green areas in the city and sustainable approach: Analytical study of Saudi Crown Prince Mohammed bin Salman's tree-planting program. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1026, 012045

Molina-Pardo, J. L., Giménez-Luque, E., Gisbert-Gallego, J., & Guirado, E. (2025). Resistance of urban trees to drought shaped by family and site in a semi-arid city. *Urban Forestry & Urban Greening*, 114, 129167

Orieno, O. H., Ndubuisi, N. L., Eyo-Udo, N. L., Ilojianya, V. I., & Biu, P. W. (2024). Sustainability in project management: A comprehensive review. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(1), 656–677

Swami, D., & Parthasarathy, D. (2020). A multidimensional perspective to farmers' decision making determines the adaptation of the farming community. *Journal of Environmental Management*, 264, 110487

Tadele, D. (2018). Impact evaluation on survival of tree seedling using selected in situ rainwater harvesting methods in Gerduba Watershed, Borana Zone, Ethiopia. *Journal of Horticulture and Forestry*, 10(4), 43-51