وزارة البيئة والمياه والزراعة
Ministry of Environment Water & Agriculture



الابتكار البيئي في المملكة العربية السعودية

خارطة طريق تبني التقنيات



صاحب السمو الملكي الأمير محمد بن سلمان

ولي العهد رئيس مجلس الوزراء

رئيس اللجنة العليا للبحث والتطوير والابتكار

”اعتمدنا تطلُّعات طموحة لقطاع البحث والتطوير والابتكار، لتصبح المملكة من رواد الابتكار في العالم، وسيصل الإنفاق السنوي على القطاع إلى 2.5 في المائة من إجمالي الناتج المحلي في عام 2040 ليُسهم القطاع في تنمية وتنويع الاقتصاد الوطني من خلال إضافة 60 مليار ريال سعودي إلى الناتج المحلي الإجمالي في عام 2040، واستحداث آلاف الوظائف النوعية عالية القيمة في العلوم والتقنية والابتكار، بمشيئة الله.“

كلمة معالي وزير البيئة والمياه والزراعة



”لقد جاءَ إطلاقُ اللجنة العليا للبحث والابتكار في عام 2021م إيمانًا من قيادة المملكة بأهمية هذا القطاع، وإكمالاً لمسيرة العمل والتنفيذ لبرامج رؤية المملكة 2030 وأهدافها، التي من ضمن مستهدفاتها الرئيسة دعم البحث العلمي وتمكين الابتكار لبناء اقتصاد معرفي وتحقيق التنوع الحقيقي لموارد الدولة. إنَّ أولويات الوزارة تشملُ تمكينَ الشركاء في منظومة البحث والتطوير والابتكار في تحفيز الابتكار وتوطين التقنيات لتقديم الحلول الفعالة في قطاعات الوزارة، باستخدام أحدث التقنيات مثل تقنيات المياه والتقنيات الحيوية وتقنيات الذكاء الاصطناعي و”إنترنت“ الأشياء.“

م. عبدالرحمن بن عبدالمحسن الفضلي

كلمة معالي نائب وزير البيئة والمياه والزراعة



تحظى منظومة البيئة والمياه والزراعة باهتمام ودعم لا محدود من قيادتنا الرشيدة-أيدها الله- ضمن رؤية المملكة 2030 والتي أحدثت نقلات تحولية كبرى في جميع قطاعات المنظومة، وأحدثت أثراً ملحوظاً في تعزيز الاستدامة والحفاظ على مواردنا الحيوية. ونحن في وزارة البيئة والمياه والزراعة، إذ نقطف اليوم ثمار تلك النجاحات، فإننا نتطلع الى المستقبل بكل ثقة من خلال تبني التقنيات الحديثة وتعزيز الممارسات والحلول المبتكرة في منظومة البيئة والمياه والزراعة، لزيادة الكفاءة وتحفيز الإنتاجية؛ مما سيكون له أبلغ الأثر في تحقيق المستهدفات الوطنية الطموحة.

م. منصور بن هلال المشيطي



د. أسامة بن إبراهيم فقيها

وكيل الوزارة للبيئة

كلمة وكالة الوزارة للبيئة

أولت حكومة المملكة العربية السعودية أهمية قصوى لحماية البيئة والموارد الطبيعية، بوصفها إحدى الركائز الرئيسة الثلاث لتحقيق التنمية المستدامة، ولهذا الغرض اُعتمدت الإستراتيجية الوطنية للبيئة، والتي تضمنت 64 مبادرة للارتقاء بجميع النطاقات البيئية وإعادة هيكلة قطاعها، وإنشاء مراكز بيئية مختصة، وصندوق للبيئة يعد الأكبر في المنطقة؛ لتحفيز الممارسات والتقنيات الصديقة للبيئة. واعتماد نظام بيئي جديد متوافق مع أفضل الممارسات العالمية، ونظام آخر لإدارة النفايات مبني على أسس الاقتصاد الدائري، ونظام الأرصاد.

كما أطلقت حكومتنا الرشيدة مبادرة السعودية الخضراء، التي تضع ضمن مستهدفاتها زراعة 10 مليارات شجرة في جميع أنحاء المملكة، أي ما يعادل إعادة تأهيل 40 مليون هكتار من الأراضي، واستعادة المساحات الخضراء الطبيعية في المملكة وفق خارطة الطريق المعتمدة، والتي تساهم في استعادة الوظائف البيئية الحيوية، والحد من العواصف الغبارية والرملية وتحسين جودة الهواء. كما تستهدف هذه المبادرة حماية 30٪ من المناطق البرية والبحرية في المملكة، وإدارتها وفق أفضل الممارسات الدولية.

إن الحفاظ على البيئة محلياً وعالمياً يستلزم تعاضد جميع الجهات ذات العلاقة، والتي من ضمنها المؤسسات العلمية والأكاديمية بالتنسيق مع الجهات الحكومية المتخصصة، وذلك بتوفير القاعدة المعرفية والبحث العلمي في وضع التوجهات المرتبطة بالقضايا البيئية المتنوعة، مثل: التغير المناخي، والتنوع الأحيائي، واستصلاح الأراضي المتدهورة. ولأن مجال البيئة مترابط وواسع، فهو بحاجة إلى التقنيات والابتكار للاستفادة منها في العمل البيئي الوطني، للنهوض بهذا القطاع والتغلب على تحدياته.

وتعد التقنيات عامل تمكين حاسم لتحقيق مستهدفات الاستراتيجية الوطنية للبيئة، والتي تستلزم أساليب مبتكرة لرصد النظم البيئية، والحماية من الرعي الجائر والتصحّر، وتحسين ممارسة إدارة النفايات، ورصد التلوث والحد منه، وتحسين أنظمة الرصد والتنبؤ بالظواهر والتقلبات الجوية. وستساهم هذه التقنيات في تعزيز حماية بيئة المملكة وتنوّعها الأحيائي، وستساعد التقنيات الجاهزة للاستخدام والمطبقة في أماكن أخرى حول العالم في تقديم حلول فعالة، تساهم في تحقيق الاستدامة البيئية، ومستهدفات حماية البيئة ضمن رؤية المملكة 2030.



د. عبدالعزيز بن مالك المالك

وكيل الوزارة للبحث والابتكار

كلمة وكالة الوزارة للبحث والابتكار

أولت العديد من الدول اهتمامًا بتنمية قدراتها التقنية والابتكارية، حيث إنها عامل تمكين رئيس للنمو الاقتصادي المستدام، كما أنها تساعد على زيادة تنافسية مختلف القطاعات الاقتصادية وإنتاجيتها، وقد توفر حلولا ناجعة للعديد من التحديات الملحة، وقد أولت المملكة العربية السعودية اهتمامًا لافتاً بالتقنية والابتكار في شتى القطاعات الحيوية، حيث أعلن صاحب السمو الملكي الأمير محمد بن سلمان بن عبد العزيز آل سعود، ولي العهد رئيس مجلس الوزراء رئيس اللجنة العليا للبحث والتطوير والابتكار، عن التطلُّعات والأولويات الوطنية للبحث والتطوير والابتكار في المملكة العربية السعودية للعقدين المُقبلين، والتي تستند إلى أربع أولويات رئيسة، منها: استدامة البيئة والاحتياجات الأساسية؛ وذلك لحرص المملكة على توفير الاحتياجات الأساسية للإنسان من الماء والغذاء بشكل مستدام، من خلال تطوير تقنيات صديقة للبيئة لتوفير المياه وتحليتها، وتقنيات حديثة ومستدامة لإنتاج الغذاء وزيادة المساحات الخضراء.

تنبع الحاجة الملحة لتبني التقنية والابتكار في قطاع البيئة في المملكة من كونه القطاع المعني بالاستدامة البيئية، وذلك بالحفاظ على التنوّع الأحيائي في البر والبحر، وحماية الأراضي المتدهورة، والحد من التصحّر، وإدارة النفايات، وتحسين جودة الهواء والحد من العواصف الرملية والغبارية.

واستشعاراً منها لأهمية تبني التقنية والابتكار، استحدثت وزارة البيئة والمياه والزراعة وكالة للبحث والابتكار ضمن هيكلها التنظيمي تقوم بتفعيل دور الوزارة ضمن الإطار المؤسسي ونموذج الحوكمة الوطني لقطاع البحث والتطوير والابتكار، وقامت بتطوير خطة مؤسسية تنفيذية للبحث والابتكار لجعل منظومة البيئة والمياه والزراعة أكثر المنظومات استعداداً وقدرة على احتضان التقنيات والممارسات المبتكرة وتطويرها. أحد أهم مكونات هذه الخطة — والذي هي محور تقريرنا هذا- هو نطاق التركيز الاستراتيجي الموجه نحو تبني الحلول التقنية المبتكرة ذات الأولوية لسد الاحتياجات في القطاع البيئي، والذي سيشكل بوصلة للتدخلات والمبادرات المؤسسية لضمان التوجيه الأمثل للجهود والموارد.

وقد اتبعت وزارة البيئة والمياه والزراعة منهجية مصممة بدقة؛ لتحليل الطلب وحصر الامدادات المتوفرة من الحلول الابتكارية الأكثر أهمية للقطاع البيئي والتي يجدر التركيز عليها على المدى القصير والمتوسط، وفصلت مراحل تبنيها ونشرها على نطاق واسع في خارطة طريق لتبني التقنيات في القطاع البيئي بالمملكة. واعتمدت تلك المنهجية على عدد من المعايير، منها: الأثر المتوقع لنشر التقنية وقدرتها على معالجة التحديات التي تواجه القطاع البيئي وسهولة تبنيها، مع التركيز على التقنيات الأكثر نضجاً وجاهزيتها للنشر على نطاق واسع في القطاع بعد تجريبها وتكييفها بما يتناسب مع الظروف المحلية. وقد طُورت هذه الخارطة بالتكامل والتعاون والدعم من مختلف أصحاب المصلحة، وبما يتوافق مع الاستراتيجيات الوطنية ذات الصلة بقطاعات البيئة والمياه والزراعة وقطاع البحث والتطوير والابتكار، وقد ساهم في هذه العملية العشرات من صانعي السياسات والخبراء المختصين في الابتكار البيئي.

والغرض من نشر هذا التقرير هو اطلاع جميع الجهات الفاعلة في منظومة البيئة من شركات رائدة وناشئة، ومراكز بحث وتطوير، ومنظمات غير ربحية، بالتوجه الاستراتيجي للوزارة في هذا القطاع؛ لمساعدتهم في اتخاذ قراراتهم، وتطوير خططهم وسياساتهم الخاصة، مستنيرين بالفرص الواعدة الواردة في هذا التقرير؛ لتضمين التقنية والابتكار في عملياتهم ومنظوماتهم، مما سيكون له أكبر الأثر بإذن الله في الارتقاء بالمنظومة البيئية الوطنية.

عن التقرير

هذا التقرير جزء من ثلاثة تقارير أصدرتها وزارة البيئة والمياه والزراعة عن تبني التقنيات في قطاعات المملكة، وتهدف هذه التقرير إلى تحديد التقنيات الجاهزة التي تسهم في حل التحديات القطاعية في المملكة، وبيان خطة الوزارة التنفيذية في هذا الصدد.



الابتكار البيئي في المملكة العربية السعودية



الابتكار الزراعي في المملكة العربية السعودية



الابتكار المائي في المملكة العربية السعودية

عن وزارة البيئة والمياه والزراعة

إن وزارة البيئة والمياه والزراعة في المملكة العربية السعودية مسؤولة عن تنظيم جميع جوانب سياسات المملكة وتنفيذها في قطاعات البيئة والمياه والزراعة. وتقوم الوزارة بتنفيذ خطط وبرامج بيئية ومائية وزراعية على مستوى المملكة، مع التركيز على الاستدامة وخلق القيمة. وقد زادت مساهمتها في الاقتصاد الوطني من خلال العديد من البرامج، خاصة في مجالات الأمن الغذائي، وتوفير المياه، وحماية البيئة.

الرؤية

بيئة وموارد طبيعية مستدامة تحقق الأمن المائي، وتسهم في الأمن الغذائي، وتحسين جودة الحياة.

الرسالة

نسعى للتميز في تطوير وتطبيق السياسات الشاملة والاستراتيجيات الفعالة، والارتقاء بالخدمات بمشاركة القطاع الخاص والجهات ذات العلاقة؛ لازدهار واستدامة البيئة والمياه والزراعة.

جدول المحتويات

الملخص التنفيذي 12

مقدمة 14

الغرض من التقرير 24
الجهات ذات العلاقة 24

منهجية خارطة تبني التقنيات 26
نظرة عامة 28
جانب الطلب على التقنيات 28
جانب العرض للتقنيات 30
تقييم التقنيات 32

التقنيات ذات الأولوية 34
مراقبة النظام البيئي 36
إدارة أراضي الرعي 38
معالجة النفايات 40
تقنيات الري المبتكر للأشجار والنباتات البرية 42
تقنيات أوسع نطاقًا 43

خطة الوزارة التنفيذية لتبني التقنيات و نشرها 44



الملخص التنفيذي

يتعاظم دور التقنية والابتكار في تحقيق المستهدفات الوطنية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، والمتمثلة في الوصول إلى نسب مرتفعة من الأمنين الغذائي والمائي، وفي تحقيق الاستدامة البيئية. وقد بلغت أهمية تبني التقنية والابتكار في قطاع البيئة أقصى درجاتها؛ نظراً لمستوى التطلعات الوطنية الطموحة لهذا القطاع، والتي يتطلب تحقيقها تبني التقنية والممارسات المبتكرة على نطاق واسع؛ للتغلب على التحديات في القطاع وتحويلها الى فرص.

ويلقي هذا التقرير الضوء على خطة الوزارة التنفيذية لتعزيز تبني التقنية والممارسات المبتكرة في قطاع البيئة، ونطاق التركيز الاستراتيجي الموجّه نحو تبني المنتجات والحلول الابتكارية ذات الأولوية لسد الاحتياجات في القطاع البيئي، والذي سيشكل بوصلة للتدابير والمبادرات المؤسسية، لضمان التوجيه الأمثل للجهود والموارد.

وقد اتبعت الوزارة منهجية مفصّلة لانتخاب التقنيات ذات الأولوية في قطاع البيئة، حيث بدأت بتحليل جانب الطلب على التقنية والابتكار من خلال النظر في التحديات التي يواجهها قطاع البيئة في المملكة، مقسمة على القطاعات الفرعية، كما درست الأثر المتوقع لتبني التقنية والابتكار على هذه التحديات. ومن ثم نظرت في جانب العرض من خلال مسح قائمة مطولة من حلول التقنية والابتكار المتاحة للتبني، وتمحيصها بناء على عدد من المعايير، ثم خرجت أخيراً بقائمة من التقنيات والابتكارات الأكثر تأثيرًا وجاهزية للتبني والتوسع فيها، كما وفرت حلولاً سريعة وناجعة لتحديات قطاع البيئة الأكثر إلحاحاً على المديين القصير والمتوسط.

شارك في هذا الجهد أكثر من مائة من صانعي السياسات وخبراء التقنية والابتكار، وحُدد أكثر من 25 تحديًا وفرصة مواتية، وانتُخبت أكثر من 100 تقنية فردية صُنفت ضمن 22مجموعة تقنية. وبناءً على ذلك، انتُخبت عشر مجموعات تقنية لقطاع البيئة، سيُتبنى نصفها ضمن موجة تفعيل أولى «عالية الأولوية» حتى عام 2025 وسيكون النصف الآخر ضمن موجة ثانية تتبعها مباشرة. وتشمل الموجة الأولى تقنيات المراقبة البيئية، وإدارة أراضي الرعي، وإدارة النفايات، وتقنيات الري المبتكر للأشجار والنباتات البرية. وقد تناول هذا التقرير تفصيلا لهذه المجموعات الأربع معرّفاً بها، وموضحاً محركات الطلب والعرض لها، والعوائق الحالية التي تواجه تبنيها على نطاق واسع، كما تطرّق التقرير إلى تقنيات الموجتين الثانية والثالثة، والتي تنوي الوزارة تبنيها بين عامي 2025 و2030.

وتستهدف الوزارة تنفيذ عدد من المبادرات المؤسسية لتبني التقنيات ذات الأولوية في قطاع البيئة ونشرها بالشراكة مع أصحاب المصلحة. وقد طُورت هذه المبادرات بعد مسح وتحليل شامل للجهود القائمة في قطاع البيئة؛ لتحقيق التطلعات المستقبلية الطموحة لهذا القطاع ضمن رؤية المملكة 2030، بالإضافة الى الأجندة الوطنية لقطاع البحث والتطوير والابتكار ودور الوزارة ضمن الإطار المؤسسي المنظّم لها، والوضع الراهن لأنشطة تبني التقنية والابتكار في قطاع البيئة، وحالة ممكّنات تبني التقنية والابتكار كالبنى التحتية المتوفرة، والقدرات البشرية العاملة في منظومة الابتكار البيئي، والسياسات واللوائح التنظيمية الداعمة لتبني التقنية والابتكار في القطاع. ومن خلال الاستعانة بأفضل ممارسات صناعة سياسات الابتكار القطاعية والوطنية والمُوصى بها من عدد من المنظمات الدولية.

وقد حُدد نطاق التدابير المؤسسية ذات الأولوية لتعزيز تبني التقنية والابتكار في قطاع البيئة التي تستهدف تحقيق أربع غايات رئيسة وهي:

- توجيه الخطط والمساعي والموارد المخصصة وتنسيقها لتبني التقنية والابتكار في قطاع البيئة ضمن نطاق استراتيجي يركز على مجابهة التحديات القطاعية الملحّة، وبما يتماشى مع أولويات البحث والتطوير والابتكار الوطنية والاستراتيجيات الوطنية ذات العلاقة.
- تحسين الترابط والتعاون بين الجهات الناشطة في تبني التقنية والابتكار في قطاع البيئة لتعزيز الشراكات والتآزر وتبادل الخبرات ونشر المعارف ضمن القطاع، وتعزيز الوعي بجهود المنظومة البيئية ونجاحاتها في تبني التقنية والابتكار في خططها وعملياتها؛ لخلق زخم إيجابي في القطاع يضمن استدامة الجهود.
- تحفيز الطلب على تبني منتجات التقنية والحلول الابتكارية في قطاع البيئة، وتحسين استجابة الطلب للعرض المتاح من التقنيات من خلال التدابير المدروسة والحوافز المستهدفة.
- بناء قدرات البحث والتطوير والابتكار في قطاع البيئة، لضمان إمدادٍ محلي كافٍ ومستمر من منتجات التقنية والحلول الابتكارية.

تقنية استخراج الحمض النووي المحمولة لحفظ البيئة البحرية، جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية



مقدمة

إن التقنية والابتكار أحد أهم محركات النمو الاقتصادي بتأثيره الإيجابي على إنتاجية مختلف القطاعات، وينطبق هذا الأمر على القطاع البيئي، والذي هو في حاجة ملحّة لجميع ممكنات النمو المتاحة، ولا سيما في وقت يشكّل فيه التغيّر المناخي تحديًا كبيرًا، كما تؤثر الممارسات السلبية على بيئة المملكة مثل الرعي الجائر والاحتطاب، ولهذا تزداد حاجة القطاع البيئي للابتكار في المملكة لكونها تستهدف المحافظة على 30٪ من مناطقها البرية والبحرية، وتستهدف زراعة 10 مليارات شجرة ضمن مبادرة السعودية الخضراء، إضافة إلى برامجها العديدة للحفاظ على التنوّع الأحيائي.[1]

وللابتكار في قطاع البيئة دوافع عدة، منها دوافع اقتصادية تقليدية تهدف إلى زيادة الإنتاجية ورفع التنافسية وزيادة مساهمة القطاع في الناتج المحلي، كما أن له دوافع استراتيجية مثل الوصول إلى الاستدامة البيئية التي تتطلب تكاتف جهات عدة، من جانبي الطلب على التقنيات والمعروض منها.

وتسهم التقنية والابتكار في القطاع البيئي في جوانب عديدة، مثل تسهيل مراقبة الأراضي المتدهورة والإسهام في استصلاح الأراضي، والحد من التصحّر، وتوفير أدوات مساندة للمراقبة البيئية للمحافظة على التنوّع الأحيائي، وزيادة الجدوى الاقتصادية من إدارة النفايات، ورفع جودة الهواء من خلال التقليل من العواصف الغبارية والرملية، وتقديم أنظمة متقدمة للإنذار المبكر بالتقلبات الجوية.

لقد أحدثت التقنية تحولًا عميقاً في قطاع البيئة على نطاق عالمي، وقد ربّت القيمة السوقية للتقنيات البيئية على 700 مليار دولار في عام 2022، ويتوقع أن تصل إلى ما يقرب من 1.2 تريليون دولار بحلول عام 2032، بمعدل نمو سنوي مركب قدره 5.1٪.[2] وقد أدى التقدم في تقنيات إدارة النفايات إلى زيادة ملحوظة في معدلات إعادة التدوير، مما أدى إلى تقليل نفايات مدافن النفايات والتلوث على مستوى العالم، ففي الولايات المتحدة على سبيل المثال، شهدت إعادة تدوير النفايات وتحويلها زيادة كبيرة من 7٪ في عام 1960 إلى 35٪ في عام 2022. بالإضافة إلى ذلك، أظهرت دراسات متعددة الفوائد الكبيرة للاستثمار في المجالات البيئية، فمثلًا شهدت فنلندا عائدًا على الاستثمار قدره 10 دولارات أمريكية مقابل كل دولار أمريكي استُثمر في حماية الغطاء النباتي في المتنزهات والمحميات الوطنية، وحققت الولايات المتحدة الأمريكية عائدا على الاستثمار قدره 27 دولارا أمريكيا مقابل كل دولار أمريكي استُثمر في حماية مصادر المياه من التلوث.[3]

وتمثل هذه النجاحات العالمية شهادة على الفوائد المحتملة لتبني نهج يركز على التقنية والابتكار في قطاع البيئة، وتشير الدراسات إلى وجود علاقة وثيقة بين الناتج المحلي الإجمالي للفرد ودرجة مؤشر الأداء البيئي، ولضمان النمو المستدام لقطاع البيئة؛ يجب تنفيذ هذه النجاحات على نطاق واسع، إن اعتماد نهج منظم لنشر التقنيات وتبنيها في قطاع البيئة يمكن أن يؤدي إلى تحسينات واسعة النطاق في الاستدامة والمرونة. ولا يقتصر هذا النشر القابل للتطوير التقني على الابتكارات الفردية فحسب، بل يتعلق أيضًا بإنشاء نظام مترابط يمكنه التكيف والتطور، مما يضمن استدامة القطاع البيئي وكفاءته على المدى الطويل.

1 Ministry of Environment. Water and Agriculture. "National Environment Strategy". 2018

2 Yahoo Finance. 2023

3 United Nation. "Beyond GDP: making nature count in the shift to sustainability". 2022

يبين الشكل رقم [1] نظرة عامة عن أهداف القطاع البيئي

شكل 1: أهداف قطاع البيئة في 2030 — غير شاملة

الوصول إلى مناطق تنوع أحيائي محمية بنسبة 75%

عدد الأشجار المزروعة والمحفوظة 450 مليون

تحقيق معدل تحويل بنسبة 50% من مدافن ومكبات النفايات

15 يوم من توقعات الطقس



يبين الشكل رقم [2] أدناه التطلعات الحالية لقطاع البيئة وتصنيفها وفقاً لخمسة مجالات رئيسية، ووضعت هذه التطلعات بناءً على نتائج تحليلات الاستراتيجيات الوطنية والاجتماعات المكثفة مع الجهات المعنية.

وستعالج هذه التطلعات التحديات التي تواجه قطاع البيئة — في المجالات الخمسة — وستساهم بشكل عام في تحسين الاستدامة والتكلفة وإمكانية الوصول.

شكل 2: نظرة عامة على التحديات والفرص لقطاع البيئة

التنوع الأحيائي	الأراضي والنباتات والتصحر	إدارة النفايات	مكافحة التلوث والامتثال	الأرصاد الجوية
استعادة النظم البيئية البرية وتعزيز استدامتها	الحماية من الرعي الجائر	تقليل حجم المخلفات الناتجة	خفض مستويات الانبعاثات	تحسين التنبؤات والقدرات المناخية الإنذار المبكر
استعادة النظم البيئية البحرية والساحلية وتعزيز استدامتها	تعزيز ممارسات التخضير المستدامة	تحسين معالجة النفايات	زيادة فاعلية مراقبة جودة الهواء	زيادة أتمتة بيانات وتقارير الأرصاد الجوية
زيادة حماية أغنى مناطق التنوع البيولوجي	الحماية من التصحر وتآكل التربة والجفاف	تقليل جمع النفايات المختلطة	زيادة القدرة على مراقبة الامتثال البيئي	زيادة التغطية الجغرافية
زيادة فاعلية الرصد والتقييم	التخفيف من انتشار الأنواع الغازية والأمراض النباتية	تحسين مستويات السلامة من النفايات الخطرة	تحسين مراقبة تلوث التربة	زيادة خدمات الأرصاد الجوية المقدمة
زيادة فاعلية الحفظ	زيادة فاعلية رصد الأراضي والإدارة المستدامة	زيادة القدرة على مراقبة الامتثال البيئي	زيادة فاعلية مراقبة جودة المياه	تحسين تقنيات التنبؤ والمحاكاة



تقنية رصد الطقس، جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية

إلا أن القطاع البيئي ما يزال في حاجة للمزيد من الاستثمارات في البحث والتطوير، ولا ينطبق ذلك على المملكة فحسب، بل على العالم بأسره، ومما يزيد أهمية رفع القدرات الابتكارية المحلية هو اختلاف أهداف الدول ومشكلاتها تجاه قطاع البيئة، ولذلك فمن المهم التركيز على توجيه الجهود نحو التقنيات التي تعالج المشكلات المحلية وتسهم في تحقيق المستهدفات الوطنية، ويكون ذلك بالمراقبة المستمرة للوضع الراهن في السياق الوطني، وربطه بآخر المستجدات التقنية والابتكارية في القطاع البيئي، بالإضافة إلى تنسيق الجهود الوطنية نحو أهداف موحدة تقدم القيمة المضافة لهذا القطاع. كما أن من الضروري تمكين الجهود الحالية والمستقبلية بتقديم الدعم اللازم لها من خلال التحديث المستمر للأنظمة الداعمة، وخلق بيئة ابتكار خصبة، والنظر في العوائق التي تواجهها المنظومة الابتكارية البيئية وتقديم الدعم والمشورة بشكل مستمر.

وقد أولت حكومة المملكة العربية السعودية أهمية قصوى للابتكار في قطاعاتها الحيوية، مؤمنة أن التقنية والابتكار ممكّن رئيس لنمو هذه القطاعات، ومن ضمنها قطاع البيئة، ضمن أولوية استدامة البيئة والاحتياجات الأساسية، والتي هي إحدى أولويات الابتكار الوطنية الأربع التي أعلن عنها صاحب السمو الملكي ولي العهد رئيس مجلس الوزراء الأمير محمد بن سلمان. واستشعارا منها لعظم الأثر الناتج عن التقنية والابتكار وضرورة تبنيها لتحقيق التطلعات المستقبلية، فقد استحدثت وزارة البيئة والمياه والزراعة وكالة للبحث والابتكار ضمن هيكلها التنظيمي لتقوم بتفعيل دور الوزارة ضمن الأطر الوطنية الناظمة لقطاع البحث والتطوير والابتكار، وبدأت الوزارة في تنفيذ، خطتها والتي تمتد حتى عام 2030، وتهدف إلى دمج التقنية والابتكار في منظوماتها وعملياتها التشغيلية على طول سلسلة القيمة لقطاعات البيئة والمياه والزراعة لجعل منظومة البيئة والمياه والزراعة، لجعلها من أكثر المنظومات استعدادا وقدرة على احتضان التقنيات والممارسات المبتكرة وتطويرها.

وقد تمكنت المملكة من إدارة منظومتها البيئية بشكل أدى إلى تحوّل كبير، فأطلقت الاستراتيجية الوطنية للبيئة، وأنشئت خمسة مراكز متخصصة للعناية بهذا القطاع، وهي المركز الوطني لتنمية الحياة الفطرية، والمركز الوطني لحماية الغطاء النباتي ومكافحة التصحّر، والمركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي، والمركز الوطني للأرصاد، والمركز الوطني لإدارة النفايات، إضافة إلى ذلك فقد استحدثت صندوق البيئة وهو الأكبر في المنطقة، ويهدف إلى الإسهام في الاستدامة المالية لقطاعي البيئة والأرصاد، وتوفير الممكنات اللازمة للارتقاء بهما. كما أنشأت المملكة مناطق محمية طبيعية في جميع أنحائها للحفاظ على الأصناف النباتية والحيوانية، بما يضمن تعزيز التوازن البيئي.

وفيما نظّمت وزارة البيئة والمياه والزراعة منظومتها بإطلاق عدد من الإصلاحات الهيكلية، والسياسات المنظّمة، واستحداث جهات جديدة ذات صلاحيات، فقد نتج عن هذه الإجراءات تطوّر ملفت كما ذكر آنفاً، لذا فإن الابتكار هو العامل القادم الذي قد يقود قطاعات الوزارة نحو تطورات جديدة، بتحسين كفاءة القطاعات، وزيادة إنتاجيتها، ورفع مساهمتها في الناتج الاقتصادي.

قصة نجاح عالمية

شراكة مركز الجماعة الكاريبية لتغير الطقس مع المؤسسات العالمية لنشر شبكة العوامات المتكاملة



عوامة جمع البيانات. شراكة مركز الجماعة الكاريبية لتغير المناخ مع المؤسسات العالمية لنشر شبكة العوامات المتكاملة

يؤدي مركز الجماعة الكاريبية لتغير الطقس دوراً محورياً في تعزيز المرونة البيئية في دول الكاريبي حيث يعمل على تنفيذ مبادرات عديدة، ويتولى قيادة مشروع تركيب عوامات جمع البيانات ومحطات الرصد الجوي الآلية في المنطقة ويأتي ذلك ضمن جهود المركز الرامية إلى تعزيز المرونة البيئية. وتدمج هذه العوامات ضمن شبكة خاصة بنظام للإنذار المبكر للشعب المرجانية في شرق البحر الكاريبي وصممت لرصد الظروف الجوية البيئية البحرية والتركيز تحديداً على تأثير تغير الطقس على الأنظمة البيئية البحرية مثل الشعب المرجانية.

النتائج:

حقق المشروع عدداً من النتائج الرئيسة تضمنت على تحسين الرصد لأنماط الطقس والبيئة من خلال عوامات جمع البيانات ومحطات الرصد الجوي الآلية، وتطوير نظام الإنذار المبكر للظواهر الجوية المتطرفة مثل الأعاصير وجمع البيانات القيمة التي تدعم استراتيجيات التخفيف من آثار التغيير البيئي وعمليات تطوير السياسات.



عوامة جمع البيانات. شراكة مركز الجماعة الكاريبية لتغير المناخ مع المؤسسات العالمية لنشر شبكة العوامات المتكاملة

قصص النجاح المحلية

مشروع نادك: إعادة تدوير المخلفات الزراعية وتحويلها إلى أسمدة



تسخير التسميد لتحويل المخلفات العضوية إلى محسنات التربة عالية الجودة. الشركة السعودية الاستثمارية لإعادة التدوير « سرك» بالتعاون مع شركة إدامة للحلول العضوية

معلومات المشروع:

تعاونت الشركة السعودية الاستثمارية لإعادة التدوير «سرك» مع شركة إدامة للحلول العضوية [شركة ناشئة من جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية] والشركة الوطنية للتنمية الزراعية «نادك» بهدف تطوير البنية التحتية لإعادة تدوير المخلفات العضوية في المملكة العربية السعودية.

ويتمحور تركيز المشروع على توفير حلول إعادة تدوير المخلفات العضوية بهدف تحقيق الإدارة المسؤولة والمستدامة للسماد الطبيعي والمخلفات الزراعية في مزارع نادك في منطقة حرض. ويتم تسخير التسميد لتحويل المخلفات العضوية إلى محسنات التربة عالية الجودة، ويتمثل الهدف الرئيس للمشروع في تقديم منتجات عالية الجودة ومحلية الصنع لتحسين التربة حيث ستستخدم هذه المنتجات في مشروع حديقة الملك سلمان في الرياض، وتتماشى هذه الجهود مع مستهدفات رؤية المملكة 2030 الرامية إلى تعزيز النمو الاقتصادي وتحقيق الاستدامة البيئية وتحسين جودة الحياة للمواطنين والزوار وتعزيز الاستدامة البيئية والنمو الاقتصادي.

يهدف المشروع إلى إعادة تدوير أكثر من مليون طن من المخلفات العضوية إلى محسنات التربة سنوياً وسيتم بدء العمل بقدرات إعادة تدوير مخلفات تقدر بـ [200] ألف طن من المخلفات العضوية سنوياً واحتمالية زيادة القدرات إلى تدوير [400] ألف طن.



يتم استخدام هذه المنتجات في مشروع إنشاء حديقة الملك سلمان في الرياض. الشركة السعودية الاستثمارية لإعادة التدوير « سرك» بالتعاون مع شركة إدامة للحلول العضوية

قصص النجاح المحلية

تعزيز هطول الأمطار من خلال تقنية البذر السحابي



تستخدم عمليات البذر طائرات متخصصة مجهزة بعوامل البذر، البرنامج الإقليمي لاستمطار السحب بالتعاون مع المركز الوطني للأرصاد الجوية

يهدف البرنامج التجريبي لتعزيز الأمطار من خلال تقنية تلقيح السحب، بقيادة البرنامج الإقليمي لاستمطار السحب (RCSP) والذي يستضيفه المركز الوطني للأرصاد الجوية (NCM)، إلى معالجة ندرة المياه باستخدام تقنية تلقيح السحب المعتمدة على الطائرات. هدف المشروع هو تحفيز هطول الأمطار في السحب ذات المحتوى السائل الكافي، والتي تفتقر إلى الظروف اللازمة لهطول أمطار غزيرة، مما يسمح بزيادة هطول الأمطار على مناطق أوسع بسبب زيادة مداها وقدرتها على المناورة والذي يؤدي إلى تقليل الضغط على طبقة المياه الجوفية.

يركز البرنامج التجريبي على أربعة إجراءات رئيسة: تحديد السحابة وتقييمها، وتخطيط الطيران، وعمليات البذر، وأخيراً المراقبة والتقييم. أولاً، تتكون خطوة تحديد السحب وتقييمها من قيام خبراء الأرصاد الجوية بتحليل ملاحظات الطقس في الوقت الفعلي وبيانات الرادار وصور الأقمار الصناعية لتحديد السحب المناسبة لزرع البذور. بعد ذلك، يضمن تخطيط الرحلة تخطيط مسارات الطيران بدقة مع الأخذ في الحسبان ظروف الرياح وموقع السحابة وأنماط تشتت عوامل البذر للحصول على تغطية مثالية. بعد ذلك، تستخدم عمليات البذر طائرات متخصصة مجهزة بعوامل البذر، ويقوم الطيار بإطلاق نواة التكثيف في السحب المناسبة من خلال بذر التوهج الجليدي حيث يتم إطلاق التوهجات القابلة للقذف في السحابة، ويتم لصق التوهجات الموضعية على الطائرة. وأخيرا، الرصد والتقييم والذي يستخدم الرادار ومصادر البيانات الأخرى لتتبع السحب المصنفة وتقييم تأثيرها على أنماط هطول الأمطار.

وأسفرت عملية تلقيح السحب عن 415 مهمة ناجحة، في حين نفذت طائرة الأبحاث 36 مهمة لجمع بيانات ورؤى قيمة. وقد حقق المشروع نتائج رائعة حيث بلغت نسبة النجاح 97٪ وتغطية 55٪ من مساحة المملكة خلال فترة زمنية قصيرة. وقد أظهرت صور الأقمار الصناعية التأثير الإيجابي لتلقيح السحب على نمو الغطاء النباتي، وأظهرت فعالية هذه التقنية



يقوم خبراء الأرصاد الجوية بتحليل ملاحظات الطقس في الوقت الفعلي وبيانات الرادار وصور الأقمار الصناعية لتحديد السحب المناسبة لزرع البذور، البرنامج الإقليمي لاستمطار السحب بالتعاون مع المركز الوطني للأرصاد الجوية

الغرض من التقرير

تهدف الوزارة من هذا العمل إلى الخروج بنطاق تركيز استراتيجي مبني على احتياجات القطاع البيئي، وموجّه نحو تبني الحلول التقنية ذات الجاهزية الأعلى لسد تلك الاحتياجات. وتسعى الوزارة إلى أن يشكل هذا النطاق بوصلة للتدخلات والمبادرات المؤسسية، لضمان التوجيه الأمثل للجهود والموارد.

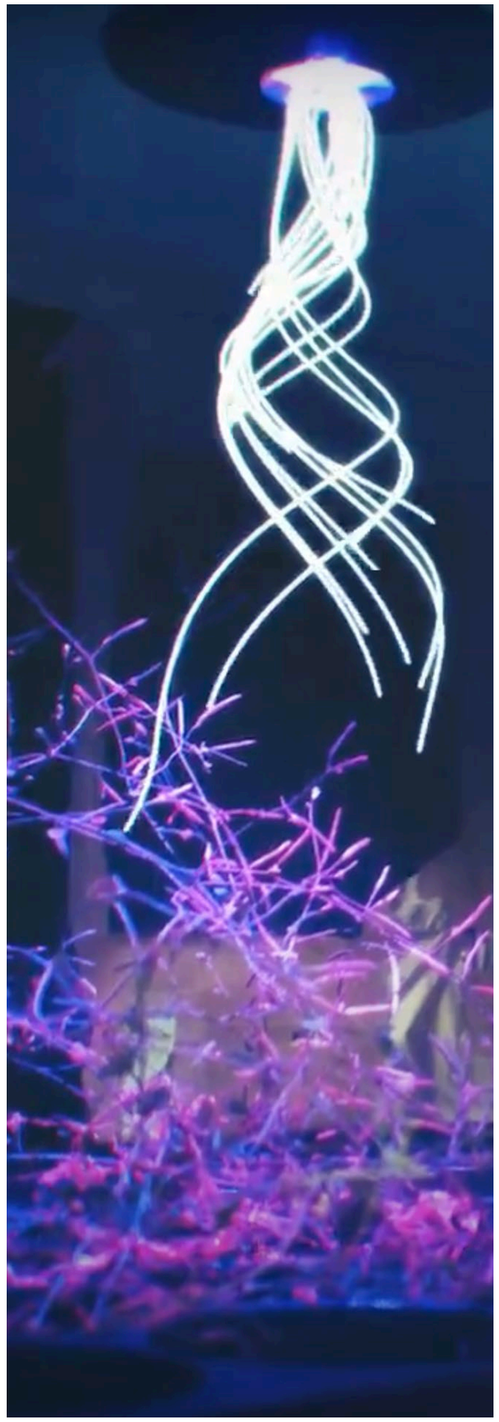
والتقرير بذلك يقدم خارطة طريق للتقنيات الجاهزة للتطبيق، والتي تخطط وزارة البيئة والمياه والزراعة لتبنيها، بداية من تحديد المشكلات التي تواجهها المملكة في القطاع البيئي، انتقالا إلى التقنيات التي تعالجها، وانتهاء إلى البرامج التنفيذية التي تمكّن من تبنّي هذه الحلول. وتوضح خارطة الطريق المسار الذي تستهدفه الوزارة لتبني التقنيات لأهداف، منها: تأكيد وجود حلول متوفرة للعديد من التحديات التي يعاني منها القطاع البيئي في المملكة، وتوضيح التوجه الاستراتيجي للوزارة لأصحاب المصلحة الذين يؤدون أدواراً حيوية في تحقيق طموح المملكة نحو قطاع بيئي مستدام، ويربط القسم التالي بين أصحاب المصلحة وهذا التقرير.

الجهات ذات العلاقة

إن خارطة طريق تبنّي التقنيات هي نتاج جهد مكثف قادته وزارة البيئة والمياه والزراعة، بدعم ومساهمة من جميع أصحاب المصلحة في منظومة البيئة، بما في ذلك الجهات التنظيمية والتشريعية، والمعاهد البحثية والجامعات، وملّاك التقنية، والجهات الحكومية والمنظمات غير الحكومية، وصناديق الاستثمار، ومؤسسات القطاع الخاص.

وقد ساهم في هذا التقرير أكثر من 120 خبيراً ومتخصصاً من الجهات ذات العلاقة، مثلوا نحو 30 كياناً، وقد حلل فريق العمل أكثر من 50 مشاركة في الاستبيان المرتبط بالتقنيات القطاعية، كما واءم فريق العمل بين هذه التقنيات وأكثر من 10 استراتيجيات وطنية، منظّماً عددا من ورش العمل والاجتماعات لضمان فهم وجهات نظر أصحاب المصلحة.

ويمكن للعديد من الجهات ذات العلاقة الاستفادة من هذا التقرير بأشكال عديدة بحسب هذه الجهات، ومنها:



تقنية الإضاءة بالليزر لزراعة الشعاب المرجانية، جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية

1 **المؤسسات الحكومية:** وهي المعنية بتقديم الدعم التنظيمي والاستراتيجي، وتهيئة بيئة ممكّنة للابتكار، وضمان توافق السياسات والمعايير مع أهداف التنمية المستدامة. وفيما يقدم هذا التقرير النظرة إجمالية عن التقنيات المتوقع تبنّيها في المملكة خلال السنوات القليلة القادمة، فإن العديد من الجهات الحكومية تؤدي دوراً في تسهيل تبني هذه التقنيات من نواح عدة، كتسهيل دخول ملّاك التقنية إلى المملكة، وضمان تمكين الأدوات التنظيمية لتطبيق هذه التقنيات المتقدمة وغيرها.

2 **القطاع الخاص:** وهو الشريك الأساسي في هذا المسعى، ويؤدي القطاع الخاص عدة أدوار في تبني التقنيات المتقدمة، منها استيراد التقنيات الجاهزة إلى المملكة وتوطينها وتطويرها وتشرها محليا، إضافة إلى ذلك فإن القطاع البيئي الخاص هو المستهدف بتطبيق التقنيات في منظوماته وعملياته التشغيلية، وهو أحد أهم ممثلي جانب الطلب الذي يستهدفه هذا التقرير، وبذلك فهو المحرك نحو استدامة القطاع البيئي وزيادة فاعليته.

3 **الشركات الناشئة المبتكرة:** وهي المنشآت الصغيرة الناشئة التي تمتلك المعرفة الكافية لاستيعاب التقنيات الحديثة وتطبيقها على أرض الواقع، ولديها المرونة اللازمة لاستيعاب الاستثمارات التقنية ذات الأثر الاقتصادي متوسط المدى، كما يمكنها الوصول إلى أدوات تمويلية متخصصة في الابتكار مثل صناديق الاستثمار الجريء وغيرها. وتؤدي هذه المنشآت دوراً جوهرياً في إدخال التقنيات إلى الأسواق لكون الابتكار في صلب نشاطها القطاعي، وبموقعها الوسيط بين المنظومتين العلمية والقطاعية.

4 **مراكز البحوث والجامعات:** وهي بيوت الخبرة التي تسهم في خلق التقنيات وتنميتها في القطاع البيئي، وتؤدي هذه الجهات عدة أدوار، منها تقديم الاستشارات للقطاع الخاص في التقنيات الحديثة المطبّقة، وتكييف هذه التقنيات لتتناسب مع البيئة المحلية، ومن ثم تطويرها لزيادة فاعليتها في المستقبل، كما تنقل هذه العلوم والتقنيات إلى المؤسسات التعليمية لتكون في صلب العملية التعليمية.

5 **المستثمرون:** ويمثلون صناديق الاستثمار الوطنية والخاصة، والمستثمرين الملائكيّين، والمؤسسات المالية، وهم يؤدون أدواراً محورية في تبنّي التقنيات، مثل التمويل والدعم المالي، وتخفيف المخاطر على المبتكرين بتمكينهم من تقديم منتجات جديدة حتى مع ارتفاع نسبة عدم التيقّن، والإرشاد والتوجيه للمبتكرين بما يملكه المستثمرون بأنواعهم من خبرة في الأسواق، والوصول إلى الأسواق من خلال شبكاتهم التجارية والصناعية، وزيادة موثوقية المبتكرين لدى الأسواق التجارية بتبنّي ابتكاراتهم، وتمكين المبتكرين من التوسّع المحلي والدولي.



تقنية مراقبة مرجان البحر، جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية

منهجية خارطة تبني التقنيات

إن تصميم خارطة طريق دقيقة وقابلة للتحديث مهمة معقدة لأسباب عديدة، منها تسارع وتيرة التقدم التقني ومتطلبات السوق. ويتطلب الخروج بخارطة طريق لتبني التقنيات استشراف الاتجاهات التقنية المستقبلية، ومواءمتها مع الطموحات الوطنية طويلة الأمد، وهو ما يشكل تحدياً ولا سيما في المشهد التقني المتسارع والمتقلب.

وتشمل العوامل التي تسهم في هذا التعقيد الحاجة إلى توقع التقنيات الناشئة والتكيف معها، والتكامل مع الأنظمة الحالية، وإدارة تخصيص الموارد، والحفاظ على مرونة التعامل مع المعلومات الجديدة أو تحولات الأسواق، وبالإضافة إلى ذلك، فإن ضمان توافق أصحاب المصلحة يضيف تعقيدات تنظيمية، ونتيجة لهذا، لا بد أن توازن خريطة طريق تمكين التقنيات بين الرؤى المستقبلية والقدرة على التكيف، والوضع الراهن للقطاع، مما يجعل تصميمها عملية دقيقة.

نظرة عامة

يتألف النهج الشامل لوضع خارطة طريق تمكين التقنيات من ثلاثة أجزاء أساسية، أولها: تقييم حجم الطلب على الحلول التقنية وطبيعته من خلال التواصل الوثيق مع القطاعات، بهدف معرفة التحديات التي تواجهها، ومن ثم تحديد الطلب المرتبط بها. ثانيها: تحديد التقنيات المناسبة للقطاعات على نطاق واسع، وهو ما أسفر عن تحديد أكثر من 100 تقنية عبر 22 مجموعة لقطاع البيئة، وثالثها: الاتفاق على أولويات التقنيات على أساس معيارين رئيسين وهما: التأثير في التحديات، أي مدى قدرة هذه التقنية على معالجة التحديات القطاعية، وسهولة تبني هذه التقنيات في المملكة، ومن المهم الإشارة إلى أن عامل سهولة التنفيذ أمر جوهري، لأن أحد الأغراض الرئيسة لتمكين التقنية هو مواجهة التحديات الأكثر إلحاحًا. ولذلك، كان لعامل الوقت دور كبير في تحديد أولويات تبنّي التقنيات، ومن ثم الخروج بمراحل أو موجات لتبني التقنيات، وتركز الأقسام الفرعية التالية على هذه الأجزاء الثلاثة.

جانب الطلب على التقنيات

إن الطلب على الحلول التقنية في قطاع البيئة مدفوع بعدد من العوامل، منها وجود تحديات لهذا القطاع في المملكة أبرزها الظروف البيئية القاسية مثل شح المياه وحرارة الطقس، واتساع رقعة المملكة الجغرافية، وتنوّعها البيئي والجغرافي، كما أن الحاجة إلى التحوّل في هذا القطاع تستدعي إيجاد حلول تقنية تمكّنها من ذلك، إضافة إلى ذلك فقد شهد القطاع خلال السنوات الأخيرة إطلاق عدد من التشريعات الهادفة إلى تنظيمه، وهو بحاجة في المرحلة المقبلة إلى الحلول الابتكارية لتمكنه من الارتقاء إلى ما يتناسب مع الطموحات الوطنية. وأخيرا فإن هذا القطاع يؤدي دوراً مهماً واستراتيجياً للمملكة، كونه القطاع المعني بالاستدامة البيئية والذي يتطلب الوصول إليه تكاتف الجهات الوطنية، واستحضار جميع الحلول المتوفرة.

ولذلك، كان من الضروري أن ترتكز خارطة طريق تمكين التقنيات على هذه التحديات الوطنية والاحتياجات الملحة (جانب الطلب) وعلى الفرص السانحة في الوقت نفسه (جانب العرض). ولهذا الغرض، بذلت جهود واسعة النطاق، بالتعاون الوثيق مع القطاعات، لتحديد التحديات الأكثر أهمية وتوصيفها، وقد أسهمت الاستراتيجيات الوطنية المتسقة مع المتطلبات المحلية، والجهود الحالية للقطاعات في تيسير العمل إلى حد كبير.

وحتى يصل التقرير إلى حجم الطلب على الحلول التقنية وطبيعته، فقد بدأ بتوصيف القطاعات وقسّمها إلى عدة قوائم بحسب سلسلة القيمة فيها، وفي قطاع البيئة، وكانت هذه القوائم هي: التنوّع الأحيائي، والتشجير وحماية الأراضي من التصحر، وإدارة النفايات، والتلوث والالتزام البيئي. وحدد التقرير بعد ذلك التحديات لكل قائمة بشكل دقيق، مقيّما إمكانات الحلول التقنية لكل منها، وأخيراً واءم التقرير بين التحديات والتقنيات المعروضة، منتهياً بذلك بخرائط تمثل الطلب على الحلول التقنية.

أشجار المانجروف، وزارة البيئة والمياه والزراعة

جانب العرض للتقنيات

إن العمل على إيجاد الحلول التقنية لقطاع البيئة مستمر منذ عشرات السنين، وتتنوع هذه الحلول بحسب الاحتياجات المناطقية والتوجهات الوطنية، وقد بُذلت جهود عديدة للمواءمة بين التقنيات المتوفرة لقطاع البيئة وهذه الاحتياجات، ولأن عدد التقنيات البيئية المتوفرة هائل بحكم اتساع نطاق هذا القطاع، كما قد لا يتناسب بعضها بكل حال مع الاحتياج الوطني، فقد كان من الضروري وضع نهج يمكّن من تصنيف المعروض من التقنيات الجاهزة ومواءمتها مع الاحتياجات القطاعية في المملكة، لتحديد التقنيات ذات الأولية، ومن ثم تصميم المبادرات الاستراتيجية لتبنّيها.

ولتسهيل تصنيف هذه التقنيات، فقد حدد النهج المستخدم قائمة طويلة من التقنيات البيئية، ومن ثم صنّفها إلى مجموعات من المجموعات التقنية، ترتبط فيما بينها بتقديم حلول للمشكلات المتشابهة، على سبيل المثال تتكتل جميع التقنيات التي تقدم حلولا لإدارة النفايات في مجموعة واحدة، حتى وإن اختلفت في مجالاتها التقنية مثل علوم المواد، أو التطبيقات الرقمية، أو التقنية الحيوية، أو غيرها، وبذلك خرج النهج المستخدم بمجموعات من المجموعات التقنية التي يستهدف كل منها حل مشكلات متشابهة. وقد راجع خبراء متخصصون أكثر من 100 تقنية في القطاع البيئي، وأسهموا في تصنيفها إلى 22 مجموعة تقنية، قبل أن

شكل 3: الإطار التقني لقطاع البيئة

تنوع أحيائي		الأراضي والنباتات والتصحر			إدارة النفايات		مكافحة التلوث والامتثال			الأرصاد الجوية
النظم البيئية الأرضية	النظم البيئية البحرية والساحلية	أراضي المراعي	المتنزهات الوطنية	الغابات	البلدي	صناعي	تلوث الهواء	تلوث الماء	تلوث التربة	20. طرق الحصول على البيانات ومراقبتها
1. تقنيات الحفاظ على التوع البيئي		4. تقنية تحسين النبات (لتقنية الحيوية)			طبي	أخرى	16. منع تلوث الهواء والتخفيف من حدته	17. منع تلوث المياه والتخفيف من آثاره	18. منع تلوث التربة والتخفيف من آثاره	21. التنبؤ بالطقس والمناخ
2. إدارة المناطق المحمية		5. تقنية البستنة			11. أجهزة وأنظمة ومركبات التجميع					22. تقنية تعزيز الطقس
3. تقنيات متابعة الأنظمة البيئية		6. دعم التجدد الطبيعي للغطاء النباتي			12. الفرز الآلي					
		7. الحماية من التصحر			13. المعالجة (بما في ذلك إعادة التدوير والتسميد واستعادة الطاقة)		19. مراقبة التلوث			
		8. الري المبتكر للأشجار والنباتات البرية			14. تقنية التخلص من النفايات					
		9. إدارة أراضي الرعي			15. مراقبة النفايات					
		10. مراقبة الأراضي								

المصدر: مركز الاستشراف التقني بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تُقيم هذه التقنيات بحسب إلحاح التحديات التي تعالجها وأولوياتها، ومدى سهولة تبنّيها كما ذكر آنفا.

وقد رُوعيت مواءمة الطلب مع العرض عند تحديد الأولويات وموجات التقنية، وهو أمر ضروري حتى توجّه الجهود نحو تبنّي التقنيات المتصلة بالتحديات الأكثر إلحاحاً، ولم تغفل هذه العملية أهمية تفضيل التقنيات الأسهل في التبنّي، ولا سيما التقنيات القابلة للتطوّر والتوسع في المملكة. وحفاظاً على هذا الهدف، قيّم هذا التقرير الممكّنات المرتبطة بهذه التقنيات بناء على الحقائق والمعلومات المتوفرة، ومن ثم راجع المختصون وأصحاب المصلحة نتائج هذا التقييم.

يبين الشكل رقم (3) أدناه إطار الممكنات التقنية وتوزيع فئاتها المحددة — البالغ عددها 22 فئة — حيث رُتبت حسب مجالات قطاع البيئة الرئيسية.

يقدم الإطار صورة شاملة عن استخدامات التقنيات البيئية في المجالات المحددة، ويضمن الإطار التغطية الشاملة لجميع التقنيات المبتكرة في قطاع البيئة.

تقييم التقنيات

في مرحلة تقييم التقنيات، كان من المهم في البداية تحديد معايير هذا التقييم، وبعد دراسة طُرق عدة لتقييم التقنيات، وإسقاطها على المتطلبات الوطنية الحالية، اتضح أن أهم معيارين لتحقيق الغرض المنشود: هما الأثر المتوقع من نشر التقنيات، ومدى سهولة تبنيها في المملكة. ويقاس الأثر الذي تحدثه التقنيات بعدد من المؤشرات، مثل مدى إسهام التقنية في تحقيق مستهدفات الاستراتيجية القطاعية، وقدرتها على التصدي للتحديات المحلية والعالمية، ودورها المحتمل في السوق السعودي (على سبيل المثال، زيادة الإنتاجية أو التنافسية أو دورها في تحقيق المستهدفات القطاعية)، أما سهولة التنفيذ فتُقاس بمدى القدرة على تبني هذه التقنيات في المملكة من خلال عدد من المؤشرات، مثل: البنية التحتية الحالية، وتوفر سلاسل التوريد، ووجود التنظيمات الداعمة، وإمكانية التوطين من خلال الكفاءات البشرية، والوعي بدور التقنيات، والقابلية لاستيعاب التقنية.

وقد أجري تقييم شامل للتقنيات المحددة حيث ركز على الأثر المتوقع من تلك التقنيات وسهولة تنفيذها. وتقيس معايير الأثر الدور الذي ستؤديه التقنية المحددة في استراتيجية القطاع ومعالجة التحديات وتلبية متطلبات السوق، بينما تدرس معايير سهولة التنفيذ الوقت اللازم لدخول التقنية للسوق وعوائق دخولها وإمكانيات التوطين. كما هو موضح في الشكل رقم (4) أدناه.

شكل 4: تقييم المجموعات التقنية



سهولة التنفيذ



التأثير المحتمل

	التقييم على مستوى التقنيات ومن ثم التجميع على مستوى المجموعات التقنية	التقييم على مستوى المجموعات التقنية
وقت الوصول إلى السوق	تقييم الوقت اللازم لتبني التقنية	
مدى الإسهام في تحقيق الاستراتيجيات القطاعية		• التوافق مع استراتيجيات القطاع (الأهداف والبرامج والمبادرات) والأولويات • المساهمة في حل تحديات القطاع
عوائق دخول السوق	تقييم حواجز الدخول المتعلقة بالتقنيات: • البنية التحتية وسلسلة التوريد • التنظيمات الداعمة • تعقيدات التبني	
التحديات العالمية		المساهمة في حل التحديات العالمية الملحة
إمكانية تبني توطين التقنيات في المملكة	تقييم إمكانات التوطين: • قابلية استيعاب التقنية • الكفاءات البشرية • الوعي بدور التقنيات	
الطلب في السوق السعودي		المساهمة المحتملة في سوق المملكة: • زيادة الإيرادات • خفض التكاليف • تحسين الإنتاجية

.

شكل هذا النهج أسس تقييم الممكنات التقنية حيث يقدم أساسًا منظمًا لتقييم هذه الممكنات وترتيبها وفقًا لأولويتها.

وبناء على هذين المعيارين، فقد قُيمت جميع مجموعات التقنية بمشاركة خبراء في المؤشرات المذكورة سالفاً، وخضعت هذه التقييمات لتحليلات عدة، لتخرج بعد ذلك التقنيات في أربع مجموعات بحسب مدى تأثيرها (عال أم متوسط)، ومدى سهولة تبنيها (سهلة التنفيذ أم قابلةً للتنفيذ)، بحيث يمكن البدء بالمجموعة ذات التأثير العالي وسهولة التنفيذ، على أن تبدأ المجموعات الأخرى لاحقاً بعد معالجة المسببات التي أثرت على تقييمها.

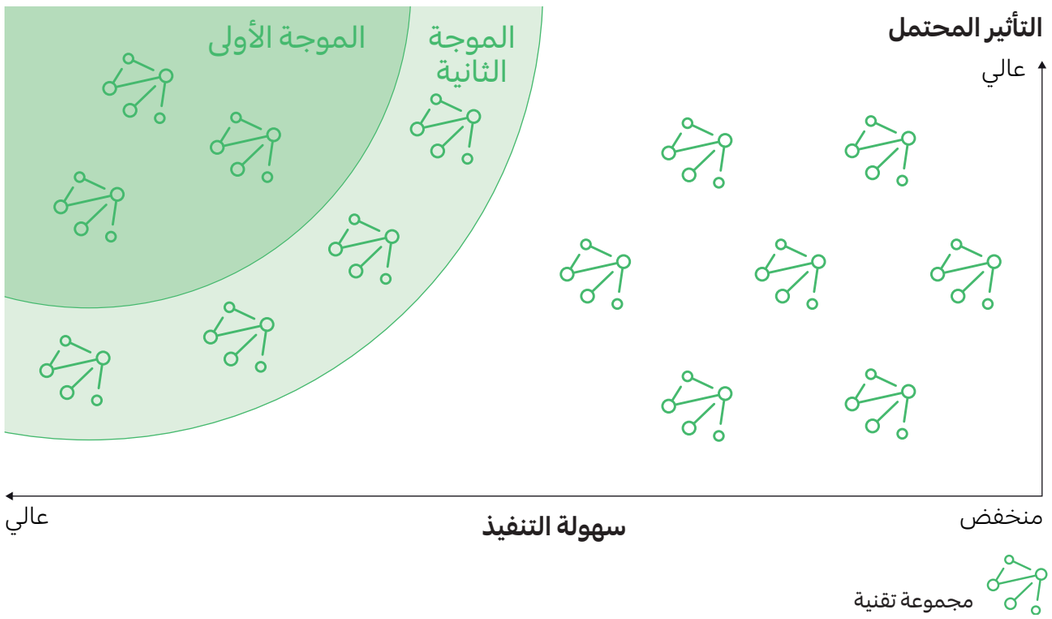
بعد الخروج بقائمة مبدئية للتقنيات ذات الأولوية العالية للتبني، راجع عدد من المختصين وأصحاب المصلحة هذه القائمة للتأكد من دقة التقييم والتوافق مع التوقعات القطاعية للمتخصصين العلميين، ومن أصحاب المصلحة ممن يعملون في هذا القطاع من الناحيتين التنظيمية والصناعية، واتبعت هذه المرحلة وسائل عديدة للمراجعة بحسب طبيعة المؤشرات والمُراجعين، فعقدت اجتماعات فردية مع بعض الجهات القطاعية، وأرسلت استبيانات مختصة للبعض الآخر، كما عقدت كذلك ورش عمل لجمع أطراف عدة على طاولة نقاش واحدة.

ويجدر بالذكر أن جميع هذه الوسائل جمعت على شكل تقارير في حال ورش العمل، وبشكل محاضر اجتماعات، وحفظت بيانات الاستبيانات المرسلة بصيغ رقمية، وذلك لغرض الاستفادة منها في مشاريع مقبلةً، أو عند إعادة تقييم التقنيات مستقبلاً في حال وجود مستجدات تحتم ذلك.

يوضح الشكل رقم (5) أدناه مرحلتي توظيف الممكنات التقنية وتوزيع فئات الممكنات التقنية بحسب سهولة التنفيذ والأثر المتوقع.

وسيتم التركيز على تبني مجموعات التقنية المدرجة ضمن الموجة الأولى، ومن ثم سيتم التركيز على الموجة الثانية للتبني.

شكل 5: تقييم المجموعات التقنية



التقنيات ذات الأولوية

حُددت الموجات التقنية بناء على المنهجية المذكورة في القسم السابق، بحيث مثلت الموجة الأولى أربع تقنيات يُستهدف تبنيها في العامين 2024 و2025، كما تكونت الموجة الثانية من خمس تقنيات يُستهدف تبنيها ابتداء من عام 2025. كما سيُنظر في الموجة الثالثة ذات النطاق الأوسع بين عامي 2026 و2030 بحسب الجاهزية للتبني.

ويقدم هذا التقرير تفصيلا عن تقنيات الموجة الأولى المقرر تبنّيها في عامي 2024 و2025، مسلطا الضوء على جانب الطلب [أي التحديات التي تسهم هذه التقنيات في حلها]، وجانب العرض [أي القدرات التي تمتلكها المملكة في هذه التقنيات]، وأبرز المعوّقات التي قد تواجهها هذه التقنيات عند تبنّيها، وأخيرا سبل تبني هذه التقنيات. وشملت الموجة الأولى التقنيات التالية:

1. مراقبة النظام البيئي
2. إدارة أراضي الرعي
3. معالجة النفايات
4. تقنيات الري المبتكر للأشجار والنباتات البرية

مراقبة النظام البيئي

نظرة عامة

تُركّز تقنيات مراقبة النظام البيئي على فهم منظومة الحياة الفطرية وتقييمها وإدارتها. وهي تتيح تحقيق مستويات أعلى من الفعالية في تتبّع التنوع الأحيائي في البيئات البحرية والبرية، وفهمه ومراقبته. وتشمل مراقبة النظام البيئي الرصد الأرضي (الأدوات والمعدّات والمنهجيات المستخدمة لجمع البيانات وتقييم التنوع الأحيائي الأرضي، مثل كاميرات المراقبة، والمراقبة الصوتية، وأخذ عينات الحمض النووي البيئي، والمسح الأرضي بالليزر، والقياس الراديوي عن بعد، والتصوير الفائق الطيفي، ونظام المعلومات الجغرافية المستند على شبكة الإنترنت) والمراقبة البحرية (الأدوات والمعدّات والمنهجيات المستخدمة لجمع البيانات وتقييم التنوع الأحيائي المائي، مثل عوامات المراقبة، كاميرات المراقبة تحت الماء، والمركبات التي تسير تحت الماء، وأنظمة التعريف التلقائي وبرمجيات التعرف على الأنماط).

محركات الطلب

تهدف المملكة العربية السعودية إلى تحقيق تغطية بنسبة 17٪ في المحميات البرية و10٪ في المحميات البحرية. بالإضافة إلى ذلك، تهدف المملكة إلى الوصول إلى مناطق تنوع أحيائي محمية بنسبة 75٪.[4] وستكون التقنيات ضرورية لتحقيق هذه الأهداف مما سيسرع من اعتماد تقنيات مراقبة النظام البيئي.

يمرّ سوق تقنيات مراقبة النظام البيئي على مستوى العالم بمرحلة من النمو، سواء في مجالات الرصد الأرضي أو المراقبة البحرية. وبالنسبة للرصد الأرضي؛ فمن المتوقع أن تنمو القيمة السوقية لتقنيات مراقبة النظام البيئي من من 2.1 مليار دولار أمريكي في عام 2022 إلى 4.9 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2030 (معدل نمو سنوي مركب يبلغ 12٪).[5] أما بالنسبة للمراقبة البحرية، فمن المتوقع أن تنمو القيمة السوقية لتقنيات مراقبة النظام البيئي من 0.8 مليار دولار أمريكي في عام 2022 إلى 1.2 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2030 (معدل نمو سنوي مركب قدره 5٪).[6]

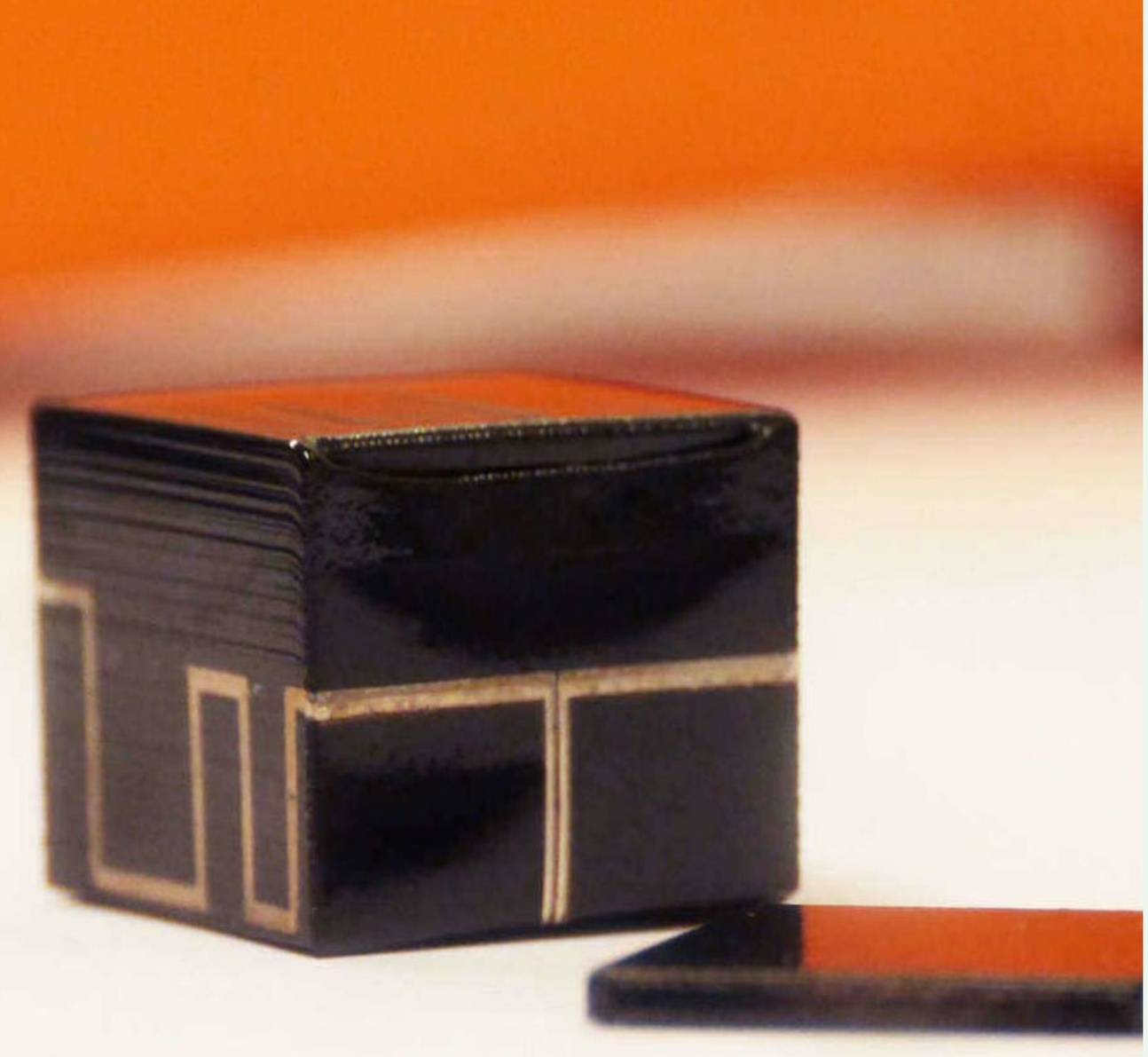
محركات العرض

يركّز المركز الوطني لتنمية الحياة الفطرية على تطوير تقنيات مراقبة النظام البيئي، ولا سيما من خلال استخدام كاميرات التصوير الطيفي الفائق، والقياس الراديوي عن بعد، ونظام المعلومات الجغرافية المستند على شبكة الإنترنت. وتقود جهود البحث والتطوير الأساسية ثلاثة كيانات رئيسة هي: مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، وجامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية، وجامعة الملك فهد للبترول والمعادن. وأطلقت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية سفينة البحوث العلمية «ناجل» لتقييم المخزون السمكي ودراسة التغير المناخي في النظم البيئية البحرية في الخليج العربي والبحر الأحمر. كما أبرمت جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية اتفاقيات تعاون مع شركة «أوشن أيرو» (Ocean Aero) للمركبات ذاتية القيادة تحت الماء، بهدف تقييم التيارات غير العادية والأنواع ذات التنوع الأحيائي في البحر الأحمر.

وبالإضافة إلى ذلك، طرحت جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية قمراً صناعياً من نوع «كيوبسات» (CubeSat) بالشراكة مع «سباير جلوبال» (Spire Global) لجمع بيانات عالية الدقة تغطي النظم البيئية الأرضية والمحيطية. وعملت جامعة الملك فهد للبترول والمعادن عبر مركز البيئة والدراسات البحرية التابع لها بضم جهودها إلى جهود شركة البحر الأحمر الدولية، لكي تتعاونا معاً لمراقبة البيئات البحرية والبرية المرتبطة بمشروع البحر الأحمر. وتتميز عدد من الشركات العالمية في هذا المجال ومنها، John Deere ، و Semex ، و Trans Ova Genetics.

معوقات التبني

يتيح الابتكار مجالا واسعًا في تلبية احتياجات المراقبة البيئية، ولا سيما مع العوائق الحالية، مثل وصول خدمات الكهرباء والاتصالات في المناطق النائية، حيث إنها الأماكن الغنية بالتنوع الأحيائي، وتقدم الوزارة عددا من البرامج التي تُعنى بتلبية الطلب على هذه التقنيات سواء من خلال بناء الشراكات بين جهات الطلب والقطاع الخاص، أو بتقديم برامج تجريب التقنيات وبرهنتها، كما تلبي التقنيات الرقمية العديد من احتياجات قطاع الحياة الفطرية دون الحاجة إلى الوجود الفعلي في المواقع النائية.



جهاز استشعار لاسلكي ثلاثي الأبعاد لرصد البيئة في الوقت الحقيقي، جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية

4 Ministry of Environment. Water and Agriculture. "National Environment Strategy". 2018

5 Global News Wire. 2022

6 Persistence Market Research. 2022

إدارة أراضي الرعي

نظرة عامة

تهدف تقنيات إدارة أراضي الرعي إلى الإدارة المستدامة للمراعي وأراضي الرعي المفتوحة، وحمايتها من الرعي الجائر والتصحّر. وتشمل هذه التقنيات كلاً من:

تقنيات مراقبة الرعي: وهي التقنيات المستخدمة لإدارة عملية الرعي وتحسين الصحة المرتبطة بها، من خلال مراقبة صحة التربة وظروف الثروة الحيوانية والمراعي، مثل: تقنيات الاستشعار عن بعد، والتقنيات الدقيقة وتقنيات التعرّف الإلكتروني والطائرات بدون طيار (الدرون) وبرامج الرعي.

تقنيات التغذية: وهي التقنيات التي تهدف إلى تحسين كفاءة تغذية الماشية وعلفها، مثل: تربية الحشرات، والبروتين أحادي الخلية، والتغذية الدقيقة، والتغذية الآلية، وأجهزة الخلط.

محركات الطلب

من المتوقع أن ينخفض مؤشر استدامة الرعي في المملكة انخفاضاً ملحوظ خلال العقد المقبل، حيث سيتراجع من 3.2 في عام 2023 إلى 1 بحلول عام 2030.[7] وفي هذا السياق، ستخضع تقنيات إدارة أراضي الرعي للتطوير وستُعتَمد للحد من التصحر وتآكل التربة، كما سينمو الطلب العالمي أيضاً، حيث سيرتفع من 1.6 مليار دولار أمريكي في عام 2022 إلى 3.7 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2032.[8]

محركات العرض

تُبذلُ حالياً جهود هائلة في مجال البحث والتطوير المتعلق بتقنيات إدارة أراضي الرعي، بقيادة جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية والعديد من المشاركين من القطاع الخاص. وتعمل شركة «أنظمة المها» (وهي شركة ناشئة في جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية) على تطوير أنظمة مراقبة صحة الحيوان. كما تنفّذ جامعة الملك عبدالله أيضاً برامج بحثية لإدارة أراضي الرعي، خاصة في مجال أجهزة الاستشعار المستخدمة في المراقبة. وبالإضافة إلى ذلك، تعمل شركات عديدة (بما في ذلك شركة «إضافات»، و«يونيبايو»، و«كاليسيو»، و«فود كارافان») حالياً على تجربة مبادرات متعددة لتطوير بدائل مناسبة للأعلاف الحيوانية.

معوقات التبني

تتطلب تقنيات مراقبة الرعي قنوات طلب منظّم لها، واستدامة في الإيرادات الداعمة لها، ولا سيما أنها تقنيات تحتاج إلى التكييف بحسب مناخ المملكة وجغرافيتها، ولذلك فقد أطلقت الوزارة برامج عديدة في هذا الصدد، فمثلاً أطلقت الوزارة برنامج تجريب التقنيات الجاهزة وبرهنتها في المملكة لضمان تلبية الطلب المحلي وإثبات جدوى التقنيات فيها، كما ستطلق منصة للتقنيات الجاهزة التي توفر حلولا للتحديات القطاعية. ولأن تقنيات التغذية تتطلب تحديثات تنظيمية بالتنسيق مع عدد من الجهات الحكومية، فقد أطلقت الوزارة برنامج البيئة التشريعية التجريبية الذي يهدف إلى اختبار التقنيات وتحديد العوائق التنظيمية لها بالتنسيق مع الجهات الناظمة.



نظام رصد المها العربي، جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية

7 Ministry of Environment. Water and Agriculture. "National Environment Strategy". 2018

8 Markets and Markets. "Livestock Monitoring Marketsize by Livestock Type». 2022

معالجة النفايات

نظرة عامة

تشمل تقنيات معالجة النفايات كلًا من إعادة تدوير المواد، واستعادة الطاقة، وإعادة تدوير النفايات العضوية في جميع أنواع النفايات، بما في ذلك نفايات البناء والهدم، والنفايات البلدية الصلبة، والنفايات الزراعية. وتشمل هذه التقنيات:

إعادة تدوير المواد: وهي فرز مواد النفايات إلى منتجات جديدة أو مواد خام يمكن إعادة استخدامها ومن ثم إعادة معالجتها، مثل التقطيع والفرز والتجميع.

استعادة الطاقة: وهي عملية إعادة التدوير التي تشمل تحويل مواد النفايات غير القابلة لإعادة التدوير إلى طاقة قابلة للاستخدام في شكل كهرباء وحرارة ووقود، مثل الحرق والتغويز والتحلل الحراري والهضم اللاهوائي.

إعادة تدوير النفايات العضوية: وهي معالجة النفايات العضوية وتحويلها إلى منتجات وموارد مفيدة، مثل، التسميد والهضم اللاهوائي والتخمير.

محركات الطلب

تهدف المملكة العربية السعودية إلى تحقيق معدل تحويل بنسبة 50٪ من مدافن ومكبات النفايات بحلول عام 2030، و94٪ من مدافن النفايات البلدية الصلبة بحلول عام 2035. وسيؤدي ذلك إلى تسريع اعتماد تقنيات معالجة النفايات، حيث تسلّط الدراسات الضوء على أن رحلة تحويل مدافن النفايات تستغرق من 20 إلى 25 سنة[9] في بعض دول مجموعة العشرين وغيرها في الدول المتقدمة.

ومن المتوقع أن ينمو السوق العالمي لتوليد النفايات العالمية من 2.3 مليار طن في عام 2022 إلى 2.9 مليار طن بحلول عام 2032 (معدل نمو سنوي مركب يبلغ 2.3٪).[10] وتتمثل الدوافع الرئيسة لهذه الزيادة في تزايد توليد النفايات في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى وجنوب آسيا والشرق الأوسط وشمال أفريقيا. إذ من المتوقع أن يتضاعف ثلاث مرات في حالة أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، ومرّتين في حالة كل من جنوب آسيا والشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

محركات العرض

أنشأت المملكة العربية السعودية الشركة السعودية الاستثمارية لإعادة التدوير (سرك)، وهي شركة مملوكة لصندوق الاستثمارات العامة بوصفها شركة وطنية رائدة تسعى إلى المضي قُدُماً بجهود إعادة التدوير في المملكة، تحت رعاية المركز الوطني لإدارة النفايات. وتؤدّي شركة (سرك) دوراً نشطاً في تطوير مشاريع تجريبية في عدة مسارات لمعالجة النفايات، بما في ذلك، على سبيل المثال لا الحصر، التسميد وتحويل النفايات إلى طاقة. بالإضافة إلى ذلك، أنشأت جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية برامج بحثية متعددة في مجال معالجة النفايات، أدى بعضها إلى ظهور شركات ناشئة (مثل شركة «إدامة للحلول العضوية»). أخيراً تعمل أيضاً كيانات القطاع الخاص عموماً (بما في ذلك، على سبيل المثال لا الحصر، كلًا من «صدارة»، و«واكو»، و«يونتكو») على تطوير حلول تجريبية وتجارية. كما يتميز عدد من الشركات العالمية في مجال إدارة النفايات مثل، AMP Robotics، وEnevo Inc.، و WasteIQ، و BinMaster، و Wasteology.

معوقات التبني

إن مجال إدارة النفايات واسع بطبيعته، وهو يخضع لتنظيمات عديدة، مما يعرّض تطبيق التقنيات فيه لعدد من العوائق التنظيمية، ولذلك يعد برنامج البيئات التشريعية التنظيمية — الذي أطلقته الوزارة — أحد أهم البرامج المساندة لتبني التقنيات في مجال إدارة النفايات، كما أن العديد من هذه التقنيات يحتاج إلى بيئة مناسبة للتجربة، وهو ما دفع الوزارة إلى إطلاق برنامج برهنة التقنيات وتجريبها، للتأكد من تكيفها مع البيئة المحلية وإمكانية تطبيق هذه التقنيات على نطاق واسع.

9 International Trade Administration. "waste management". 2024
10 The World Bank. "Trends in Solid Waste Management". 2020



تقنية اعادة تدوير النفايات، شركة إدامة للحلول العضوية

تقنيات الري المبتكر للأشجار والنباتات البرية

نظرة عامة

تشتمل تقنيات الري المبتكر للأشجار والنباتات البرية على مجموعة متنوعة من الأنظمة التي تهدف إلى مساعدة الغطاء النباتي الطبيعي على النمو مع تحسين استخدام مياه الري وزيادة كفاءتها، وذلك لإدارة الموارد المائية بفاعلية. فهي تمكّن من ترشيد مياه الري دون التأثير على نمو النبات وذلك بتخصيص عملية الري وفقاً لاحتياجات نباتات معينة، وبحسب خصائص الأرض. وتشمل هذه التقنيات:

الري الجزئي/بالتنقيط: وهو نظام الري الذي يوصل المياه مباشرة إلى جذور النباتات بكميات صغيرة يمكن التحكم فيها باستخدام شبكة من الأنابيب، تطلق الماء على شكل قطرات أو تدفق بطيء وثابت.

الري بالغمر في الاحواض: وهو نظام الري المتحرك لسقي المساحات الكبيرة وذلك بحجز المياه فوق الجزء الجذري للنباتات باستخدام الاحواض متوسطة العمق. وهي مناسبة للأراضي المسطحة تحديدًا.

الري تحت السطحي بالخراطيم الراشحة: حيث يتم دفن الانابيب وايصال مياه الري بشكل مباشر الى منطقة الجذور بتصريف بطيء.

الري الذكي: وهو أنظمة تتضمن أجهزة استشعار، وبيانات الطقس، والاتصال بالإنترنت لمراقبة جداول الري وضبطها بناءً على الظروف السائدة وقت الري الفعلي.

محركات الطلب

تطمح المملكة لتحقيق العديد من الأهداف البيئية عن طريق زراعة 10 مليارات شجرة في جميع انحاء المملكة حيث ستساهم في إعادة تأهيل 40 مليون هكتار من الأراضي المتدهورة، وفي استعادة الوظائف البيئية الحيوية، وتحسين جودة الهواء والحد من العواصف الغبارية والرملية. وتقتضي عمليات التشجير في مراحلها الأولى الري بشكل منتظم حتى وصول النبات الى مرحلة الاعتماد الذاتي. وفي ذات الوقت تحتل المملكة المرتبة الثامنة عالمياً على مؤشر الإجهاد المائي، لأن ما يقرب من 80٪ من المياه المستهلكة في الزراعة تأتي من المياه الجوفية غير المتجددة. ومع تزايد الضغط على احتياطيات المياه الجوفية، يُعدُّ اعتماد تقنيات الري المبتكر الحديثة أمراً بالغ الأهمية لتحقيق أهداف القطاع على المدى الطويل.

تقود تقنيات الري المبتكر إلى زيادة نمو الغطاء النباتي مع تخفيض كبير في استخدام المياه، مقارنةً بنظام الري التقليدي المفتوح. فمثلًا يمكن أن تؤدي تقنيات الري الجزئية إلى تقليل استهلاك المياه بنسبة تتراوح بين 10٪ و15٪.[11] بينما يتنامى الطلب العالمي تنامياً كبيراً، كما يتضح من سوق تقنيات الري الجزئي/الري بالتنقيط، والذي سيتضاعف أكثر من أربعة أضعاف خلال السنوات العشر القادمة، من 15 مليار دولار أمريكي في عام 2022 إلى 64 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2032.[12]

EPA Water Sense. "Saving Water with Micro irrigation". 2023 11

Morgan Stanley. "Sustainability Report". 2022 12



استخدام تقنية الري بالتنقيط لزراعة الخس

محركات العرض

تشارك مؤسسات مثل جامعة الملك عبدالله للعلوم وبالتحديد مركز الزراعة الصحراوية، إلى جانب المركز الوطني لتنمية الغطاء النباتي ومكافحة التصحر، في أنشطة بحث وتطوير كبيرة في مجال تقنيات الري المبتكر، حيث تتوفّر تقنيات متقدمة في المملكة، مع تزايد اعتماد تقنيات مثل الري الجزئي/الري بالتنقيط. وتتميز شركات عالمية في هذا المجال ومنها، Jain، Netafim Irrigation Systems،The Toro Company.

معوقات التبني

ومع ذلك، لا تزال هناك عوائق كبيرة تحول دون تبنّي هذه التقنيات. وتمثّل تقنيات الري المبتكر استثماراً كبيراً [حيث تُقدَّرُ تكلفة أنظمة الري الجزئية بما يزيد عن 1000 دولار للهكتار الواحد]، ولذلك فقد أطلقت وزارة البيئة والمياه والزراعة عددا من البرامج لمعالجة هذا التحدي مثل برنامج تحسين التعاون والترابط بين الجهات الناشطة في تبني التقنية، وبرنامج تطوير لتمويل أنشطة تبني التقنية والابتكار.

تقنيات أوسع نطاقًا

بالإضافة إلى مجموعات التقنية الأربع ذات الأولوية في موجة التنفيذ الأولى، هناك 18 مجموعة تقنية أخرى لديها القدرة على التصدي لتحديات القطاع في المملكة العربية السعودية. وتدعم هذه التقنيات مجموعة من المبادرات المحددة [أي المصممة خصيصًا لتبني تلك التقنيات] والمبادرات المنهجية الشاملة بدرجة أكبر.

ويقدم القسم التالي نظرة عامة على خطة التنفيذ، التي تغطي جميع التقنيات المناسبة لقطاع البيئة، بالإضافة إلى المبادرات المحددة الموضحة أعلاه لمجموعات التقنية الأربع في الموجة الأولى.

خطة الوزارة التنفيذية لتبني التقنيات ونشرها

قامت وزارة البيئة والمياه والزراعة بمسح الجهود القائمة في قطاع البيئة وتحليلها، لتحقيق التطلعات المستقبلية الطموحة لهذا القطاع ضمن رؤية المملكة 2030، وقد شمل التحليل: الأولويات، والتطلعات، والاستراتيجية الوطنية للبيئة، بالإضافة الى الأجندة الوطنية لقطاع البحث والتطوير والابتكار، والوضع الراهن لأنشطة تبني التقنية والابتكار في قطاع البيئة، وحالة ممكّنات تبني التقنية والابتكار كالبنى التحتية المتوفرة، والقدرات البشرية العاملة في منظومة الابتكار البيئي، والسياسات واللوائح التنظيمية الداعمة لتبني التقنية والابتكار في القطاع.

وبناء عليه تم تحديد التحديات والفجوات الحالية، وبالاستعانة بأفضل ممارسات صناعة سياسات الابتكار القطاعية والوطنية، وقد حُدد نطاق التدابير المؤسسية ذات الأولوية لتعزيز تبني التقنية والابتكار في القطاع والتي تستهدف تحقيق أربع غايات رئيسة، وهي:

1

توجيه الخطط والمساعي والموارد المخصصة وتنسيقها، لتبني التقنية والابتكار في قطاع البيئة ضمن نطاق استراتيجي يركز على مجابهة التحديات القطاعية الملحة، وبما يتماشى مع أولويات البحث والتطوير والابتكار الوطنية، والاستراتيجيات الوطنية ذات العلاقة.

2

تحسين الترابط والتعاون بين الجهات الناشطة في تبني التقنية والابتكار في قطاع البيئة، لتعزيز الشراكات والتآزر ضمن القطاع وتبادل الخبرات ونشر المعارف، وتعزيز الوعي بجهود المنظومة البيئية ونجاحاتها في تبني التقنية والابتكار في خططها وعملياتها، لخلق زخم إيجابي في القطاع يضمن استدامة الجهود.

3

تحفيز الطلب على تبني منتجات التقنية والحلول الابتكارية في قطاع البيئة، وتحسين استجابة الطلب للعرض المتاح من التقنيات من خلال التدابير المدروسة والحوافز المستهدفة.

4

بناء قدرات البحث والتطوير والابتكار في قطاع البيئة، لضمان إمدادٍ محلي كافٍ ومستمر من منتجات التقنية والحلول الابتكارية.

وعليه، ستنفذ الوزارة أربع مبادرات مؤسسية تتضمن عدداً من البرامج الفرعية المصممة بعناية لتحقيق الغايات وهي كالتالي:



1- مبادرة توجيه مساعي تبني التقنية والابتكار بقطاع البيئة وتنسيقها والتي تهدف الى:

- إنشاء إطار حوكمة شفاف وفعال يحدد الأدوار والآليات المطلوبة لتحديد الحلول الابتكارية ذات الأولوية، بما يتماشى مع الأولويات الوطنية والقطاعية، ويعمل على إشراك أصحاب المصلحة في المنظومة من خلال مواءمة الأهداف والتبادل الفعال للمعلومات، والتعاون بهدف الحفاظ على استمرارية أنشطة تبني التقنية والابتكار في القطاعات.
- تطوير آلية لتوجيه التمويل الصادر من جهات مختلفة نحو أنشطة تبني التقنية والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة التي تنفذها الجهات العامة والخاصة في المنظومة، بطريقة قائمة على الأداء تراعي المواءمة مع الحلول الابتكارية ذات الأولوية لقطاعات البيئة والمياه والزراعة، وتحقق التوازن بين التمويل المؤسسي وتمويل المشاريع.
- تطوير وتفعيل أدوات لقياس أداء منظومة البيئة ومتابعته في مجال تبني التقنية والابتكار، وتقديم تصورات وتوصيات مستندة على بيانات ومؤشرات دقيقة عن الوضع الراهن لأنشطة تبني التقنية والابتكار في القطاع، بهدف دعم عمليات اتخاذ القرار.
- تطوير برنامج مؤسسي لرصد التقنيات واستشرافها بهدف تقديم رؤية منتظمة حول التقنية والحلول الابتكارية الواعدة المناسبة لمعالجة التحديات والاستفادة من الفرص في القطاع البيئي، ودعم عمليات التخطيط واقتراح السياسات المؤسسية.
- التعاون مع هيئة تنمية البحث والتطوير والابتكار لإعداد الخطط التنفيذية التفصيلية لمهام البحث والتطوير والابتكار الوطنية ذات العلاقة بقطاع البيئة.



مبادرة تحسين التعاون وتعزيز الوعي بمجالات التقنية والابتكار وريادة الأعمال في قطاع البيئة والتي تهدف الى:

- تطوير إطار لإعداد شراكات تبني التقنية والابتكار وإدارتها في القطاع البيئي مع مختلف الشركاء المحتملين من الجهات الحكومية والخاصة، والجهات البحثية والابتكارية المحلية والدولية، بما يعزز كفاءة تلك الشراكات ويحقق الوصول إلى غاياتها المرجوة.
- تطوير منصة رقمية تحتوي معلومات عن برامج الدعم المتاحة لتبني التقنية والابتكار، وعن مشاريع البحث والتطوير والابتكار القائمة، والخدمات الاستشارية، ومخرجات البحث والتطوير والابتكار وتبني التقنية، وفرص التعليم والتدريب، والأخبار، والفعاليات، وقصص النجاح، لدعم التواصل وتعزيز الروابط بين مختلف الفاعلين في المنظومة.
- تخطيط برامج للجوائز والمسابقات التحفيزية وإطلاقها لتبني التقنية والابتكار بالتعاون مع الجهات ذات العلاقة، بهدف تعزيز ثقافة البحث والتطوير والابتكار وتبني التقنية، ونشر قصص النجاح في القطاع للاستلهام بها.
- تعزيز الوعي بجهود منظومة البيئة والمياه والزراعة في تبني التقنية والابتكار، من خلال نشر تقارير دورية في منصات مرموقة عن أبرز النجاحات والتطلعات لمنظومة البيئة في مجال البحث والابتكار.
- تنظيم الأحداث والمعارض لتوفير منصات لجهات البحث والتطوير ومزودي التقنية المحليين والدوليين، لعرض منتجاتهم على المستثمرين والمشترين المحتملين، بهدف تسهيل إقامة الشراكات وتشجيع الابتكار، والحث على تبني أحدث التقنيات في قطاع البيئة.



مبادرة تحفيز الطلب على تبني المنتجات والحلول الابتكارية في قطاع البيئة والتي تهدف الى:

- مراجعة الأطر والبيئات التشريعية وتطويرها وتعديلها لمعالجة العوائق القائمة المساهمة في كبت الطلب على تقنيات البحث والتطوير والابتكار وحلولها لقطاع البيئة، من خلال التنسيق مع الجهات المنظمة.
- برهنة فاعلية التقنيات والابتكارات ذات الأولوية في قطاع البيئة من خلال تجريبها في بيئاتها الحقيقية لتكييفها وتوظيفها بما يتناسب مع نشرها محليا على نطاق واسع.
- اقتراح آليات وسياسات لتحفيز الطلب على تقنيات البحث والتطوير والابتكار وحلولها ذات الأولوية لقطاع البيئة.
- زيادة القدرة الاستيعابية للمستخدمين النهائيين للتقنية بقطاع البيئة، لتحسين تبني المنتجات والحلول الابتكارية وتعزيز الطلب في السوق.



مبادرة بناء قدرات البحث والتطوير والابتكار في قطاع البيئة لضمان إمدادٍ محلي كافٍ ومستمر من الحلول الابتكارية والتي تهدف الى:

- تعزيز منظومة ريادة الأعمال في قطاع البيئة، بما يشمل تطوير آليات تجذب التمويل والاستثمارات نحو شركات القطاع الناشئة، وإنشاء مجتمعات لرواد الأعمال، ومعالجة العقبات المتعلقة بالمعلومات والأطر التنظيمية التي يواجهها رواد الأعمال، وتتبع مستوى أداء الشركات الناشئة والأسواق في القطاع.
- تسهيل إنشاء مساحات ريادة الأعمال الخاصة بقطاع البيئة، وبرامج دعم ريادة الأعمال بما يشمل الحاضنات والمسرعات ومصانع الشركات الناشئة، ومساحات العمل المشتركة وبرامج وعيادات الدعم الفني، بالتعاون مع أصحاب المصلحة المعنيين على الصعيدين الوطني والقطاعي.
- إنشاء مؤسسات الابتكار الوسيطة لتجسير الفجوة بين قطاع البيئة والقطاع البحثي والأكاديمي، مثل مراكز تطوير التقنيات وأودية التقنية ومكاتب نقل التقنية وغيرها.
- تطوير سياسات وأطر مؤسسية لإدارة التقنية وحماية الملكية الفكرية في القطاع البيئي، والمشاركة مع الهيئة السعودية للملكية الفكرية في تطوير السياسات الوطنية المتعلقة بالقطاع.
- التعاون مع أصحاب المصلحة المعنيين في منظومة التعليم وتطوير الكفاءات؛ لإطلاق برامج محددة تستهدف تنمية الكفاءات التي تساهم في تبني التقنية والابتكار في قطاع البيئة، بالإضافة إلى تطوير البرامج المؤسسية للارتقاء بمهارات موظفي وزارة البيئة والمياه والزراعة من خلال برامج التدريب المتخصصة.



خاتمة

تؤدي التقنيات دوراً حاسماً في الاستجابة للتحديات التي يواجهها قطاع البيئة، مثل: الحاجة الحفاظ على التنوّع الأحيائي، والحفاظ على الموارد الطبيعية، والتكيّف مع الظروف البيئية القاسية وشح المياه، والتعامل مع تدهور الأراضي والتصحّر، وإدارة النفايات. وتمكّن هذه التقنيات المبتكرة من إيجاد حلول مستدامة لهذه المشكلات، كما تسهم أيضاً في إيجاد العديد من الفرص التي تزيد من مساهمة القطاع البيئي في الناتج الاقتصادي، وتحقيق الاستدامة البيئية، والوصول إلى المستهدفات الوطنية.

وقد سعى هذا التقرير إلى إيضاح دور تبني التقنية والابتكار في حل التحديات التي يواجهها قطاع البيئة في المملكة، مشيراً إلى أمثلة دولية ومحلية للابتكار في قطاع البيئة أدت فيها التقنيات دوراً حاسماً في توفير الحلول. كما هدف بشكل رئيس إلى المواءمة بين التحديات التي تواجهها المملكة في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، والحلول التي تجود بها التقنيات المتوفرة والجاهزة، كما وضح خطة الوزارة التنفيذية لتبني هذه التقنيات ونشرها على المديين القصير والمتوسط.

وقد اتبع التقرير منهجية موضوعية للخروج بقائمة التقنيات ذات الجاهزية العالية التي توفر حلولاً للقطاع للبيئي، حيث بدأ فيها بحصر التحديات التي يواجهها هذا القطاع في المملكة، مقسّماً القطاع إلى خمس مجموعات، وهي: التنوّع الأحيائي، والتشجير ومكافحة التصحّر، وإدارة النفايات، والحد من التلوث والالتزام البيئي والأرصاد. ومن ثم نظر في التقنيات المتوفرة وصنّفها إلى مجموعات تقنية بحسب هذه المجموعات الخمسة، قبل أن يرتبها بحسب الأولوية التي اعتمدت على الأثر الذي تحدثه هذه التقنيات، ومدى سهولة تبنّيها ونشرها، منتهياً بذلك إلى موجات من التقنيات التي تنوي الوزارة تبنّيها خلال السنوات القادمة.

ولتعقيد منظومة البيئة والمياه والزراعة، وكثرة أصحاب المصلحة في القطاع البيئي، فقد راعى التقرير الاستراتيجيات الوطنية والقطاعية لمنظومة البيئة ومنظومة الابتكار الوطنية، كما لم يغفل وجهات نظر العاملين في قطاعات الوزارة، من خلال عقد سلسلة من الاجتماعات وورش العمل مع أكثر من 30 جهة، آخذاً برأي أكثر من 120 خبيرٍ ومتخصصٍ في جميع مراحل الإعداد.

ووزارة البيئة والمياه والزراعة إذا تصدر هذا التقرير، فإنها تهدف إلى بيان توجهها الاستراتيجي تجاه تبنّي التقنيات التي تسهم في حل التحديات القطاعية، موضحة خطتها التنفيذية لنشر هذه التقنيات، ومحددة غاياتها الأربع الرئيسة في هذا الشأن، وهي توجيه الخطط والمساعي والموارد المخصصة وتنسيقها لتبني التقنية والابتكار في قطاع البيئة ضمن نطاق استراتيجي مركّز نحو حل تحديات القطاع، وتحسين الترابط والتعاون بين العاملين في منظومة البحث والتطوير والابتكار في قطاع البيئة، لخلق زخم إيجابي في القطاع يضمن استدامة الجهود، وتحفيز الطلب على تبنّي المنتجات والحلول الابتكارية في قطاع البيئة وتحسين استجابته للعرض المتاح من خلال التدخلات المدروسة والحوافز المستهدِفة، وبناء قدرات البحث والابتكار في قطاع البيئة لضمان إمدادٍ كافٍ ومستمر من المنتجات والحلول الابتكارية.

وإيماناً من الوزارة بأهمية العمل التكاملي، وضرورته لتحقيق المستهدفات الوطنية، فهي تدعو جميع شركائها من الجهات الفاعلة في قطاع البيئة للإسهام في تنفيذ هذه الخطة، طامحة إلى يكون هذا التقرير داعماً في تبنّي الحلول الابتكارية التي تساعد في تجاوز التحديات التي يواجهها العاملون في المنظومة، وممكّنا لتحقيق الطموحات والمستهدفات الوطنية لقطاعات البيئة والمياه والزراعة.

وأخيراُ فإن وزارة البيئة والمياه تعرب عن خالص شكرها وامتنانها لجميع من أسهم في هذا التقرير، من شركائها في المنظومة، ومن فريق الخبراء والمتخصصين الذين قدموا عُصارة خبراتهم، ولفريق وكالة الابتكار الذين بذلوا قصارى جهدهم في إعداد وتحرير هذا التقرير.

ملحق

عينة من زراعة الجص باستخدام الزراعة المائية، المركز الوطني لأبحاث وتطوير الزراعة المستدامة "استدامة"

تعريب وتعريف التقنيات

	المجموعة التقنية باللغة العربية	الوصف باللعة العربية	أمثلة على التقنيات باللغة العربية
1	تقنيات الحفاظ على التوع البيئي	تقنيات الصون والحفظ المستخدمة لحماية وإدارة النظم البيئية والأنواع الحية والتنوع الجيني بشكل مستدام	التقنيات المساعدة في التكاثر تقنية الحفاظ على الزراعة تخزين الحمض النووي [DNA] بنوك الجينات بنوك الحمض النووي [DNA] التعرف الوراثي تسلسل الجينات الوراثية اختبارات علم الأحياء الدقيقة
2	إدارة المناطق المحمية	تقنيات لمنع الأحداث الضارة في البيئات البرية والبحرية والساحلية والحد منها	تقنيات الوقاية من الحرائق ومكافحتها تقنيات الطين المعدل تقنيات التخطيط المكاني السياج الذكي
3	تقنيات متابعة الأنظمة البيئية	التقنيات المستخدمة لفهم النظم البيئية وتقييمها وإدارتها	الرصد الأرضي المراقبة البحرية
4	تقنية تحسين النبات [التقنية الحيوية]	تقنيات وأساليب مختلفة تستخدم لتعزيز خصائص وسمات وأداء النباتات	تقنيات الحضانة الحفظ بالتبريد اختبار الإنبات/علم الأحياء الدقيقة تخزين الحمض النووي وحبوب اللقاح بنك الجينات الميدانية
5	تقنية البستنة	تقنيات تطوير أساليب البذر والزراعة	الأتمتة في البيوت الزراعية تقنيات نمو الجذور تقنيات حصاد ومعالجة البذور المتقدمة زراعة بالآلات التحليل بمساعدة الأجهزة الاستشعارية تقنيات إعادة الزرع ونقل الشتلات المتقدمة
6	دعم التجدد الطبيعي للغطاء النباتي	تقنيات لدعم تجديد الغطاء النباتي وتعزيز ترميم الأنظمة البيئية	تقنية التجدد الطبيعي تقنية المساعدة في التجدد النمذجة البيئية
7	الحماية من التصحر	تقنيات حماية الأراضي من التصحر، بما في ذلك مكافحة التآكل وتحسين التربة	تقنيات التحكم في التآكل تحسين التربة
8	الري المبتكر للأشجار والنباتات البرية	تقنيات لتحسين كفاءة وفعالية أنظمة الري للأشجار والنباتات البرية	الري الجزئي / بالتنقيط. الري الذكي [بما في ذلك الأتمتة، وتحليلات البيانات، والذكاء الاصطناعي، والصمامات، وما إلى ذلك].

	المجموعة التقنية باللغة الإنجليزية	الوصف باللغة الإنجليزية	أمثلة على التقنيات باللغة الإنجليزية
1	Conservation techniques	Conservation and preservation techniques employed to protect and sustainably manage ecosystems, species, and genetic diversity	Assisted Reproduction Farming Conservation Technology DNA Storage Gene Banks DNA Banks Genetic Identification Genetic Sequencing Microbiology Testing
2	Protected areas management	Technologies to prevent and mitigate detrimental events in terrestrial, marine and coastal ecosystems	Fire Prevention and Fighting Technology Modified Clay Technology Spatial Planning Technology Smart Fences
3	Ecosystem monitoring	Technologies employed to understand, assess and manage ecosystems	Terrestrial Monitoring Marine Monitoring
4	Plant improvement technology	Various techniques and approaches used to enhance the characteristics, traits, and performance of plants, including nurseries	Nursery Technologies Cryopreservation Germination/Microbiology Testing DNA and Pollen Storage Field Gene Bank
5	Horticulture technology	Technologies around advancing seeding and planting techniques	Greenhouse Automation Rooting Technology Mechanized and Advanced Seed Harvesting and Processing Machine Planting Sensor-Aided Analysis Advanced Reseeding and Transplanting Technologies
6	Support for natural regeneration of vegetation cover	Techniques to support the regeneration of vegetation and facilitating ecosystem restoration	Natural Regeneration Technology Regeneration-Aiding Technology Ecological Modelling
7	Protection from desertification	Technologies to protect land from desertification, including erosion control and soil optimization	Erosion Control Technologies Soil Optimization
8	Innovative irrigation for wild trees and shrubs	Technologies to optimize efficiency and effectiveness of water irrigation systems for wild trees and shrubs	Micro/drip irrigation Smart Irrigation

	المجموعة التقنية باللغة العربية	الوصف باللعة العربية	أمثلة على التقنيات باللغة العربية
9	إدارة أراضي الرعي	تهدف التقنيات إلى الإدارة المستدامة للمراعي وحمايتها من الرعي الجائر والتصحر	تقنية مراقبة الرعي تقنية التغذية
10	مراقبة الأراضي	جمع البيانات والمعلومات لإدارة فعالة للأراضي، بما في ذلك تقنيات رصد الاعمال المضرة على البيئة والحد منها	تحليل بيانات عن بعد تقنية مراقبة التحركات نمذجة رقمية بيئية زراعة الغابات الدقيقة
11	أجهزة وأنظمة ومركبات التجميع	التقنيات المستخدمة في تجميع المخلفات ونقلها من نقطة التوليد إلى مرافق إدارة النفايات المخصصة	أجهزة وأنظمة التجميع مركبات التجميع
12	الفرز الآلي	تقنيات فرز النفايات بشكل آلي بعد جمعها	الفرز الالي الفرز المتقدم الفرز الإشعاعي للمواد الصلبة الملوثة
13	معالجة النفايات (بما في ذلك إعادة التدوير والتسميد واستعادة الطاقة)	التقنيات التي تخضع فيها مواد النفايات لعمليات لتقليل التأثير البيئي واستعادة المواد الأولية منها	إعادة تدوير المواد استعادة الطاقة إعادة تدوير النفايات العضوية تكرين المواد العضوية
14	تقنية التخلص من النفايات	المرحلة النهائية لإدارة المخلفات، والتي تنطوي على نقلها عن البيئة البشرية	تقنيات دفن النفايات تحلل الكائنات العضوية أو اللاعضوية غير المعدنية
15	مراقبة النفايات	قياس وتتبع وتحليل الملوثات الموجودة في البيئة	إدارة النفايات الذكية تصوير وتحليل النفايات
16	منع تلوث الهواء والتخفيف من حدته	تقنيات تبديد تلوث الهواء والحد منه بمجرد انبعاثه	تقنية تقليل الانبعاثات الأخرى تقنية تقليل انبعاثات الميثان تقنية الغاز إلى السوائل حلول البنية التحتية لتقليل التلوث
17	منع تلوث المياه والتخفيف من آثاره	تقنيات تبديد تلوث المياه والحد منه بمجرد تصريفه	إزالة المواد العضوية تقنية الترشيح تنقية الطاقة المتجددة تعقيم بالأشعة فوق البنفسجية والأوزون تقنيات التهوية وفصل الهواء

	المجموعة التقنية باللغة الإنجليزية	الوصف باللغة الإنجليزية	أمثلة على التقنيات باللغة الإنجليزية
9	Grazing land management	Technologies aim to sustainably manage and protect pastures and rangeland from over-grazing and desertification	Grazing monitoring Technology Feeding Technology
10	Land monitoring	Data and information gathering for effective land management, including technologies to monitor and mitigate harm on the environment	Remote Data Analysis Motion Monitoring Technology Environmental Digital Modelling Precision Forestry
11	Collection devices, systems and vehicles	Technologies involved in the collection and transportation of waste materials from point of generation to designated waste management facilities	Collection Devices and Systems Collection Vehicles
12	Automated sorting	Automated separation of types of waste after collection	Robotic Sorting Advanced Sorting Radiological Sorting of Contaminated Solids
13	Waste Treatment (including recycling, composting and energy recovery)	Technologies in which waste materials undergo processes to reduce environmental impact and recover materials from them	Material Recycling Energy Recovery Organic Waste Recycling Biochar
14	Disposal technology	Final stage of waste management, involving the removal of waste materials from the human environment	Landfilling Technologies Biodegradation of Organics or Non-Metallic Inorganics
15	Waste monitoring	Collection, analysis and interpretation of data related to waste management	Smart Waste Management Waste Visualization and Analytics
16	Air pollution prevention and mitigation	Technologies to stop air pollution from occurring and reduce air pollution once emitted	Industrial Emissions Reduction Technology Methane reduction Technology Gas to Liquid Technology Pollution Reduction Infrastructure Solutions
17	Water pollution prevention and mitigation	Technologies to stop water pollution from occurring and reduce water pollution once discharged	Organic Matter Removal Filtration Technology Renewable Energy Purification UV and Ozone Disinfection Aeration and Air Stripping Technologies

	المجموعة التقنية باللغة العربية	الوصف باللعة العربية	أمثلة على التقنيات باللغة العربية
18	منع تلوث التربة والتخفيف من آثاره	تقنيات تبديد تلوث التربة والحد منه بمجرد وقوعه	التربة وتحسينها تقنيات تنقية التربة
19	مراقبة التلوث	التقنيات المستخدمة لقياس وتتبع وتحليل الملوثات في البيئة وإدارتها	أجهزة وأنظمة مراقبة التلوث المتنقلة بيانات المرور التحكم الذكي في الطاقة
20	طرق الحصول على البيانات ومراقبتها	جمع وتصنيف ورصد شتى أنواع بيانات الطقس والأحوال الجوية	اشراك الجمهور في جمع البيانات العوامات البحرية جمع البيانات بواسطة مركبات ذاتية القيادة محطات السطح متوافقة مع معايير منظمة الأرصاد العالمية تقرير بيانات الأرصاد الجوية في الطبقة السفلية للغلاف الجوي نظام مراقبة البحر العميق
21	التنبؤ بالطقس والمناخ	مراقبة الظروف الجوية والتنبؤ بها لتوفير معلومات دقيقة عن أنماط الطقس المستقبلية	تحليل بيانات الطقس رسم بيانات الطقس تقنيات الإنذار المبكر إعداد التقارير اللحظية على المنصات المشتركة عبر الإنترنت التنبؤ بالمخاطر
22	تقنية تعزيز الطقس	تقنيات تعديل الطقس، بما في ذلك تلقيح السحب وحصد الضباب	الاستمطار استخلاص الماء من الضباب

	المجموعة التقنية باللغة الإنجليزية	الوصف باللغة الإنجليزية	أمثلة على التقنيات باللغة الإنجليزية
18	Soil pollution prevention and mitigation	Technologies to stop soil pollution from occurring and reduce soil pollution once contaminated	Pedology and Soil Improvement Soil Remediation Techniques
19	Pollution monitoring	Measuring, tracking, and analyzing pollutants present in environment	Mobile Pollution Monitoring Devices and Systems Traffic Data Smart Energy Control
20	Data acquisition methods and monitoring	Collection, gathering and monitoring of various types of data related to weather and atmospheric conditions	Citizen Science Ocean Buoys Autonomous Vehicle Data Collection Surface Stations Compliant with WMO Criteria Tropospheric Airborne Meteorological Data Reporting (TAMDAR) Deep Sea Monitoring System
21	Weather and climate forecasting	Observation, analysis and prediction of atmospheric conditions to provide timely and accurate information about current and future weather patterns	Weather Data Analysis Weather Data Visualization Early Weather Warning Technology Real Time Reporting on Shared Online Platforms Hazard Forecasting
22	Weather augment technology	Weather modification technologies, including cloud seeding and fog harvesting	Cloud Seeding Fog Harvesting

المشاركون في التقرير

فريق المشروع بوزارة البيئة والمياه والزراعة



د. عبدالعزيز مالك المالك
وكيل وزارة البيئة والمياه والزراعة للبحث والابتكار



د. معتز عبدالرحمن السليم
المشرف العام للإدارة العامة للابتكار والتقنيات الحديثة



د. عبدالله بن عائض الردادي
مستشار بوكالة البحث والابتكار



د. زياد بن عبدالله الزيدي
المشرف العام على الإدارة العامة للبحث والمعرفة



د. علي بن محمد السبهان
المدير العام للإدارة العامة لريادة الأعمال



د. خالد بن ناصر الدهيش
مستشار بوكالة البحث والابتكار



مازن سعد القرني
مدير إدارة رصد وتمكين الابتكار والتقنيات الحديثة



عبدالعزيز بن عبدالله السويلم
مستشار بوكالة البحث والابتكار



د. أحمد بن صالح النفيسة
خبير تقني بمجال الذكاء الاصطناعي



ليلى عمر غزواني
مستشار بوكالة البحث والابتكار



م. عاكف حمزة هاشم
مدير مشروع بوكالة البحث والابتكار



هنادي مشبب القحطاني
أخصائي إحصاء بوكالة البحث والابتكار



أديم صالح المشعلي
أخصائي قانوني بوكالة البحث والابتكار



أمجاد عبدالله البشري
مستشار بوكالة البحث والابتكار



شيخة بنت محمد القحطاني
منسقة مشاريع في الإدارة العامة للابتكار والتقنيات الحديثة

وكالة قطاع البيئة



د. أسامة بن إبراهيم فقيها
وكيل وزارة البيئة والمياه والزراعة للبيئة



د. قاسم بن حامد الشرّاري
مدير إدارة الدراسات البيئية بوكالة الوزارة للبيئة



د. فاطمة جبران
مستشار فني في الدراسات البيئية بوكالة الوزارة للبيئة

خبير قطاع البيئة



د. محمد فقيه
مستشار الزراعة بوكالة الوزارة للبحث والابتكار



حسين علي طوهري
أخصائي حماية بيئة بوكالة البحث والابتكار



ثامر فهد الغفيلي
مدير مشروع بوكالة البحث والابتكار



محمد بن صالح الغمير
مدير مكتب المشرف العام على الإدارة العامة للابتكار والتقنيات



ماريا عايض القرني
الفريق الإداري



دانية عبدالعزيز المديهش
الفريق الإداري



ندا لافي الحربي
الفريق الإداري



عبير سويد العبدلي
الفريق الإداري



عبدالرحمن علي عسيري
الفريق الإداري



فهد عبدالرحمن العلي
الفريق الإداري



مروان سعد العطني
الفريق الإداري

الجهات الحكومية

د.علي نمازي
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

د. مبارك المسلّم
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

د. محمد العتيبي
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

د. مشعل المطيري
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

هاني العساف
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

أحمد الماجد
هيئة الاتصالات والفضاء والتقنية

ريان البريدي
هيئة الاتصالات والفضاء والتقنية

عبدالمحسن العجلان
هيئة الاتصالات والفضاء والتقنية

مشعل الزهرة
هيئة الاتصالات والفضاء والتقنية

حنان السلامة
هيئة الحكومة الرقمية

خالد المرعي
هيئة الحكومة الرقمية

معاذ الزهراني
هيئة الحكومة الرقمية

د. بسمة البحيران
هيئة تنمية البحث والتطوير والابتكار

د. رامي النيازي
هيئة تنمية البحث والتطوير والابتكار

العنود العبدالواحد
وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات

المها البليهي
وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات

منيرة العطي
وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات

هاني الحمصي
وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات

الجهات الشقيقة

أنفال العقيلي
الشركةالسعوديةالاستثماريةلإعادة التدوير-سرك

دانييل هان
الشركةالسعوديةالاستثماريةلإعادة التدوير-سرك

ديفيد أرينقتون
الشركةالسعوديةالاستثماريةلإعادة التدوير-سرك

متعب الشمري
الشركةالسعوديةالاستثماريةلإعادة التدوير-سرك

عذى الفايز
الشركةالسعوديةالاستثماريةلإعادة التدوير-سرك

سلطان السيف
الشركةالسعوديةالاستثماريةلإعادة التدوير-سرك

أسامه طه
المركزالوطني لإدارة النفايات — موان

فاطمة الحسين
المركز الوطني لإدارة النفايات — موان

فيصل داغستاني
المركز الوطني لإدارة النفايات — موان

منال غالب
المركز الوطني لإدارة النفايات — موان

أحمد الهندي
المركز الوطني لتنمية الحياة الفطرية

عبدالمانع القحطاني
المركز الوطني لتنمية الحياة الفطرية

عمر أبونيان
المركز الوطني لتنمية الحياة الفطرية

أحمد العنزي
المركز الوطني لتنمية الغطاء النباتي ومكافحة التصحر

د. أحمد النعيمي
المركز الوطني لتنمية الغطاء النباتي ومكافحة التصحر

علي يوسف دريا
المركز الوطني لتنمية الغطاء النباتي ومكافحة التصحر

عمر الشمري
المركز الوطني لتنمية الغطاء النباتي ومكافحة التصحر

فهد بريدي
المركز الوطني لتنمية الغطاء النباتي ومكافحة التصحر

مرام المنصور
المركز الوطني لتنمية الغطاء النباتي ومكافحة التصحر

مشاعل المري
المركز الوطني لتنمية الغطاء النباتي ومكافحة التصحر

د. نبيل جودة
المركز الوطني لتنمية الغطاء النباتي ومكافحة التصحر

نجيب الحربي
المركز الوطني لتنمية الغطاء النباتي ومكافحة التصحر

هيثم شافي
المركز الوطني لتنمية الغطاء النباتي ومكافحة التصحر

تركي حبيب الله
المركز الوطني للارصاد

شهد باحمدان
المركز الوطني للارصاد

زكية الحاجي
المركز الوطني للارصاد

عبدالله القحطاني
المركز الوطني للارصاد

عهود الزهراني
المركز الوطني للارصاد

مازن عسيري
المركز الوطني للارصاد

د. نجود آل إسماعيل
المركز الوطني للارصاد

باسل الهلالي
المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي

د. سلطان الشريف
المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي

فهد البيشي
المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي

حنان العبدلي
صندوق البيئة

متعب العتيبي
صندوق البيئة

محمد الهاجري
صندوق البيئة

محمد باغازي
منظم المياه

المنظمات غير الحكومية

فيصل التميمي
مؤسسة محمد بن سلمان الخيرية - مسك الخيرية

محمد المطوع
مؤسسة محمد بن سلمان الخيرية - مسك الخيرية

الجامعات

د. ثامر البهكلي
جامعة الملك سعود

د. حنان العتيبي
جامعة الملك سعود

د. خالد الحسيني
جامعة الملك سعود

د. نورة الحقباني
جامعة الملك سعود

مراكز الابتكار

حسن خرد
شركة وادي الرياض

خالد الزهراني
شركة وادي الرياض

مروة الخرفي
شركة وادي الرياض

محمد السدعان
شركة وادي الرياض

أسامه السيني
شركة وادي طيبة

العنود الكيال
شركة وادي طيبة

د. فيصل البلوي
شركة وادي طيبة

د. ندى المرواني
شركة وادي طيبة

المشاريع الكبرى

بدر الجهني
شركة البحر الأحمر العالمية

بندر مخدوم
شركة البحر الأحمر العالمية

راشد الحطيلة
شركة البحر الأحمر العالمية

رائد البسيط
شركة البحر الأحمر العالمية

كارول باكر
شركة نيوم للبيئة

القطاع الخاص

عبدالعزيز الغامدي
شركة روشن

أشواق الشثري
شركة مايكروسوفت

رائد الزهراني
شركة مايكروسوفت

زينب الأمين
شركة مايكروسوفت

سعيد القحطاني
شركة مايكروسوفت

ميغيل سان جوليان
شركة IDOM

عبدالله العوهلي
شركة iot squared

م. عبدالمحسن العبدالكريم
شركة iot squared

وزارة البيئة والمياه والزراعة
Ministry of Environment Water & Agriculture

