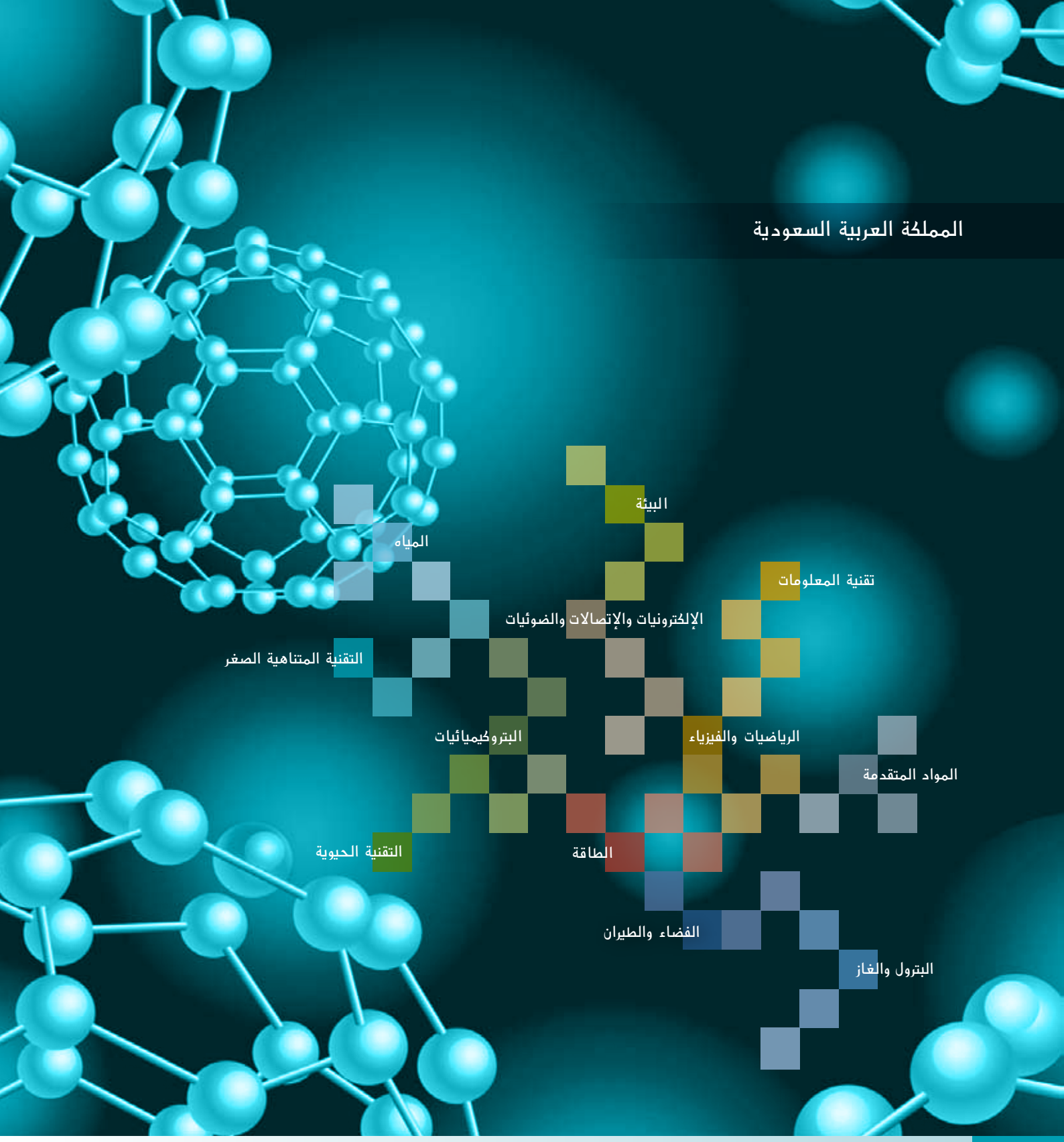
المملكة العربية السعودية



الأولويات الإستراتيجية للتقنية المتناهية الصغر (تقنية النانو)

المملكة العربية السعودية
وزارة الاقتصاد والتخطيط
http://www.mep.gov.sa

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST
King Abdulaziz City for Science and Technology

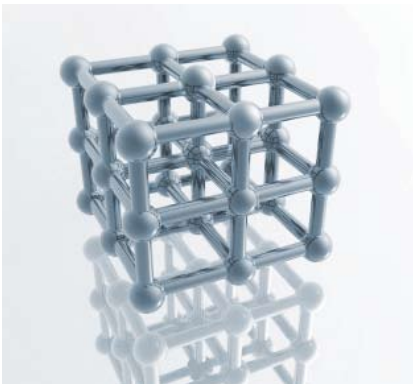
المملكة العربية السعودية

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وزارة الإقتصاد والتخطيط

الأولويات الإستراتيجية للتقنية المتناهية الصغر (تقنية النانو)

قائمة المحتويات



ملخص تنفيذي	٤
الرؤية والرسالة	٤
الجهات ذات العلاقة	٤
مكونات الإستراتيجية	٥
المجالات البحثية	٥
مقدمة عن التقنية المتناهية الصغر	٦
تعريف التقنية المتناهية الصغر، ولمحة تاريخية عنها	٦
سوق التقنية المتناهية الصغر	٧
تمويل التقنية المتناهية الصغر	٧
مؤشرات البحث والتطوير في التقنية المتناهية الصغر	١٠
أبرز تطبيقات التقنية المتناهية الصغر	١٩
طبيعة التقنية المتناهية الصغر في المملكة العربية السعودية	٢٠
أوجه النشاط البحثي	٢٠
التعاون الدولي	٢١
البنية التحتية المتوفرة	٢٢
المعرفة والتعليم والتدريب	٢٢
إستراتيجية البرنامج	٢٤
الرسالة	٢٤
الرؤية	٢٤
الجهات ذات العلاقة	٢٥
مكونات الإستراتيجية	٢٦
النتيجة المتوقعة	٣١
خطة التنفيذ	٣٢
الأولويات البحثية والمشاريع	٣٢

قائمة المحتويات

مشاريع البنية التحتية	٣٧
مشاريع التعاون الدولي	٣٨
السلامة النانوية والتنظيم	٣٨
التقنية المتناهية الصغر والتعليم	٣٨
مشاريع تدريب واستقطاب القوى العاملة والإحتفاظ بها	٣٩
متطلبات الموارد البشرية	٣٩
خطة التنجير	٤٠
مشاريع تقنية المعلومات	٤٣
المعايرة والقياس بالنماذج الرائدة	٤٣
تحديد أدوار الجهات ذات الصلة بالتقنية المتناهية الصغر	٤٤
الملحق أ: دراسة مواطن القوة والضعف والفرص والتحديات	٤٦
الملحق ب: معدات المركز الوطني للتقنيات المتناهية الصغر	٥٢
الملحق ج: مراحل تطوير الخطة	٥٤

ملخص تنفيذي

لقد حددت الخطة الوطنية للعلوم والتقنية، التي أقرها مجلس الوزراء في ١٤٢٣ هـ (الموافق ٢٠٠٢م) أحد عشر برنامجاً لتوطين وتطوير التقنيات الإستراتيجية ذات الأهمية الحيوية لتحقيق التنمية مستقبلاً في المملكة العربية السعودية، إضافة إلى خطة للرياضيات والفيزياء لتعزيز التقنيات المستهدفة. وتعرض هذه الوثيقة الخطة الخاصة بالبرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر (تقنية النانو).

وقد برزت التقنية المتناهية الصغر في الآونة الأخيرة كمجال حيوي للبحث، لاسيما وأنه قد تم التوصل إلى أساليب تصنيعية جديدة، وابتكار عدد كبير من التطبيقات في هذا المجال. وسرعان ما تحركت الدول المتقدمة إزاء تنامي أهمية التقنية المتناهية الصغر، لتسخر قدراً هائلاً من مواردها لتعظيم استفادتها من هذه التقنية. وتصبوا المملكة العربية السعودية إلى الانضمام إلى هذا التوجه الدولي.

تقوم المملكة بتنسيق جهودها على الصعيد الوطني لتكون من الدول الراعية لهذه التقنية. وترمي هذه الخطة الإستراتيجية إلى ضمان إتساق الجهود في هذا الصدد، فضلاً عن تقديم رؤية واضحة لكيفية توظيف الموارد وتعظيم عوائد الاستثمار.

الرؤية والرسالة

يهدف البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر (تقنية النانو) إلى تأمين مكانة بارزة للمملكة في المجتمع الدولي للبحث والتطوير في التقنية المتناهية الصغر. ومن شأن هذه الخطة، التي تستند إلى نهج تعاوني يشمل عدة تخصصات، أن تعزز التفوق الأكاديمي وتوفر أحدث المرافق المتقدمة للبحث والتطوير لجميع قطاعات الاقتصاد، من مؤسسات أكاديمية وصناعية، مع التركيز على دعم إستراتيجية المملكة الاقتصادية المستقبلية، ونقل التقنيات من البيئة الأكاديمية إلى الصناعية.

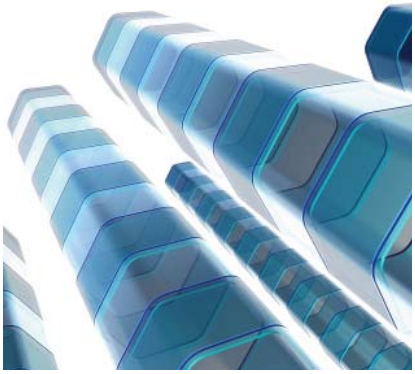
هذا ويهدف البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر إلى إيجاد برنامج متعدد التخصصات يشمل جميع الفروع العلمية لتعزيز كفاءة وقدرات المملكة في أوجه التقنية المتناهية الصغر لتعزيز الكفاءة التنافسية للمملكة.

الجهات ذات العلاقة

فيما يلي الجهات ذات العلاقة في البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر:

- مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية.
- الجامعات (الراهنة والتي سيتم إنشاؤها مستقبلاً).
- المعاهد البحثية (الراهنة والتي سيتم إنشاؤها مستقبلاً).
- مراكز التميز (الراهنة والتي سيتم إنشاؤها مستقبلاً).

ملخص تنفيذي



- الوزارات وغيرها من الجهات الحكومية.
- الصناعة المحلية.
- شريحة كبيرة من الجمهور العام.

مكونات الإستراتيجية

ينبغي اتخاذ عدد من المبادرات الرئيسة لتعزيز تطوير التقنية المتناهية الصغر في المملكة، بما في ذلك:

- تعزيز البحث الأكاديمي.
- تحسين البنية التحتية.
- ربط البحث العلمي بالإستراتيجية الاقتصادية والصناعية.
- وضع خطة للتعاون الدولي.
- وضع خطة للإدارة.
- تطوير خطط العمليات/المقاييس والصحة والسلامة.
- تعزيز الخطط التعليمية وخطط القوى العاملة.
- رسم خطة للتتجير.

المجالات البحثية

حددت المملكة ثلاثة مجالات بحثية رئيسية في التقنية المتناهية الصغر تحتاج فيها إلى تعزيز كفاءتها:

- توصيف وتصنيع المواد النانوية.
- الهيكل الكمي والأجهزة النانوية.
- نمذجة وحوسبة الهيكل النانوي.

ومن المجالات الإستراتيجية التي يتوقع أن تستفيد من البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر:

- تعزيز تقنية تحلية المياه المالحة.
- تعزيز عمليات الحفز.
- مقاومة الصدأ والتآكل.
- أجهزة الرصد والمراقبة النانوية.
- الطاقة المتجددة مثل الخلايا الشمسية.
- عمليات استخلاص البترول المعززة.
- تعزيز إنتاجية الآبار.
- تطوير عمليات الحفر العميق.
- التشخيص الطبي وإيصال الدواء.
- الأجهزة الإلكترونية والضوئية و النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة والنظم الإلكتروميكانيكية النانوية MEMS/NEMS[1] .

[1]MEMS: Micro-Electronics Mechanical Systems; NEMS: Nano-Electronics Mechanical Systems

مقدمة عن التقنية المتناهية الصغر

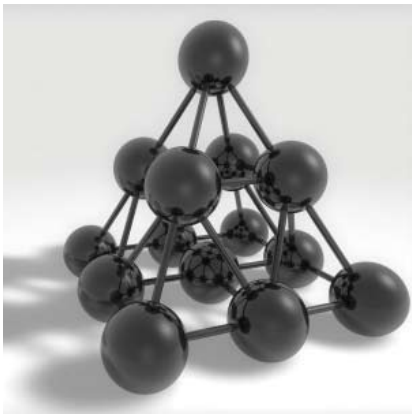
تعريف التقنية المتناهية الصغر، ولمحة تاريخية عنها

تعد التقنية المتناهية الصغر (تقنية النانو) مجالاً بحثياً علمياً يعني بدراسة خصائص المواد عند مقياس أقل من ١٠٠ نانومتر، والتحكم بها، إذ تظهر جزيئات المواد عند ذلك المقياس خصائص غير عادية، بحيث يكون من الممكن تصنيع المواد وتشكيلها للحصول على خصائص أفضل من خصائص هذه المواد لدى تصنيعها عند مقياس أكبر.

وتشمل التقنية المتناهية الصغر طيفاً واسعاً من المجالات العلمية، وقد تم الحصول على أفضل النتائج في مجالات تلاقي عدة علوم، مثل الكيمياء والفيزياء. من هنا أتت الحاجة لاتباع نهج شمولي تعددي التخصصات للحصول على نتائج خلاقة ذات طابع ابتكاري.

هذا وتعتبر التقنية المتناهية الصغر مجالاً حديثاً إلى حد ما، استقطب اهتمام العلماء منذ أوائل التسعينات، رغم كونها قديمة العهد، وإن لم يطلق عليها مسمى التقنية المتناهية الصغر حتى الآونة الأخيرة. ونظراً لتطوير بعض الأدوات المتخصصة في الثمانينات، مثل مجهر القوة الذرية والمجهر المجسي الماسح، بات العلماء أكثر إحاطة بكيفية التحكم بالمواد للحصول على النتائج المرجوة.

وتجدر الإشارة إلى استغلال هذه القدرة الفريدة على التحكم بالمواد عند مقياس النانو للحصول على نتائج مختلفة (مثل مقاومة الحرارة، والصلابة الأكبر، والموصلية الكهربائية المعززة) في جميع الصناعات تقريباً. ولازالت الاكتشافات في طورها التمهيدي، ومن المتوقع أن تنجح التقنية المتناهية الصغر في إحداث ثورة في العديد من أوجه التقنيات الراهنة.



سوق التقنية المتناهية الصغر

بعد مضي عقد من البحث والتطوير، توفرت كميات كبيرة و متطورة من المواد النانوية المتوفرة والمستقرة من الناحية التجارية التي يمكن استخدامها في التطبيقات المختلفة . وقد ساعدت حركة الاندماج على تقليص عدد منتجي المواد النانوية، في حين فرضت الشركات الكيميائية المختلفة هيمنتها على السوق اليوم. بل إن معظم المواد النانوية التي ذاع صيتها قبل سنوات قليلة على أنها مواد جديدة عالية القيمة سرعان ما تحولت إلى سلع تنتج بالجملة.

ورغم أن حركة الاندماج وتحويل المواد العالية القيمة إلى سلع إنتاجية، قللت من هامش أرباح إنتاج المواد النانوية، إلا أن قدرة هذه المواد النانوية على تمكين المنتجات ذات القيمة المعززة من شأنها إيجاد سوق يقدر حجمه ب ١,٥ تريليون دولار بحلول عام ٢٠١٥م. ويشهد قطاعا المواد الصيدلانية والرعاية الطبية أكبر معدل نمو في هذا السياق، رغم وجود العديد من التطبيقات الجديدة الواعدة التي يمكن أن تنمو وتتحول إلى أسواق هامة.

وتأتي الخطة الإستراتيجية للاستفاده من البحث والتطوير والتجير في التقنية المتناهية الصغر في هذا السياق. ونظراً لحداثة هذا المجال، لا يزال أمام المملكة فرصة عظيمة للمساهمة في إثراء اقتصاد الغد، الأمر الذي يتوقف على تسخير الموارد السعودية بشكل فعال لتعظيم العائد على الاستثمار. وتهدف هذه الخطة إلى وضع إطار عمل لتحقيق هذه الغاية.

تمويل التقنية المتناهية الصغر

التمويل العام

هناك ٣٥ دولة أعلنت عن تطوير مبادرات وطنية للتقنية المتناهية الصغر يتوفر لديها التمويل المناسب لذلك. وتشير التقديرات إلى أنه بحلول عام ٢٠٠٦م، بلغ إجمالي المخصصات الحكومية في العالم لرعاية البحث في التقنية المتناهية الصغر حوالي ٢٤ مليار دولار أمريكي. ويبين الجدول (١) التمويل الحكومي للتقنية المتناهية الصغر خلال الأعوام من ١٩٩٧ – ٢٠٠٧ م.

مقدمة عن التقنية المتناهية الصغر

الجدول ١: التمويل الحكومي العالمي للتقنية المتناهية الصغر في الأعوام ما بين ١٩٩٧-٢٠٠٧م

المبلغ بملايين الدولارات	١٩٩٧	١٩٩٨	١٩٩٩	٢٠٠٠	٢٠٠١	٢٠٠٢	٢٠٠٣	٢٠٠٤	٢٠٠٥	٢٠٠٦	٢٠٠٧
الانفاق الحكومي											
الاتحاد الاوربي	١٢٦	١٥١	١٧٩	٢٠٠	٢٢٥	٤٠٠	١١٥٠	١٤٩٥	١٧٩٤	٢٠٩٩	٢٤١٤
%chng yoy		٪٢٠	٪١٩	٪١٢	٪١٣	٪٧٨	٪١٨٨	٪٣٠	٪٢٠	٪١٧	٪١٥
اليابان	١٢٠	١٣٥	١٥٧	٢٤٥	٤٦٥	٧٢٠	٨٠٠	٩٦٠	١١٥٢	١٣٢٥	١٥٢٤
%chng yoy		٪١٣	٪١٦	٪٥٦	٪٩٠	٪٥٥	٪١١	٪٢٠	٪٢٠	٪١٥	٪١٥
الولايات المتحدة	١١٦	١٩٠	٢٥٥	٢٧٠	٤٦٥	٦٩٧	١٠٧٤	١١٤٩	١٢٦٤	١٣٥٤	١٤٤٩
%chng yoy		٪٦٤	٪٣٤	٪٦	٪٧٢	٪٥٠	٪٥٤	٪٧	٪١٠	٪٧	٪٧
الإجمالي	٤٣٢	٥٦٠	٦٨٨	٨٢٦	١٣٠٠	٢١١٢	٣٤٨١	٤١٦٦	٤٩٤١	٥٥٣٥	٦١٩٢
%chng yoy		٪٣٠	٪٢٣	٪٢٠	٪٥٧	٪٦٢	٪٦٥	٪٢٠	٪١٩	٪١٢	٪١٢

قد لوحظت زيادة ملفتة عام ٢٠٠١ م في تمويل الولايات المتحدة واليابان للبحث في التقنية المتناهية الصغر، وذلك لدى إطلاق هذه الدول مبادرات وطنية للتقنية المتناهية الصغر. كما ارتفع تمويل الإتحاد الأوروبي للتقنية المتناهية الصغر لدى إطلاقها إطار العمل السادس.

وتشير الأرقام إلى أن دول الإتحاد الأوروبي خصصت القدر الأكبر من الأموال للبحث والتطوير في التقنية المتناهية الصغر، تليها الولايات المتحدة واليابان. وفي عام ٢٠٠٦م، أنفقت بقية دول العالم مجتمعة ما يعادل نصف ما أنفقته الولايات المتحدة واليابان بشكل فردي في التقنية المتناهية الصغر.

وتجدر الإشارة إلى أن الاكتفاء بتحليل الأرقام لا يكفي للإحاطة بجميع جوانب هذا المشهد، إذ ينبغي النظر إلى مستوى التمويل قياساً بتعداد السكان لتقويم مدى التزام الحكومات برعاية تطوير التقنية المتناهية الصغر. ويوضح الجدول (٢) مستوى التمويل قياساً بتعداد السكان لعدد من الدول والمناطق.

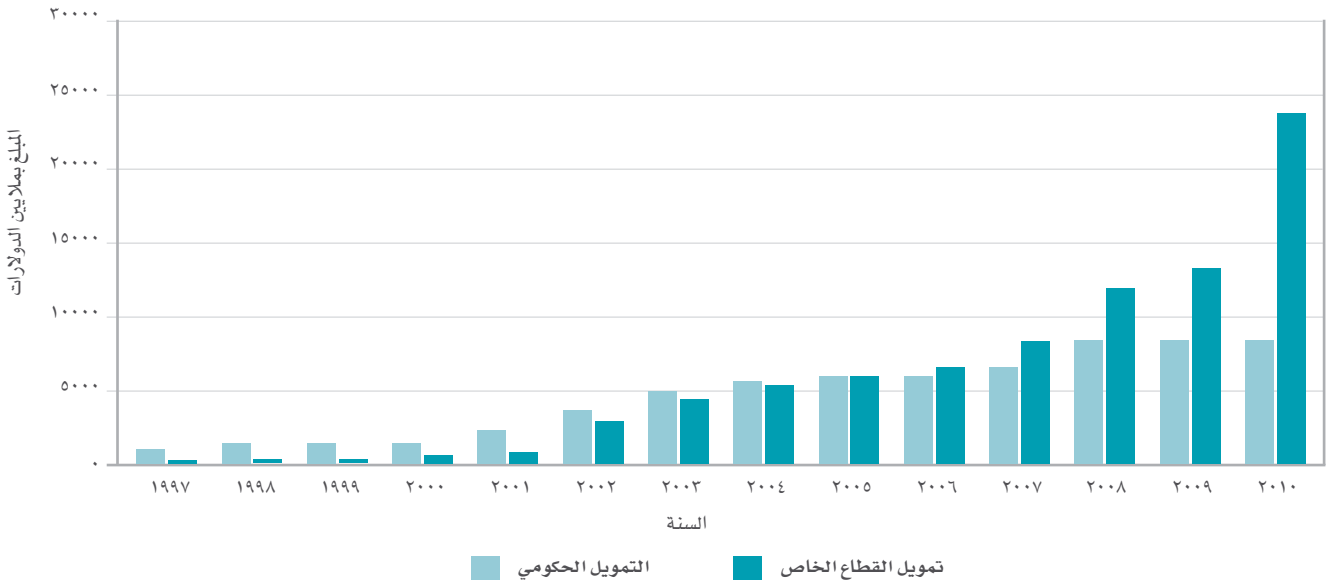
الجدول ٢: تمويل التقنية المتناهية الصغر بالنسبة لتعداد السكان

		٢٠٠٣	٢٠٠٤	٢٠٠٥	٢٠٠٦	٢٠٠٧
	عدد السكان عام ٢٠٠٤ م					
الاتحاد الاوربي	٤٥٦ مليون	٢,٥	٣,٣	٣,٩	٤,٦	٥,٣
اليابان	١٢٨ مليون	٦,٣	٧,٥	٩	١٠,٤	١١,٩
الولايات المتحدة	٢٩٣ مليون	٣,٧	٣,٩	٤,٣	٤,٦	٤,٩
عالمي	٦٣٩٦ مليون	٠,٥	٠,٧	٠,٨	٠,٩	١

التمويل الخاص

يبدأ تطوير التقنية المتناهية الصغر في أية دولة بمبادرة حكومية للتقنية المتناهية الصغر، لتشكيل قاعدة الصناعة والأعمال لدعم وتمويل البحث الذي يسفر عن المنتجات التجارية. وكما يبين الشكل (١)، فرغم تخلف التمويل الخاص عن التمويل الحكومي للتقنية المتناهية الصغر، فمن المتوقع أن يتجاوز التمويل الخاص استثمار الحكومة في هذا القطاع خلال أعوام قليلة.

الشكل ١: الانفاق العالمي على التقنية المتناهية الصغر



وكانت الولايات المتحدة على رأس الدول من حيث الإنفاق الخاص على التقنية المتناهية الصغر، نظراً لتجربتها الواسعة في شركات رأس المال عالي المخاطر، علماً بأن أوروبا واليابان في طريقهما إلى اللحاق بها في هذا السياق.

مؤشرات البحث والتطوير في التقنية المتناهية الصغر

نظرة عامة

يشمل البحث والتطوير في التقنية المتناهية الصغر طيفاً واسعاً من المجالات البحثية والتطبيقية مثل علوم المواد، والفيزياء التطبيقية، والكيمياء الطبيعية، والهندسة الكهربائية، والضوئيات، وعلم تطوير الآلات. وقد تم تعريف "التقنية المتناهية الصغر" بما فيها من مجالات فرعية باستشارة خبراء من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ومن الجهات السعودية المعنية الأخرى، التي أعدت قائمة مفصلة بالعبارات الرئيسة المستخدمة في عمليات البحث والاستفسار في قواعد معلومات المواد المنشورة وبراءات الاختراع[٢]. وقد حدد برنامج التقنية المتناهية الصغر[٣] مواضيع فرعية للبحث مثل الهيكل الكمي والأجهزة النانوية، توصيف وتصنيع المواد النانوية، والنمذجة الحاسوبية والتحليل النظري للأنظمة النانوية.

وعادة ما يكون هناك إجماعاً عاماً على وجود علاقة تلازمية بين المواد المنشورة وبراءات الاختراع من جهة، وبين قدرة البحث العلمي من جهة أخرى، مع العلم بأن مؤشري عدد المواد المنشورة وبراءات الاختراع لا يعكسان بشكل دقيق نوعية أو نطاق هذا النشاط البحثي، إلا أنهما مؤشران يستخدمان في العادة لرصد نشاط توليد المعرفة والناتج البحثي. وهناك عدد من المؤشرات الأخرى، مثل وتيرة تكرار الاستشهاد بالمواد المنشورة وبراءات الاختراع، التي تكون مؤشراً على أثرها، وعلاقات التعاون في التأليف. ويمكن استخدام هذه المؤشرات جميعاً كمقياس للتعاون البحثي في المجالات ذات الصلة ببرنامج التقنية المتناهية الصغر الخاص بالمملكة.

نشاط النشر في التقنية المتناهية الصغر

بين عامي ٢٠٠٦ و٢٠٠٧م، نشر ٣٢٦٦١ مقالاً في العالم عن مواضيع ذات صلة بأولويات المملكة العربية السعودية البحثية في التقنية المتناهية الصغر[٤]. وقد تصدرت الولايات المتحدة الأمريكية الدول الناشرة لمقالات ذات الصلة بموضوع بحثنا (٨٦٥٧ مقالاً) خلال هذه الفترة وكانت الصين في المرتبة الثانية بـ ٦١٢٤ مقالاً ، تليها اليابان وألمانيا بـ ٣٠٣٢ و بـ ٢٥٨١ مقالاً. أما المملكة العربية السعودية فأتت في المرتبة الواحدة والستين بـ ١٤ مقالاً. ويوضح الشكل (٢) عدد المواد المنشورة من قبل دول محددة خلال هذه الفترة[٥].

---

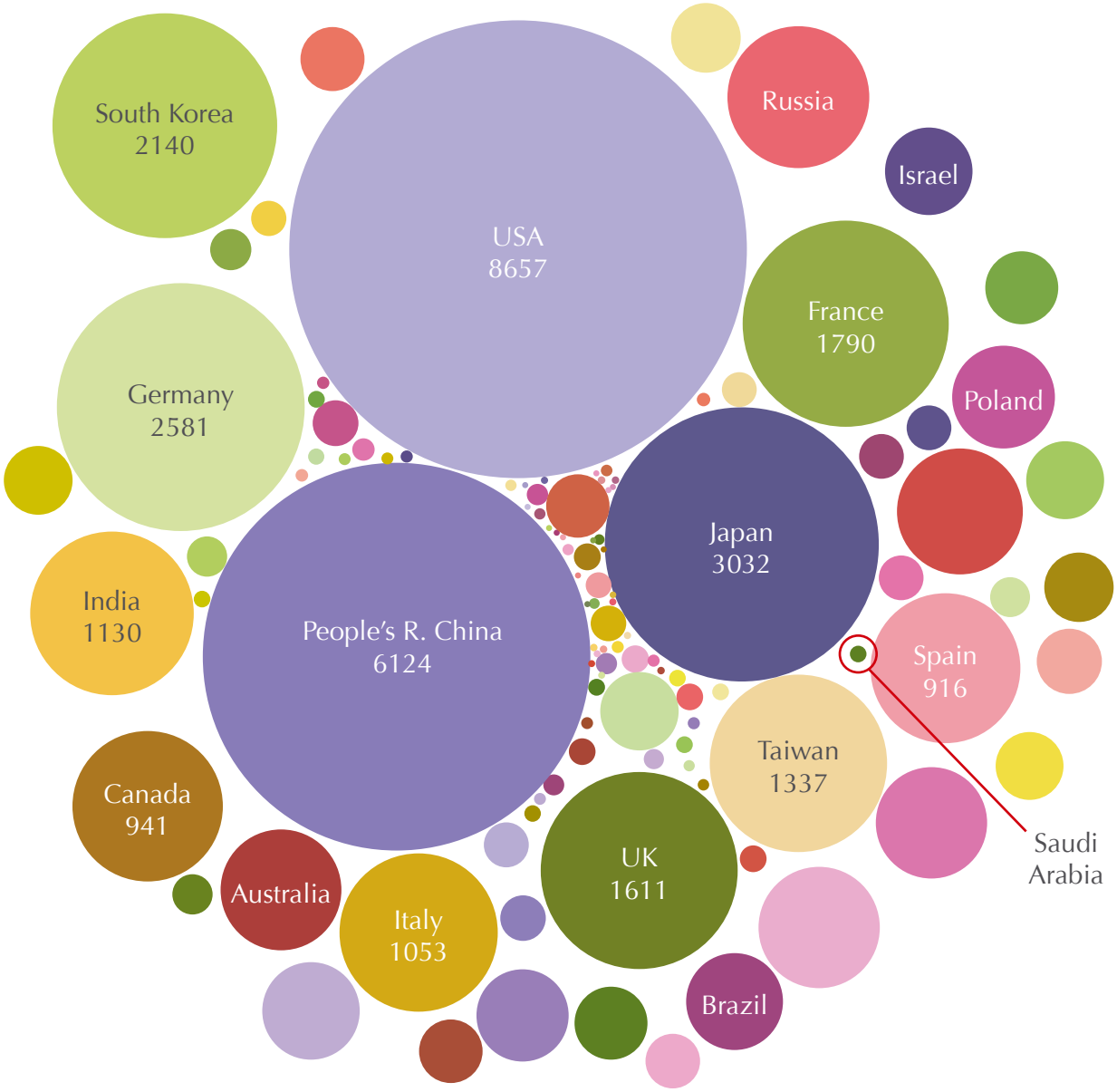
[٢] البحوث الخاصة باستخدام نشاط النشر لقياس الإنتاجية العلمية تتضمن البحوث التالية:
A.J. Lotka, "The frequency distribution of scientific productivity," Journal of the Washington Academy of Sciences, vol 16 (1926); D. Price, Little Science, Big Science, (New York: Columbia university Press, 1963); J.R. Cole and S Cole, Social Stratification in Science, (Chicago: The University of Chicago Press, 1973); J. Gaston, The reward system in British and American science, (New York: John Wiley (1978); and M.F. Fox, "Publication productivity among scientists: a critical review," Social Studies of Science, vol 13, 1983.

[٣] على سبيل المثال، لا تشمل هذه المؤشرات نتائج البحث المعروضة في المؤتمرات والتقارير التقنية أو أوجه التقنية الجديدة التي تحميها حقوق الملكية الفكرية، بدلاً من براءات الإختراع.

[٤] تم البحث في قاعدة أي إس أي ISI Web of Science و دلفيون Delphion عن المواد المنشورة ومعلومات تطبيق براءات الإختراع على التوالي. ISI Web of Science هي قاعدة بيانات للمقالات المحكمة الواردة في أهم المجلات العلمية من مختلف أرجاء العالم. أما Delphion فهي قاعدة بيانات قابلة للبحث فيها وبخاصة بنشاط البراءات العالمية، بما في ذلك مكتب براءات الإختراع والعلامات التجارية الأمريكية، وهي إحدى الهيئات الكبرى لمنح براءات الإختراع في العالم. ونظراً لعظم حجم السوق الأمريكي، فإن معظم براءات الإختراعات العالمية مسجل فيها.

[٥] تنسب المادة المنشورة لدولة ما إذا وجدت أي من الجهات التي ينتمي إليها المؤلف في تلك الدولة. بما أنه يمكن لعدة مؤلفين الاشتراك في نشر مادة واحدة، فإنه يمكن أن تنسب المادة الواحدة لعدة دول. والأرقام الإجمالية ، مثل إجمالي نشر الناتج العالمي، تحصي كل مادة مرة واحدة، إلا أن إضافة المجاميع الفرعية قد تسفر عن نتيجة أكبر من المجموع المعلن عنه نظرًا لتكرر العدد.

الشكل ٢: المواد المنشورة في التقنية المتناهية الصغر لدى عدد من الدول



مقدمة عن التقنية المتناهية الصغر

ويوضح الجدول (٣) أن البحث والتطوير في الهيكل الكمي والأجهزة النانوية استأثر بمعظم ما نشر في التقنية المتناهية الصغر، يليه مجال توصيف وتصنيع المواد النانوية، والنمذجة الحاسوبية و التحليل النظري للأنظمة النانوية.

الجدول ٣: عدد المواد المنشورة طبقاً للمجال البحثي

الموضوع الفرعي	عدد المواد المنشورة
الهيكل الكمي والأجهزة النانوية	١٦١٢٧
توصيف وتصنيع المواد النانوية	١٥٨١٥
النمذجة الحاسوبية و التحليل النظري للأنظمة النانوية	٣٨٤٩

الدول الرائدة النموذجية

يقاس متوسط أثر نشاط النشر بتقسيم عدد مرات الاستشهاد بمقالات دولة ما على إجمالي المقالات المنشورة من قبل مؤلفين من هذه الدولة، فعلى سبيل المثال، يكون متوسط أثر نشاط النشر في دولة نشرت ٥٠ مقالاً أستشهد بها ١٠٠ مرة يساوي ٢. وبين عامي ٢٠٠٦ و ٢٠٠٧م، حققت الولايات المتحدة أعلى متوسط أثر لنشاط النشر بمعدل (٢,٤٠)، تليها كل من بريطانيا (٢,٠٩) وألمانيا (٢,٠٠) وفرنسا (١,٧٦). أما متوسط أثر نشاط النشر بالنسبة للمملكة فكان (٠,٥٧) ب ١٤ مقالاً أستشهد بها ٨ مرات، بمعنى أن المقالات الخاصة بالتقنية المتناهية الصغر التي قام بنشرها باحثون منتسبون لمؤسسات سعودية كانت ذات أثر محدود إذا ما قورنت بالدول الأخرى. ويبين الجدول (٤) عدد المقالات المنشورة وعدد مرات الاستشهاد بمقالات الدول الرائدة التي يمكن اتخاذها نموذجاً يحتذى به[٦].

[٦] هذه الدول تتضمن الدول الرائدة على الصعيد العالمي من حيث إجمالي نتاجها في مجال تقنية الفضاء والطيران إضافة لعدد من الدول المحددة التي اختارتها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية.

جدول ٤: عدد المقالات المنشورة وعدد مرات الاستشهاد بمقالات الدول الرائدة

الدولة	المواد المنشورة	إجمالي مواطن الاستشهاد	متوسط أثر النشر
الولايات المتحدة	٨٦٥٧	٢٠٧٩٦	٢,٤٠
المملكة المتحدة	١٦١١	٣٣٦٣	٢,٠٩
ألمانيا	٢٥٨١	٥١٧٤	٢,٠٠
فرنسا	١٧٩٠	٣١٥٦	١,٧٦
إيطاليا	١٠٥٣	١٦٥٤	١,٥٧
اليابان	٣٠٣٢	٤٥٠٤	١,٤٩
جنوب أفريقيا	٥٨	٧٦	١,٣١
الصين	٦١٢٤	٧٩٥٤	١,٣٠
كوريا الجنوبية	٢١٤٠	٢٧٤١	١,٢٨
الهند	١١٣٠	١٣٠٢	١,١٥
تايوان	١٣٣٧	١٥١٧	١,١٣
إيران	٢٢٠	٢٣٦	١,٠٧
مصر	٨٢	٥٢	٠,٦٣
المملكة العربية السعودية	١٤	٨	٠,٥٧
الكويت	٤	١	٠,٢٥
الإمارات العربية المتحدة	٨	١	٠,١٣

ومن أكثر المقالات التي ورد الاستشهاد بها لباحثين في المؤسسات السعودية (٣ مرات لكل منها): "أثر غاز النيتروجين المتفاعل على تطوير الهيكل النانوي لأكسيد الزنك الذي يتم تحضيره من خلال الأكسدة الحرارية للزنك المعدني"[٧]، و"هيكل وآلية تراكم طبقات الجسيمات النانوية والإلكتروليتات المتعددة"[٨]. وكان المقال الأول نتيجة تعاون سعودي مع باحثين جزائريين، في حين كان الثاني عمل مؤلفين سعوديين.

[7] Toumiat, A., Achour, S., Harabi, A., Tabet, N., Boumaour, M., Maallemi, M. 2006. Effect of nitrogen reactive gas on ZnO nanostructure development prepared by thermal oxidation of sputtered metallic zinc. Nanotechnology, 17 (3): 658-663.

[8] Abu-Sharkh, B. 2006. Structure and mechanism of the deposition of multilayers of polyelectrolytes and nanoparticles. Langmuir, 22 (7): 3028-3024.

مقدمة عن التقنية المتناهية الصغر

المنظمات البحثية في التقنية المتناهية الصغر

قامت بضعة الآف من المؤسسات البحثية في أكثر من ١١٠ دولة بالنشر في التقنية المتناهية الصغر بين عامي ٢٠٠٦ و٢٠٠٧م. وكما هو مبين في الجدول (٥)، فإن المؤسسات الثلاثة الرائدة في إصدار بحوث التقنية المتناهية الصغر هي الأكاديمية الصينية للعلوم (١٣٠٠) وجامعة تسينغ هوا (٦٣٤) والأكاديمية الروسية للعلوم (٣٩٣). وقد تصدرت الأكاديمية الصينية للعلوم النشر في جميع المجالات الفرعية.

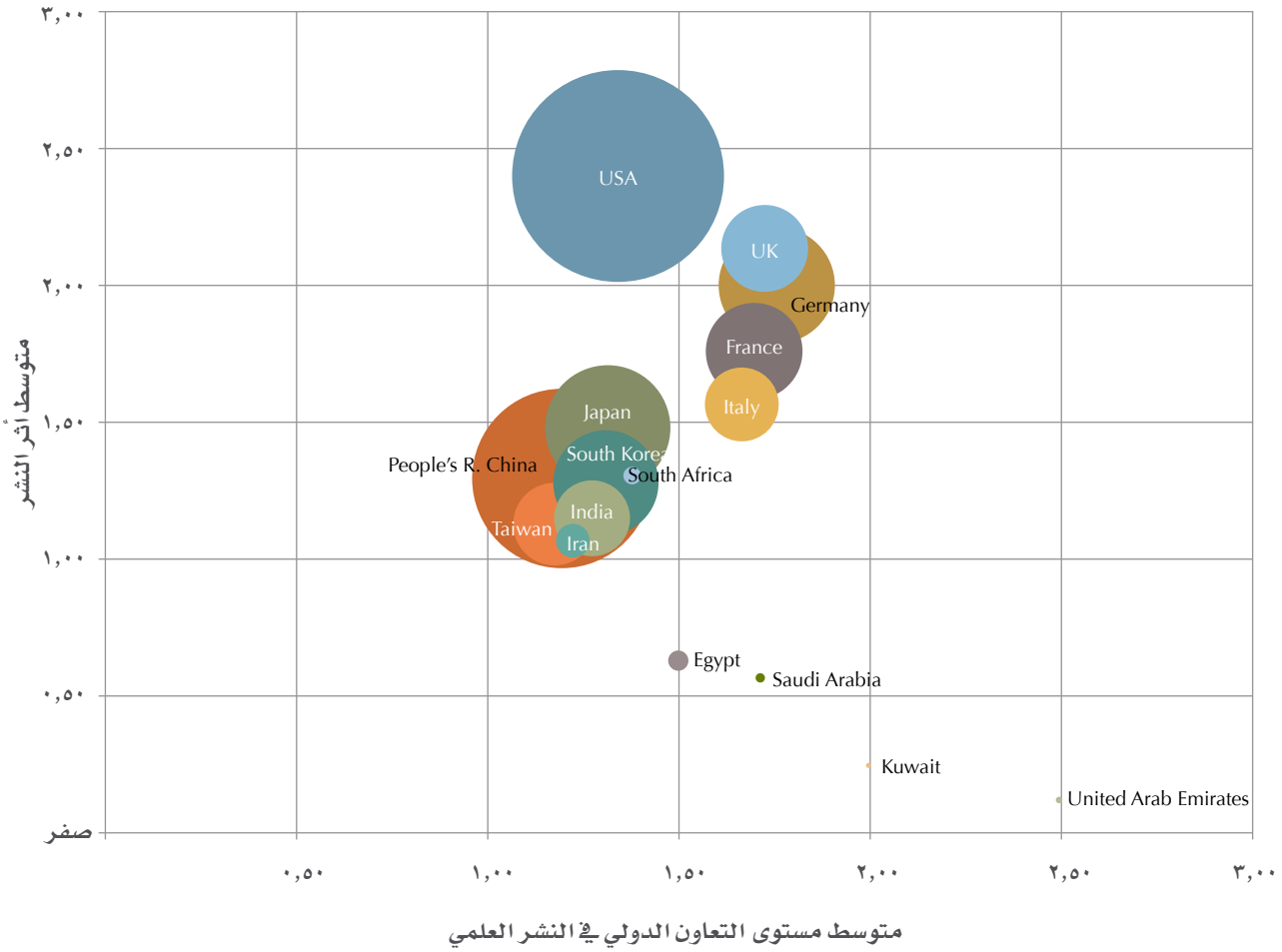
جدول ٥: الدول الناشرة في التقنية المتناهية الصغر بين عامي ٢٠٠٦م و ٢٠٠٧م

المؤسسة	إجمالي النشر	متوسط أثر النشر	الهيكل الكمي والأجهزة النانوية	توصيف وتصنيع المواد النانوية	النمذجة الحاسوبية والتحليل النظري للأنظمة النانوية
الأكاديمية الصينية للعلوم	١٣٠٠	١,٦٦	٦٢٠	٦٩٥	١٠٢
جامعة تسينغ هوا	٦٣٤	١,٥٦	٢٧٦	٣٦١	٦٢
الأكاديمية الروسية للعلوم	٣٩٣	٠,٧٤	١٨٦	١٥٦	٧٥
سي إن أر إس	٣٧٨	٢,٢٢	١٩٨	١٧٣	٣٥
جامعة الصين للعلوم والتقنية	٣٦٦	١,٤٠	١٦٣	١٩٣	٣٦
جامعة تكساس	٣٤٩	٢,٤٨	١٨٨	١٤١	٥٧
جامعة سينغافورة الوطنية	٣٤٧	١,٩٦	٢٠٧	١٣٤	٤٩
جامعة طوكيو	٣٣٩	١,٥٥	٢٠١	١٢٠	٣٧
جامعة إيلينوي	٣٠٢	٢,٨٥	١٦٢	١٢٥	٥٥
جامعة توهوكو	٢٨٩	١,٤٩	١٦٤	١٢٧	٢٠
إم اي تي	٢٨٨	٣,٨٤	١٥٩	١٠٥	٥٣
جامعة سيول الوطنية	٢٨٥	١,٧٢	١٥٥	١٣٨	٢٨
معهد الهند للتقنية	٢٧٩	١,٠٨	١٠٢	١٦٦	٣٦
جامعة فلوريدا	٢٧٣	١,٤٢	١٥٠	١٠٦	٥٢
جامعة بكين للتقنية	٢٦٨	٠,٩٥	٨٩	١٧٠	٢٨

أثر النشر والتعاون الدولي

بالنظر إلى الدول المتقاربة من حيث نشاط النشر، نلاحظ أن تلك الدول التي تحقق معدلاً عالياً من التعاون الدولي غالباً ما تنشر مواداً منشورة ذات أثر عال. وفي هذه الدراسة، تم قياس التعاون الدولي بحساب معدل عدد الدول الممثلة في المقال الواحد، إستناداً إلى عناوين المؤلفين. ويبين الشكل (٣) معدل التعاون الدولي لكل دولة مقابل متوسط أثر النشر. وتجدر الإشارة إلى أن دولاً مثل المملكة المتحدة وألمانيا، ذات النشاط التعاوني الدولي اللافت، تصدر مقالات ذات متوسط أثر عال.

الشكل ٣: أثر النشر والتعاون الدولي بين عامي ٢٠٠٦-٢٠٠٧م



مقدمة عن التقنية المتناهية الصغر

نشاط المملكة التعاوني الدولي

يوضح الجدول (٦) أن مؤلفين منتسبين لمؤسسات سعودية تعاونوا في نشر مقال فأكثر مع مؤلفين من: الجزائر (٤ مواد منشورة)، والولايات المتحدة (٢). وقد تعاون مؤلفون منتسبون لمؤسسات سعودية لإصدار مقالين مع باحثين من: مصر، والكويت وسويسرا والمملكة المتحدة.

الجدول ٦: نشاط المملكة في مجال التعاون الدولي

الدولة	البحوث المنشورة
الجزائر	٤
الولايات المتحدة	٢
مصر	١
الكويت	١
سويسرا	١
المملكة المتحدة	١

مجلات التقنية المتناهية الصغر

يعرض الجدول (٧) المجلات العلمية التي نشرت عدداً لافتاً من المواد ذات الصلة بالمجالات الفرعية للتقنية المتناهية الصغر التي تعني المملكة بين عامي ٢٠٠٦ و ٢٠٠٧م.

الجدول ٧: مجلات التقنية المتناهية الصغر العلمية

	المجلات العلمية	عدد الأبحاث المنشورة
Nano Materials and Synthesis	SURFACE & COATINGS TECHNOLOGY	٤٧٧
	APPLIED PHYSICS LETTERS	٤٦٣
	NANOTECHNOLOGY	٣٨٠
	THIN SOLID FILMS	٣٤١
	JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	٣١١
	LANGMUIR	٣٠٦
	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C	٢٦٧
	APPLIED SURFACE SCIENCE	٢٥٦
	MATERIALS LETTERS	٢٤٧
	CHEMISTRY OF MATERIALS	٢٤٤

	المجلات العلمية	عدد الأبحاث المنشورة
Quantum Structure and Nano Devices	APPLIED PHYSICS LETTERS	٨٦٣
	PHYSICAL REVIEW B	٥١٩
	NANOTECHNOLOGY	٤٩٩
	JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	٣٣٤
	NANO LETTERS	٢٨٥
	JOURNAL OF MICROMECHANICS AND MICROENGINEERING	٢٧٤
	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C	٢٣٤
	SENSORS AND ACTUATORS A-PHYSICAL	٢٣٢
	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY B	٢٢٢
	LANGMUIR	٢٠٩
Computational Modeling	JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS	١٥٣
	PHYSICAL REVIEW B	١٤٧
	JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	١١١
	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY B	٩٨
	APPLIED PHYSICS LETTERS	٩٧
	NANOTECHNOLOGY	٩٣
	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C	٦٧
	LANGMUIR	٦٢
	IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES	٥٤
	JOURNAL OF MICROMECHANICS AND MICROENGINEERING	٤٦

براءات الاختراع ذات الصلة بالتقنية المتناهية الصغر

في الفترة ما بين عام ٢٠٠٢ و٢٠٠٦م، تم تقديم ٧٨١ طلباً لتسجيل براءة اختراع ذات صلة بالتقنية المتناهية الصغر في مكتب براءات الإختراع الأمريكي. وقد نسبت معظمها لمخترع واحد على الأقل من الولايات المتحدة الأمريكية (٤٤٠ تطبيقاً). ومن الدول الأخرى التي رصدت عدداً كبيراً من المخترعين: كوريا الجنوبية (١٠٠ تطبيق) واليابان (٩٦ تطبيقاً) وتايوان (٥٥ تطبيقاً). ولم ترصد أية براءة اختراع لمخترع سعودي في هذا المجال. انظر الجدول (٨)

الجدول ٨: براءات الاختراع الخاصة بالتقنية المتناهية الصغر

الدولة	توصيف وتصنيع المواد النانوية	الهيكل الكمي والأجهزة النانوية	النمذجة الحاسوبية والتحليل النظري للأنظمة النانوية	المجموع
الولايات المتحدة	٢٠٤	٣٦٢	٢	٤٤٠
كوريا الجنوبية	٣٥	٩٣	٠	١٠٠
اليابان	٣٨	٧٢	٠	٩٦
تايوان	٢٢	٤٥	٠	٥٥
ألمانيا	٦	١٣	٠	١٨
الصين	٩	١١	٠	١٧
فرنسا	٣	١٠	٠	١٢
المملكة المتحدة	٧	٨	٠	١٠
الهند	٢	٩	٠	٩
إيطاليا	١	٤	٠	٤
المملكة العربية السعودية	٠	٠	٠	٠

وفي حين يعتبر مكتب براءات الاختراع الأمريكي معظم طلبات تسجيل براءات الاختراع ذات الصلة بالتقنية المتناهية الصغر مملوكة لأفراد (٥١٨ طلباً)، فإنه ينظر إلى المؤسسات على أنها الجهات المتنازل لها عن عدد كبير من براءات الاختراع. ويمكن في المستقبل التعاون مع هذه المؤسسات، نظراً لاهتمامها الملحوظ بالابتكار في التقنية المتناهية الصغر.

ويبين الجدول (٩) أن شركة نانو بروبرايتيري كانت الجهة المتنازل لها عن ٢١ تطبيقاً في التقنية المتناهية الصغر، تليها شركة نانوتيكس (١٩) ومعهد بحوث التقنية الصناعية (١٧) وشركة سامسونغ إلكترونيكس (١٥ تطبيقاً).

الجدول ٩: براءات الوكالات الرائدة في تقنية النانو

الجهة المتنازل لها	براءات الاختراع
البراءات المنسوبة لأفراد	٥١٨
Nano-Proprietary Inc.	٢١
Nanotex	١٩
Industrial Technology Research Institute	١٧
Samsung Electronics	١٥
Headway Technologies Inc.	١٠
University of California	٨

أبرز تطبيقات التقنية المتناهية الصغر

للمواد والأجهزة النانوية تطبيقات في المجالات التالية المذكورة أدناه. وتتضمن هذه التطبيقات مجالات تبين مدى أثر التقنية المتناهية الصغر على مختلف الصناعات. كما تمثل المجالات التطبيقية التي عادة ما تستحوذ على اهتمام المجتمع الدولي.

الدفاع والفضاء

- مواد أكثر صلابة وأخف وزناً لتصنيع الطائرات.
- الطلاء المعزز لحماية الإلكترونيات من الإشعاع.
- المواد الجديدة للأسلحة المعززة (مثل قذائف تجميع الدروع).
- أنظمة وأجهزة المراقبة المصغرة.

المواد المتقدمة والكيميائية

- الحفز المعزز.
- الأغشية والترشيح المعزز.
- الطلاء المعزز لمقاومة الصدأ والخدش والموصّل للكهرباء.
- المزيلات المطورة للتلميع.
- مواد التشحيم المطورة.
- المواد المركبة المعززة.
- نمذجة المواد الجديدة والهيكل النانوي.
- العزل الحراري.

الطاقة

- المواد المطورة للمواد الكهروضوئية (الخلايا الشمسية) لتعزيز كفاءتها.
- تعزيز عمليات الحفز لخلايا الوقود.
- نقل الطاقة بشكل أكثر فعالية.
- البطاريات العالية الأداء.
- التحكم بالصدأ والاحتكاك والتهالك الذي يحجم فقدان الطاقة واستهلاكها.
- تعزيز وسائل استخراج الوقود.

الإلكترونيات والضوئيات

- تصغير معالجات الحاسوب.
- تحسين حفظ البيانات.
- تعزيز النقل والتحول البصري في الاتصالات اللاسلكية.
- تطوير تقنيات العرض.
- تصغير مولدات القوى والعزوم.
- تصغير التردد اللاسلكي باستخدام الأجهزة القائمة على الأنظمة الإلكتروميكانيكية الدقيقة.
- تصغير المجسات.
- تعزيز عمليات الكشف عن الغاز والسائل باستخدام الليزر شبه الموصل.
- تعزيز أنواع الإضاءة بابتكار أنواع جديدة من الدايود الباعث للضوء
- المكونات والمجسات البصرية المطورة.
- الأقراص المغناطيسية.

الطب والصيدلة

- تعزيز إيصال الدواء لاستهداف الأمراض بشكل مباشر.
- تعزيز الكشف عن الأمراض وتحليلها واكتشافها.
- الأعضاء الصناعية المهندسة نانوياً ذات التوافق الحيوي المحسن
- تعزيز التصوير الآني.
- تعزيز الرصد والمراقبة الآنية باستخدام أجهزة الأنظمة الإلكتروميكانيكية الدقيقة الحيوية.

تنقية المياه

- الأغشية المعززة لأغراض التطهير والتحلية.
- استخدام الحوافز النانوية والجسيمات النانوية المغناطيسية لتمكين عمليات تحلية المياه المالحة الأقل تكلفة.
- تعزيز المجسات النانوية للكشف عن الملوثات في المياه.

طبيعة التقنية المتناهية الصغر في المملكة العربية السعودية

رغم أن قدرات المملكة في التقنية المتناهية الصغر لا زالت محدودة مقارنة بالدول التي أطلقت مبادرتها للتقنية المتناهية الصغر، إلا أن المملكة شهدت في الآونة الأخيرة تنامياً في البحث والتطوير في التقنية المتناهية الصغر على الصعيدين الأكاديمي والصناعي.

ولازالت الجهود الجارية في مراحلها الأولى، علماً بأنها نتجت عن عمل بادرت به مجموعات بحثية مستقلة ضمن برامج أخرى في أرجاء مختلفة من المملكة. ولازالت هذه الجهود تفتقر إلى الهدف والإتساق الموحد الذي يكون سمة وجود خطة وطنية إستراتيجية.

ورغم أن هذه الجهود لازالت بعيدة عن إيجاد أية قدرات سعودية ملموسة في هذا السياق، إلا أنها وضعت أساساً لتشييد قدرات المملكة في التقنية المتناهية الصغر.

أوجه النشاط البحثي

الحكومة

تستأثر مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية في الوقت الراهن بجل قدرات وخبرات المملكة البحثية إلى جانب الجامعات التالية:

- جامعة الملك فهد للبترول والمعادن.
- جامعة الملك عبد العزيز.
- جامعة الملك سعود.
- جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية التي من المقرر أن تفتح أبوابها بشكل رسمي في عام ٢٠٠٩م.
- جامعات أخرى، مثل جامعة الملك خالد، وجامعة الملك فيصل وجامعة طيبة.

وقد أطلقت هذه الجامعات والمعاهد البحثية حوالي ٣٠ مشروعاً بحثياً في مجال التقنية المتناهية الصغر. وقد مولت المدينة عدداً من المشاريع البحثية في التقنية المتناهية الصغر، منها ما يركز على إنتاج الجسيمات النانوية السيليكونية، وإنتاج أنابيب الكربون النانوية، والطلاء النانوي للعامل الحافز، ومشاريع أخرى تتعلق بالمواد المركبة.

طبيعة التقنية المتناهية الصغر في المملكة العربية السعودية

وقد ركزت معظم هذه البحوث على المواد والتصنيع. وفي حين تتوائم تطبيقات هذه البحوث في معظم الأحيان مع الاحتياجات الصناعية والاقتصادية السعودية، إلا أنه بالنظر على سبيل المثال إلى استخدام المواد النانوية لاستخراج الوقود الأحفوري، اتجه بعض الباحثين إلى تطبيقات أخرى في التقنية المتناهية الصغر، مثل:

- الطلاء والمواد الهيكلية.
- التقنية الحيوية.
- الحفز والأغشية.
- المجسات والقياسات.
- الإلكترونيات والمواد المغناطيسية.
- الطاقة والبيئة.

ومن المتوقع أن تتغير ملامح البحث الأكاديمي السعودي في التقنية المتناهية الصغر بشكل جذري لدى افتتاح جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية أبوابها في عام ٢٠٠٩م. إذ تتضمن مخططات جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية تكريس مختبر كامل للبحث في التقنية المتناهية الصغر، الأمر الذي من شأنه تعزيز عدد المشاريع ذات الصلة بهذه التقنية المتناهية الجارية في المملكة.

الصناعة

إن القطاع الصناعي السعودي مهيئٌ تماماً للاستفادة من البحث في التقنية المتناهية الصغر، لاسيما وأن شركات مثل أرامكو السعودية وسابك سخرت قدراً من الموارد لإجراء البحث في التقنية المتناهية الصغر.

وتشير التقديرات إلى إطلاق هاتين الشركتين ما يزيد عن ٢٠ مشروعاً بحثياً في مجال التقنية المتناهية الصغر، الأمر الذي يتطلب وجود أكثر من ٢٠ باحثاً من حملة الدكتوراه المؤهلين لإجراء هذا النوع من البحث.

وقد تم توجيه البحث الصناعي في المملكة لتطبيق أوجه التقنية المتناهية الصغر بما يعزز عمليات استخراج الوقود. إلا أن لهذا النوع من البحث نطاق واسع من التطبيقات، بما في ذلك:

- التقنية الحيوية.
- الحفز والأغشية.
- المجسات والقياس.
- الطاقة والبيئة.

التعاون الدولي

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

لقد عقدت المدينة عدة شراكات وبرامج تعاونية للبحث والتطوير مع عدد من المؤسسات العالمية الرائدة مثل:

- مركز مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية/أي بي إم للتميز البحثي المتخصص في تحلية المياه المالحة، والمواد الحافزة للتطبيقات البتروكيميائية والطاقة الشمسية.
- مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية/جامعة أوكلاند، للتركيز على تطوير الدايود الباعث للضوء النانوي.
- مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية/إم آي تي (معهد ماساتشوستس للتقنية)/ جامعة الفيصل في المجالات التالية:
  - المحاكاة النانوية للأقطاب الكهربائية لخلايا الوقود.
  - تعزيز ظاهرة النقل باستخدام السائل النانوي.
  - نظام الكشف الصوري الصوتي لصناعة البتروكيميائيات.
  - ليزر متوسط الأشعة تحت الحمراء لتطبيقات الحساسات.
- مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية/جامعة مينيسوتا:
  - تطوير خلايا الوقود الكهربائي الكيميائي المستخدمة في تصنيع الجسيمات النانوية السيليكونية.
- مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية/جامعة ميشيغان، آن اربور (قيد المراجعة):
  - استخدام البصمة النانوية لتطوير الخلايا الشمسية غير المتكلفة.
- مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية/الأكاديمية الوطنية للعلوم، روسيا البيضاء:
  - إنتاج أنابيب الكربون النانوية.
  - تطوير وإنتاج وتركيب مجهر مجسي ماسح.

الجامعات والمراكز البحثية

بدأت الجامعات السعودية بالاهتمام بالشراكات الدولية بهدف توسيع نطاق البحث والخبرة. ومن الأمثلة على هذه الشراكات:

- أوفدت جامعة الملك فهد للبترول والمعادن في عام ٢٠٠٥م ثلاثة من أعضاء هيئة التدريس إلى جامعة سنغافورة الوطنية للبحث والمبادرة في سبل التعاون البحثي.
- في عام ٢٠٠٧م، أعلنت كل من جامعة الملك فهد للبترول والمعادن ومعهد ماساتشوستس للتقنية عن رغبتهم لإبرام اتفاقية التعاون العلمي في البحث العلمي والتربوي بين قسمي الهندسة الميكانيكية لدى المؤسستين.
- أعلنت جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية عن إبرام شراكة مع معهد بومباي للتقنية (وإن لم تطلق هذه المبادرة رسمياً بعد) للتعاون في

البحث في العديد من المجالات ذات الصلة بالتقنية المتناهية الصغر.

- وقعت كل من جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية والجامعة الأمريكية في القاهرة مذكرة تفاهم لإجراء التعاون البحثي وتأسيس البرامج الأكاديمية. كما اتفقتا على التعاون في العديد من المجالات البحثية، بما فيها التقنية المتناهية الصغر والمواد المتقدمة.

الصناعة

تقوم شركة أرامكو السعودية بالتعاون مع مركز إيه أر سي للتميز البحثي في المواد النانوية الوظيفية في أستراليا في تمويل مشروع بحثي لأربع سنوات. ويهتم هذا المشروع بتطوير المواد الحافزة الملائمة لفصل وتحويل الهيدروجين من وقود البترول السائل الزيتي في نظام مفاعل غشائي.

كما وقعت أرامكو السعودية عقداً مع شركة إنتغران تكنولوجيز (في تورونتو بكندا) لتخطيط وتنفيذ برنامج تطوير منتج بعنوان "تطبيق التقنية المتناهية الصغر في الإصلاح الهيكلي لمبادلات الحرارة المتدهورة في الموقع"، للبحث في جدوى إصلاح مبدلات الحرارة التقليدية في المواقع في قطاع البترول والغاز.

البنية التحتية المتوفرة

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

أنجزت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية من خلال سعيها لاستكمال البنية التحتية للتقنية المتناهية الصغر ما يلي:

- تأسيس وتجهيز معمل المجاهر الإلكترونية.
- الانتهاء من إعداد تصميم مواصفات ومتطلبات مرافق الغرفة النقية في المركز الوطني للتقنية المتناهية الصغر.
- تحديد جميع المعدات اللازمة لإجراء التجارب في الغرفة النقية.

الجامعات والمراكز البحثية

توجد بعض الأجهزة والمعامل الخاصة لإجراء الأبحاث في مجال التقنية المتناهية الصغر في الجامعات الثلاث المذكورة أدناه. وقد وضعت خطط لتزويد جامعة رابعة بمختبر متطور يمكن استخدامه في البحث في التقنية المتناهية الصغر:

- جامعة الملك فهد للبترول والمعادن.
- جامعة الملك عبد العزيز.
- جامعة الملك سعود.

إلا إن هذه الأجهزة والمعامل لازالت غير كافية لدعم المجال البحثي في التقنية المتناهية الصغر.

ولعل الأهم من ذلك هو ما يشكله الافتقاد للغرف النقية المجهزة بشكل جيد ، من عائق يعترض إجراء البحث المستقبلي في التقنية المتناهية الصغر.

ورغم أنه لا توجد في الوقت الراهن أية غرف نقية كاملة التجهيزات خارج المركز الوطني لبحوث التقنيات المتناهية الصغر، فإن لدى الجامعات الثلاث المذكورة آنفاً بعض أو كل من المعدات التالية:

- المجاهر: المجهر الإلكتروني النفاذ، والمجهر الماسح الإلكتروني، ومجهر القوة الذرية.
- حيود الأشعة السينية.
- معدات المعالجة: ترسيب البخار كيميائياً.
- توصيف المعدات: توصيف السطح.
- المعالجة الرطبة: الطلاء بالكهرباء، منصات الأحماض.

الصناعة

أنشأت كل من سابك وشركة أرامكو السعودية بعضاً من أكثر مرافق البحث تطوراً في الشرق الأوسط، علماً بأن مراكز سابك للبحث والتقنية في الرياض والجبيل هي الأكبر في الشرق الأوسط. كما أن لدى شركة أرامكو السعودية مرفق مجهز بأحدث المعدات تم استكماله في عام ٢٠٠٥م. وقد صممت معدات هذه المرافق لتعزيز البحث في علوم المواد و التي تتماشى مع أبحاث التقنية المتناهية الصغر. ورغم أنه لم يتم تحديد نوع وكمية هذه المعدات لدى إعداد هذه الخطة، إلا أن هذه المرافق تحتوي على هذه المعدات على الأقل:

- المجهر الماسح الإلكتروني.
- حيود الأشعة السينية.
- توصيف العمليات: توصيف السطح.
- المعالجة الرطبة: الطلاء الإلكتروني.

ولا تتضمن مرافق هذه الشركات أو أي من الشركات السعودية غرفة نقية.

المعرفة والتعليم والتدريب

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

اتخذت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية عدداً من المبادرات لتدريب باحثيها، وغيرهم من العاملين في المؤسسات الأكاديمية، وتوعية الرأي العام بالتقنية المتناهية الصغر. ومن تلك الجهود التي قامت بها:

- تنظيم مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية لأول حلقة عمل وطنية عن التقنية المتناهية الصغر في يناير ٢٠٠٦م.

طبيعة التقنية المتناهية الصغر في المملكة العربية السعودية

- قدمت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية عدداً من المنح الكاملة للدراسات العليا لعدد من المهندسين والعلماء للحصول على شهادة الماجستير والدكتوراه في التقنية المتناهية الصغر.
- قيام مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بنشر عددين من مجلة العلوم والتقنية مخصصين عن التقنية المتناهية الصغر.
- رعاية مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية عدداً من برامج التدريب الصيفي سعياً منها لتعريف أعضاء مؤسسات التعليم العالي على أوجه نشاط البحث في التقنية المتناهية الصغر.

كما أحرزت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بعض التقدم على صعيد التجير، بما في ذلك:

- التوصل إلى المرحلة النهائية من التخطيط لإنشاء حاضنة للتقنية المتناهية الصغر.
- اقتراح مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية على عدد من الشركات الدولية الرائدة للقيام بالأبحاث في تطوير المنتجات ونقل التقنية.

الجامعات والمراكز البحثية

أجمعت كل من جامعة الملك فهد للبترول والمعادن وجامعة الملك عبد العزيز وجامعة الملك سعود على شبه انعدام التعليم والتدريب الموجه للتقنية المتناهية الصغر في تلك الجامعات، مما يجعل القاعدة المعرفية لانطلاق مبادرة سعودية في التقنية المتناهية الصغر محدودة جداً، الأمر الذي يشكل تحدياً حرجاً ينبغي مواجهته.

إستراتيجية البرنامج

يعرض القسم التالي مكونات البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر وذلك قبل استعراض كيفية تنفيذ مكونات هذا البرنامج.

الرسالة

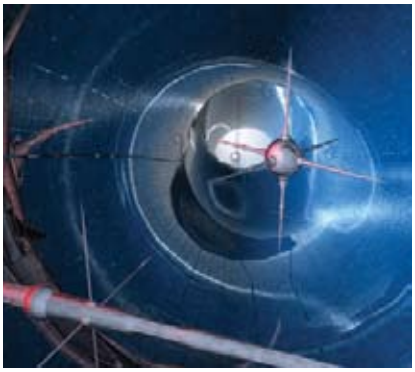
يهدف البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر (تقنية النانو) إلى تأمين مكانة هامة للمملكة في المجتمع الدولي للبحث والتطوير في التقنية المتناهية الصغر. ومن شأن هذه الخطة، التي تستند إلى نهج تعاوني يشمل عدة تخصصات، أن تعزز التفوق الأكاديمي وتوفر أحدث المرافق المتقدمة للبحث والتطوير لجميع قطاعات الاقتصاد، من مؤسسات أكاديمية وصناعية، مع التركيز على دعم إستراتيجية المملكة الاقتصادية المستقبلية، ونقل التقنيات من البيئة الأكاديمية إلى الصناعة.

الرؤية

هذا ويهدف البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر إلى إيجاد برنامج متعدد التخصصات يشمل جميع الفروع العلمية لتعزيز كفاءة وقدرات المملكة في أوجه التقنية المتناهية الصغر لتأمين القدرة التنافسية للمملكة.

التبرير

يمكن للتقنية المتناهية الصغر إحداث ثورة في العالم. ورغم أن هذا المجال حديث الولادة، إلا أنه يشهد نمواً مطرداً، بما يحمله من وعود بتطوير وسائل وأدوات جديدة من شأنها خدمة بقية التقنيات الموجودة بشكل غير مسبوق. ويتم في الوقت الراهن تطوير وسائل وتطبيقات للتصنيع. وقد أسرعت الدول المتقدمة للتحرك إزاء تنامي أهمية التقنية المتناهية الصغر، لتسخر قدراً هائلاً من مواردها للاستفادة القصوى من هذه التقنية. وتصبوا المملكة العربية السعودية إلى الانضمام لهذا التوجه الدولي.



كما تقوم المملكة بتنسيق جهودها على الصعيد الوطني لتكون من الدول الراعية لهذه التقنية. وترمي هذه الخطة الإستراتيجية إلى ضمان إتساق جهود الحكومة والمجتمع الأكاديمي والصناعي وتسخيره نحو غاية محددة في هذا الصدد، فضلاً عن تقديم رؤية واضحة لكيفية توظيف الموارد وتعظيم عوائد الاستثمار.

كما ينبغي أن يتبنى البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر نهجاً تعددياً يشمل عدة تخصصات ومجالات، من شأنه تعزيز وتوجيه البحث والتطوير في التقنية المتناهية الصغر، وتوجيه تطوير البنية التحتية المساندة، وتعزيز وتوجيه التعليم في المجالات ذات الصلة، والمساعدة على بث المعرفة وعلى وضع الأسس لتكوين الشركات التجارية التي من شأنها تنويع الاقتصاد.

الجهات ذات العلاقة

فيما يلي الجهات ذات العلاقة بالبرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر:

- مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية.
- الجامعات (الراهنة والتي سيتم إنشاؤها مستقبلاً).
- المعاهد البحثية (الراهنة والتي سيتم إنشاؤها مستقبلاً).
- مراكز التميز البحثي (الراهنة والتي سيتم إنشاؤها مستقبلاً).
- الوزارات وغيرها من الجهات الحكومية.
- الصناعة المحلية.
- شريحة كبيرة من الجمهور العام.

مكونات الإستراتيجية

تعزيز البحث الأكاديمي

ينبغي تعزيز وتوسيع نطاق البحث الجاري في المملكة في التقنية المتناهية الصغر لتعظيم مكاسب التقنية المتناهية الصغر.

ونظراً لسعة هذا المجال وشموله لمعظم مجالات العلوم، سيكون على البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر التركيز على الجهود الفردية وجهود الفرق البحثية وتنسيقها لإحراز التقدم المطلوب.
لذا ينبغي وضع إستراتيجية تقنية مفصلة لتعزيز البحث الأكاديمي، بما في ذلك تفصيل كيفية المبادرة بمشاريع وبرامج التقنية المتناهية الصغر.

ومما لاشك فيه أنه ينبغي إتاحة قدر من الحرية للباحثين ليتمكنوا من متابعة اهتمامات ومجالات بحثية واعدة، إلا أن اختيار المشاريع البحثية التي تتلقى التمويل ينبغي أن يستند إلى معايير تضمن انتقاء البحوث الناجحة.ومن هذه المعايير:

- جودة ومستوى العلوم والتقنية.
- التنفيذ.
- الأثر.

بحيث تضمن حفاظ المملكة على توازن نشاطها البحثي. كما ينبغي أن يوضح البرنامج مختلف أنواع النشاط البحثي: مثل البحث الأساسي والبحث التطبيقي، وبحث البرنامج[٩]. ومن شأن تحقيق التوازن المناسب بين أوجه البحث إيجاد بيئة بحثية حية وإبتكارية وخصبة.

تعزيز البنية التحتية

يتطلب ازدهار البحث في التقنية المتناهية الصغر الاستثمار في البنية التحتية للمملكة، لذلك سيسعى البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر إلى تأسيس بنية تحتية في المملكة للبحث والتطوير في التقنية المتناهية الصغر تكون مركزية وموزعة على الصعيد المحلي في آن واحد. وتتضمن المرافق والمعامل المقترح تأسيسها خدمات توصيف واختبار ستقوم الحكومة بدعمها بشكل كبير، وذلك لتمكين نفاذ قطاع الأعمال والقطاع الأكاديمي لهذه التقنية، بغض النظر عن التكلفة الباهظة ورأس المال الكبير الذي تتطلبه صيانة مثل هذه المرافق.

وسيكون المركز الوطني لبحوث التقنيات المتناهية الصغر و الذي مقره في مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، هو المرفق الأساس للتقنية المتناهية الصغر، في بادئ الأمر، إذ أن الرؤية المرسومة للمركز تتضمن توزيع البنية التحتية السعودية في المملكة بحيث تتوفر المرافق المتخصصة في مختلف أرجاء المملكة. مما سيتيح استفادة جميع الجهات ذات العلاقة بهذه المرافق، كما سيتم توزيع الأجهزة الأخرى في مجموعات كبيرة، كما تقتضيه الحاجة.

وعموماً، فإنه ينبغي توفر الأجهزة الواسعة النطاق التي من شأن معظم المراكز البحثية استخدامها في مقر مركزي، بحيث تتوفر نخبة من الخبراء الفنيين القادرين على تقديم المساعدة لجميع أفراد المجتمع البحثي في استخدام معدات مثل: أحدث أنواع المجهر الإلكتروني النفاذ، والتحليل الطيفي الضوئي الإلكتروني بالأشعة السينية، والنقش بالشعاع الإلكتروني، والتنضيد بالحزمة الجزيئية، وترسيب البخار كيميائياً.

أما المعدات التي هناك حاجة يومية أو روتينية إلى استخدامها، فينبغي أن تكون موزعة على عدة مرافق.

[٩] يشير «بحث البرنامج» إلى البحث الذي يوفر الأساس لمجال واسع من البحث والعديد من التطبيقات الممكنة، مثل البحث في تخليق الجسيمات النانوية، الذي يدعم البحث في تطوير خلايا شمسية عالية الكفاءة وخلايا الوقود المتدنية التكلفة. ويعد بحث البرنامج بحثاً تطبيقياً بمعنى أن التطبيقات هي التي تقود هذا البحث، إلا أنها واسعة النطاق وتستدعي إتخاذ خطوات إضافية قبل تطويرها.

إستراتيجية البرنامج

ربط البحث بالإستراتيجية الصناعية والاقتصادية

ومن أهداف البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر ضمان تركيز البحث في التقنية المتناهية الصغر على تحسين الاقتصاد المحلي. وهذا يتطلب ربطه بالإستراتيجيات الصناعية والاقتصادية السعودية عامةً. وفيما يلي القطاعات الرئيسية التي من المتوقع أن تستفيد من هذه المشاريع:

- البترول والغاز.
- أنظمة الدفاع والأمن.
- القطاع البتروكيميائي.
- البنية التحتية للاتصالات اللاسلكية.
- البناء.
- التعدين والمواد.
- المياه.
- الصحة.
- النقل.

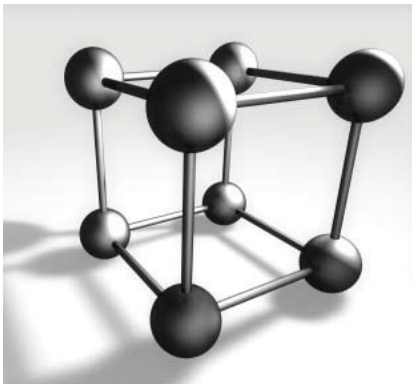
كما تم أيضاً تحديد عدد من المجالات الفنية الفردية ضمن كل مجال من هذه المجالات الصناعية:

- تعزيز تحلية المياه المالحة (المياه).
- الحفز المعزز (القطاع البتروكيميائي).
- مقاومة الصدأ (قطاع البترول والغاز، والبتروكيميائيات، والدفاع، والمياه، والبناء والبنية التحتية، والتعدين والمعادن).
- أجهزة الضبط النانوية (الدفاع، الماء، الطب).
- الطاقة المتجددة مثل الخلايا الشمسية (الصناعة، المياه).
- الاستخلاص المعزز للبترول (البترول والغاز).
- تعزيز إنتاجية الآبار (البترول والغاز).
- التطوير الخاص بالحفر في الأعماق (البترول والغاز).
- التشخيص الطبي وإيصال الدواء (الصحة).
- الأجهزة النانوية الإلكترونية والفوتونية والأنظمة الإلكتروميكانيكية الدقيقة (الدفاع، المياه، البترول، الصناعة، الطب، والنقل).

هذا وسيساعد تأسيس البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر على استقطاب المجمعات الصناعية الجديدة والاحتفاظ بها. وتستهدف المملكة الصناعات الجديدة التالية: الأتمتة الصناعية، ومواد البناء، والمعادن، والأجهزة المنزلية، والتعبئة والتغليف المرن. ويبين الجدول (١٠) تطبيقات تقنيات النانو الخاصة بعدد من هذه الصناعات:

جدول ١٠: تطبيقات التقنية المتناهية الصغر في الصناعات المختلفة

المجمعات الصناعية الجديدة المتوقع استقطابها				
الأتمتة الصناعية	مواد البناء	المعادن	الأجهزة المنزلية	التعبئة والتغليف المرن
المجسات النانوية والأنظمة الإلكتروميكانيكية الدقيقة لقياس وضبط تجميع المكونات	التقنية المتناهية الصغر في المواد الإسمنتية: المواد الإسمنتية ذات الصلابة العالية المستدامة، توصيف الهيكل النانوي، ووظائف جديدة	التوصيف المعزز للمواد	الطلاء النانوي المضاد للبكتيريا للأجهزة المنزلية	المواد المركبة النانوية لتعزيز الغلاف والتعبئة الحامية
وسائل التجميع والتصنيع عند مقياس النانو	الطلاء المتعدد الوظائف للوقاية من الحرائق و المبيدات الحيوية، ولوظائف التنظيف الإصلاح الذاتي	تطوير السبائك لتعزيز قوتها ومقاومة الصدأ	المواد الذكية النانوية للأجهزة المنزلية	الطلاء النانوي لتعزيز الشفافية ومقاومة الضباب
	مواد المجسات المطمورة لتطبيقات الأمن والراحة: الصدأ، الحريق، الرياح، الضوضاء، واثر الطاقة		المواد النانوية المستخدمة لإزالة الروائح من الأجهزة المنزلية	الطلاء النانوي الوقائي للمواد المضادة للجراثيم وترشيح الأشعة فوق البنفسجية
	المواد المركبة النانوية لبوليمرات البناء، والعناصر البوليمرية المعززة الألياف، والرخام المتكتل، قذائف الهاون البوليمرية		الطلاء النانوي للأسطح النظيفة	الإلكترونيات ذات الغشاء الرقيق لتغليف وتعبئة المجسات
	التقنية المتناهية الصغر المستخدمة للأبنية ذات الكفاءة في الطاقة، الخلايا الشمسية، مواد العزل		المواد النانوية لتعزيز مقاومة الحرارة	الماسح الضوئي للتعقب والاستشفاف



خطة التعاون الدولي

سبق أن أشرنا إلى مبادرات التقنية المتناهية الصغر التي أطلقتها ٣٥ دولة. ومما لاشك فيه أن هذا الحجم من النشاط الدولي يوفر العديد من الفرص لأن تتعاون المملكة مع دول أخرى، في هذا المناخ العالمي الخصب والمواتي للتعاون في البحث والتطوير. حيث يعد التعاون الدولي ضرورة للبحث والتطوير، وليس مجرد فرصة. ذلك أن من شأن التعاون الدولي أن يؤدي إلى بحث أكثر تركيزاً وإلى نجاح المملكة في اللحاق بركب الدولة المتقدمة معرفياً بشكل أسرع.

لذا يجب أن تنتهز المملكة هذه الفرصة للتعاون في البحث والتطوير، الأمر الذي يمكن تسهيله من خلال: برامج تبادل الطلاب، ودعم أوجه نشاط المعايرة الدولية (أو القياس بالنماذج الرائدة التي يمكن الإحتذاء بها)، ورعاية الباحثين السعوديين المشاركين في مؤتمرات دولية، وتسهيل إجراءات سمات الدخول. ويعد التعاون الدولي هو السمة المميزة لمبادرة الولايات المتحدة الوطنية للتقنية المتناهية الصغر ولبرامج الإتحاد الأوروبي FP6 و FP7 ، وقد استشهد به من قبل هذه المنظمات باعتباره عنصراً حيوياً من عناصر نجاح هذه المبادرات.

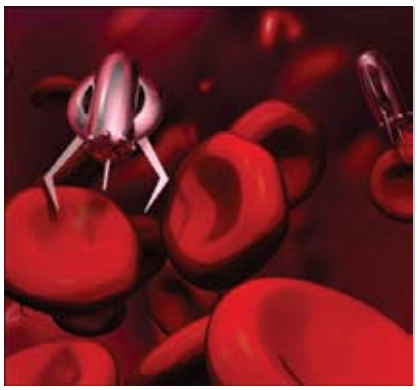
ويمكن تسليط الضوء على جانب التعاون في المملكة بالتركيز على المجالات الثلاثة التالية:

- تعزيز قدرة الباحثين على التنقل.
- المشاركة في مبادرات التقنية المتناهية الصغر الدولية، مثل برامج الإتحاد الأوروبي FP6 و FP7، وهيئات توحيد المقاييس مثل اللجنة الفنية لأوجه تقنيات النانو TC229 لدى المنظمة العالمية لتوحيد المقاييس.
- تعاون المعاهد البحثية الواحد مع الآخر.

خطة الإدارة

سيتولى مدير البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر (وسيكون موظفاً لدى المركز الوطني لبحوث التقنيات المتناهية الصغر) في مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية مسؤولية إدارة البرنامج والتنفيذ العام للخطة الخاصة به، الأمر الذي يتضمن تنسيق أوجه نشاط الجامعات والصناعة ومعاهد المدينة واللجنة الاستشارية والمستشارين الدوليين. وستشرف اللجنة الاستشارية للتقنية المتناهية الصغر، على تنفيذ الخطة، كما ستحدد وتراجع مؤشرات الأداء وتشرف على إتساق المنتجات والاستثمارات مع الخطط. كما تقدم اللجنة توصياتها لمدير البرنامج، وترفع تقريرها للجنة المشرفة على خطة العلوم والتقنية، المسؤولة عن برامج التقنية الإستراتيجية.

وستقوم اللجنة الاستشارية برعاية دراسات أخرى ذات علاقة بالمجالات الجديدة النامية في التقنية المتناهية الصغر والإشراف عليها، لتكون أساساً لتطوير هذا البرنامج. والمراد لهذه الخطة أن تكون وثيقة ديناميكية يتم تحديثها مرة في العام على الأقل أو أكثر إذا اقتضت الحاجة. وفضلاً عن ملاحظات اللجنة الاستشارية، فمن المتوقع أن تساهم حلقات العمل المنعقدة مع الباحثين والمستخدمين والقطاع الصناعي والجهات ذات العلاقة، في تطور هذه الخطة بشكل مستمر وتدعيم شبكة البحث والابتكار في التقنية المتناهية الصغر في المملكة.



الصحة والسلامة والأنظمة

باتت الأنظمة الدولية تلعب دوراً متنامياً في بيئة الأعمال العالمية. ولازال تطوير العديد من اللوائح والأنظمة الخاصة بالتقنية المتناهية الصغر في أولى مراحله، الأمر الذي يملي على المملكة أن تسرع بالانضمام إلى هذه الجهود الدولية لتتمكن من التأثير على عملية وضع الأنظمة، ولتكون علاقات جديدة. لذا من المتوقع أن تشارك المملكة في وضع الأنظمة الدولية الخاصة بالتقنية المتناهية الصغر، كما ستحرص على أن تكون البيئة التنظيمية في المملكة أنسب ما تكون لقيام الصناعة ودعم المستثمرين الأجانب وتشجيعهم علي الإستثمار.

تعزيز التعليم وخطة القوة العاملة

سيقوم البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر بإيجاد سبل جديدة لاستقطاب العاملين المؤهلين والاحتفاظ بهم، وتعزيز التدريب في القطاع الصناعي وزيادة عدد حملة شهادات الدكتوراه في المملكة. ويؤمل أن تنشأ عن هذه المبادرة برامج تربوية جديدة مثل أقسام علوم المواد في الجامعات. وهناك العديد من الخطط لتأسيس برنامج للتقنية المتناهية الصغر للدراسات الجامعية، وإيجاد منصب بحثي للدراسات العليا، كما هو الحال في الدول المتقدمة علمياً.

كما أن من شأن هذه المبادرة تعزيز الوعي العام بالمواضيع التقنية التي هي موضع النقاش والبحث في الدول الأخرى. ذلك أن المشاركة في الاكتشافات المثيرة التي تضمرها التقنية المتناهية الصغر من حول العالم ستحمل أبناء المملكة على الخوض في هذا المجال، فضلاً عن تعزيز مكانة العلم وأهميته في مفاهيم الثقافة السعودية. هذا ومن المتوقع أن تنجح هذه المبادرة في تثقيف المجتمع السعودي المحلي، وخلق ثقافة العلوم والتقنية في المملكة، ومساعدة الشعب السعودي على تقدير البحث والتطوير في التقنية المتناهية الصغر وتتجيرها. وتأتي أهمية هذا الأمر في أنه سيساعد على إنشاء جيل جديد من العلماء السعوديين وحشد الدعم الشعبي للعلوم والتقنية.

وتجدر الإشارة إلى أن المؤشرات التقليدية على نجاح النظام التعليمي، مثل عدد خريجي العلوم والهندسة في الجامعات المحلية، لا تكفي للإحاطة بنتائج هذه المبادرة. لذا ينبغي إيجاد مقاييس أخرى وربطها بإستراتيجية أوسع وأكثرشمولاً. إلا أنه ينبغي وضع إستراتيجية مفصلة قبل تحديد مثل هذه المقاييس. وينبغي أن تتضمن مثل هذه الإستراتيجية على سبيل المثال: المحافل التربوية العامة في العلوم والصناعة، ومحافل التوعية، وبرامج التوعية المدرسية، ومبادرات مثل إصدار المنشورات التي تشرح التقنية المتناهية الصغر للرأي العام. ويمكن ربط مقاييس جديدة بنجاح أوجه نشاط التواصل مع العامة بشأن التقنية المتناهية الصغر.

إستراتيجية البرنامج

خطة التتجير

إن الهدف النهائي من البحث والتطوير في التقنية المتناهية الصغر هو زيادة حجم ودخل الأعمال في المملكة. أما الهدف التجاري المباشر فهو انشاء الشركات الجديدة ومن ثم تأسيس الصناعات الجديدة للتقنيات العالية لتنويع الاقتصاد الراهن القائم على البترول والغاز والصناعة القائمة على التبادل التجاري.

ولتعظيم مكاسب البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر، ينبغي وضع سياسة للنقل الفعال والنشط للتقنية وتتجيرها. ويؤمل أن ينجح تأسيس البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر في استقطاب الصناعة ورأس المال عالي المخاطر للاستثمار. ومن العوامل الرئيسة لتحقيق ذلك تشجيع براءات الاختراع.

النتيجة المتوقعة

من المتوقع أن يؤدي إطلاق البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر إلى تنمية المعرفة العلمية، والأبحاث المنشورة، وإيجاد براءات الاختراع وزيادة الوظائف في العديد من مجالات العلوم والتقنية المتناهية الصغر. من المتوقع أن تنتهي البنية التحتية للعلوم والتقنية خلال خمس سنوات من الآن. ويتوقع أن تكون هناك حاجة لحوالي ١٨٠٠ مهندس وعالم وخبير تقني إضافي للعمل على المشاريع ذات الصلة بالتقنية المتناهية الصغر في المملكة. ومن المتوقع بحلول عام ٢٠١٢م، إنجاز حوالي ٢٠٠ مشروع بحثي ذي صلة بالتقنية المتناهية الصغر، وإطلاق ٧٥ مشروعاً آخر خلال هذا العام.

وبحلول عام ٢٠١٢م، ستكون العديد من المشاريع التي انطلقت في عامي ٢٠٠٧ و٢٠٠٨ م على وشك بلوغ مرحلة التطوير التجاري (أو قد بلغتها بالفعل)، حيث يمكن استخدامها لمساندة الصناعات المحلية، مثل البترول والغاز، والطاقة، والرعاية الصحية، والدفاع والصناعات المحلية. كما ستساعد هذه التقنيات على استقطاب الصناعات الجديدة وإطلاقها.
ولن يساهم هذا التحول في دعم الصناعة المحلية وتنويع الاقتصاد فحسب، بل إنه سيساعد أيضاً على تغيير الظروف الاجتماعية في المملكة، والارتقاء بالبلاد نحو اقتصاد قائم على المعرفة، وتغذية طموح ريادة الأعمال. كما سيتيح تطوير الموارد والمهارات القيادية، ونقل التقنية والبحث، وتطوير القوة العاملة، وتنمية الأعمال، وتعزيز الأمن الوطني، وتحسين مستوى المعيشة.

خطة التنفيذ

يعرض القسم التالي عملية تنفيذ الإستراتيجية التي سبق استعراضها، بدءاً باقتراح أولويات ومواضيع البحث في التقنية المتناهية الصغر، ومن ثم مناقشة قضايا التنفيذ الرئيسية.

الأولويات البحثية والمشاريع

نظراً لندرة الخبرة السعودية الراهنة في التقنية المتناهية الصغر، فإن من الأهمية بمكان التركيز على تطوير الخبرات المختلفة وذلك لدعم توجهات البحث ذات العلاقة بهذه التقنية. كما أنه من الضروري التركيز على فهم أساسيات علوم المواد والتصنيع قبل إطلاق أي نشاط بحثي جاد في التقنية المتناهية الصغر.

وتأتي المجالات المعروضة في هذا القسم في ثلاث مجموعات:

أ. الهيكل الكمي والأجهزة المتناهية الصغر.

ب. تصنيع وتوصيف المواد المتناهية الصغر.

ج. النمذجة الحسابية والتحليل النظري للمنظومات المتناهية الصغر.

وسيتم اختيار مشاريع بحثية محددة ضمن كل مجال بما يتيح للمملكة تطوير القدرات الأساسية اللازمة لإجراء البحث الموجه لتحقيق الأهداف.

وتتفق القائمة المقترحة من المواضيع البحثية مع الحاجة لتأسيس القدرات المبدئية ومع الإقرار بأن مستقبل التقنية المتناهية الصغر ليس في تصنيع أجهزة نانوية أو إيجاد شركات للمواد النانوية، وإنما في ابتكار التقنيات التي بإمكانها مساندة الصناعة على الصعيدين المحلي والدولي.

خطة التنفيذ

أولويات البحث والتطوير

المجالات البحثية المقترحة للتقنية المتناهية الصغر ذات الأولوية:

أ- الهيكل الكمي والأجهزة المتناهية الصغر

- النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة:
  - المجسات.
  - المحركات.
  - نظم التردد اللاسلكي الإلكتروميكانيكية الدقيقة.
- أجهزة التقنية الحيوية المتناهية الصغر:
  - إيصال الدواء.
  - التصوير.
  - أجهزة النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة الحيوية.
- أجهزة النانو الضوئية:
  - الليزر والكواشف.
  - الصمام الثنائي الباعث للضوء.
  - البصريات المتكاملة.
  - المكونات البصرية.
  - المجسات البصرية.
  - الخلايا الشمسية والخلايا الكهروضوئية.
  - البلوريات الضوئية.
- أجهزة النانو الإلكترونية:
  - إلكترونيات النقل بالدوران السريع.
  - الدوائر المتكاملة لتطبيقات محددة.
  - المعالجة والتصنيع النانوي.
  - المجسات النانوية.
  - توظيف الأنابيب النانوية، والأسلاك النانوية، والجسيمات النانوية.
- الهيكل الكمي:
  - أجهزة الكشف والليزر شبه الموصل.
  - الأجهزة الكمية.

ب- تصنيع وتوليف المواد المتناهية الصغر

- المواد المحفزة المتناهية الصغر.
- المواد المضافة للوقود.
- استخراج الوقود.
- الأغشية الرقيقة والطلاءات .
- المضادة للصدأ.
- التنظيف الذاتي.
- الوقاية من الإشعاع.
- الترشيح بالأغشية المتناهية الصغر .
- المواد المركبة.
- العزل الحراري.
- الأنابيب المتناهية الصغر والأسلاك المتناهية الصغر.
- تطوير المواد باستخدام الجزيئات والأنابيب والأسلاك المتناهية الصغر.
- الجزيئات المتناهية الصغر والنقاط الكمية.
- الأقمشة المقاومة للنار والماء.
- المواد اللاصقة.
- حصاد الطاقة.
- تخزين الطاقة.
- خلايا الوقود.
- البطاريات عالية الأداء.
- التشحيم.
- تنقية، تحلية وتطهير المياه.
- مراقبة جودة المياه.

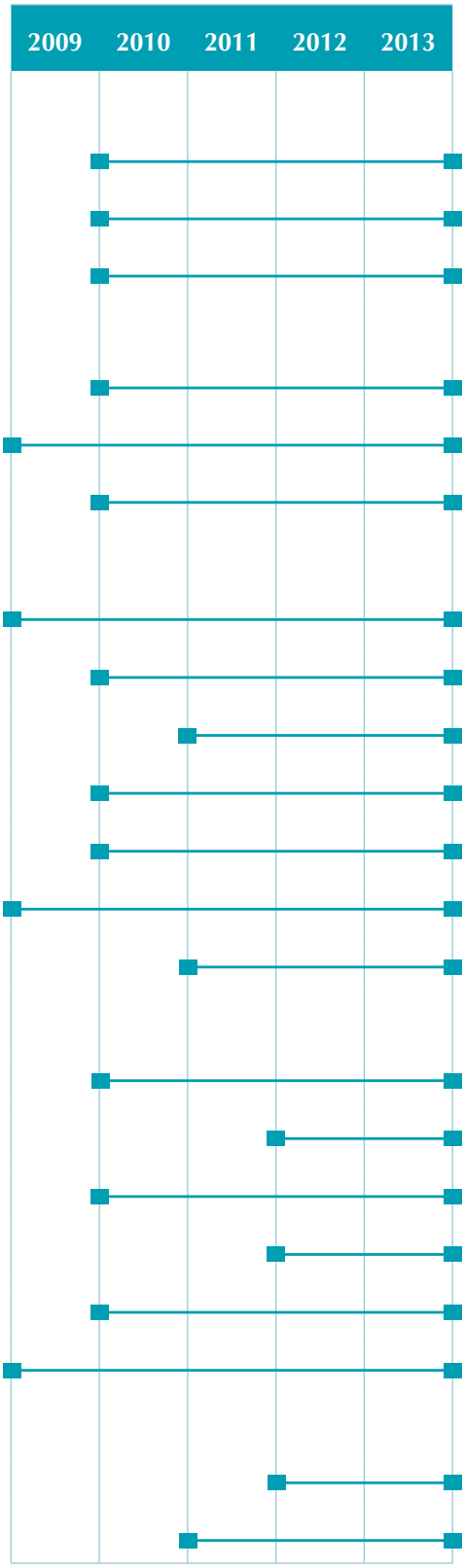
ج- النمذجة الحسابية والتحليل النظري للمنظومات المتناهية الصغر

- نمذجة المواد الجديدة والهياكل النانوية.
- نمذجة الأجهزة النانوية.

وتوضح الأشكال (من ٤ إلى ٦) مجالات البحث ذات الأولوية في التقنية المتناهية الصغر، والجدول الزمني الخاص بكل فئة.

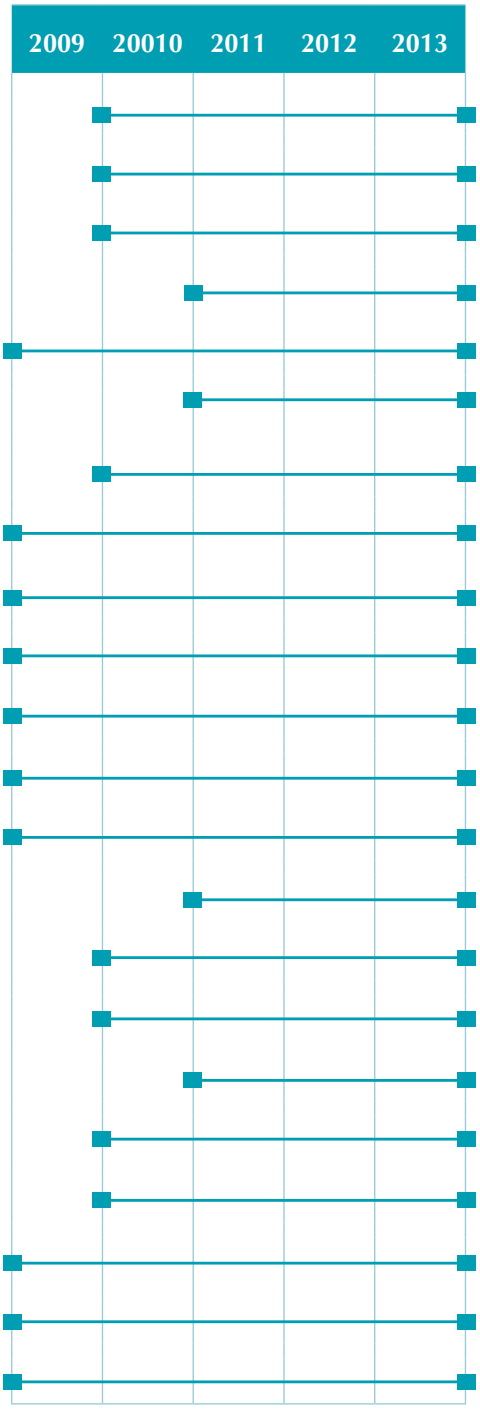
الشكل ٤: الجداول الزمنية وأولويات البحث في الأجهزة النانوية والهيكل الكمي

Program	Research Topics	Priority
Nana Devices & Qauntum Structure	**MEMS**	
	MEMS Based Sensors	High
	MEMS Based Actuators	High
	RF MEMS	High
	Nano-Bio	
	Drug Delivery	Meduim
	Imaging	High
	Bio MEMS Devices	High
	Nano-Photoincs	
	Laser & Detection	High
	LEDs	Meduim
	Integrated Optics	Meduim
	Optical Components	Low
	Optical Sensors	High
	Photovoltaic & Solar Cells	High
	Photonic Crystal	Low
	Nano-Electronics	
	Spintronics	Meduim
	Application-Specific ICs	Meduim
	Nano-Fabrication & Processing	High
	Displays	Low
	Nano-Sensors	High
	Funtionalization of NTs & NWs	High
	Quantum Structure	
	Qauntum Devices	Low
	Semiconductor Laser	High



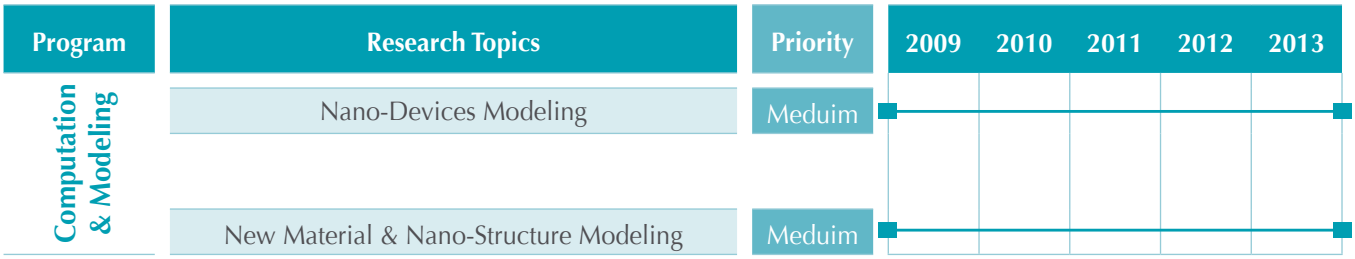
الشكل ٥: الجداول الزمنية وأولويات البحث في مجال تصنيع وتوصيف المواد النانوية

Program	Research Topics	Priority
Material & Synthesis	Nanocatalyst	High
	Fuel Additives	High
	Fuel Extraction	Meduim
	Thin files & Coating	Meduim
	Anti-corrosion	High
	Self Cleaning	Low
	Radiation Protection	Meduim
	Nanofiltration	High
	Composite Material	Meduim
	Thermal Insulation	Meduim
	Nanotubes (NT) & Nanowires (NW)	Meduim
	Nanoparticles (NP) & Quantum Dots	Meduim
	Material Enchancement NP, NW or NT	High
	Textile: Fire/Water Resist	Low
	Adhesive	Meduim
	Energy Harvesting	Meduim
	Energy Storage	Meduim
	Fuel Cells	Meduim
	High performance Batteries	Meduim
	Lubrication	High
	Water Purif, Desalen & Decont	High
	Water Quality monitoring	High



خطة التنفيذ

الشكل ٦: الجداول الزمنية وأولويات البحث في النمذجة والحوسبة



معالم المشاريع وخطوطها الزمنية

تتضمن كل من المشاريع المقترحة قسطاً كبيراً من البحث والتطوير. وينبغي مراجعة كل من هذه المواضيع بشكل دقيق قبل إقرار إستراتيجية فنية. ويقترح لكل مجال تقني تقسيم المشروع إلى ٣٠:٤٠:٣٠ للبحث "الأساسي: البرنامج: التطبيقي" المستهدف.

وسيتم وضع الجداول الزمنية ومعالم المشروع المحددة ضمن خطط المشروع التفصيلية. وينبغي في الوقت الراهن تقويم التوازن السليم بين البحث التطبيقي والأساسي لكل برنامج، إذ أنه سيكون هناك مشاريع مكرسة للبحث الأساسي، مثل التي تتناول الفهم الأساسي للخصائص الكهربائية والمغناطيسية على سبيل المثال، كما سيكون هناك مشاريع للبحث التطبيقي. كما يجب تحقيق التوازن السليم بين البحث الأساسي وبحث البرنامج والبحث التطبيقي خلال كل مشروع من المشاريع.

أيضاً ستكون هناك المعدات لدى التخطيط المفصل للمشروع.

كما أن من الأهمية بمكان بدء كل مشروع بعدد من الخبراء المختصين في المجال التقني، ليتم بعد ذلك تعيين أعضاء إضافيين ذوي الإطلاع على أساسيات التقنية المتناهية الصغر للانضمام لفريق العمل وتلقي التدريب المناسب في مقر العمل.

هذا ويمكن البدء بعقد حلقات العمل والمؤتمرات الرامية إلى توعية القطاع الصناعي بقيمة وإمكانيات البحث في التقنية المتناهية الصغر لدى تعيين خبراء التقنية المتناهية الصغر للمباشرة بالمشاريع الأولية، نظراً لإمكانيات هؤلاء الخبراء التي تمكنهم من إطلاع الجهات ذات الصلة بتطورات التقنية المتناهية الصغر وإثارة الاهتمام العام و الانخراط في هذا المجال.

وسيقوم مدير البرنامج التقني بتولي كل من المواضيع البحثية المذكورة آنفاً، بحيث تتدرج عدة مشاريع ضمن كل برنامج تحت إشراف الباحث الرئيس. وينبغي أن يكون الأخير متمرساً في مجال التقنية، حاصلاً على درجة الدكتوراه وصاحب خبرة واسعة في إجراء المشاريع البحثية. وسيعمل كل من مدراء البرامج التقنية مع الباحثين الرئيسيين على وضع خطة البرنامج، إضافة إلى خطط المشاريع الفردية.

مشاريع البنية التحتية

سيقوم البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر بتأسيس بنية تحتية للبحث والتطوير مزودة بأحدث المعدات والأجهزة المتوفرة على مستوى العالم. بما في ذلك إنشاء الغرف النقية وتجهيزها بالأجهزة والمعدات المختلفة (ملحق ب).

وفضلاً عن الحاجة لتخصيص قدر هائل من الوقت والمال لهذه المبادرة، ينبغي تجنب عرقلة المشاريع بالعوائق البيروقراطية، إذ يجب أن يدرك رعاة المشاريع مدى حاجة مثل هذه المرافق إلى صيانة متخصصة، فضلاً عن مبالغ لإنشاء المشاريع والمرافق في المراحل الأولى. وهذا يتطلب قدراً كبيراً من الالتزامات المالية السنوية.

المرافق والمعدات

سيحتاج البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر إلى المرافق والمعدات التالية:

- خطة للمشتريات الحكومية قائمة على المشاريع يتم توزيعها في أنحاء المملكة على الجامعات والمراكز البحثية إستناداً إلى متطلبات هذه المشاريع
- وجود معدات رئيسة في مرفق مركزي حسب ما تقتضيه الحاجة.

ويتوقع بحلول عام ٢٠١٠م أن يكون هناك حوالي ألفا خبير تقني متخصص يعمل في مشاريع ذات صلة بالتقنية المتناهية الصغر في مختلف أرجاء المملكة. إلا أن البنية التحتية اللازمة لتحقيق هذه الرؤية هائلة، فعلى سبيل المثال، ينبغي توفر مجهر ماسح إلكتروني واحد لكل ٥٠-١٠٠ باحث في المرفق الواحد. من هنا يتضح أن ٢٠٠٠ باحث سيتطلبون حوالي ٣٠ مجهراً ماسحاً إلكترونياً.

كما ينصح بتوفر مجهر القوة الذرية لكل ٢٠٠ باحث، ومجهر إلكتروني نفاذ، وجهاز لحيود الأشعة السينية، وجهاز التحليل الطيفي الضوئي الإلكتروني بالأشعة السينية لكل ٥٠٠ باحث، وهي معدات باهظة الثمن. إلا أن توفير أفضل وأحدث المعدات التقنية يعد من الأساليب الجيدة لاستقطاب المتخصصين المتمرسين، إضافة إلى ذلك، ينبغي توفر كل من جهاز تحليل مقياس الثقل النوعي الحراري، وجهاز لتحليل الديناميكا الميكانيكية، ومحول فوريه لتحليل الطيف تحت الأحمر لكل ٢٠٠ باحث، فضلاً عن جهاز واحد للرنين المغناطيسي النووي لكل ٥٠٠ باحث.
كما تجدر الإشارة هنا إلى كون عدد من هذه المعدات ذات حساسية عالية إزاء الترددات و/أو التداخل الإلكترومغناطيسي. لذا ينبغي توخي الحذر وتشييد مبنى محصن من هذه العوامل. وينصح باستشارة المختصين (من مزودي المعدات) بشأن مكان وضع مثل هذه المعدات.
هذا وينبغي وضع إستراتيجية تقنية مفصلة تسلط الضوء على مجالات التقنية المتناهية الصغر، وتقسيمها إلى مجموعات حسب القدرة، بحيث يتم بعد ذلك توزيع الموارد البشرية وفقاً لتخصصها على هذه المجالات. وينبغي وضع خطط لتعيين الخبرات ومع تأمين الخبرات البديلة لمساندة قادة المشاريع في المجالات التي تتطلب قدرات حيوية.
كما ينبغي أيضاً وضع خطة مبينة للمعامل والمعدات، بالتوازي مع تطوير خطط المشروع التقنية لتتضمن اقتناء المعدات والسكن والعمليات والإدارة و الحجز والتدريب. وستتطلب مثل هذه الخطة المفصلة إشراك المتخصصين في تشغيل معدات التقنية المتناهية الصغر وإدارة المرافق.

إدارة المعامل والصيانة

يجب أن يكون خبراء التقنية القائمين على إدارة معامل التقنية المتناهية الصغر متمرسين في استخدام هذه المعدات، ومدربين على أعلى مستوى، بحيث يتم تكليف مستشارين ذوي خبرة في إجراء الصيانة الدورية لهذه المعدات. وافتقاد المملكة لمثل هذه الكوادر من شأنه أن يزيد من تكلفة الصيانة. وينبغي إدراج نفقات الصيانة ضمن ميزانية تشغيل معامل التقنية المتناهية الصغر على أساس سنوي.
من جهة أخرى، فإن معامل التقنية المتناهية الصغر تتطلب الاستثمار في سلع استهلاكية مثل الذهب المستخدم للتبخير والمجاهر، والرقائق الخاصة المستخدمة للتصنيع النانوي. لذا ينبغي التحسب منذ البداية للتكلفة العالية الخاصة بتشغيل مثل هذه المرافق، فضلاً عن نفقات التأسيس.

ولإدارة المعامل، يقترح وضع نظام إدارة وحجز إلكتروني للمعدات، بحيث يتاح للباحثين التعرف على توفر المعدات وحجزها للاستخدام على أن يكونوا من المستخدمين المخولين باستخدامها. كما أن من شأن مثل هذا النظام جدولة التذكير بصيانة ومعايرة المعدات بشكل منتظم، فضلاً عن أنه يسمح بإحصاء استخدام المعدات.

مشاريع التعاون الدولي

سبق أن أشرنا إلى ضرورة التعاون الدولي لنجاح البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر، وذلك على عدة أصعدة، بدءاً بتبادل الباحثين وانتهاءً بالمعايير الدولية. وفيما يلي بعض الأساليب المقترحة لتحقيق ذلك:

- قيام المعاهد والمراكز البحثية الرائدة في المملكة وفي مختلف أرجاء العالم بتبادل طلاب درجة الدكتوراه والباحثين من حملة الدكتوراه.
- وضع برنامج للتعاون البحثي، وإيجاد عدد من المناصب بهدف تشجيع الباحثين من مختلف الجامعات الإقليمية (مثل دول مجلس التعاون الخليجي، والأردن، ومصر إلخ...) على التعاون مع البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر، و الانضمام إليه لاحقاً.
- المشاركة في برامج البحث الخارجي الممولة من قبل المفوضية الأوروبية، مثل إطار عمل ٧، الذي يتيح ويشجع مشاركة الدول من خارج الإتحاد الأوروبي.

السلامة النانوية والتنظيم

إن من أهداف البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر وضع معايير السلامة التي تتوافق مع المقاييس الدولية، ذلك أن ثمة قلق دولي بشأن المخاطر على السلامة والصحة مرتبطة بإنتاج واستخدام مثل هذه المواد. إلا أن المعايير الدولية في هذا الصدد لا زالت قيد التعديل.

وفي هذا السياق، نجد أن الوكالات التنظيمية ومنظمات المقاييس الدولية والوطنية، مثل وكالة حماية البيئة الأمريكية، والمعهد الوطني للصحة والسلامة المهنية في الولايات المتحدة، والمعهد الوطني الأمريكي للمعايير، ومعهد المعايير البريطاني، وجمعية هندسة وصناعة عمليات المساحيق في اليابان، والمعهد الألماني للمقاييس، ومنظمة المقاييس الأوروبية، المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس، تعمل جميعها على وضع نهج موحد لتوحيد المقاييس. كما أن هناك عدد من المنظمات الدولية التي تعني بقياس المواد النانوية وتقدير التعرض لبعض الأنواع منها أو البالغة الدقة الهوائية.

ومن المنظمات الدولية العاملة في الوقت الراهن على وضع المقاييس الخاصة بالتقنية المتناهية الصغر:

- الجمعية الأمريكية الدولية لاختبار المواد.
- المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس.

ورغم أن هذه المنظمات لم تضع بعد مقاييس نهائية في هذا السياق، إلا أنها تسعى سعياً حثيثاً لتحقيق ذلك، وتبحث هاتان المنظمتان عن شركاء دوليين من شركات ودول.

لذلك ينبغي للبرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر أن يتعاون مع إحدى هاتين المنظمتين أو كليهما لتبني توصياتهما النهائية، ولتعزيز التعاون الدولي وإثبات وجود المملكة كدولة تقوم باستكشاف التقنية المتناهية الصغر بأسلوب يراعي حقوق البيئة. كما أن اتباع الاعتبارات التي تضعها مثل هذه المنظمات المرموقة من شأنه اعتماد المنتجات السعودية المصنعة بالتقنية المتناهية الصغر كمنتجات آمنة تصلح للتصدير الدولي.

وفضلاً عن العمل إلى جانب هذه المنظمات، ينبغي أن يعكف البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر على وضع خطة مفصلة للصحة والسلامة والبيئة، والتدريب على هذه القضايا استنادا إلى أحدث المعلومات.

التقنية المتناهية الصغر والتعليم

يسعى البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر إلى تعزيز التربية والتعليم من خلال تعليم التقنية المتناهية الصغر. وسيتم إعداد وتدريب عدد كبير من السعوديين في هذا المجال المتنامي ليكونوا مؤهلين للعمل على مشاريع التقنية المتناهية الصغر. ولتعزيز التدريب في هذا المجال، ستتبنى الخطة الوطنية الإستراتيجية للتقنية المتناهية الصغر الأهداف التالية:

- إعداد الدورات التعليمية وبرامج التأهيل في التقنية المتناهية الصغر في الجامعات الرئيسية.
- تشجيع طلاب الدراسات العليا وتقديم الدعم الكامل لهم.
- توفير المنح للطلاب الساعين لدراسة التقنية المتناهية الصغر خارج المملكة.
- إبرام الشراكات مع البرامج التربوية القائمة لتحقيق الفوائد المشتركة.
- وضع البرامج لتعريف الطلاب من مختلف الأعمار على التقنية المتناهية الصغر.
- وضع برامج التوعية العامة بالتقنية المتناهية الصغر.

كما ينبغي اتباع الخطوات التالية لتحسين مستوى القوى العاملة:

- تقديم الحوافز المالية للعاملين في مجال التقنية المتناهية الصغر خلال العقد القادم من الزمن على الأقل، لاسيما وأن المملكة في أمس الحاجة لهذه الخبرات لبلوغ المستوى العالمي من التقنية، وإن كانت هذه المبادرة التقنية لن تدر المكاسب التجارية المالية المرجوة قبل عقد من الآن.

- إيجاد وظائف خارج الإطار الأكاديمي، وذلك لإدراك كون التقنية المتناهية الصغر ليست مجرد مجال أكاديمي، هذا بالاضافة لإثارة اهتمام الصناعة بأهداف المشاريع البحثية.
- تعزيز الشراكات بين القطاع الصناعي، ومصادر التعليم والتدريب، ونظام القوى العاملة ذات التمويل الحكومي. ذلك أنه يرجح أن تتردد الجهات الصناعية قبل الاستعانة بخبير ذي مرتبات عالية في التقنية المتناهية الصغر أو الخوض في التدريب، بمعنى أنه يجب تقديم الحوافز لتشجيعهم على ذلك بمجرد انطلاق هذا البرنامج كما أن إدراك القطاع الصناعي للمكاسب الحقيقية الكامنة في هذا المجال، تبطل الحاجة لخطط التحفيز هذه.
- توفير التدريب العملي لطلاب الدراسات العليا في الجامعات والمؤسسات الحكومية. ذلك أن ثمة هوة بين خبرة الجامعات في التقنية المتناهية الصغر، وبين المشاريع العملية التي يتطلبها القطاع الصناعي، ومن شأن هذه المبادرة تخريج المتخصصين الأكثر كفاءة وقدرة على مباشرة هذا النوع من العمل.
- دعم تطوير برامج تدريب الفنيين، نظراً لأهمية توفر الفنيين المتعلمين والمدربين لتحقيق مطامح المملكة في التقنية المتناهية الصغر. وقد سبقت الإشارة إلى مدى تعقيد عملية صيانة وتشغيل المعدات والغرف النقية، وما يتطلبه ذلك من كوادر مؤهلة.

ونظراً لكون التقنية المتناهية الصغر مجالاً تقنياً نامياً، فإن تطوير هذه المهارات يتطلب دعماً حكومياً مستداماً. ومن شأن بنية تحتية مساندة للتربية والتعليم تعزيز التعليم والتدريب في هذا المجال، وتوفير مراكز التميز البحثي الموزعة جغرافياً مع وجود معمل مركزي في المدينة.

وينبغي توظيف المعرفة التي يتم تطويرها في جامعات ومراكز أبحاث وصناعات المملكة في التقنية المتناهية الصغر لإصدار وتوزيع نشرة نانو بشكل شهري أو فصلي.

وفضلاً عن المبادرات التي سبق ذكرها، يجب وضع مبادرة واسعة النطاق بإشراف الجهات ذات الصلة في البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر لإشراك طلاب المدارس في سلسلة من العروض القصيرة التربوية في المدارس. ورغم أن المدينة بدأت بالفعل بالتخطيط لمبادرات في هذا السياق، إلا أنه ينبغي للجهات ذات الصلة أن تخوض في مثل هذه البرامج التربوية. ويؤمل لاحقاً أن تدخل التقنية المتناهية الصغر في المناهج الدراسية الوطنية.

كما أن ثمة جهود لتطوير خطط لإعداد دورات تدريبية خصيصاً لقطاع الصناعة بحيث تكون متوفرة بحلول منتصف عام ٢٠٠٩م. ويقع على عاتق جميع الجهات ذات الصلة توسيع نطاق هذه الدورات وتدشينها.

مشاريع تدريب واستقطاب القوى العاملة والاحتفاظ بها

ذكرنا سابقاً أن قضية استخدام الكوادر المؤهلة والاحتفاظ بها برزت ضمن القضايا الأكثر إلحاحاً في اجتماعات وحلقات العمل الخاصة بالتقنية المتناهية الصغر. ونظراً لندرة الكوادر المؤهلة في هذا المجال في المملكة، فإن البرنامج سيعتمد على استقدام المختصين، الأمر الذي يتوقف عليه نجاح البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر.

وثمة خوف من أن يكون طلاب الجامعات المحلية غير مستعدين في الوقت الراهن للعمل على هذا المستوى من التقنية الحديثة. وقد أشارت الخطة الإستراتيجية الوطنية للتقنية المتناهية الصغر إلى الحاجة للكوادر المتخصصة للعمل مع هذه التقنية والمعدات.

ولا شك في أن وجود مرافق ومعامل عالية التقنية، وتوفر قدر عظيم من الاستثمار في العلوم والهندسة سيمكن أبرز العلماء الأجانب من تكوين فرق عمل كبيرة واقتناء المعدات والسلع الاستهلاكية، الأمر الذي من شأنه جذب مثل هذه الخبرات للعمل في المملكة. وقد يشكل هذا العامل الطريق الأمثل للحصول على المهارات الأجنبية، وإن كان يتطلب قدراً هائلاً من الاستثمار في الرواتب والمرافق والبنية التحتية.

متطلبات الموارد البشرية

يمكن تقسيم الوظائف المحددة اللازمة للبرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر إلى عدة فئات:

- الرئيس التقني: عالم أو عالمان من ذوي الخبرة لتوجيه البرنامج من الناحية التقنية. وسيكون عليهما التعاون مع الجهات ذات الصلة لتحديد توجه البرنامج ومراجعة المشاريع المقترحة.
- مدراء برنامج التقنية: وهم بمقام الأساتذة الجامعيين لدى المدينة أو الجامعة، وينبغي أن يكونوا متمرسين في التقنية التي يعملون عليها فضلاً عن مؤهلاتهم العالية في الإدارة والتواصل. ويتوقع أن يكون معظمهم في بادئ الأمر من المستقدمين.
- الباحثون الرئيسيون: ينبغي أن يكونوا من حملة شهادة الدكتوراه ولهم عدة سنوات من الخبرة العملية، ليقوموا بإدارة مشاريع وفرق البحث.
- مهندسو وعلماء البحث: ينبغي أن يكونوا من حملة شهادة الدكتوراه ولهم بضع سنوات من الخبرة العملية.
- موظفو البحث: يكون معظمهم من حملة الدكتوراه الشباب أو من حملة الماجستير ذوي الخبرة العلمية.

- مساعدون تقنيون: يكونون من حملة شهادة جامعية في العلوم أو الهندسة للمساعدة على المهام العملية في المختبر.

خطة التوظيف

سيحتاج كل من مشاريع البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر لباحث رئيسي يتولى قيادته. وحسب حجم المشروع، من المتوقع أن يعمل ٣ إلى ١٥ باحثاً فيه. بذلك يمكننا أن نقدر لكل مشروع باحث رئيسي واحد، و٣ مهندسين وعلماء بحث، و٣ موظفين بحث، ومساعدان تقنيان.

وإن من الأهمية بمكان بناء القدرة على صعيد يتجاوز الفرد الواحد لضمان استقرار المشروع. وسيتطلب ذلك تشكيل فرق تركز على مجال محدد، بدلاً من استقدام المتخصصين الأجانب وتكليفهم بالعمل في المجال الذي صادف تخصصهم فيه.

وقد نوقشت خطة التعيين المبدئية أثناء حلقة العمل المنعقدة للبحث في متطلبات التقنية المتناهية الصغر، حيث تم حساب عدد الكوادر السعوديين والأجانب باستخدام النسبة المذكورة أعلاه للباحث الرئيسي و مهندسي وعلماء البحث، وموظفي البحث، والمساعدين التقنيين. وتشير التقديرات إلى الحاجة لتعيين ١،٨٠٠ كادر بحلول عام ٢٠١٢م.

ويشكل تعيين هذا القدر من الخبراء ذوي الكفاءة تحدياً حقيقياً. وثمة حاجة هنا إلى الحصول على استثناء حكومي من القوانين الخاصة بنسبة السعوديين الموظفين في هذا البرنامج خلال السنوات القليلة الأولى من البرنامج. ويمكن الاتفاق على مقياس متدرج لتطبيق هذه القوانين، مقابل توفر برنامج لتدريب المواطنين السعوديين.

المكافآت، والحوافز والمسؤولية

ينبغي توفر مجموعة من الحوافز والمكافآت، فضلاً عن الرواتب الجذابة، لاستقطاب المهارات المطلوب الاحتفاظ بها. ويمكن أن تكون المكافآت مالية، مثل العلاوة السنوية حسب أداء المشروع. كما يمكن أن تكون المكافآت غير مالية، مثل اختيار وتكريم "أبرز فرد إبتكاري" للعام.

ونأمل في وضع نظام فعال للمكافآت بحلول عام ٢٠٠٩م، وثمة خطط بحلول منتصف عام ٢٠٠٩ م لإجراء مراجعات فردية للمبادرة فيما يتعلق بالمكافآت. وينبغي هنا الإمعان ملياً في المكافآت الفردية ومكافآت فرق العمل إذ أن من شأن مثل هذه المبادرات التأثير على سلوك الباحثين. وبنهاية عام ٢٠١٠م، من المتوقع أن يكون هناك خطة لإيجاد "خلايا عمل" مع حوافز فرق العمل ذات الصلة.

أما على صعيد المسؤولية، فينصح هنا بوضع خطة مفصلة لجودة العمل، إلى جانب خطة لتحديد المسؤوليات والمهام الإدارية. ولتقليل احتمال نشوب تحديات في المشاريع الكبيرة، ينبغي تحديد الأدوار والإجراءات والمسؤوليات بشكل واضح تماماً.

خطة التتجير

بادرت المدينة باتخاذ خطوات مبدئية في هذا الصدد من خلال تناول جانب التتجير بتحديد الجهات الصناعية الرئيسة ذات الصلة التي يتوقع أن تضطلع بدور هام. كما باشرت المدينة مباحثات مبدئية مع عدد من أبرز الجهات ذات الصلة، وهي تأمل في تكوين علاقات متينة مع هذه الجهات ليتمكنوا من التعرف على فوائد مبادرة التقنية المتناهية الصغر من الناحية التجارية.

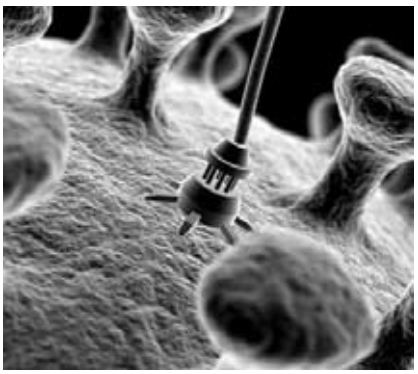
وينبغي تشجيع جميع الجهات ذات الصلة في المملكة على دراسة البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر باعتباره استثمار نافع بعيد المدى. ويقترح البرنامج ما يلي في هذا السياق:

- رعاية عدد من الأفراد الموهوبين لتطوير قدراتهم ليكونوا رواد الغد في الأعمال.
- تحديد احتياجات الجهات فيما يتعلق بالتقنية المتناهية الصغر.
- تكوين مجموعات لتبادل معلومات التقنية المتناهية الصغر بين القطاعات الصناعية.
- تشجيع تعاون القطاع الأكاديمي والحكومي والصناعي.
- تكليف كل مؤسسة بحث وتطوير بإبرام شراكة مع طرف صناعي.
- استخدام حاضنات التقنية لإنشاء شركات الأعمال.
- المساهمة في تطوير المقاييس.

وإدراكاً منا لممانعة الصناعة الانخراط في مبادرات باهظة التكاليف ذات الوعود المثيرة للشك بشأن المستقبل، يقترح البرنامج المبادرات التالية لإثارة حماس هذا القطاع الهام:

- تشجيع الجهات الصناعية على استخدام الخطة الإستراتيجية الوطنية للتقنية المتناهية الصغر.

خطة التنفيذ



- تعزيز أوجه نشاط التواصل مع القطاع الصناعي لبلوغ القطاعات غير ذات الصلة بالبرنامج.
- رعاية الفرق المتعددة التخصصات التي تضم باحثين من القطاعين الصناعي والأكاديمي.
- التوصية بِحَثِّ الحكومة للقطاع الصناعي على تأسيس مرافق التصنيع ذات الصلة بالتقنية المتناهية الصغر.
- التعاون مع الصناعات الرائدة في التقنية المتناهية الصغر.

ومع تنامي دور الصناعة في التقنية المتناهية الصغر، سيتم اتخاذ إجراءات إضافية لتأمين الانتقال السلس إلى الإنتاج الصناعي الكامل. وهنا يأتي دور البحث في التصنيع، إضافة إلى الخطوات التالية الرامية إلى تطويره:

- مناشدة القطاعات الصناعية لتشييد معاملها البحثية الخاصة بها.
- توجيه الجهود البحثية وتركيزها على قضايا تصنيع التقنية المتناهية الصغر.

كما اقتُرحت أوجه نشاط التنجير الإضافية التالية:

- إعداد حلقات العمل والأساليب الإلكترونية لتعزيز الروابط بين المبادرات المحلية والإقليمية.
- ترخيص الملكية الفكرية الناجمة عن البحث الممول من قبل البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر.
- تعزيز الإجراءات الوطنية لتسجيل براءات الاختراع والعلامات التجارية.
- تقويم التطورات المنجزة في التقنية المتناهية الصغر من خلال المشاركة في أوجه التعاون الدولي وحلقات العمل والمؤتمرات.
- تقديم مكافآت التميز السنوية لرعاة البحوث الأكثر إلتزاماً.
- إدراج تطوير التقنية المتناهية الصغر ضمن الخطط الخمسية الوطنية.

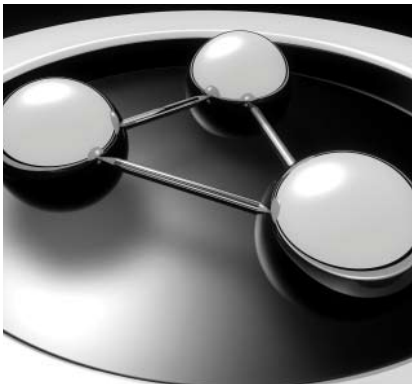
سياسة نقل التقنية

لتمكين تنجير واستخدام التقنية، ينبغي أولاً إعداد تجارب النماذج التجريبية واختبارها لإثبات فعالية التقنيات الجديدة. ويفضل إجراء هذه الاختبارات مع الشركاء الصناعيين للسماح باقتناء وتبني نقل التقنية بشكل جيد.

وقد تم اختيار المواضيع البحثية لتمكين النقل الأمثل للتقنية، والمواضيع ذات المجالات التطبيقية الواضحة، والمواضيع التي تعد مثار اهتمام القطاع الصناعي، والمجالات التي فيها حاجة كبيرة للتطوير.

وينوي المركز الوطني لبحوث التقنيات المتناهية الصغر البدء ببناء قاعدة بيانات تستخدم في تسجيل كافة المعلومات ذات العلاقة بالتقنية المتناهية الصغر، وذلك بالتعاون مع الجامعات الدولية، والمراكز البحثية الشريكة، ومزودي المعدات الخاصة بكل من هذه المراكز. ويمكن استخدام قاعدة البيانات لتقديم المنتجات النهائية ، وللاستخدامات الصناعية البحثية أو تطوير المنتجات النهائية.

خطة التنفيذ



حاضنات التقنية

بما أن التتجير يهدف في المقام الأول إلى تكوين الشركات الفرعية، فإن حاضنة التقنية ستكون جانباً هاماً من إستراتيجية التتجير. ورغم كون إنشاء الشركات الفردية من أبرز أهداف البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر، فإن تأسيس الشركات يعد أمراً بالغ التعقيد. كما أن هناك عوائق بيروقراطية كبيرة، ولازالت العملية غير واضحة. أضف إلى ذلك أنه يجب أن تصبح عملية صنع القرار وتسجيل البراءات أكثر فعالية لتمكين تفرع الشركات.

ورغم أن التنافس الإقليمي على تمويل رأس المال المخاطر لا يبدو قضية راهنة، لاسيما وأن الدول المجاورة ليس بحوزتها مثل هذه البنية التحتية التقنية. إلا أن دولاً مثل الإمارات العربية المتحدة (دبي تحديداً) تعد أقل بيروقراطية.

وفي حين أن سوق رأس المال المخاطر لا يزال قيد التأسيس، فإن المملكة قد تحتاج إلى القيام بدور على المدى القريب. ويمكن إنشاء جهة مستقلة تعمل عمل رأس المال المخاطر وتعتمد على مقاييس الأعمال لتحدد جدوى الاستثمار في كل من الشركات المتفرعة من الحاضنة. وسيكون الاستثمار مقابل حصة في ملكية الشركة كما يكون الحال في أي عقد لرأس المال المخاطر. وفي حال كان النجاح من نصيب هذه الشركة، عندئذ يتولد دخل إضافي يمكن توظيفه في البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر. ومن أبرز الأمثلة على عمل مثل هذه الهيئة المؤسسة الوطنية للعلوم والفنون في المملكة المتحدة (نستا NESTA)، التي توظف المال العام لتمويل المراحل الأولى من شركات التقنية الوليدة، مقابل حصة في ملكيتها. وبذلك تواجه نستا وغيرها من المنظمات المشابهة التحديات التي تواجهها الشركات النامية، لاسيما وأن الاستثمار إما أن يحمل مخاطرة كبيرة أو أن يكون أقل مما تستدعيه شركات رأس المال المخاطر التقليدية.

ويتوقف إنشاء مثل هذه الشركات على مجازفة الأفراد ذوي روح الريادة في الأعمال بإنشاء شركتهم الخاصة. ويكون العلماء والمهندسون أكثر ميلاً لمحاولة تأسيس شركة متفرعة في حال:

- رؤوا نماذج ناجحة لمثل هذه الشركات.
- كانوا على يقين بأنهم لن يلاموا في حال أخفقت شركتهم.
- استمروا في تلقي رواتبهم الشهرية وهم يؤسسون شركتهم.

كما أن من الأهمية بمكان أن يكون للعلماء المؤسسين لشركات من هذا القبيل خبرة سابقة في القضايا التجارية، وأن يكون لهم من يلجؤون إليه لنصحهم في قضايا الأعمال.

من هنا نرى أنه ينبغي للبرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر أن ينشئ منظمة صغيرة من رجال الأعمال ذوي الخبرة، ليتعاونوا مع حاضنة الشركة لتقديم التوصيات للشركات المحتضنة. وينبغي أن يشملوا بنصحهم وتوصياتهم جميع جوانب الأعمال التي يحيط بها عادة رواد الأعمال العلميون، مثل المحاسبة والتسويق، ومساعدة الشركات على الحصول على تمويل من قبل الحكومة السعودية والحكومات الإقليمية.

ومع تنامي أهمية التقنية المتناهية الصغر بالنسبة للعديد من المنتجات الدولية، تتنامى أهمية قضايا حقوق الملكية الفكرية، مما يحتم الارتقاء بنظام براءات الاختراع السعودي إلى الصعيد العالمي، وتطوير الرأسمال الفكري في المملكة وتعظيم قيمته الاقتصادية. من جهة أخرى، فإن اهتمام الدول المتزايد بالبحث في التقنية المتناهية الصغر يزيد من براءات الاختراع يهدد الدول غير النشطة في هذا المجال بالعجز عن الاستفادة من الفرص المتاحة في هذا السياق. إذ ينبغي وضع خطة دقيقة للملكية الفكرية تتناول مرحلة احتضان الشركات وتفرعها.

أخيراً، ينبغي تأسيس لجنة أو مؤسسة صغيرة من شأنها الإشراف على تقويم وتمويل واحتضان الشركات المتفرعة التي تتلقى التمويل المبدئي من الحكومة. كما ينصح أن يدفع القطاع الصناعي مبلغاً من المال لقاء الاشتراك في هذه العملية، كما ينصح باستشارة خبراء الأعمال. ومن بالغ الأهمية تشييد نظام إيكولوجي متطور من رواد الأعمال المتمرسين والمهتمين بالتقنية.

مشاريع تقنية المعلومات

مما لاشك فيه أنه ينبغي حفظ المعلومات والمعرفة الناتجة عن المشاريع البحثية ضمن البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر بأسلوب مناسب منذ بدء تنفيذ المبادرة، إذ أن هذا سيساعد على استقاء المعرفة بشكل فعال وتعظيم تطبيقها في المراحل المتطورة.

وخلال العام المقبل سيكون هناك نظام كامل من أنظمة البرمجيات المترابطة قيد التطوير، يساعد على تشغيل البرنامج على الصعيد اليومي من خلال جمع البيانات الناتجة خلال مراحل المشاريع وحفظها.

وكثيراً ما يتسبب العمل الإضافي المتعلق بجمع البيانات في عدم جمعها بالكامل، بمعنى أن تراكم العمل يجعل من نظام حفظ المعرفة نظاماً غير فعال. ومن شأن إدراج عملية حفظ البيانات ضمن نظام عمليات تقنية المعلومات تقليل الوقت الإضافي الذي يتطلبه جمع البيانات.

وسيقوم نظام تقنية المعلومات المقترح بإجراء العمليات التالية:

- إدارة المشروع.
- الإدارة المالية.
- إدارة الموارد البشرية.
- إدارة العلاقات العامة والاتصال.
- شراء الطلبات والموافقة عليها.
- طلبات التدريب.
- حجز المعدات.
- إدارة المرافق.
- إدارة الصيانة ومعايرة المعدات.

المعايرة والقياس بالنماذج الرائدة

العمليات والمقاييس

إن قياس نجاح مثل هذه المبادرات ليس بالأمر الهين، وهو حال كثير من منظمات البحث والتطوير ذات الصلة بالحكومات في أرجاء العالم. ذلك أنه وبخلاف الشركة التجارية التي يمكن فيها تقويم النجاح من منظور مالي بحت، أو الجامعة التي يقاس فيها النجاح بمعدل البحوث المنشورة أو عدد الطلاب المدربين، فإن لأية منظمة بحثية ذات صلة بالحكومة مجموعة من الأهداف المعقدة. وكثيراً ما تكون عوامل النجاح الرئيسية مترابطة بعوامل أخرى فضلاً عن صعوبة قياسها.

والوسيلة التي تتعامل بها معظم المنظمات البحثية مع مسألة القياس هو وضع مجموعات من مؤشرات الأداء الرئيسية، التي يتم اختيارها لتعكس جوانب الأداء التي يمكن قياسها ومجموعة الأهداف التي وضعت للمبادرة البحثية الحكومية.

ولدى اختيار مؤشرات الأداء للبرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر، ينبغي التركيز على الجوانب التالية:

- سهولة قياسها.
- كونها قابلة للتقدير.
- حيادها.
- كونها شاملة لجميع الجوانب التي على البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر تحقيقها.

ولتسهيل مقارنة أداء هذا البرنامج بالمنظمات الرائدة التي يمكن الاحتذاء بتجربتها، يقترح تقويم مؤشرات أداء المنظمات الحكومية النظيرة من حول العالم، واتخاذ مؤشرات أداء مماثلة للبرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر قدر المستطاع. ومن شأن ذلك تسهيل عملية المقارنة.

مؤشرات الأداء المقترحة

التدريب

- عدد طلاب شهادات الدكتوراه المدربين.
- عدد طلاب شهادات الماجستير المدربين.
- عدد زيارات المدارس.
- عدد طلاب المدارس المرتبطين.
- عدد المؤتمرات وحلقات النقاش المنعقدة.

الملكية الفكرية والنطاق الأكاديمي

- عدد البحوث المنشورة في المجلات العلمية الهامة.
- عدد المتحدثين المدعوون.
- عدد السجلات المقدمة للكشف عن اختراعات .
- عدد طلبات براءات الاختراع المقدمة.
- عدد وقيمة الرخص.
- عدد اتفاقيات التعاون البحثي المبرمة على الصعيد الوطني .
- عدد اتفاقيات التعاون البحثي المبرمة على الصعيد الدولي.

الصناعة

- عدد اتفاقيات التعاون البحثي المبرمة مع القطاع الصناعي.
- حجم دخل القطاع الصناعي.
- عدد الاتفاقيات السرية الموقعة مع القطاع الصناعي.
- عدد الأبحاث المتفرعة من التعاون مع القطاع الصناعي.
- عدد الشركات المتفرعة من المعاهد ذات الصلة بالبرنامج.

وتجدر الإشارة هنا إلى كون هذه المؤشرات لا تحيط بجميع جوانب البرنامج الرئيسية، مثل تطوير البنية التحتية، بمعنى أنه سيكون من الضروري وضع مؤشرات أداء إضافية. كما ينبغي توخي الحذر في استخدام هذه المؤشرات، لأن المستوى والجودة كثيراً ما تفوق الكم أهميةً، ولأنه يمكن أن يؤدي الإتكال على هذه المؤشرات إلى تحقيق الأهداف الكمية دون تحقيق مستوى الجودة اللازمة. وينبغي مراجعة مؤشرات الأداء كجزء من المراجعة السنوية التي تجريها لجنة البرنامج الاستشارية والتي ينبغي أن تحيط بالجوانب النوعية.

المعايرة والقياس بالنماذج الرائدة

في هذا السياق، ينبغي إيجاد المنظمات ذات الاهتمامات المشتركة مع البرنامج لدى اختيار التجارب التي يمكن الإحتذاء بها. وفيما يتعلق بالمركز الوطني لبحوث التقنيات المتناهية الصغر في المدينة، فإن المعاهد الحكومية الشبيهة تتضمن: إيه ستار في سنغافورة، ومركز التصنيع النانوي في كورنيل، والأقسام ذات الصلة بالتقنية المتناهية الصغر في جامعة يو سي إل إيه، إلخ... ويؤمل في وضع نظام خارجي لقياس البرنامج بالنماذج الرائدة بحلول عام ٢٠١٠م.

تحديد أدوار الجهات ذات الصلة بالتقنية المتناهية الصغر

مهام ومسؤوليات الجهات ذات الصلة بالتقنية المتناهية الصغر

سبق أن أشرنا إلى الجهات الرئيسية ذات الصلة بالبرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر:

- المعاهد البحثية لدى مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.
- الجامعات المحلية.
- الصناعة المحلية.
- المنظمات الحكومية.

مسؤوليات مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية/المركز الوطني لبحوث التقنيات المتناهية الصغر

سيكون المركز الوطني لبحوث التقنيات المتناهية الصغر لدى مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بمثابة مختبر المملكة المركزي، بحيث يركز بحثه على الأولويات البحثية التي سبق الوقوف عندها في هذا التقرير. وسيقوم بالتشجيع والحث على التعاون مع الجامعات والقطاع الصناعي في مجال التقنية المتناهية الصغر. هذا ومن مسؤولياته الأخرى:

- تنسيق ومراقبة نشاط المعاهد البحثية الأخرى لتأمين حصول الجهات الأخرى ذات الصلة على الموارد اللازمة لإجراء الأبحاث، وضمان بقاء تركيز الأبحاث على الأهداف الوطنية التي تم التطرق لها سابقاً.
- إيواء قاعدة البيانات الوطنية المركزية الخاصة بالبحث والنشاط المتعلق بالتقنية المتناهية الصغر. إلا أنه سيكون على الجهات ذات الصلة تأمين البنية التحتية لتقنية المعلومات اللازمة لعمل قاعدة البيانات.
- مساندة الجامعات لتطوير مناهجها بإضافة مواضيع التقنية المتناهية الصغر، والعمل على وضع برنامج جديد للدراسات العليا في التقنية المتناهية الصغر.
- إجراء نقل التقنية لتعزيز قاعدة التقنية المتناهية الصغر في المملكة.
- الإشراف على المشاريع التي تبادر بها الجهات ذات الصلة، لضمان توافقها مع الأهداف الوطنية للتقنية المتناهية الصغر.

ولكون مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية عنصر الربط الأساسي بين البحث الأساسي الجاري في الجامعات، وبين تتجير وتطبيق التقنية

المتناهية الصغر، فإن عليها الاضطلاع بدور كبير في وضع سياسات تطوير المنتج ونقل التقنية.

مسؤوليات الجامعات

ستتولى الجامعات ضمان بناء وتركيب البنية التحتية والمعدات والمرافق اللازمة بما يتفق مع أهداف البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر. كما ينبغي عليها تأمين مواءمة المشاريع البحثية الراهنة والمستقبلية في مجال التقنية المتناهية الصغر مع أهداف البرنامج. كما ستقوم الجامعات بما يلي:

- الحث على التعاون مع الجامعات الأخرى والمعاهد البحثية الوطنية والصناعة على الصعيدين المحلي والدولي.
- ضمان تسليم جميع المعلومات المطلوبة الخاصة بالتقنية المتناهية الصغر بشكل محدث وكامل لقاعدة البيانات التي تديرها المدينة.
- تأسيس برامج جديدة للدراسات العليا في التقنية المتناهية الصغر لتضاف إلى مناهج العلوم والهندسة الراهنة.

مسؤوليات الصناعة

ينبغي أن يقوم القطاع الصناعي المحلي بتعزيز وتشجيع التعاون مع القطاع الأكاديمي المحلي، وغير ذلك من المؤسسات البحثية لتطوير المنتجات باستخدام أوجه التقنية المتناهية الصغر. وهذا سيتطلب البحث عن شركاء البحث المحليين لمعالجة القضايا التقنية التي يمكن التصدي لها باستخدام التقنية المتناهية الصغر، فضلاً عن التشارك في الخبرة والمرافق عندما يكون ذلك مناسباً. كما يفضل أن تقوم القطاعات الصناعية المحلية بتسليم جميع المعلومات اللازمة لقاعدة بيانات التقنية المتناهية الصغر التي تديرها المدينة وذلك بما لا يتنافى مع الأنظمة والقوانين المعمول بها في مثل هذه الحالات.

مسؤوليات الحكومة

ستكون الحكومة، متمثلة في اللجنة العليا لخطط العلوم والتقنية الإستراتيجية، مصدر التمويل الرئيس. وستقوم بمراجعة وضع الخطة الوطنية الإستراتيجية الراهنة، ومعالمها إستناداً إلى معطيات جميع الأطراف التي يقوم المركز الوطني لبحوث التقنيات المتناهية الصغر بتنسيق نشاطها في المدينة.

الملحق أ: دراسة مواطن القوة والضعف والفرص والتحديات

فيما يلي دراسة لمواطن القوة والضعف والفرص والتحديات التي وضعت بداية لدى انعقاد حلقة العمل الخاصة بالتقنية المتناهية الصغر، قبل تطويرها من قبل لجنة من الخبراء الدوليين في هذا المجال. ويلي ذلك تحليل للنتائج، والتوصيات المقترحة لمواجهة نقاط الضعف والتحديات.

جدول أ- ١: جدول تحليل مواطن القوة والضعف والفرص والتحديات

مواطن القوة	مواطن الضعف
■ وجود دعم حكومي وسياسي جيد.	■ الإفتقار لبنية تحتية للتقنية المتناهية الصغر.
■ وضع اقتصادي جيد (ارتفاع أسعار البترول).	■ غياب الاقتصاد المتطور في التقنية.
■ توفر التمويل.	■ البيروقراطية البالغة التعقيد.
■ بنية تحتية جيدة (مياه، طاقة، طرقات).	■ الافتقاد للمعرفة والخبرة العملية في التقنية المتناهية الصغر.
■ وجود موارد تعليمية جيدة للتطوير.	■ غياب الوعي بتطبيقات ومنافع التقنية المتناهية الصغر.
■ وجود مبادرة تقنية وطنية.	■ الافتقار لثقافة الصناعة في المملكة.
■ إستراتيجية بعيدة المدى للبحث والتطوير.	■ غياب الحوافز في إدارة الموارد البشرية.
■ وجود عدد من مراكز التميز البحثي الوطنية.	■ الافتقار للخبرات البشرية المؤهلة الكافية.
■ حشد دعم الصناعات الكبيرة القائمة (البترول والمياه).	■ عدم التزام القطاع الخاص بالتمويل.
■ توقيت مناسب، دون سجل سابق من النكسات.	■ كون التعاون محدوداً في المملكة.
■ حماس الحكومة والقطاع الأكاديمي.	■ الافتقار للتخطيط المهني.
	■ غياب رؤية أو تنظيم واضح.
	■ افتقار المملكة للتقنية الجديدة.

الملحق أ: دراسة مواطن القوة والضعف والفرص والتحديات

الفرص

- فرص عظيمة للتطبيقات في المملكة.
- التعاون الدولي.
- وجود مراكز بحثية.
- الرغبة في تنويع الاقتصاد.
- أثر تعزيز تقنية تحلية المياه المالحة أو تنويع الاقتصاد الحميد.
- التوجهات العالمية في التقنية المتناهية الصغر وعولمة المعلومات.
- توافق الاحتياجات الصناعية مع التطبيقات.
- تحالفات مع مراكز أخرى.
- دعم الحكومة.
- الطلب العالي.
- التوقيت المناسب.
- تكوين التحالفات وتشجيع التقاسم.
- إمكانية فرض الهيمنة الإقليمية.
- القدرة على اختيار الصناعة التي نخوض بها.
- الموارد الطبيعية المتوفرة.
- جذب الاستثمارات.

التحديات

- مصدر واحد للاقتصاد/هبوط أسعار البترول.
- غياب دعم القطاع الخاص.
- منافسة الدول المتطورة تقنياً.
- سياسة السعودة.
- وتيرة التطور السريع للتقنية: كيف نواكبها؟
- الدول المنافسة المحيطة بالمملكة.
- فتور الزخم بمرور السنوات.
- احتكار التقنية: القلق من أن تحتكر بعض الدول التقنية المتناهية الصغر.
- الافتقار للتمويل الكافي.
- الميل للتركيز على أوجه التقنية التي ثبتت جدواها.
- قضايا السلامة والصحة.
- جهل مدى استقرار التمويل.

مواطن القوة:

من أبرز مواطن قوة البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر هو الدعم الحكومي القوي لهذه المبادرة، وهو ما تجمع عليه جميع الجهات ذات الصلة. ذلك أن الوضع الاقتصادي الراهن من ارتفاع لأسعار البترول، واحتمال ارتفاعها بشكل أكبر، يعد مواتياً للمملكة على صعيد المستقبل القريب، مما يشير إلى إمكانية ارتفاع مستوى الاستثمار الحكومي في التقنية المتناهية الصغر، واستقدام الخبرات الأجنبية. كما أن هذا الأمان الاقتصادي سيتيح تنفيذ الإستراتيجيات بعيدة الأمد للبحث والتطوير.

ومن شأن الصناعات السعودية الضخمة في المياه والبترول أن تنتفع من ازدهار القدرات السعودية في التقنية المتناهية الصغر، بمعنى أن وجود هذين القطاعين من شأنه تعزيز هذه المبادرة.

ورغم أن وعي شعب المملكة بالتقنية المتناهية الصغر لا زال محدوداً، فإن ارتفاع تعداد أبناء المملكة، وارتفاع مستوى التعليم بصفة عامة يسهل عملية تطوير القدرة التقنية. بل إن الموارد التعليمية الجيدة والتي قيد التطوير من شأنها تعزيز هذا الجانب، إلى جانب الأهمية الكبيرة التي توليها المملكة للتعليم. كما أن تطوير تقنية المعلومات في المملكة من شأنه خدمة هذه المبادرة أيضاً.

إن الثقافة السعودية تقدر قيمة الأفكار، وقد ولدت شعباً عميق التفكير والإبداع، مما سيساعد على تطوير قدرات التقنية المتناهية الصغر في السنوات المقبلة. كما أن الجهات ذات الصلة متحمسة، وقد بدأ بالفعل إنشاء مراكز التميز الوطنية.

مواطن الضعف

إن **الافتقار الراهن لبنية تحتية للتقنية المتناهية الصغر** يعد موطن ضعف، وسيستغرق تجاوز هذه العقبة الكثير من الوقت والاستثمار المخطط له. كما أن جل الاقتصاد السعودي يعتمد على صناعات لا تستند كثيراً إلى التقنية. ويعد إشراك مثل هذه الصناعات في برنامج التقنية المتناهية الصغر منذ البداية مهمة كبيرة.

التوصية: وضع خطة مفصلة للمرافق والبنية التحتية، بالتوازي مع وضع الخطط التقنية المفصلة. ويتضمن ذلك شراء المعدات، وتأمين المكان

والعمليات والإدارة والحجز والتدريب.

إن **البيروقراطية المعقدة** التي صاحبت بعض المبادرات الحكومية السابقة تمثل موطن ضعف كبير يعيق تقدم الخطة الإستراتيجية الوطنية للتقنية المتناهية الصغر.

التوصية: لتحجيم العوائق البيروقراطية مع ضمان القدرة على تقدير الاستثمار الحكومي، ينبغي وضع عمليات مفصلة إضافية إلى خطط إدراية تنظيمية واضحة. بهذا يمكن تمييز الإجراءات البيروقراطية المعقدة ومراجعة القواعد قبل تنفيذها.

التوصية: وضع نظام إلكتروني للموافقة. وسيمكن تطوير هذه العمليات من وضع رسوم بيانية واضحة وفعالة لنظام الإدارة والمسؤوليات.

الافتقار للمعرفة والخبرة العملية في التقنية المتناهية الصغر يقلق العديد من الجهات ذات الصلة، أضف إلى ذلك غياب الوعي عموماً بفوائد وتطبيقات التقنية المتناهية الصغر في أرجاء المملكة.

التوصية: وضع خطة تفصيلية لتدريب الكوادر والجهات ذات الصلة في مختلف المراحل، بما في ذلك الميزانية المستمرة لاستدامة هذا الجهد وتعزيزه.

التوصية: التخطيط لسلسلة من المنتديات بشأن مواضيع التقنية المتناهية الصغر للصناعة ونشر المقالات الإعلامية في الصحف المحلية.

يعد **استقطاب الكوادر المؤهلة والاحتفاظ بها** تحدياً عظيماً. ويفتقر البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر على الصعيد المحلي للموارد البشرية المؤهلة اللازمة، مما يحتم استقدام عدد كبير من الخبرات الأجنبية لتحقيق رسالة البرنامج. كما أن هناك القلق من عدم استعداد طلاب الجامعات المحلية في الوقت الراهن للتعامل مع أحدث التقنيات. وقد سبقت الإشارة إلى الحاجة لكوادر مؤهلة لاستخدام هذه التقنية والمعدات. ذلك أن الافتقار للموارد البشرية اللازمة، وغياب الحوافز اللازمة لإدارة الموارد البشرية يجعل توفير ما يحتاج إليه البرنامج من الكوادر البشرية تحدياً عظيماً.

التوصية: وضع خطة تفصيلية لتعيين وإدارة الكوادر المؤهلة وتقديرها والاحتفاظ بها. وفضلاً عن تعيين ما يقتضيه البرنامج من كوادر مؤهلة (عدداً ومستوى)، من شأن هذه الخطة أن تحيط بجميع جوانب إدارة ومكافأة الكفاءات البشرية للاحتفاظ بها والحفاظ على روح حماسية عالية.

التوصية: ينبغي إعداد دليل للكوادر يوضح جميع جوانب البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر التي ينبغي أن يعيها أي عضو عامل بها، بما في ذلك المعلومات الخاصة بنظام الإجازات وساعات العمل والهيكل الإداري وسياسة الصحة والسلامة.

إن غياب مؤشرات الأداء في البحث والتطوير يعني عجز الجهات الممولة للبرنامج عن رؤية التقدم المأمول، وعدم القدرة على قياس مبادرات المملكة بنظيراتها في المنظمات النموذجية في الدول الأخرى. بل إن العاملين والقائمين أنفسهم على البرنامج، لن يتمكنوا من رؤية تقدم البرنامج، الأمر الذي قد يحبط همتهم وعزيمتهم. وهناك حاجة ضرورية لقياس الأداء بمؤشرات الأداء الرئيسية، ومعايرة البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر بالمؤسسات الدولية النظيرة. وسيكون من الأهمية بمكان إظهار التقدم للجهات ذات الصلة والكوادر والمنظمات الخارجية. إلا أنه ينبغي ألا تستخدم هذه المقاييس للتحكم بالبرنامج أو إعاقة ازدهاره ونموه.

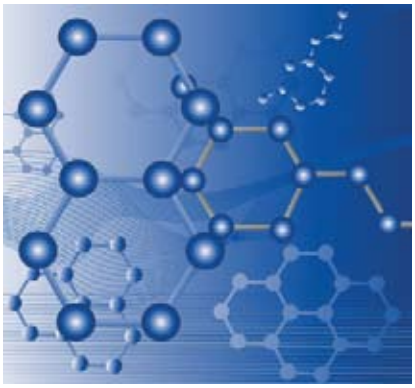
التوصية: وضع مجموعة من المقاييس ذات الدلالة والمناسبة لرصد تقدم البرنامج بشكل مستمر. ويمكن استخدام هذه المقاييس لمقارنة البرنامج بالدول الرائدة.

وهناك اعتقاد شائع بأن **خطط التمويل الحكومية قصيرة الأمد** في معظم الأحيان، الأمر الذي يحبط همم وحماس الباحثين للبدء بمبادرات جديدة، مثل البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر، لاسيما مع إخفاق أو تجميد مبادرات سابقة إما بسبب العوائق البيروقراطية أو بسبب تغير السياسات. إذ ينبغي النظر في المشاريع والتجارب السابقة، لتمكين الجهات ذات الصلة من المضي قدماً (مثل تجربة القرية الشمسية). وفضلاً عن قدر عظيم من الوقت والمال، ينبغي تجنب إثقال هذه المشاريع بالعوائق البيروقراطية. كما ينبغي إدراك ما تقتضيه هذه المشاريع من تمويل سنوي في الصيانة، إضافة إلى رأس المال التأسيسي الرئيسي.

التوصية: وضع خطة تفصيلية للاستثمار في المعدات والمرافق

رغم ارتفاع مستوى التعليم عموماً في الشعب السعودي، إلا أن مستوى ونوعية وجودة التعليم يعد نقطة ضعف أيضاً.

الملحق أ: دراسة مواطن القوة والضعف والفرص والتحديات



التوصية: إشراك المعاهد التعليمية والتدريبية في المملكة مع الخبراء المستقدمين لقيادة مشاريع التقنية المتناهية الصغر، إذ سيكون بوسع هؤلاء الخبراء اقتراح سبل لتطوير التربية والتعليم نظراً لخبرتهم الأكاديمية الواسعة.

إن **الافتقار للتعاون ضمن المملكة** وغياب التخطيط المهني، وضبابية الهياكل المؤسسية والمسؤوليات والرؤى هو موطن ضعف واضح.

التوصية: إتباع الإدارة المهنية للمشاريع في محفظة مشاريع البرنامج الوطني الإستراتيجي للتقنية المتناهية الصغر. وسيتم تدريب الباحثين الرئيسيين حيث تبدأ عقودهم لإدارة المشاريع. وينبغي توفر خطة مفصلة لكل المشاريع قبل الموافقة عليها، وإدراج الميزانية ومتطلبات الموارد البشرية، والتعاون والدلالة التجارية. وينبغي تشجيع بعض العلاقات التعاونية من خلال ذلك ومن خلال اعتبار تكوين العلاقات التعاونية من مؤشرات الأداء الرئيسية. وسيتم تقويم ورصد تقدم جميع المشاريع خلال كافة مراحلها، بما في ذلك تحقيق المعالم الرئيسية بشكل ناجح، والالتزام بحدود الميزانية. كما سيتم تطوير خطط مفصلة تبين الإدارة والمسؤوليات.

كما عبرت الجهات ذات الصلة عن قلقها من عدم **إحاطة الحكومة والجهات الممولة علماً بمدى تعقيد التقنية المتناهية الصغر**. كما لُفت الاهتمام إلى صعوبة استقطاب المستثمرين لبحوث التقنية المتناهية الصغر في المملكة.

التوصية: يمكن أن يقوم عدد من خبراء التقنية المتناهية الصغر الدوليين بعقد اجتماع لإبلاغ كبار المسؤولين الحكوميين بشكل منتظم بنصيب البرنامج من التحديات وأوجه النجاح.

وقد خلصت الجهات ذات الصلة إلى ضرورة كون البحث في هذا النطاق ذا دلالة ومستوى من الجودة، الأمر الذي يؤكد **أهمية المشاريع المبدئية** وأهمية جعل مقاييس تقييم النجاح والمعايرة مرئية للجميع. وينبغي الحرص، قدر المستطاع، على اتباع خطة للاستفادة من العائد الاقتصادي لأكثر المشاريع تطبيقاً، والسعي لحشد مساعدة الشركاء الصناعيين في هذا السياق، وذلك منذ بداية المشروع. وقد اعتبر عدد المراكز البحثية الكبير، واستقلالية الجامعات موطن ضعف أيضاً.

التوصية: تم تمييز بعض المجالات التقنية المحددة ليركز البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر عليها، وفق جميع المعلومات المحدثة المتوفرة. أما في حال التشكك من هذه المجالات، ينصح الاستعانة بمجموعة من الخبراء الدوليين (حوالي عشرة) لعقد حلقة عمل ليوم واحد لمناقشة مختلف المجالات التي تقع ضمن التقنية المتناهية الصغر، واختيار أكثرها نفعاً وأهمية بالنسبة للمملكة من منظورهم. ويعد هذا التقرير بمثابة إطار العمل لمناقشتهم.

التوصية: كما ينصح باتخاذ إجراءات لرصد وتنسيق نشاط مرافق التقنية المتناهية الصغر في المملكة. ويفضل على سبيل المثال ربط التمويل الذي تتلقاه الجامعات ضمن هذا البرنامج بمعالم وإنجازات ومنتجات محددة ذات الصلة بالتقنية المتناهية الصغر. وينبغي أن تكون المعدات متاحة لبقية الجهات ذات الصلة ضمن البرنامج الوطني، وأن يتم تنسيق توجه البحث ونتائجه ضمنه.

التوصية: ينصح بوضع نظام إلكتروني لحجز المعدات والأجهزة. ومن فوائد مثل هذا النظام أنه يجمع البيانات الخاصة باستخدام هذه المعدات وهوية أبرز المستخدمين. كما بوسعه تسجيل نسبة الفترة التي تبقى فيها المعدات دون استخدام، وحالة المعايرة والصيانة. كما أنه ينفع في مراقبة وضبط المعدات الموجودة في أماكن مختلفة.

تعد المشتريات الحكومية قضية من حيث "تردي مستوى الوكلاء وبطء الشحن وتدهور حالة المشتريات بفعل العوامل المختلفة". ويعد أسلوب تنظيم الجهات الحكومية للمعدات/المواد الكيميائية غير عملي ومرهق.

التوصية: وضع خطة مفصلة للمشتريات الحكومية.

الفرص

إن تكوين تحالفات المراكز البحثية الراهنة يشكل فرصة عظيمة بالنسبة للمملكة. وثمة فرصة حقيقية لتكوين الشراكات والتحالفات مع مختلف منظمات المملكة.

كما تعد بعض تطبيقات التقنية المتناهية الصغر الكامنة واعدة جداً، لاسيما بالنسبة لتقنية تحلية المياه المالحة، فضلاً عما لتعزيز تقنية تحلية المياه المالحة أو تنويع الاقتصاد من أثر عظيم إيجابي على المملكة.

كما أن الطلب العالمي العالي لحلول تعتمد على التقنية المتناهية الصغر، وعولمة المعلومات، وتنامي إدراك الصناعة لأثر التقنية المتناهية الصغر على منتجهم أو خدمتهم، يجعل التوقيت مناسباً للخوض في هذه المبادرة. كما تمثل هذه التوجهات العالمية فرصة عظيمة لاستقطاب الاستثمار الأجنبي للمملكة.

هذا وقد أنعم الله عز وجل بموارد طبيعية متنوعة، ومن شأن تعزيز قدرات المملكة في مجال التقنية المتناهية الصغر تعظيم الاستفادة الاقتصادية من مثل هذه الموارد.

التحديات

قوانين العمل الخاصة بسياسة "السعودة" (بمعنى اشتراط تعيين نسبة محددة من السعوديين) قد تهدد نجاح البرنامج على المدى القريب، لاسيما وأن البرنامج سيعتمد إلى حد كبير في أولى مراحله على الخبرات الأجنبية، حتى تغدو الموارد البشرية السعودية معدة لبلوغ المستوى التقني اللازم.

التوصية: السعي للحصول على استثناء حكومي من القوانين الخاصة بنسبة السعوديين الموظفين في هذا البرنامج خلال السنوات القليلة الأولى. ويمكن الاتفاق على مقياس متدرج لتطبيق هذه القوانين، مقابل توفر برنامج لتدريب المواطنين السعوديين.

تحجيم الفساد ووضع قوانين الممارسة التي تضمن مستوى الجودة

التوصية: ينبغي وضع خطة تفصيلية لجودة العمل، إلى جانب خطة لتنظيم إدارة المهام والمسؤوليات. ولتحجيم الفساد الذي قد يشوب مثل هذه المشاريع الكبيرة، كما ينبغي توضيح الأدوار والمسؤوليات والعمليات.

لا يزال احتمال عدم **خوض القطاع الخاص** في مبادرة التقنية المتناهية الصغر، حتى بعد تأسيس المتطلبات الأساسية، يشكل تحدياً يهدد استمرار المبادرة على المدى البعيد.

التوصية: جذب القطاع الصناعي من خلال ما ذكر في خطة التتجير سابقاً.

نظراً لافتقاد المملكة **لرواد المشاريع المتمرسين** ولإشكالية الاحتفاظ بمثل هذه الخبرات، فإن احتمال إتكال القدرة التقنية على فرد معين يعني احتمال فقدانها إذا ما قرر هذا الفرد مغادرة المبادرة لسبب ما. لذا ينبغي بناء القدرة لكي لا تكون محدودة بفرد واحد، لتحقيق استقرار المبادرة. وهذا يتطلب تكوين فرق بحثية في مجالات محددة، بدلاً من استقطاب الخبرات الأجنبية وتعيينها للعمل في مجال تخصصها.

التوصية: ينبغي وضع إستراتيجية تقنية مفصلة تسلط الضوء على مجالات التقنية المتناهية الصغر، وتقسيمها إلى مجموعات حسب القدرة، بحيث يتم بعد ذلك توزيع الموارد البشرية وفقاً لتخصصها على هذه المجالات. وينبغي وضع خطط لتعيين الخبرات مع تأمين الخبرات البديلة لمساندة قادة المشاريع في المجالات التي تتطلب قدرات حيوية.

يعد تكوين الشركات الفردية من أبرز أهداف البرنامج الوطني للتقنية المتناهية الصغر نظراً للافتقار لصناعة سعودية تقوم بترخيص الملكية الفكرية الخاصة بالتقنية المتناهية الصغر في الوقت الراهن. ولعل أفضل وسيلة لتتجير هذه التقنية في المملكة هي من خلال تفرع الشركات الخاصة. إلا أن سوق رأس المال المخاطر في المملكة لا زال محدوداً (إذ توظف معظم السيولة في التجارة)، ويبدو إنشاء شركة من هذا القبيل أمراً معقداً. كما

الملحق أ: دراسة مواطن القوة والضعف والفرص والتحديات

أن هناك عوائق بيروقراطية عديدة، ولا تزال هذه العملية غير واضحة المعالم. كما ينبغي تطوير عملية تسجيل براءات الاختراع وصنع القرار وتسريعها.

التوصية: وضع خطة مفصلة لإدارة الملكية الفكرية واحتضان الشركات المتفرعة.

التوصية: ينبغي تأسيس لجنة أو مؤسسة صغيرة من شأنها الإشراف على تقويم وتمويل واحتضان الشركات المتفرعة التي تتلقى التمويل المبدئي من الحكومة. كما ينصح أن يدفع القطاع الصناعي مبلغاً من المال لقاء الاشتراك في هذه العملية، كما ينصح باستشارة خبراء الأعمال. ومن بالغ الأهمية تشييد نظام إيكولوجي متطور من رواد الأعمال المتمرسين والمهتمين بالتقنية.

على صعيد آخر، فإن المملكة محاطة **بالدول ذات الكفاءة التنافسية العالية**. إلا أن المنافسة الإقليمية لا تمثل تحدياً راهناً نظراً لافتقار هذه الدول للبنية التحتية التقنية اللازمة. إلا أن دولاً مثل دبي، تبدو أقل بيروقراطية (مما يجعلها أكثر جاذبية لإحراز تقدم سريع)، وذلك بسبب الإمكانيات الواعدة على الصعيد التقني (مثل قطر على سبيل المثال).

ويعد **التنافس المحتمل** مع الدول المتطورة تقنياً أمراً محتماً عندما تقوم المملكة باللحاق بركب التقنية. كما أن هناك قلق من قيام بعض الدول باحتكار التقنية المتناهية الصغر. وفي حال واظبت المملكة على جهودها واستثماراتها في مجالات إستراتيجية محددة في التقنية المتناهية الصغر، فإنها ستكتسب خبرات واسعة في هذا المجال بشكل سريع. وسيضمن وجود مجموعة واسعة من التقنية وتطبيقاتها تزويد السوق الرئيسي بالتقنية والفرص الواعدة، على افتراض عدم ظهور تحديات أخرى فيما يتعلق بالتوظيف والإبقاء على الموظفين مثلاً.

وقد اعتبر **تحديد المجالات/المشاريع البحثية المناسبة** تحدياً كبيراً يحول دون تقدم التقنية. وينبغي عدم تجاهل مجال تقني في البداية قد يصبح فيما بعد هاماً لمستقبل المملكة. كما أن هناك من الباحثين من يعتبر التقنية المتناهية الصغر مجالاً يحيط به قدر مبالغ به من الاهتمام، ويفضل توجيه الاستثمارات نحو أوجه التقنية الثابت فوائدها.

توصية: الاستعانة بفريق من الخبراء الدوليين إذا ما اقتضت الحاجة إلى ذلك.

كما أن هناك قلق بشأن تأمين التمويل على المدى البعيد، بسبب هبوط أسعار البترول على نحو غير متوقع، الأمر الذي من شأنه التأثير سلباً على الاقتصاد السعودي، وبسبب الخوف من تحويل الجهات الحكومية تمويلها لمشاريع أخرى.

وهناك الكثير من الغموض لحد الان فيما يتعلق **بالصحة والبيئة والسلامة** في التقنية المتناهية الصغر، إذ أن أثر الجسيمات المهندسة نانوياً على البيئة وعلى صحة الإنسان لا زال غير واضح، نظراً لحداثة هذا المجال. لذا فإن هناك خطر محتمل على الباحثين وعلى البيئة المعرضة لمثل هذه الجسيمات والألياف النانوية.

التوصية: وضع خطة مفصلة للصحة والسلامة والبيئة والتدريب الخاص بشأن هذه القضايا، تكون متصلة بخطة المسؤوليات والمهام الإدارية ويمكن أن يقوم بتطويرها مستشارون متخصصون.

الملحق ب: معدات المركز الوطني للتقنيات المتناهية الصغر

قام المركز الوطني لبحوث التقنيات المتناهية الصغر بتجهيز وتشغيل معمل المجاهر الالكترونية الذى يحتوي علي TEM و / FIB و SEM و AFM أما فيما يتعلق بالغرف النقية فتم الانتهاء من إعداد تصميم المواصفات والمتطلبات الخاصة بها، وسوف تشمل على الأجهز التالية.

Clean Room الغرف النقية

- Epitaxial Growth Room.
  - Molecular Beam Epitaxy (MBE).
- Lithography Section .
  - Mask Aligner.
  - E-beam lithography.
  - Coaters.
  - Coater Bench.
  - Bake Oven / Soft Bake Oven.
  - Developer Wet Bench.
  - Inspection Microscope.
- Wet Processing Section.
  - Electro Plating Bench.
  - Electroless Plating Bench.
  - Developer Bench.
  - Solvent Benches.
  - Acid Benches.
  - Various Chemical Wet Benches.
- Dry Processing Section .
  - E-Beam Evaporator (Mirrors).
  - E-Beam Evaporator (Metals).
  - Sputter.

الملحق ب: معدات المركز الوطني للتقنيات المتناهية الصغر

- PECVD.
- RIE.
- LPCVD.
- RTP.

■ Characterization Section.

- Ellipsometer.
- PL-Mapper.
- Optical Surface Profiler.
- Stylus Surface Profiler.

■ Back End Processing Room.

- Lapping and Polishing.
- Scribing and Breaking.
- Die Attach.
- Wire Bonder.

الملحق ج: مراحل تطوير الخطة

اشتملت مراحل تطوير هذه الخطة على ورشة عمل لمدة ثلاثة ايام، وتمخض عن هذه الورشة مسودة للخطة بمساعدة من شركة (ساينتيفيكا).ومن أجل مراجعة هذه الخطة وتطوير مراحل انجازها فقد تشكلت لجنة في مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية لهذا الغرض . وتوضح الجداول ج-١، ج-٢، ج-٣ أعضاء لجنة مراحل تطوير الخطة، والمشاركين في ورشة العمل، وأعضاء فريق العمل لتخطيط المشروع على التوالي:

الجدول ج-١: أعضاء لجنة مراحل تطوير الخطة

الاسم	الجهة
تيم هاربر	شركة سينتيفيكا ، بريطانيا
أدريان بوردن	سنجلار أي دي ، سنغافورة
دكستور جنوسون	شركة سينتيفيكا، بريطانيا
د. عبدالرحمن بن علي المهنا	مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
د. أحمد بن يحيي اليماني	مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
د. خالد الدكان	مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

الجدول ج-٢: أسماء المشاركين في ورشة العمل

الاسم	الجهة
قاسم فلاته	أرامكو
محمد البقمي	شركة الإلكترونيات المتقدمة
عبدالمجيد المزروع	شركة الاتصالات السعودية
رياض الرواس	شركة الاتصالات السعودية
متعب العنزي	شركة أسمنت اليمامة
فواز المطيري	شركة أسمنت القصيم
صالح الفوزان	المؤسسة العامة لتحلية المياه
عبدالرحمن العريفي	المؤسسة العامة لتحلية المياه

الملحق ج: مراحل تطوير الخطة

الاسم	الجهة
أحمد العيد	المستشفى العسكري
إبراهيم بابلي	قطاع حكومي
خالد البيز	قطاع حكومي
حمود المديني	قطاع حكومي
عبدالرزاق السفياني	قطاع حكومي
فهد الغبيني	قطاع حكومي
عبدالله السيف	قطاع حكومي
فيصل السيف	قطاع حكومي
عبدالمحسن القريني	قطاع حكومي
هاني الغامدي	قطاع حكومي
عبدالله السبتي	مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
خاندكار أدريس	مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
محمد أبو الهادي	مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
عبدالله الأهدل	مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
زين يماني	جامعة الملك فهد للبترول والمعادن
محمد سليمان	جامعة الملك سعود
ماهر العودان	جامعة الفيصل
سامي حبيب	جامعة الملك سعود
عبدالله الجعفري	جامعة الملك فيصل

الجدول ج-٣: أعضاء فريق العمل لتخطيط المشروع

الاسم
د.عبدالرحمن بن علي المهنا
د. أحمد بن يحيي اليماني
د. خالد الدكان
م. حسين السلمان
م. يزيد العسكر
م. عبدالله العطوي
م. بدر السبيعي

هاتف : ٤٨٨ ٣٥٥٥ – ٤٨٨ ٣٤٤٤
فاكس : ٤٨٨٣٧٥٦
ص.ب. ٦٠٨٦ الرياض ١١٤٤٢
المملكة العربية السعودية
www.kacst.edu.sa

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
رقم الوثيقة: 15P0001-PLN-0001-AR01

DAKKIN 01 478 8584