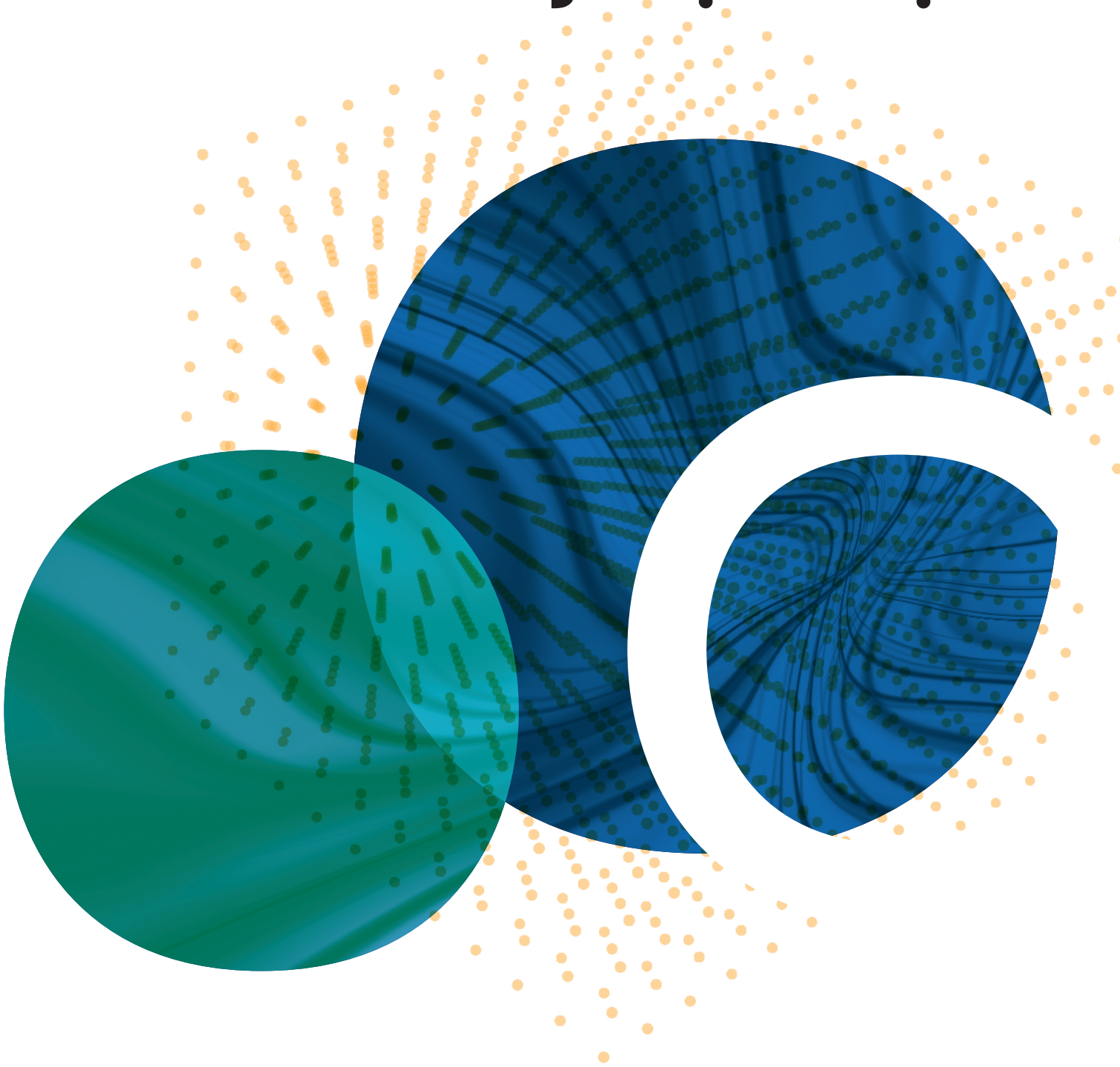
التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2022

اتجاه الابتكار



WIPO

التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2022

اتجاه الابتكار

WIPO
المنظمة العالمية للملكية الفكرية

هذا المصنف مرخَّص بموجب ترخيص المشاع الإبداعي 4.0.

يجوز للمستخدم أن ينسخ هذا الإصدار ويوزعه ويكيّفه ويترجمه ويؤديه علنا بما في ذلك لأغراض تجارية دون موافقة صريحة، بشرط أن يكون المحتوى مصحوبا بإقرار بأن الويبو هي المصدر وأن يشار بشكل واضح إلى أي تغييرات تُدخل على المحتوى الأصلي.

والاقتباس المقترح: تقرير المنظمة العالمية للملكية الفكرية (الويبو) لعام 2022: اتجاه الابتكار. جنيف: الويبو.

وينبغي ألاّ تحمل أي تكييفات/ترجمات/مشتقات الشعارَ الرسمي للويبو إلا إذا كانت الويبو قد أقرتها وصادقت عليها. ويُرجى الاتصال بنا عبر الموقع الإلكتروني للويبو للحصول على الموافقة.

وبالنسبة لأي عمل مشتق، يُرجى إضافة التنبيه التالي: "لا تتحمل أمانة الويبو أي التزام أو مسؤولية بشأن تحويل المحتوى الأصلي أو ترجمته."

وفي حال كان المحتوى الذي نشرته الويبو مثل الصور أو الرسومات البيانية أو العلامات التجارية أو الشعارات منسوباً إلى طرف آخر، فإن مستخدم هذا المحتوى يتحمل وحده مسؤولية الحصول على الحقوق المرتبطة بتلك المواد من صاحب أو أصحاب الحقوق.

© الويبو، 2022

وللاطلاع على نسخة من الترخيص، يُرجى زيارة:
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

وتُحال أية منازعة تنشأ في إطار هذا الترخيص، ما لم يُتوصل إلى تسوية ودّية، إلى التحكيم طبقا لقواعد التحكيم للجنة الأمم المتحدة للقانون التجاري الدولي (الأونسيترال) السارية آنذاك. ويلتزم الطرفان بأي قرار تحكيم صادر وفقا لذلك التحكيم بوصفه القرار النهائي لأي منازعة من هذا القبيل.

ولا يراد بالتسميات المستخدمة وبعرض المادة في هذا الإصدار بأكمله التعبير عن أي رأي كان من جهة الويبو بشأن الوضع القانوني لأي بلد أو إقليم أو منطقة أو سلطاتها أو بشأن تعيين حدودها أو تخومها.

ولا يراد بهذا الإصدار أن يعكس آراء الدول الأعضاء أو أمانة الويبو.

ولا يراد بذكر شركات أو منتجات صناعية محددة أن الويبو تؤيدها أو توصي بها على حساب شركات أو منتجات أخرى ذات طبيعة مماثلة وغير مذكورة.

المنظمة العالمية للملكية الفكرية
34 chemin des Colombettes, P.O. Box 18
CH-1211 Geneva 20 Switzerland

DOI: 10.34667/tind.45359
ISBN: 978-92-805-3389-7 (نسخة مطبوعة)
ISBN: 978-92-805-3390-3 (نسخة على الإنترنت)
ISSN: 2790-9883 (نسخة مطبوعة)
ISSN: 2790-9891 (نسخة على الإنترنت)

نسب المصنف 4.0 دولي
(CC BY 4.0)

الغلاف: Getty Images/© AF-Studio and
Getty Images / © Lan Zhang

قائمة المحتويات

قائمة الجداول والأشكال 4

تمهيد 5

شكر وتقدير 7

موجز تنفيذي 8

الملاحظات التقنية 83

النظم الإيكولوجية للابتكار
تحدد اتجاه الابتكار 14

مقدمة
ما هو اتجاه الابتكار؟ 15

التكنولوجيات التي تقود نمو الابتكار 17

الفصل الأول
تحديد مسار لاتجاه الابتكار 18
1-1 العائدات الاجتماعية والخاصة 18
2-1 التفاعلات ضمن الأنظمة الإيكولوجية للابتكار 20
3-1 القوى الاقتصادية في العمل 21
4-1 كيف يمكن أن تشكل السياسة اتجاه الابتكار؟ 26
5-1 الاقتصادات النامية واتجاه الابتكار 29
6-1 اتجاه الابتكار في المستقبل 30

يمكن أن تحفز التكنولوجيات الجديدة التنمية
وأن تؤثر على نظم الابتكار المحلية 38

الفصل الثاني
ما الذي يخبرنا به التاريخ عن اتجاه الابتكار 39
1-2 الحرب العالمية الثانية 39
2-2 صناعة الفضاء 43
3-2 ظهور تكنولوجيا المعلومات في دول شرق آسيا 48
4-2 موجز الفصل واستنتاجاته 51

التكنولوجيات الرقمية السريعة النمو
نشاط البراءات في الفترة 2015-2020 55

الفصل الثالث
اتجاه الابتكار: تحديات المستقبل 56
1-3 دروس كوفيد-19 56
2-3 معالجة حتمية تغير المناخ 60
3-3 الرقمنة تغير العالم 67
4-3 يمكن أن تسخر السياسة العامة الابتكار
للتصدي للتحديات 71

قائمة الجداول والأشكال

الشكل 1 المجالات التكنولوجية الأكثر نمواً من حيث إيداعات البراءات، 1895-2020 9

الشكل 2 نمو التكنولوجيات كنسبة مئوية من متوسط نمو إجمالي البراءات، 2016-2020 9

الشكل 3 تمويل وكالة ناسا والمستثمرين من القطاع الخاص في الولايات المتحدة للأنشطة الفضائية، 2010-2019 10

الشكل 4 موجز مفاهيمي للتفاعلات بين أصحاب المصلحة في النظام الإيكولوجي للابتكار 11

الشكل 5 تقديرات الفوائد الاجتماعية والخاصة لتطوير لقاح كوفيد-19 11

الشكل 6 نسبة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الحاصلة على البراءات على مستوى العالم، اقتصادات مختارة في شرق آسيا، 1970-2020 12

الشكل 7 نمو التكنولوجيات البيئية العالمية ذات الصلة، 1973-2017 12

الشكل 1-1 تقديرات الفوائد الاجتماعية والخاصة بمليارات الدولارات الأمريكية 19

الشكل 1-2 موجز مفاهيمي لتفاعلات أصحاب المصلحة في الابتكار 20

الشكل 1-3 نسب المنشورات العلمية حسب المجال العلمي، 1840-2019 22

الشكل 1-4 نسب البراءات حسب المجال التكنولوجي، 1900-2020 23

الشكل 1-5 موجز مفاهيمي للنظام الإيكولوجي المتطور للابتكار حول تكنولوجيا جديدة 24

الشكل 1-6 موجز مفاهيمي لدورات التكنولوجيات ذات الأغراض العامة 26

الجدول 2-1 الجامعات العشر التي حصلت على أكبر عقود من مكتب البحث العلمي والتنمية، حسب القيمة الإجمالية، 1941-1947 42

الجدول 2-2 أهم الجامعات والمستشفيات التي تم التعاقد معها لمشاريع البنسلين والملاريا، 1941-1947 43

الشكل 1.2 كفاءة استخدام الطاقة الشمسية، بالنسبة المئوية، 1960-2020 45

الشكل 2-2 نفقات وكالة ناسا والاستثمارات الأمريكية الخاصة في مجال الفضاء، 2010-2019 46

الشكل 2-3 النسبة من البراءات الكهربائية العالمية، بلدان آسيوية مختارة، 1970-2018 50

الشكل 3-1 أ نسبة تمويل لقاحات كوفيد-19 حسب النوع بالنسبة المئوية 57

الشكل 3-1ب تمويل لقاحات كوفيد-19 حسب النوع والمنطقة بمليارات الدولارات الأمريكية 57

الشكل 3-2 نسبة الإنفاق الاستثماري العام على البحث والتطوير في مجال الطاقة حسب التكنولوجيا بالنسبة المئوية، 1974-2019 61

الشكل 3-3 أ إجمالي إيداعات البراءات في مجال التكنولوجيات النظيفة حسب الفئات 62

الشكل 3-3ب تكنولوجيات تخفيف آثار تغير المناخ في مجال الطاقة حسب الفئات الفرعية 62

الشكل 3-4 نسبة إجمالي استهلاك الطاقة في الولايات المتحدة حسب مصدر الطاقة الرئيسي 63

الشكل 3-5أ إجمالي إيداعات البراءات في صناعة السيارات، حسب البراءات الخضراء (الكهربائية والهجينة) والرمادية والملوثة 64

الشكل 3-5ب نسبة إيداعات البراءات الخاصة بالتكنولوجيات الخضراء (الكهربائية والهجينة) والرمادية والملوثة كنسبة من إيداعات البراءات في صناعة السيارات 64

الشكل 3-6أ النسبة السوقية العالمية للسيارات الكهربائية 65

الشكل 3-6ب الإنفاق على شراء السيارات الكهربائية حسب مصدر الأموال 65

الشكل 3-7 نسبة التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة حسب الفئة (على اليسار)، وكنسبة مئوية من جميع إيداعات البراءات (على اليمين) 68

لأكثر من قرن، نما نشاط الابتكار نمواً كبيراً في جميع أنحاء العالم. ومدفوعاً بسلسلة من الإنجازات التكنولوجية من محرك الاحتراق الداخلي إلى تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، أصبح الابتكار أحد أقوى الأدوات المتاحة لنا للنهوض بالرفاه والرفاهية بشكل عام.

الصورة: الوبيو/Berrod©

نحن اليوم في بداية فصل جديد واعد من الابتكار العالمي إذ تزدهر التكنولوجيات الرقمية مثل الذكاء الاصطناعي والبيانات الضخمة والحوسبة السحابية وإنترنت الأشياء. وتتمتع هذه التكنولوجيات الناشئة بسرعة بالقدرة على تحويل قطاعات كبيرة من الاقتصاد العالمي، وإطلاق فرص نمو جديدة للمشروعات الناشئة والشركات وتُمكّن الأفراد والمجتمعات المحلية في جميع مناطق العالم.

ولكن في حين أن الأثر الإيجابي للأفكار والمنتجات والخدمات الجديدة مفهوم جيداً، فإن بيئة صنع القرار الأوسع الكامنة وراء الابتكار تخضع لتحليل أقل بكثير.

ويعد هذا إلى حد كبير انعكاساً للمجموعة المتنوعة من العوامل المؤثرة. وغالباً ما تكون القرارات المتعلقة بالابتكار معقدة وتنطوي على قطاع عريض من مختلف أصحاب المصلحة والمصالح. وعلى سبيل المثال، في حين أن الفرص العلمية والتكنولوجية الجديدة لا حصر لها، فإن الموارد - البشرية والمالية - ليست كذلك. وبالمثل، يجب موازنة التكنولوجيات الجديدة مع بعضها البعض، ومع النماذج القائمة، قبل اتخاذ قرارات الاستثمار. وبعد ذلك، هناك المتغيرات التي لا يمكن توقعها، أي الصدمات وحالات الطوارئ والأحداث الأخرى التي يمكن أن تغير طلب المجتمع على الابتكار في غمضة عين.

وهذه العملية هي موضوع *التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام* 2022. وهدفنا هو تسليط الضوء على الطريقة التي تتجمع بها قرارات الجهات الفاعلة في النظم الإيكولوجية للابتكار، بما في ذلك صانعو السياسات والباحثون والمؤسسات ورواد الأعمال والمستهلكون، لتشكيل المسار المستقبلي للابتكار، والمسار المستقبلي للاقتصادات والمجتمعات المحلية في جميع أنحاء العالم.

ويبدأ التقرير بمناقشة العوامل الرئيسية التي تحكم اتجاه الابتكار، بما في ذلك العلاقة بين العائدات الاجتماعية والخاصة. وفي حين أن الدوافع العامة والخاصة لا تتواءم دائماً، إلا أن التقرير يوضح أنه يمكن الاستفادة منها بشكل فعال من أجل الصالح العام.

وتماشياً مع الطبعات السابقة من هذا التقرير، نُكمل هذه المناقشة المفاهيمية بسلسلة من دراسات الحالة التاريخية. ومن خلال عدسة الابتكار الطبي خلال الحرب العالمية الثانية، وتطور سباق الفضاء، وظهور صناعات تكنولوجيا المعلومات في شرق آسيا، نعرض بالتفصيل المجموعة المتنوعة من العوامل وأصحاب المصلحة الذين يؤثرون على اتجاه الابتكار ونقدم رؤى ذات صلة إلى كل من الاقتصادات المتقدمة صناعياً والاقتصادات الناشئة.

ويختتم التقرير بمناقشة كيف يمكن أن يساعد الابتكار في التصدي للتحديات العالمية اليوم وغداً. وفي حين أن مسار الابتكار على المدى الطويل لا يزال غير مؤكد، فإننا نعلم أن التكنولوجيات والحلول الرقمية الجديدة تؤدي دوراً رئيسياً في بناء عالم أكثر اخضراراً وعدلاً وصحةً وقدرةً على الصمود. ولكن كيف يمكن أن نوجه اتجاه الابتكار نحو نتائج منتجة تفيد الاقتصادات والمجتمعات المحلية وكوكبنا؟ وما هي أدوات السياسات التي يمكن وضعها لمواءمة حوافز الابتكار الخاصة مع الاحتياجات المجتمعية؟ وما الذي يمكن عمله لدعم البلدان النامية وأقل البلدان نمواً بشكل أفضل للسعي لاغتنام فرص الابتكار؟

وبينما يتطلع العالم إلى إعادة البناء بعد الجائحة، فإن الابتكار يؤدي دوراً حاسماً في فتح إمكانات جديدة للنمو وإيجاد حلول مطلوبة بشدة للتحديات المشتركة التي نواجهها. وقد تكون القرارات المتعلقة بالابتكار معقدة، ولكن كما يبرز هذا التقرير، من الضروري فهمها.

دارين تانغ،
المدير العام
للمنظمة العالمية للملكية
الفكرية (الويبو)

شكر وتقدير

أُعِد التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2022 بتوجيهات عامة من دارين تانغ (المدير العام) وماركو أليمان (مساعد المدير العام). وأشرف على التقرير كارستن فينك (كبير الاقتصاديين) وأعده فريق بقيادة خوليو رافو (رئيس قسم اقتصاد الابتكار). وضم الفريق إنتان حمدان-ليفرامنتو (خبير اقتصادي)، ومريم زيتابشي (خبيرة اقتصادية)، وفيليب غروسكورث (زميل)، وفيديريكو موسكاتيلي (زميل)، وديون ين (زميل)، والأمير أوغوغو (زميل خبير شاب)، وجميعهم من إدارة الاقتصاد وتحليلات البيانات في الويبو.

ويستند التقرير إلى وثائق معلومات أساسية كُلِّف بإعدادها:

الفصل الأول: قدم كارستن فينك مدخلات بشأن التقديرات الاجتماعية للقاحات فيروس كورونا (كوفيد-19)، وشياولان فو (جامعة أكسفورد) وليو شي (جامعة أكسفورد) بشأن منظورات البلدان النامية.

الفصل الثاني: قدم هنري هيرتزفيلد (جامعة جورج واشنطن)، وبنجامين ستاتس (جامعة جورج واشنطن)، وجورج ليوا (جامعة جورج واشنطن) بحوثاً أساسية عن الفضاء؛ وبهافن سامبات (جامعة كولومبيا) عن المضادات الحيوية؛ وكيون لي (جامعة سيول الوطنية) عن تكنولوجيا المعلومات في شرق آسيا.

الفصل الثالث: ساهمت جويل نوايلي (معهد الدراسات العليا، جامعة فريي أمستردام، معهد تيربنغن) ببحوث أساسية عن التكنولوجيات المنخفضة الكربون، ومانويل تراجتنبيرغ (جامعة تل أبيب) عن التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة.

واستفاد فريق إعداد التقرير بشكل كبير من الاستعراضات والتعليقات الخارجية. وقدم ريتشارد ر. ونلسون (جامعة كولومبيا) تعليقات وتعقيبات على فصول هذا التقرير.

وبالإضافة إلى ذلك، أجرت استعراضات لوثائق المعلومات الأساسية سوما أثريي (جامعة إسكس)، ودومينيك فوراي (كلية الهندسة الفيدرالية في لوزان)، وليزا ل. أويليت (كلية الحقوق بجامعة ستانفورد)، وكان هوانغ (جامعة تشجيانغ)، وأندريا سوماريفا (كلية SDA Bocconi للإدارة) وفاليريا كوستانتيني (جامعة تري في روما).

وقدم العديد من الخبراء مدخلات وتعليقات قيّمة لإعداد التقرير، بمن فيهم أليكا دالي (الويبو) وإرنست ميغيليز (جامعة بوردو) وجوفاني نابوليتانو (الويبو) وأنجا فون دير روب (الويبو).

وقدم كل من ساميه دو كارمو فيغويردو، وجوفانان ستويانوفيتش وجوديث دافيلا مونزون دعماً إدارياً قيماً.

وقدم موظفو مركز الويبو للمعرفة دعماً بحثياً مفيداً طوال عملية إعداد التقرير.

وأخيراً، نشكر زملائنا المعنيين بالتحرير والتصميم في الويبو الذين قادوا عملية إنتاج التقرير.

ما يُعرّفه الاقتصاديون على أنه "اتجاه الابتكار" - موضوع هذا التقرير - هو مزيج أو مجموع جميع القرارات التي يتخذها الأفراد والشركات والجامعات والحكومات بشأن الفرص التكنولوجية التي يتعين اغتنامها في أي وقت معيّن.

ولا يتعلق الأمر بحجم استثمار الاقتصادات في الأفكار الجديدة فقط. ويمكن أن يحدد تخصيص الموارد البشرية والمالية لأنشطة الابتكار المختلفة اتجاه الابتكار للمجتمعات المحلية والبلدان وحتى العالم لعقود قادمة.

من السهل نسبياً توقّع وتنسيق اتجاه الابتكار وآثاره على المدى القصير. وعلى سبيل المثال، نجحت الحكومات والشركات في إعادة توجيه الاستثمار المرتبط بالابتكار نحو اكتشاف اللقاحات والموافقة عليها وإنتاجها بكميات كبيرة لمواجهة جائحة كوفيد-19، وحققت بذلك الهدف في وقت قياسي. وقلّلت اللقاحات بشكل كبير عدد الوفيات وساعدت الاقتصاد العالمي على التعافي من الركود الذي أحدثته الجائحة في عام 2020.

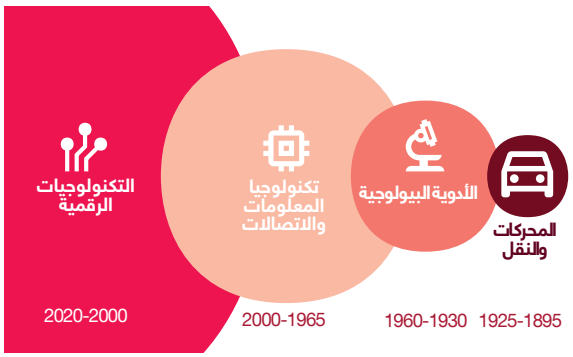
بيد أنه لا يمكن التنبؤ بنفس القدر بالأثر الطويل المدى لاتجاه الابتكار - من حيث كل من العائدات أو الأرباح للشركات والفوائد، التي تحققت أو لم تتحقق بالنسبة للمجتمع. وعلى سبيل المثال، من الصعب التنبؤ بأي من الابتكارات التكنولوجية التي ستكون الأكثر فعالية في الحد من آثار تغير المناخ.

زاد الابتكار زيادة مطردة على مدار المائة عام الماضية، بمحفزات تكنولوجية مختلفة تماماً

وعلى مدى القرن الماضي، أدّت قرارات الابتكار إلى تغير المسارات التكنولوجية. وسيطرت التكنولوجيات المتعلقة بمحركات الاحتراق والنقل والآلات الميكانيكية الأخرى على ساحة الابتكار في العقود الأولى من القرن الماضي. وازدهرت تكنولوجيات الأدوية البيولوجية بفضل المستحضرات الصيدلانية في ثلاثينات القرن الماضي والتكنولوجيات البيولوجية منذ تسعينات القرن الماضي. وفي العقود الأخيرة من القرن العشرين، حدث تحوّل كبير نحو تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وأشباه الموصلات، التي شكلت ربع جميع البراءات في الثلاثين عاماً بين عامي 1990 و2010. وكانت هذه الزيادة في نسبة براءات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في الغالب على حساب تكنولوجيات الآلات الميكانيكية "التقليدية".

دفعت تكنولوجيات متنوعة نمو الابتكار على مدار المائة عام الماضية

الشكل 1 المجالات التكنولوجية الأكثر نمواً من حيث إيداعات البراءات، 1895-2020



اليوم، يقع اتجاه الابتكار عند مفترق طرق حيث تزدهر التكنولوجيات الجديدة الواعدة

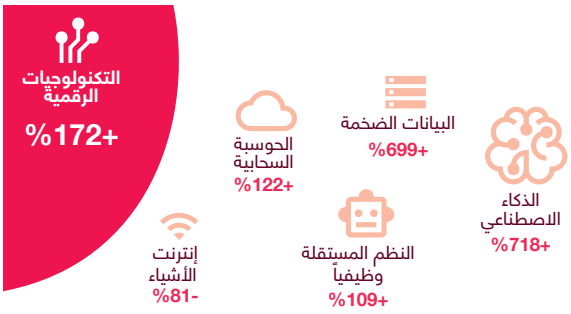
ومع دخولنا العقد الثالث من القرن الحادي والعشرين، تقود قوى جديدة وقوية اتجاه الابتكار في مجالات مثل العلوم والتكنولوجيا والطب.

إن الرقمنة تغيّر العالم. وهناك موجة من التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة تشمل الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيات التنبؤية والأتمتة المتطورة للغاية والبيانات الضخمة. وتعمل التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة على تحويل الصناعات من خلال جلب مبتكرين جدد وهياكل وممارسات وقيم جديدة. وتؤدي هذه التكنولوجيات إلى ظهور صناعات جديدة، مثل إنترنت الأشياء.

ويمكن للرقمنة أن تحفز النمو الاقتصادي، ولكنها يمكن أن تؤدي إلى تفاقم أوجه عدم المساواة. ويمكن للذكاء الاصطناعي والأتمتة والتكنولوجيات الرقمية الأخرى ذات الأغراض العامة أن تحفز النمو الاقتصادي عندما تولد ابتكاراً يُكمِل الإنتاجية البشرية ويعززها. ولكنها يمكن أن تؤدي إلى زيادة عدم المساواة الاقتصادية عندما يحل الابتكار ببساطة محل الناس. وسوف تؤدي هذه التكنولوجيات إلى اختفاء بعض المهن وظهور مهن جديدة تتطلب مجموعات مختلفة من المهارات. وفي حين قد تخلق هذه التكنولوجيات فرصاً هائلة لبعض الاقتصادات الأقل نمواً، فقد تفوت هذه الفرص بعض الاقتصادات الأخرى بسبب نقص الاستثمارات الرأسمالية الكبيرة والقوى العاملة عالية المهارة اللازمة لازدهار هذه التكنولوجيات.

نمت الابتكارات الرقمية أسرع من جميع البراءات في السنوات الخمس الماضية بوتيرة نسبتها 172٪

الشكل 2 نمو التكنولوجيات كنسبة مئوية من متوسط نمو إجمالي البراءات، 2016-2020



ويعتبر نجاح لقاح كوفيد-19 نموذجاً مبتكراً يمكن البناء عليه. فقد ولّدت جائحة كوفيد-19 الطلب على التكنولوجيات الجديدة لمكافحتها، وأدّت جزئياً إلى تسريع الطلب عليها. ودفعت أزمة كوفيد-19 استجابات لإيجاد حلول عاجلة من جميع الجهات الفاعلة في النظام الإيكولوجي للابتكار - الحكومات والقطاع الخاص ومؤسسات البحث والجامعات والمجتمعات الدولية والمنظمات غير الحكومية، بما في ذلك المؤسسات الخيرية.

وأدّى حجم الجائحة وتأثيرها على نسبة كبيرة من سكان العالم إلى خلق حافز كبير لدى القطاع الخاص. وبالإضافة إلى ذلك، قدّم العديد من الحكومات دعماً مالياً كبيراً إلى القطاع الخاص، بما في ذلك للتجارب السريرية وإلى مطوري اللقاحات الذين لديهم لقاحات واعدة مرشحة من أجل بناء قدرة تصنيع واسعة النطاق.

وعلاوة على ذلك، أتاح الإذن الخاص في حالات الطوارئ وجهود التنسيق التي بذلتها الوكالات الحكومية الوطنية والدولية المعنية طرح اللقاحات بشكل أسرع في جميع أنحاء العالم.

ويبين التعاون الناجح بين القطاعين العام والخاص في تحديد لقاحات كوفيد-19 وتطويرها بسرعة كيف يمكن أن تكون السياسات مفيدة في إعادة توجيه جهود الابتكار نحو هدف مشترك.

وأثر تطوير لقاح كوفيد-19 على البحوث والممارسات الطبية. وقدم نجاح منصة لقاح mRNA لكوفيد-19 دليلاً قوياً على أن التكنولوجيا تعمل بشكل جيد ويمكن أن يكون لها تطبيقات لأمراض أخرى. ويمكن أن يشير ذلك أيضاً إلى بداية عصر ذهبي جديد لتطوير اللقاحات، على غرار عصر التطوير الذي كان قائماً خلال الحرب العالمية الثانية.

وقد غيّرت أزمة كوفيد-19 أيضاً الممارسة الطبية عن طريق تسريع اعتماد التكنولوجيات الرقمية. وكانت العديد من التغييرات جارية بالفعل، ولكن سلطت الجائحة الضوء على الحاجة الملحة إلى "التحول الرقمي" وخلقت فرصاً لإدخال تحسينات تشغيلية، مثل الاستشارات الطبية الافتراضية.

ولكن لم يكن الطرح السريع للقاحات كوفيد-19 والاعتماد الواسع لأدوات التكنولوجيا البيولوجية الأساسية بدون تحديات على المدى القصير. فقد تطلب تطوير اللقاحات وطرحها باستخدام التكنولوجيا الجديدة قوة عاملة عالية المهارة ومختبرات بحثية مجهزة بشكل جيد. وعلاوة على ذلك، جاءت سرعة تطوير لقاح كوفيد-19 والتجارب الطبية على حساب تأخير الموافقة على أدوية أخرى كانت قيد التطوير. وبالإضافة إلى ذلك، قد يؤدي التركيز على اللقاحات والعلاجات لمكافحة جائحة كوفيد-19 إلى الإضرار بخطوط البحث الطبي الأخرى لعدد من السنوات.

يمكن أن يتغير طلب المجتمعات على الابتكار في غمضة عين، خاصة عند مواجهة الأزمات

وفي بعض الأحيان، تؤدي التغييرات المنهجية الكبيرة وغير المتوقعة - مثل التكنولوجيات المتقدمة الجديدة أو الأزمات الوبائية أو الحروب - إلى زعزعة تفضيلات وأولويات أصحاب المصلحة في النظم الإيكولوجية. وعادة ما يُطلب من الحكومات وواضعي السياسات العمل في مواجهة الصدمات التي تغير الأولويات.

وعلى سبيل المثال، كنتيجة مباشرة للحرب العالمية الثانية، حشدت حكومة الولايات المتحدة العلوم المدنية لتلبية احتياجات وقت الحرب من خلال إنشاء وتمويل المنظمات العامة للبحوث، مثل المعهد الوطني الأمريكي للصحة. وبعد أكثر من سبعة عقود، أصبحت العديد من الابتكارات الطبية التي طورت خلال تلك الفترة جزءاً من الممارسات المعيارية للمستشفيات.

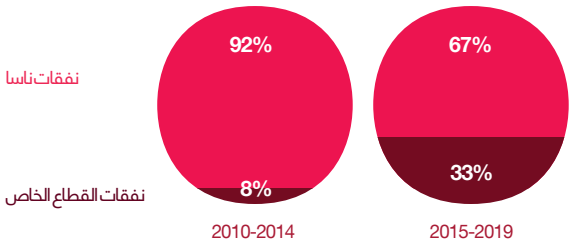
وخلقت الحرب العالمية الثانية الطلب على حلول تكنولوجية جديدة لمشاكل مثل علاج الجنود الجرحى وخفض معدّلات الوفيات. وخصّصت حكومة الولايات المتحدة خلال الحرب مبلغاً كبيراً من المال لميزانية البحث والتطوير، يقترب من 100 ضعف ما كانت تستثمره في العلوم في السنوات السابقة. وساعدت هذه الزيادة المطردة في الجهود العامة في إنتاج البنسلين على نطاق ضخم ودعمته، وتطوير بدائل للدم، وتطوير اللقاحات وإنتاجها، إلى جانب البحوث المتعلقة بالهرمونات والعديد من الاكتشافات الطبية الأخرى. وفتح ذلك مجالات لمزيد من البحث والتحسينات الطبية التي استمرت لفترة طويلة في المستقبل. وكانت جهود بحوث البنسلين بمثابة مقدمة لتطوير المضادات الحيوية من قبل شركات الأدوية خلال عقود ما بعد الحرب.

وبالمثل، أدّت الحرب الباردة إلى توسع البحث والتطوير الممول من الحكومة الأمريكية في مجالات جديدة، مثل بعثتها إلى القمر. وفي عام 1957، أصبح الاتحاد السوفيتي أول بلد يطلق قمراً صناعياً في مدار أرضي منخفض. وردت الولايات المتحدة في عام 1961 ببرنامج لوضع رجل على سطح القمر في غضون عقد من الزمن. وأدى الالتزام السياسي الكبير والميزانية الكبيرة والقدرة الفنية العلمية والهندسية إلى تحقيق الهدف في أكتوبر 1969.

وبحلول نهاية القرن العشرين، أدى تمويل البحث والتطوير "الموجه نحو المهام" في برامج الفضاء إلى تطوير تكنولوجيات الأقمار الصناعية للاتصالات، وشجع في النهاية مشاركة القطاع التجاري في الأنشطة الفضائية. وأصبحت الاقتصادات الصناعية المتقدمة تعتمد بشكل متزايد على نُظم الفضاء لتكنولوجيا المعلومات، وصور الاستشعار عن بعد، وبيانات الموقع والملاحة والتوقيت وغيرها من التطبيقات. وقد يؤدي سباق جديد في مجال الفضاء بين الولايات المتحدة والصين إلى إطلاق تكنولوجيات مبتكرة - ولا يمكن التنبؤ بها - في العقود القادمة.

الابتكار في مجال الفضاء: مهد التمويل الحكومي الطريق لتكنولوجيات وصناعات جديدة

الشكل 3 تمويل وكالة ناسا والمستثمرين من القطاع الخاص في الولايات المتحدة للأنشطة الفضائية، 2010-2019



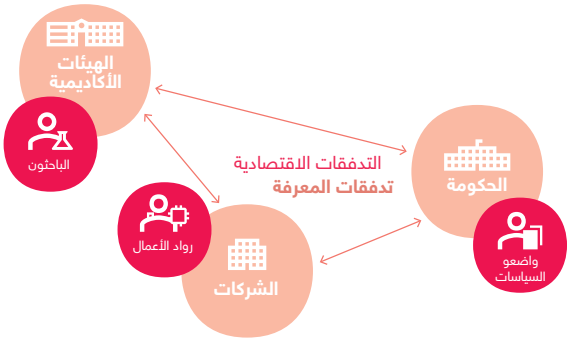
لا تقرر جهة واحدة اتجاه الابتكار؛ فالاتجاه نتيجة تفاعل دينامي لقرارات متعددة يتخذها رواد الأعمال والباحثون والمستهلكون وواضعو السياسات

إن اتجاه الابتكار يتغيّر باستمرار. ويتأثر باختيارات أصحاب المصلحة في القطاعين العام والخاص الذين يتطلّعون إلى الاستفادة من الابتكار ويتأثر أيضاً بالتفاعلات بينهم. وهذا النظام الإيكولوجي للابتكار هو الذي يحدد اتجاه الابتكار. ويوجه الفضول الباحثين لاستكشاف مجالات علمية جديدة ويوجه المهندسين لتجربة تكنولوجيات جديدة. وتحدّد الشركات ورواد الأعمال والحكومات على حد سواء فرص الابتكار بناءً على توقعات العائدات الخاصة والاجتماعية المحتملة.

ويغتنم أصحاب المصلحة من القطاع الخاص فرص الابتكار بسرعة أكبر عندما يمكن التنبؤ بالعائدات ويكون من السهل الحصول عليها في صورة نقدية. كما ينجذبون إلى مشاريع الابتكار القصيرة المدى حيث تكون مخاطر الفشل منخفضة. ولكن غالباً ما تحمل الفرص الأطول أجلاً والأكثر خطورة أكبر إمكانية لتحقيق عائدات اجتماعية إيجابية.

تحدّد النظم الإيكولوجية للابتكار اتجاه الابتكار لعقود قادمة

الشكل 4 موجز مفاهيمي للتفاعلات بين أصحاب المصلحة في النظام الإيكولوجي للابتكار



ويجب أن تعزز الحكومات كل من العائدات الاجتماعية والخاصة للابتكار. وغالباً ما تقوم بذلك عن طريق تركيز الأنشطة والموارد للابتكارات التي تؤثر على الصالح العام - السلع أو الخدمات المتاحة بالمجان للجميع، مثل الدفاع الوطني أو الوقاية من الجوائح. ويمكن أن تكون أيضاً المصدر الرئيسي للطلب على التكنولوجيات المبتكرة. وتضع الحكومات سياسات للتأثير على توفير المنافع العامة المتعلقة بالصحة أو الأمن أو التعليم.

ويُحدد جزء كبير من اتجاه الابتكار بالمعرفة التي تكتسبها الصناعات من خلال خبرتها التشغيلية أو سلاسل الإمداد الخاصة بها. وتوفر تدفقات المعرفة والابتكار عبر المجالات والصناعات للعلماء والمهندسين ورواد الأعمال حوافز قوية للانتقال إلى مجالات وصناعات جديدة، وتطبيق التكنولوجيات التي يتقنونها بالفعل، وإعادة ترتيب تخصيص الموارد والتأثير في نهاية المطاف على اتجاه الابتكار.

لا تتواءم بالضرورة دوافع الابتكار التي لدى القطاعين العام والخاص، ولكن يمكن الاستفادة منها من أجل الصالح العام

والعائدات الاجتماعية والخاصة للتكنولوجيات هي التي تقود الابتكار. ويمكن أن يكون للابتكارات تأثير تحويلي - للأفضل أو للأسوأ - على البيئة أو الصحة العامة أو المجتمعات المحلية أو على فئات سكانية معينة، على سبيل المثال لا الحصر. وهذه هي العائدات الاجتماعية للابتكار. وإذا كانت التكنولوجيا مراعية للبيئة، فإنها ستحقق فوائد اجتماعية واقتصادية للمجتمع الأوسع؛ وعلى العكس من ذلك، قد يكون لتكنولوجيا جديدة أرخص ثمناً ولكن أكثر تلويثاً تأثير اجتماعي واقتصادي سلبي.

ويمكن أن تختلف العائدات الاجتماعية للابتكار بشكل كبير عن العائدات الخاصة التي يجنيها المبتكرون ذوو الدوافع التجارية، كما يتّضح من تطوير لقاحات كوفيد-19. وتشير تقديرات هذا البحث إلى أن الفائدة الاجتماعية لابتكار اللقاحات تصل إلى 70.5 تريليون دولار أمريكي على مستوى العالم، وهو ما يتجاوز فائدتها الخاصة بمعامل قدره 887. وتعكس هذه الفائدة الاجتماعية الكبيرة قيمة الأرواح التي تم إنقاذها، واعتلال الصحة الذي تم تجنبه ورفع إجراءات الإغلاق، والتي تتجاوز بكثير الإيرادات التي حققها مصنعو اللقاحات.

الابتكار بين القطاعين العام والخاص بالغ الأهمية لتحقيق الصالح العام

الشكل 5 تقديرات الفوائد الاجتماعية والخاصة لتطوير لقاح كوفيد-19

تختلف احتياجات الابتكار حول العالم

وتعتمد قدرة الاقتصادات النامية على توليد حلول تكنولوجية جديدة أو تبني الحلول القائمة من أجل تلبية احتياجاتها الاجتماعية والاقتصادية المحددة على نظمها الإيكولوجية المحلية للابتكار ومدى ارتباطها بشبكات الابتكار العالمية.

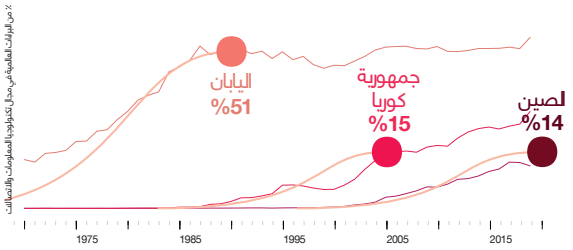
وفي بعض الحالات، وعادة في الاقتصادات التي تقع في شريحة الدخل المتوسط، قد تُطلِق النظم الإيكولوجية للابتكار قدرة ابتكارية غير مسبوقة عن طريق الاستفادة من القدرات العلمية ورأس المال التكنولوجي والعمالة الماهرة لتضييق الفجوة التكنولوجية بينها وبين الاقتصادات الأكثر تقدماً.

وفي حالة صناعة تكنولوجيا المعلومات في شرق آسيا، على سبيل المثال، تمكّنت اليابان وجمهورية كوريا والصين من الاندماج بشكل كامل في الاقتصاد العالمي كجهات أساسية ونشطة في سلاسل القيمة الدولية. وسهلت سياساتها الصناعية تحقيق قفزة نوعية في مجال تكنولوجيا المعلومات المتقدمة في غضون بضعة عقود فقط. وشهدت ثمانينات القرن الماضي دخول شرق آسيا أسواق الحواسيب (الشخصية) وأجهزة الفيديو (مسجلات الفيديو) ومشغلات الكاسيت السمعية ومعدّات الاتصالات. وفي التسعينات ظهرت رقائق الذاكرة والهواتف الخلوية اللاسلكية، وجلب العقد الأول من القرن الحادي والعشرين العديد من المنتجات الرقمية، بما في ذلك التلفزيونات الرقمية ونظم الاتصالات اللاسلكية والهواتف الذكية.

وتنطوي تنمية جميع اقتصادات شرق آسيا على عناصر مشتركة. وتشمل هذه اللحاق بالركب الاقتصادي، والتقدّم التكنولوجي السريع للشركات الخاصة والصناعات، والسياسات الحكومية للحد من المخاطر المرتبطة بدخول الشركات في صناعات جديدة.

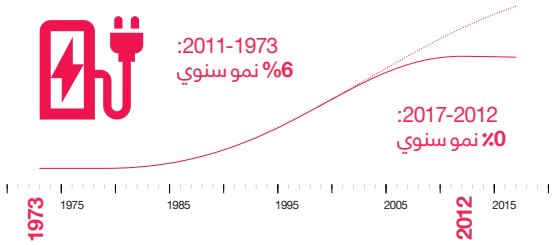
يمكن أن تحفز الفرص التكنولوجية الجديدة التنمية الاقتصادية

الشكل 6 نسبة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الحاصلة على البراءات على مستوى العالم، اقتصادات مختارة في شرق آسيا، 1970-2020



ازدهرت التكنولوجيات النظيفة بعد صدمة أسعار النفط، ولكنها قد لا تكون كافية...

الشكل 7 نمو التكنولوجيات البيئية العالمية ذات الصلة، 1973-2017



وفي حالات أخرى، قد يكون لدى المشاركين في السوق وغير المشاركين فيها قدرة ابتكارية محلية غير كافية إما لتحديد التكنولوجيات الجديدة المطورة في مكان آخر وتبنيها والتعلم منها، أو لتوليد الابتكارات بأنفسهم. وقد تجعل قوتهم الشرائية المنخفضة من الصعب عليهم الوصول إلى الابتكار العالمي لتلبية احتياجاتهم. وقد تكون البنية التحتية الأساسية، مثل الطرق أو الكهرباء أو الرعاية الطبية، والمؤسسات المهمة، مثل القطاع المالي الفعال، ضعيفة أو غير موجودة، مما يجعل بعض التكنولوجيات الأجنبية غير مناسبة بنفس القدر. وبالتالي، قد يتعين أن يكون الابتكار منخفض المهارات، وصغير الحجم بشكل عام وموجهاً إلى مجتمعات محلية أو مناطق معينة.

وفي جميع الحالات، تأتي احتياجات البلد أولاً، حيث يحدث الابتكار بشكل مختلف في أجزاء مختلفة من العالم. ويجب أن يكون الابتكار المستورَد من الخارج قابلاً للاستخدام في البلد المستورِد. ولا يمكن أن تحدث القفزة النوعية إلا عندما يؤخذ ذلك في الاعتبار. والأهم من ذلك، ليس من الضروري أن يكون الابتكار متطوراً حتى يكون ذا قيمة اجتماعية.

هناك حاجة ماسة إلى تكنولوجيات للتصدي للتحديات الرئيسية، مثل تغيّر المناخ

وسيعتمد اتجاه الابتكار في المستقبل على السياسات الدولية والمتعددة الأطراف للتصدي "للتحديات الكبرى"، مثل الحصول على التعليم والصحة وتخفيف آثار تغيّر المناخ.

ويُظهر التعاون الناجح بين القطاعين العام والخاص في تحديد لقاح كوفيد-19 بسرعة كيف يمكن أن تكون السياسات الموجهة نحو المهام مفيدة في إحداث تغييرات مهمة. وعلى غرار الجهود المبذولة في زمن الحرب خلال أربعينات القرن الماضي، اعتمدت عمليات التعاون هذه على العلوم والتكنولوجيات القائمة، مما يثبت أنها تعمل وتضمن الإنتاج السريع والواسع النطاق للقاحات وطرحها.

فهل يمكن استخدام السياسات "الموجهة نحو المهام" للتصدي للتحديات الاجتماعية والبيئية والاقتصادية الرئيسية والمعقدة التي تواجه العالم؟ لقد كانت السياسات القائمة على اتخاذ القرارات المركزية وتركيز الموارد على هدف محدد مفيدة للغاية في حالة برنامج الفضاء التابع لناسا للوصول إلى القمر وتطوير لقاح كوفيد-19. ولكن حتى السياسات الموجهة نحو المهام قد لا تكون كافية. ويرى بعض المراقبين أن السياسات الحكومية ليست إلا عنصراً واحداً من أي حل، وهو ما سيتطلب أيضاً جهود جميع أصحاب المصلحة في النظام الإيكولوجي للابتكار، بما في ذلك المستهلكون.

ويؤدي تعميق الالتزامات بالاستدامة على المستويين العام والخاص وحتى على مستوى المستهلكين إلى تغيير الطريقة التي تنفذ بها الشركات أنشطة مثل التحول إلى الطاقة المتجددة أو تبني تكنولوجيات تخفيف آثار تغير المناخ لتقليل بصمتها الكربونية. ومن خلال استخدام الإعانات واللوائح والمعايير لتعزيز التكنولوجيات البيئية، تساعد الحكومات في تخفيف بعض المخاطر وأوجه عدم اليقين المرتبطة بالاستثمار في تكنولوجيات الطاقة البديلة الجديدة وغير المختبرة نسبياً.

وقد نما الابتكار في التكنولوجيات المنخفضة الانبعاثات الكربونية، ولا سيما في قطاع الطاقة، في العقدين الأولين من القرن الحادي والعشرين وشهدت هذه التكنولوجيات زيادة حادة في البراءات ذات الصلة. وهذا هو الحال أيضاً في حالة التكنولوجيات التمكينية، مثل البطاريات والهيدروجين والشبكات الذكية.

غير أن التكنولوجيات التي تكون في المراحل الأولى من التطوير - مراحل البحوث الأساسية أو التطبيقية - تميل إلى أن تكون محفوفة بقدر أكبر من المخاطر وبالتالي تتطلب تمويلاً عاماً لتخفيف هذه المخاطر. فتكاليف بناء وصيانة تكنولوجيات إزالة الكربون تكون مكلفة، على سبيل المثال.

وبالإضافة إلى ذلك، فإن تصور المخاطر المرتبطة بالاحترار العالمي يتغير تدريجياً. ويعتمد حافز أصحاب المصلحة من القطاع الخاص على الاستثمار في تطوير تكنولوجيات نظيفة على مثل هذا الطلب المتوقع.

هل يمكن أن تساعد السياسات في تشكيل اتجاه الابتكار؟

يمكن أن تشكل السياسات اتجاه الابتكار بعدة طرق:

هناك حاجة ماسة إلى سياسات تحفيز الاكتشاف العلمي والتكنولوجي عندما يكون ما يرتبط بالابتكار من عدم يقين ومخاطر عند أعلى المستويات. وعلى سبيل المثال، تستخدم الحكومات عمليات الشراء المباشر بانتظام للمساعدة في تطوير تكنولوجيات الدفاع والفضاء.

ومن المرجّح أن تكون سياسات تخفيف المخاطر أكثر فعالية في المراحل الأولى من التطوير بعد الاكتشاف الأولي. وتعد إعانات البحث والتطوير والقروض الميسرة والحوافز الضريبية للبحث والتطوير أدوات سياساتية نموذجية لتخفيف المخاطر.

ولا تهدف سياسات التبني في المراحل المبكرة إلى الحد من مخاطر الابتكار فحسب، بل تهدف أيضاً إلى زيادة عدد الشركات

التي تستخدم تكنولوجيا معينة. ويمكن أن تتدخل الحكومات لتحفيز إنتاج تكنولوجيا معينة وبذلك تضمن تحقيق الحجم الكافي لها لتكون مربحة.

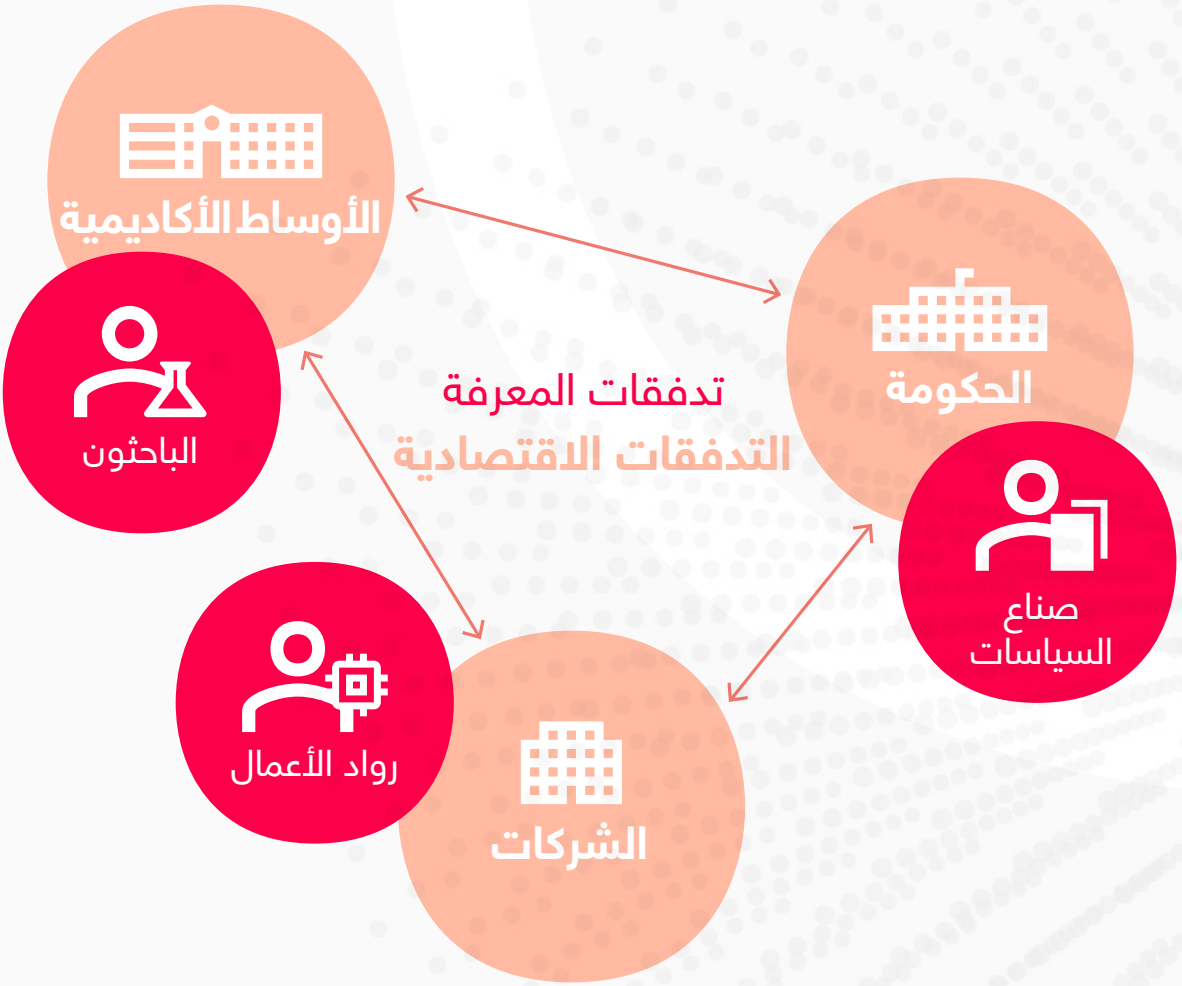
كما يمكن أن تقلل الحكومات المخاطر أو تحفز التبني بشكل غير مباشر عن طريق الحث على استهلاك السلع والخدمات التي تحتوي على ابتكار مرغوب. كما يمكن أن تقدم إعانات إلى المنتجين لإبقاء الأسعار منخفضة أو إلى المستهلكين لتشجيعهم على الشراء. ويمكن أن تؤثر على التبني من خلال البرامج التعليمية الممولة من الميزانية العامة لخفض التكلفة وزيادة توافر العمالة الماهرة وتعزيز ريادة الأعمال في مجالات مختارة.

ويؤدي تنظيم التكنولوجيات الرقمية - بما في ذلك كيفية تنظيم الوصول إلى البيانات - دوراً مهماً في الحفاظ على سوق تنافسية تعزز الابتكار وتكافئه. ومع تطور التكنولوجيات الرقمية بوتيرة سريعة، تنظر العديد من الحكومات في جميع أنحاء العالم حالياً في تكييف مجموعة أدواتها التنظيمية.

وتُعتبر التحديات الكبرى التي يواجهها العالم - معالجة تغيّر المناخ، والحد من عدم المساواة، وضمان الأمن الغذائي، ومنع الجوائح - منافع عامة، ومن غير المرجح أن يخصص القطاع الخاص بمفرده موارد كافية للابتكار من أجل التصدي لها. ولا يمكن معالجة تغيّر المناخ من خلال جهود القطاعين العام والخاص في الاقتصادات الفردية. ولن نتمكن من التصدّي لهذه التحديات العالمية إلا من خلال جهد متعدد أصحاب المصلحة ومنسَّق على المستوى الدولي.

النظم الإيكولوجية للابتكار

تحدد اتجاه الابتكار



ما هو اتجاه الابتكار؟

منذ أن قام المهندس الاسكتلندي جيمس وات (1736-1819) ببناء أول محرك بخاري يعمل قبل 250 عاماً، وبالتالي إطلاق الثورة الصناعية الأولى فعلياً، أدت التطورات التكنولوجية السريعة إلى نمو اقتصادي واسع النطاق، مما عاد بفائدة على البلدان وأصحاب المصلحة الاقتصاديين حول العالم. واليوم، أصبح العالم في بداية ثورة صناعية جديدة - الرابعة - تعتمد على التكنولوجيات الرقمية، مثل الروبوتات والذكاء الاصطناعي والبيانات الضخمة.

وسيُحدد حجم وسرعة استثمار البلدان والصناعات والشركات في تحويل موارد البحث والتطوير، كل من البشرية والمالية، إلى تكنولوجيات جديدة إلى حد كبير النمو الاقتصادي المستقبلي، ومستويات المعيشة والرفاهية العالمية الشاملة.

غير أن القرارات المتعلقة بالابتكار - التي تُفهم على أنها منتجات وعمليات تجارية جديدة - ليست كلها سهلة الصنع. ففي أي لحظة، تتنافس التكنولوجيات القائمة مع تكنولوجيات جديدة واعدة من حيث العائدات المحتملة. وكانت هناك بدائل قابلة للتطبيق لكل من المحرك البخاري والكهرباء والإنترنت وكان من الممكن أن تحل محلها أو تحول دون تطويرها. وفي القرن التاسع عشر، كان المحرك الحراري "ستيرلنغ" يعتبر تكنولوجيا منافسة خطيرة للمحرك البخاري، ولكنه لم يكن مناسباً تماماً للمواد الخام المتاحة والاحتياجات الصناعية لذلك الوقت. وفي مطلع القرن العشرين، كانت معظم الإضاءة في المناطق الحضرية تعمل بالغاز. وبمجرد أن أصبحت الكهرباء متاحة بشكل عام في السنوات التي تلت ذلك، بدأت المدن في استبدال مصابيح الشوارع التي تعمل بالغاز بإضاءة كهربائية أكثر أماناً وأقل تكلفة وأكثر سطوعاً. وفي ثمانينات القرن الماضي، أي قبل أكثر من عقد من ازدهار البريد الإلكتروني والإنترنت، كانت خدمة المحتوى التفاعلي عبر الإنترنت المعروفة باسم مينيتل (Minitel) تُستخدم بالفعل على نطاق واسع في فرنسا للتواصل أو شراء السلع عبر شاشة ولوحة مفاتيح ومودم متصل بشبكة الهاتف. ومن المفارقات، أن ذلك كان التزاماً بما كان يُعد في ذلك الحين تكنولوجيا رائدة، وثبت في النهاية أنه طريق مسدود، وأدى إلى إبطاء اعتماد الإنترنت في فرنسا مقارنة بالاقتصادات المجاورة التي لم تطور نظاماً مبتكراً مماثلاً.

ولذلك، فإن تحديد المسار التكنولوجي الذي يتعين اتباعه ليس بالمهمة البسيطة. وفي حين قد تكون الفرص التكنولوجية وفيرة في أي وقت من الأوقات، فإن الموارد الاقتصادية للاستثمار في الابتكار ليست كذلك. فعدد الموهوبين - المهندسين أو العلماء أو رواد الأعمال - والموارد المالية التي يمكن تخصيصها لأنشطة الابتكار محدود. وللحصول على أفضل عائدات استثمارات البحث والتطوير، توازن الشركات الخاصة ورواد الأعمال دائماً الآفاق التكنولوجية وتفضيلات المستهلكين لإحدى التكنولوجيات أو أخرى قبل اتخاذ قرارات الابتكار. وعلى سبيل المثال، تعايشت السيارات التي تعمل بالبنزين مع تلك التي تعمل بالطاقة الكهربائية في بداية القرن العشرين؛ غير أنه لم تكن هناك سوى بنية تحتية صغيرة للشبكات الكهربائية خارج المناطق الحضرية، في حين كان تطوير البنية التحتية لدعم السيارات التي تعمل بالبنزين أقل تكلفة. ونتيجة لذلك، فضل المستهلكون الاستقلالية التي توفرها السيارات التي تعمل بالبنزين.

وكلما كان قرار الابتكار أكثر نجاحاً، كلما يمكن أن يحدث ثورة - أو "اضطراباً": فقد أحدثت الهواتف المتنقلة، على سبيل المثال، تحولاً في سوق المهاتفة. وأُنشئت شركات وصناعات جديدة لإنتاج الابتكارات الناجحة، فتحل محل الشركات المنتجة الأقل نجاحاً. وتواجه الحكومات وصانعو السياسات صعوبة في محاولة اختيار الفائزين عند تحديد أفضل السبل لاستخدام أموال دافعي الضرائب وتصميم السياسات لدعم الابتكار.

وما يُطلق عليه الاقتصاديون اسم "اتجاه الابتكار" - وهو موضوع هذا التقرير العالمي الأخير للملكية الفكرية – هو مزيج أو مجموع جميع القرارات التي يتخذها الأفراد والشركات والجامعات والحكومات بشأن الفرص التكنولوجية التي يتعين اغتنامها في أي وقت ما. ومن السهل نسبياً توقع وتنسيق اتجاه الابتكار وآثاره على المدى القصير. ونجحت الحكومات والشركات في إعادة توجيه الاستثمار المرتبط بالابتكار نحو اكتشاف اللقاحات والموافقة عليها وإنتاجها بكميات كبيرة لمواجهة جائحة كوفيد-19 (انظر الفصل الثالث)، وحققت بذلك الهدف في وقت قياسي. وقللت اللقاحات بشكل هائل عدد الوفيات الناتجة عن المرض وساعدت الاقتصاد العالمي على التعافي من الركود الذي أحدثته الجائحة في عام 2020، وحققت الشركات الخاصة التي شاركت في إنتاج اللقاحات إيرادات كبيرة.

وفي المقابل، لا يمكن التنبؤ بالعائدات الاقتصادية الطويلة الأجل لاتجاه الابتكار بنفس القدر ويكون من الأصعب تنسيقها. فمن الصعب، على سبيل المثال، التنبؤ بما ستكون عليه تأثيرات كوفيد-19 في المستقبل. وبالمثل، فإن الجهود الحالية لإنتاج تكنولوجيات "نظيفة" للحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وهو أكثر غازات الدفيئة شيوعاً، قد أسفرت حتى الآن عن نتائج غير مؤكدة. ومن غير الواضح ما إذا كانت الموارد المخصصة كافية أو ما إذا كانت المسارات التكنولوجية التي تم استكشافها مكملة بما يكفي للنجاح في التصدي لأزمة الاحترار العالمي (انظر الفصل الثالث). ويمكن أن تفتح الخيارات التكنولوجية فرصاً تجارية غير متوقعة، أحياناً في المستقبل البعيد. وكما هو موضح في الفصل الثاني، تم نشر الألواح الشمسية في البداية كجزء من برنامج الفضاء الأمريكي في أواخر خمسينات القرن الماضي، ولكن استغرق الأمر سنوات عديدة حتى بدأ استخدامها التجاري.

ما يُعرّفه الاقتصاديون على أنه "اتجاه الابتكار" هو مزيج أو مجموع جميع القرارات التي يتخذها الأفراد والشركات والجامعات والحكومات بشأن الفرص التكنولوجية التي يتعين اغتنامها.

وعلاوة على ذلك، لا يتعلق الأمر بحجم الاستثمار فحسب، بل أيضاً بكيفية تخصيص هذا الاستثمار بين الخيارات التكنولوجية المختلفة. ويمكن أن يؤدي تخصيص الموارد البشرية والمالية لأنشطة ابتكارية معينة إلى تحديد اتجاه الابتكار للمجتمعات المحلية والبلدان وحتى العالم لعقود قادمة.

وما هو دور السياسات الحكومية في تحديد اتجاه الابتكار؟ فمن نواحٍ عديدة، تحاول الحكومات الوطنية بالفعل توجيه الابتكار من خلال تمويل التعليم العالي والأنشطة المتعلقة بالبحوث. ولدى معظم الاقتصادات مؤسسات أكاديمية، مثل الجامعات ومؤسسات التعليم العالي الأخرى، والتي تدير برامج تدريب وبحث ممولة بأموال عامة. وهي جزء من سياسات طويلة الأجل تحاول معالجة أوجه عدم اليقين والآفاق الواسعة للعلوم الأساسية. وتمول الحكومات أيضاً برامج العلوم والتكنولوجيا الموجهة نحو المهام، مثل الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء الأمريكية (وكالة ناسا) أو وكالة الفضاء الأوروبية، والتي كثيراً ما تطلب من القطاع الخاص إجراء تطويرات تكنولوجية.

وتتعايش السياسات الحكومية وقرارات الابتكار التي تتخذها الشركات الخاصة في نظام إيكولوجي معقد للابتكار يشمل الأفراد - مثل العلماء - والوكالات الحكومية والشركات المتعددة الجنسيات، ضمن غيرها. ويمكن للحكومة والشركات الخاصة أن تكمل بعضها البعض أو تتنافس بطريقة أخرى على الموارد المحدودة المخصصة للابتكار. وفي كلتا الحالتين، فهي تؤثر باستمرار على بعضها البعض. فقد كان طلب الحكومة، على سبيل المثال، هو الذي أدى إلى إنشاء برنامج الفضاء الأمريكي ووكالة ناسا وصناعة الطيران الأمريكية (انظر الفصل الثاني). ويعتبر فهم النظم الإيكولوجية للابتكار عاملاً أساسياً لتصميم سياسات الابتكار التي تخصص الموارد بكفاءة للحث على الابتكار وتوجيهه نحو الاحتياجات الفعلية للعالم.

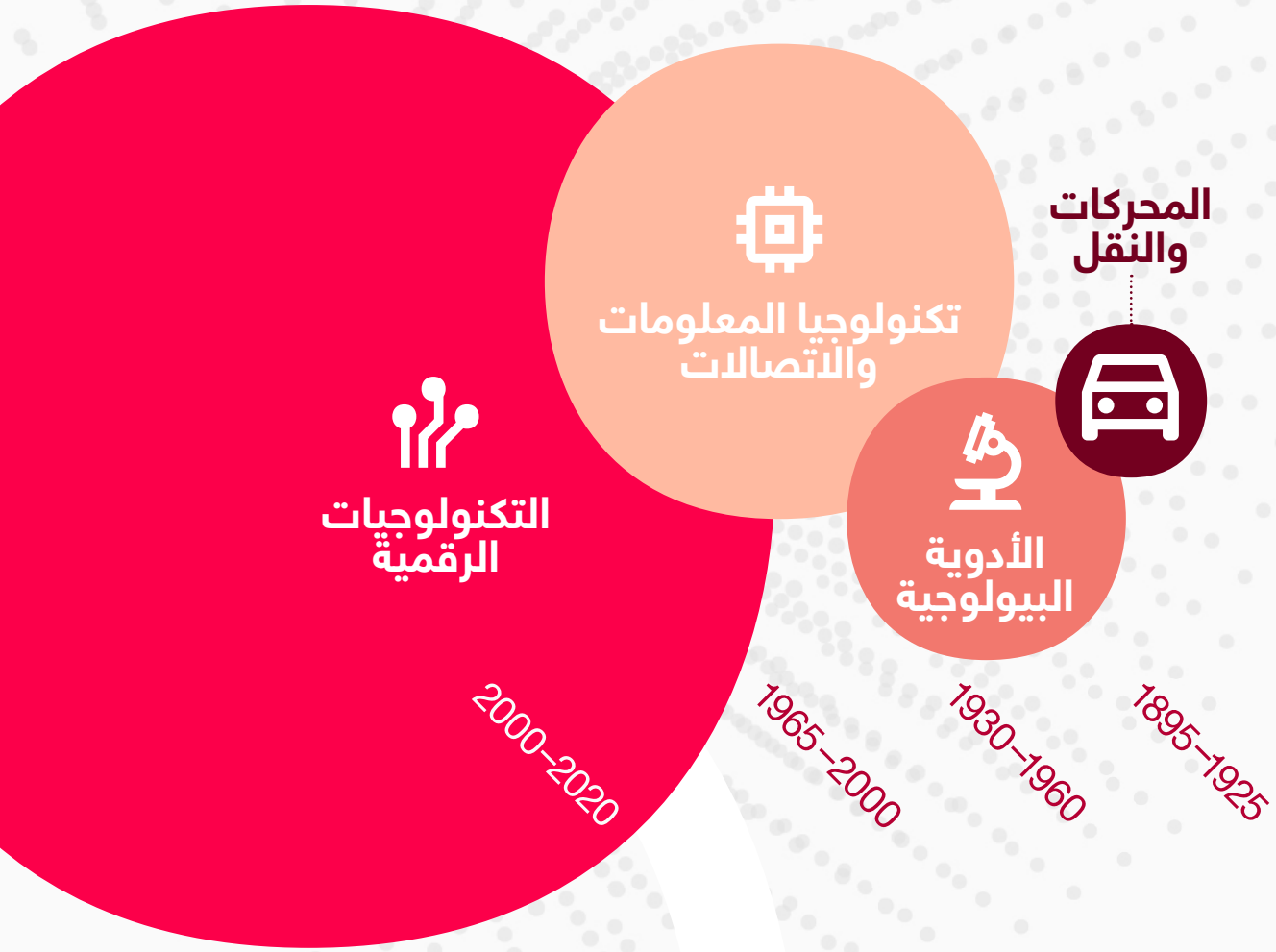
وتساهم الاكتشافات العلمية السابقة في منتجات المستقبل المبتكرة الجديدة. وقد أتاح البحث الأساسي الذي تم إجراؤه على مر السنين والتقدم المحرز في علم الأحياء وعلم الوراثة إمكانية تطوير لقاحات كوفيد-19 بسرعة كبيرة (انظر الفصل الثالث). وتعمل اختيارات الحكومة والمستهلكين الخاصين على إرشاد المهندسين ورواد الأعمال بشأن المنتجات الجديدة التي يتعين تطويرها.

وهناك اليوم تكنولوجيات عديدة على وشك إحداث تحولات كبيرة: الطاقات المتجددة، وتحوير الجينات وتكنولوجيات النانو، على سبيل المثال. وأحدثت ثورة صناعية جديدة قائمة على التكنولوجيات الرقمية بالفعل تغييرات عميقة في الاقتصاد العالمي، وتعيد تشكيل سلاسل القيمة (الإمداد) الدولية والمحلية وتعيد تشكيل دور العمالة في صناعات الخدمات. وسوف تبرز بعض الصناعات، ويختفي البعض الآخر منها.

ويمكن أن تساعد هذه التكنولوجيات الرقمية الجديدة في مواجهة "التحديات الكبرى" للعالم، مثل الاحترار العالمي والجوائح المستقبلية (انظر الفصل الثالث). ولكن كيف يمكن لصانعي السياسات ضمان استمرار الابتكار الضروري؟ وكيف يمكن أن يشجعوا الابتكار في المجالات التي تعزز الرفاهية الاجتماعية مثل التكنولوجيات المستدامة والمسؤولة اجتماعياً؟

ويسعى هذا التقرير إلى تقديم مناقشة بشأن هذه الموضوعات الحاسمة. ويستكشف الفصل الأول العناصر المفاهيمية الرئيسية التي تحكم اتجاه الابتكار، ويعرض القوى الاقتصادية المؤثرة، ويحدد اتجاه الابتكار في سياق النظم الإيكولوجية للابتكار. ويتناول الفصل الثاني فحص هذه المفاهيم في ضوء ثلاث دراسات حالة تاريخية: الابتكار خلال الحرب العالمية الثانية، وتشكيل صناعة الفضاء، وظهور صناعة المعلومات والتكنولوجيا في آسيا. ويتطلع الفصل الثالث إلى ما يمكن أن يفعله الابتكار للتصدي لثلاثة تحديات كبرى محددة - استحداث تكنولوجيات نظيفة لاحتواء الاحترار العالمي؛ وتطبيق الدروس المستفادة من أزمة كوفيد-19؛ والنجاح في مواكبة موجة التكنولوجيات الرقمية الجديدة المثيرة للاضطرابات.

التكنولوجيات
التي تقود نمو الابتكار



تحديد مسار لاتجاه الابتكار

ما هو المقصود باتجاه الابتكار؟ إنه مجموع القرارات التي يتخذها جميع الأفراد والشركات والجامعات والحكومات في أي وقت ما - في أي مجال من مجالات النشاط - بشأن خطوط الابتكار التي يتعين متابعتها. وعلى الرغم من أن الفرص التكنولوجية والعلمية للابتكار قد تكون كثيرة، فإن الموارد - المالية والبشرية - للاستثمار في الابتكار محدودة. وتنتهي بعض القرارات المتعلقة بمتابعة الابتكار بنجاح باهر، كما كان الحال مؤخراً مع لقاحات الحمض النووي الريبي المرسال الجديد (mRNA) التي تم تطويرها لمكافحة المتلازمة التنفسية الحادة الوخيمة الناتجة عن فيروس كورونا[2] التي تُناقش أدناه وفي الفصل الثالث. وتؤدي قرارات أخرى إلى طريق مسدود.

ومن المرجح أن تكون القرارات المتعلقة بالابتكار التي يتخذها الأفراد والشركات مدفوعة بآفاق تحقيق ربح مالي. ولكن يمكن أن يكون لها أيضاً أثر اجتماعي واقتصادي، سواء كان إيجابياً أو سلبياً، يتحقق فيما يتجاوز السياق التجاري المباشر. ولذلك، قد تتواءم القرارات أو تجمع بين التوقعات الاجتماعية والخاصة لاتجاه الابتكار. ويستكشف القسم 1-1 مثل هذه التوقعات من خلال النظر في مفاهيم العائدات الخاصة والاجتماعية للابتكار. وموضوع القسم 1-2 هو النظام الإيكولوجي المعقد لتفاعلات الشركات والجامعات والحكومة. ويستكشف القسم 1-3 القوى الاقتصادية التي تشكل اتجاه الابتكار. ويعرض القسم 1-4 الأدوات الرئيسية للسياسات المتاحة لحث الابتكار ويستكشف كيف يمكن أن تُشكل اتجاه الابتكار. ويناقش القسم 1-5 كيف يمكن أن يتحقق الابتكار في البلدان الأقل نمواً. ويختتم القسم 1-6 الفصل الأول ببعض الملاحظات العامة بشأن اتجاه الابتكار في المستقبل.

1-1 العائدات الاجتماعية والخاصة

تتخذ الشركات الخاصة ورواد الأعمال باستمرار قرارات بشأن الابتكار الذي يأملون أن يفيد أعمالهم. ويقررون ما إذا كان من المجدي مالياً دمج التكنولوجيات الجديدة في عمليات الإنتاج أو تطوير تكنولوجيات أو منتجات جديدة. كما أنهم يقررون نوع الفرص التكنولوجية التي يتعين اتباعها. وعلى سبيل المثال، اختارت الشركات التي تطور لقاحات مرض فيروس كورونا (كوفيد) بين تكنولوجيات اللقاح التقليدية، حيث تُستخدم جرثومة مرضية ضعيفة أو معطلة لبناء الدفاع، أو تكنولوجيا جديدة بشأن الحمض النووي الريبي المرسال. (تستخدم تكنولوجيا الحمض النووي الريبي المرسال جزءاً صغيراً من الشفرة الجينية من فيروس كورونا 2 المسبب للمتلازمة التنفسية الحادة الوخيمة من أجل تحفيز إنتاج الأجسام المضادة كاستجابة مناعية).

والعائدات الخاصة - الأرباح أساساً - على هذه القرارات هي الفرق بين الدخل الذي تحققه الشركات ورواد الأعمال من التسويق التجاري للابتكارات بنجاح مقابل جميع تكاليف التطوير - بما في ذلك أي محاولات سابقة فاشلة. ويمكن أن تخفف الحكومات بعض التكاليف من خلال السياسات الضريبية والإعانات والقروض. كما يمكن أن تضمن دخلاً للابتكار الخاص عن طريق ضمان الأسعار. وتُناقش سياسات الابتكار هذه بمزيد من التفصيل في القسم 1-4.

وتغطي العائدات الاجتماعية أثر الابتكارات على المجتمع ككل، بما في ذلك على الاقتصاد والبيئة الأوسع نطاقاً، وليس الأثر على صافي أرباح الشركات فقط. ويشمل المفهوم جميع منافع أو أرباح الابتكار التي تعود على الشركات الخاصة، إلى جانب الابتكارات العلمية والتكنولوجية التي تم إنشاؤها في الجامعات ومؤسسات البحث العامة. وتنتقل ابتكارات الجامعات ومؤسسات البحث العامة إلى ابتكار القطاع الخاص، بما في ذلك من خلال الشركات الناشئة والشركات المتفرعة التي تطلقها الجامعات.

ويمكن أن يكون للابتكارات أثر اجتماعي واقتصادي تحويلي - للأفضل أو للأسوأ – مثلاً على البيئة أو الصحة العامة أو المجتمعات المحلية أو على فئة سكانية محددة. وفي كثير من الحالات، لا يراعي القطاع الخاص هذا الأثر – الذي يعد من جوانب العائدات الاجتماعية - عند متابعة خط معين من الابتكار. ويصنف الاقتصاديون مثل هذه الابتكارات التحويلية على أنها "خارجية"، لأنها غالباً ما تكون غير مقصودة من قبل أصحاب المصلحة الذين يولدونها.

وعلى سبيل المثال، عندما تطور شركة ما تكنولوجيا جديدة أرخص وأكثر إنتاجية، مع بقاء جميع العوامل الأخرى دون تغيير، فإنها ينبغي أن تستفيد من العائدات الخاصة الموجبة في شكل ربح أكبر، لأنها اكتسبت ميزة تنافسية. ولكن إذا تبين أن التكنولوجيا أكثر مراعاة للبيئة، فإنها ستفيد أيضاً المجتمع الأوسع اجتماعياً واقتصادياً. وكلما زادت سرعة نشر هذه التكنولوجيا الأنظف بين الشركات وفي الأسواق الأخرى، كلما زادت العائدات الاجتماعية. وعلى العكس من ذلك، فإن الشركة الخاصة التي تطور تكنولوجيا جديدة أرخص وأكثر إنتاجية - ولكنها أكثر تلويثاً - قد تحقق أرباحاً أعلى أيضاً، ولكن الأثر الاجتماعي والاقتصادي سيكون سلبياً.

وسوف يغتنم أصحاب المصلحة من القطاع الخاص فرص الابتكار بسرعة أكبر عندما تكون العائدات المتوقعة قريبة المنال ومن السهل الحصول عليها في صورة نقدية. ومن المحتمل أن ينجذبوا لمشاريع الابتكار التي يكون خطر الفشل فيها أقل، وأوقات التطوير أقصر والحجم أصغر (كلما كان الحجم أصغر، كلما كان الخطر أصغر). ومن المرجح ألا يكون العائد النقدي الذي يتحقق من فرص الابتكار التي تبتعد عن هذه المعايير مباشراً بنفس القدر.

وعلى هذا النحو، فإن فرص الابتكار الأكثر خطورة والأطول أجلاً والأكبر حجماً غالباً ما تنطوي على إمكانات عظيمة لتحقيق عائدات اجتماعية إيجابية. وعلى سبيل المثال، تم اعتماد بعض التكنولوجيات الرائدة - مثل المحرك البخاري أو الكهرباء أو الإنترنت – في وقت لاحق على نطاق واسع، مما أدى إلى ابتكارات تبعية عبر العديد من الصناعات المختلفة. وتُعرف هذه بالتكنولوجيات "ذات الأغراض العامة" وتُناقش بمزيد من التفصيل في القسم 1-3. وغالباً لا يحدث مثل هذا النشر على الفور، وقد تبدو الاستثمارات المبكرة غير مؤكدة بل وخطيرة إلى حد ما لبعض الوقت.

وتنشأ العديد من فرص الابتكار عندما يتعلق الأمر بمعالجة أكبر التحديات التي تواجه المجتمع. وتولد تحديات مثل الاحترار العالمي أو الجوائح أو الجريمة ضغوطاً لتوفير تكنولوجيات نظيفة أو لقاحات أو وسائل أفضل لتوفير الأمن. ويمكن للابتكار أن يعزز تقاسم المعرفة أو نشرها وتراكم رأس المال البشري. وقد ترغب الحكومات في أن تسمح الشركات بتشارك ابتكاراتها مع شركات أخرى من أجل الصالح العام للاقتصاد، بما في ذلك بناء قوة عاملة أفضل تدريباً ومهارات، حتى لو كان ذلك سيحد عائدات القطاع الخاص المحتملة على الابتكار.

وتمثل زيادة العائدات الاجتماعية والخاصة على الابتكار مهمة صعبة للحكومات. وغالباً ما تختار أن تقوم بذلك عن طريق تركيز الأنشطة والموارد على الابتكارات التي تؤثر على الصالح العام، أي السلع أو الخدمات المتاحة مجاناً للجميع، مثل الدفاع الوطني أو المعرفة. وعلى سبيل المثال، تمول الحكومات البحوث العامة والتعليم من أجل تعزيز توفير المعرفة العلمية الجديدة ونشرها على نطاق أوسع. كما أنها المصدر الرئيسي للطلب على التكنولوجيات المبتكرة في صناعات استراتيجية معينة مثل الدفاع أو الصحة. ومن الأمثلة الواضحة والحديثة على ذلك مبادرات حكومية مختلفة - على سبيل المثال، عملية Warp Speed في الولايات المتحدة الأمريكية - لتيسير وتسريع تطوير وتصنيع وتوزيع لقاحات وعلاجات وتشخيصات كوفيد-19 (انظر الفصل الثالث، الإطار 3-1).

تتجاوز الفوائد الاجتماعية للقاحات كوفيد-19 فوائدها الخاصة بكثير

الشكل 1-1 تقديرات الفوائد الاجتماعية والخاصة بمليارات الدولارات الأمريكية

المصدر: بناء على تقديرات Fink (2022).

ويتغير اتجاه الابتكار باستمرار بسبب اختيارات وتفاعلات أصحاب المصلحة من القطاعين العام والخاص الذين يتطلعون إلى زيادة العائدات الخاصة والاجتماعية للابتكارات في المجالات والصناعات المختلفة. ويتناول القسم التالي كيف يتفاعل أصحاب المصلحة هؤلاء ضمن نظام إيكولوجي معقد عند تحديد اتجاه الابتكار.

الإطار 1-1
الفوائد الاجتماعية مقابل الفوائد الخاصة لتطوير لقاح كوفيد-19

إن النطاق العالمي لجائحة كوفيد-19 وتأثيراتها الاقتصادية البعيدة المدى تعني أن العائدات الخاصة والاجتماعية للقاح الناجح ستكون بالضرورة عالية. ولكن عالية إلى أي حد بالضبط؟

واستناداً إلى البيانات المتعلقة بأسعار اللقاحات التي تم تسويقها بنجاح وافتراض أن التلقيح سيغطي 75 في المائة من سكان العالم في نهاية المطاف، يقدر Fink (2022) إجمالي الإيرادات الخاصة بما قيمته 130.5 مليار دولار أمريكي. وحتى إذا كانت التكاليف الدقيقة للبحث والتطوير لا تزال غير مؤكدة، فإن هذا الرقم يمثل عائداً خاصاً كبيراً على الابتكار.

وعلى هذا النحو، فإن الفائدة الاجتماعية للقاحات أعلى بعدة مرات. فهي تتألف من قيمة الأرواح التي تم إنقاذها والإعاقات الصحية التي تم تجنبها، فضلاً عن قيمة خسائر الناتج الاقتصادي التي تم تجنبها عن طريق تخفيف حاجة الحكومات إلى اتخاذ تدابير، مثل عمليات الإغلاق، لاحتواء الجائحة. وتعتمد الدراسة على مسار وبائي معاكس للواقع يسترشد بحالات العدوى قبل اللقاح والوصول الافتراضي لمناعة القطيع. وتُطبق الدراسة بعد ذلك ما يسمى بتقديرات قيمة الحياة الإحصائية وخسائر الناتج العالمية من سنة ما قبل اللقاح وهي 2020 لتقدير فائدة اجتماعية قدرها 70.5 تريليون دولار أمريكي - تتجاوز الفوائد الخاصة بمعامل قدره 887.

وكان من المحتمل أن تُنتج لقاحات كوفيد-19 الناجحة دون أي تمويل عام للبحث والتطوير. غير أن العائد الاجتماعي المرتفع للغاية لابتكار اللقاحات الناجح يؤكد سبب تعبئة الحكومات للتمويل وتقديمها للمساعدة في تنسيق التجارب السريرية وتوسيع نطاق القدرة التصنيعية.

وتستكشف دراسة فينك أيضاً كيف يؤثر ظهور متغيرات الفيروس والحاجة إلى اللقاحات المنشطة والمسارات الوبائية المختلفة على العائدات الخاصة والاجتماعية. وتظل هذه الفوائد عالية مقارنة بالمبالغ المعقولة للاستثمار في البحث والتطوير، ويُنظر إلى الفوائد الاجتماعية دائماً على أنها تتجاوز الفوائد الخاصة بمعامل لا يقل عن 220.

ولا يأخذ حساب العائدات الاجتماعية في الحسبان العديد من الآثار الاجتماعية والاقتصادية التي يصعب تحديدها كمياً، وقد لا تتحقق جزئياً إلا على المدى الطويل. وتشمل هذه قيود الحصول على الرعاية الصحية حيث طغت الجائحة على نظم الرعاية الصحية؛ وخسائر التعليم بسبب الإغلاق المطول للمدارس؛ وفقدان العمال لوظائفهم والخروج بشكل دائم من قوة العمل؛ والزيادات في نسب الدين العام إلى الناتج المحلي الإجمالي مما يضع شكوكاً بشأن استدامة المالية العامة ويزاحم الاستثمارات العامة الأخرى.

وبالإضافة إلى ذلك، تشير الدلائل المبكرة إلى أن الجائحة ترتبط بانخفاض نسبته 5 في المائة في التجارب السريرية لأمراض أخرى غير كوفيد-19،[3] وقد تكون إعادة تخصيص موارد البحث والتطوير في مصلحة المجتمع، نظراً للتهديد الذي يشكله الفيروس؛ ومع ذلك، فقد يأتي على حساب تراجع التقدم في مكافحة الأمراض الأخرى.

2-1 التفاعلات ضمن الأنظمة الإيكولوجية للابتكار

قد تقرّر المؤسسات العلمية أن تؤثر في اتجاه الابتكار نحو عدد من المجالات، بسبل منها تطوير عدد أكبر من البرامج التطبيقية لتدريب المهندسين المختصين أو نقل التكنولوجيا إلى صناعات معينة. أما الصناعات والشركات فقد تقرّر أن تستثمر على نحو مكثّف في مجال البحث والتطوير وغيره من الأنشطة المولّدة للابتكار. وقد تلجأ إلى ذلك بغية خلق تكنولوجيات جديدة أو استيعاب تكنولوجيات قائمة ناتجة عن أصحاب المصلحة في نظم إيكولوجية أخرى للابتكار، على غرار الجامعات والموردين والشركات الأخرى المنافسة.4 ومن شأن الحكومات أن تؤثر في اتجاه الابتكار بتخصيص موارد بشرية ومالية عن طريق طائفة متنوعة من أدوات السياسات العامة (انظر الشكل 4-1).

ويمكن تعريف النظام الإيكولوجي للابتكار على أنه مزيج من جميع أصحاب المصلحة الذين يتخذون خيارات تؤثر على النتائج المتعلقة بالابتكار، وبالتالي اتجاه الابتكار. ويشمل أصحاب المصلحة الشركات، التي تتراوح من الموردين المتخصصين إلى الشركات التي تُصنع من أجل المستهلك النهائي أو تجار التجزئة، وعلى النحو المشار إليه أيضاً المؤسسات ذات المهام العلمية والتكنولوجية، مثل الجامعات أو مؤسسات البحث العامة. ولكن يمكن أن تشتمل النظم الإيكولوجية أيضاً على مؤسسات ليس لها مهمة علمية أو تكنولوجية أولية، مثل الوكالات الحكومية أو المؤسسات المالية أو مكاتب الملكية الفكرية، على سبيل المثال لا الحصر. ولا تُحدد درجة تعريف بيئة الابتكار من خلال درجة تطور مؤسساتها فحسب، ولكن أيضاً من خلال تفاعلاتها. وستؤثر الاختيارات والتفاعلات التي تحدث داخل النظام الإيكولوجي بشكل كبير على اتجاه الابتكار.

تتجمع النظم الإيكولوجية جغرافياً ومواضيعياً

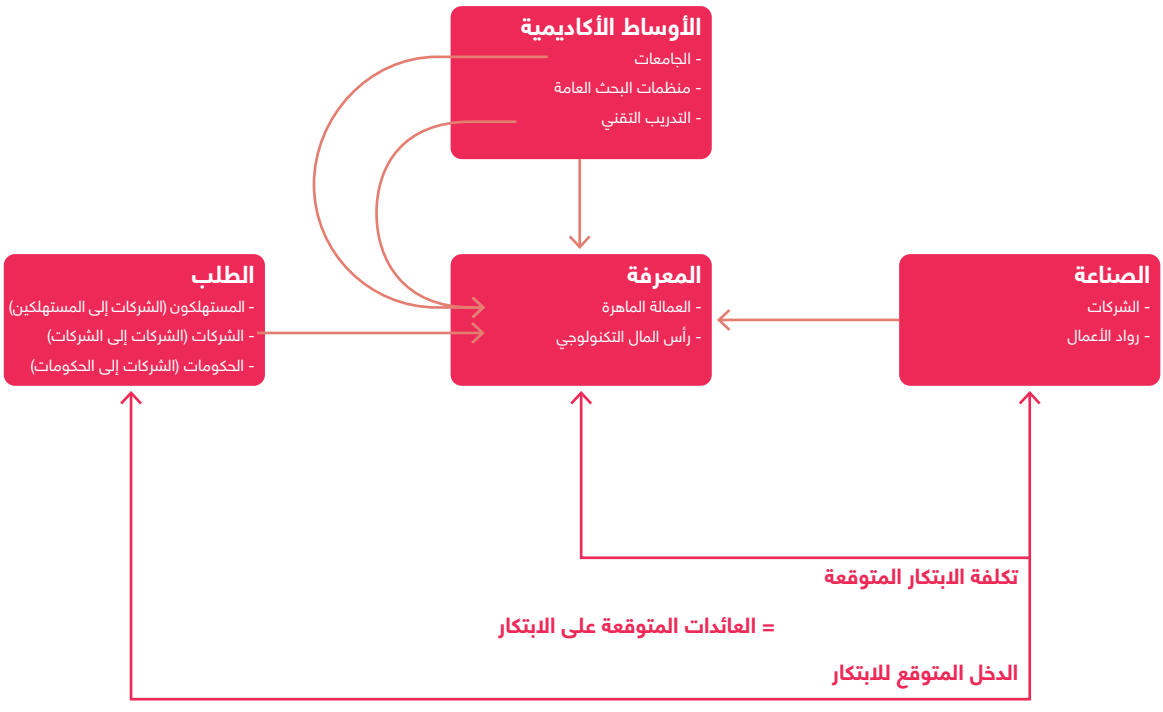
تناولت العديد من فروع أدبيات العلوم الاقتصادية والاجتماعية مفهوم النظم الإيكولوجية للابتكار.[5] ويشارك أصحاب المصلحة داخل النظم الإيكولوجية في تدفقات غير خطية ومترابطة جداً للمعرفة والأفكار التي تؤدي في نهاية المطاف إلى الابتكار.

وخلص إلى أن الابتكار والمعرفة يتدفقان بسهولة أكبر ضمن حدود جغرافية أو مواضيعية معينة.[6] وسيضاعف الأفراد والمؤسسات في نفس المدينة أو المنطقة تفاعلاتهم - الرسمية أو غير الرسمية - مما يولد المزيد من الفرص لتدفق المعرفة ولينطلق الابتكار. وتنطبق نفس القاعدة على نظام إيكولوجي للابتكار يتم فيه تقاسم تكنولوجيات مشتركة أو روابط تجارية، كما هو الحال في سلسلة قيمة عالمية محددة. كما سيتواصل الأفراد والمؤسسات الذين يتشاركون خلفية علمية أو تكنولوجية أو صناعية مماثلة بسهولة، وبالتالي سيتبادلون المعرفة.[7] وتعد المنطقة المحيطة بسان فرانسيسكو المعروفة باسم وادي السيليكون، بنظامها الإيكولوجي المبتكر لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات النابض بالحياة، مثالاً على كل من التركيز الجغرافي والمواضيعي. ومن الناحية الأخرى، تعد سلاسل القيمة العالمية لشركات صناعة السيارات مثالاً على التركيز المواضيعي وليس الجغرافي؛ أي أن الابتكار المحدد للغاية يتدفق في جميع الاتجاهات بين موردي قطع غيار السيارات ومجمعي السيارات في مختلف أرجاء العالم.

وتجدر الإشارة إلى أن القرب الجغرافي والمواضيعي يعتمد على تنقل الأفراد المهرة، الذين يمثلون أفضل قنوات لتدفقات المعرفة، وخاصة أولئك الذين لديهم معرفة ضمنية. ويتنقل الأفراد الموهوبون بين الوظائف داخل نفس النظام الإيكولوجي، فينقلون المعلومات والمعرفة طوال الوقت. غير أن غياب القرب الجغرافي أو المواضيعي

يتفاعل أصحاب المصلحة في النظام الإيكولوجي للابتكار لتحقيق الابتكار

الشكل 1-2 موجز مفاهيمي لتفاعلات أصحاب المصلحة في الابتكار



المصدر: مقتبس من (Schmookler, 1962a) و(Kline and Rosenberg, 1968).

لا يمنع بالضرورة النظم الإيكولوجية للابتكار من الارتباط بأصحاب المصلحة الخارجيين أو بموضوعات علمية وتكنولوجية أخرى.[8]

كيف يحدد النظام الإيكولوجي الاتجاه

يستند التفاعل بين أصحاب المصلحة في النظام الإيكولوجي للابتكار إلى تدفقات المعرفة. وتتراكم تدفقات المعرفة هذه داخل نظام إيكولوجي للابتكار وتحدد فرص الابتكار المحتملة المتاحة لأصحاب المصلحة، الذين يحددون بدورهم اتجاه الابتكار. ويلخص الشكل 1-2 هذه التفاعلات، والتي تُناقش بشكل أكبر على النحو التالي.

في النظم الإيكولوجية للابتكار، يساهم كل صاحب مصلحة في مجموعة المعرفة ويستفيد منها.[9] فيقوم الأساتذة بتدريب علماء المستقبل والتكنولوجيين ورواد الأعمال باستخدام هذه المعرفة في الجامعات أو البرامج التعليمية التقنية، بينما يساهم الباحثون بالمعرفة العلمية الأساسية والتطبيقية الجديدة للمجموعة. ويطبق المهندسون والتقنيون هذه المعرفة عند العمل في شركة أو جامعة أو وكالة حكومية، ويسهم استخدامهم لها في زيادة القاعدة التجريبية والتقنية. ويستفيد رواد الأعمال من هذه المعرفة عند إنشاء شركات جديدة ويضيفون لها عند ابتكار منتج جديد أو عملية جديدة.

فما الذي يحدد اتجاه الابتكار الذي يختاره أصحاب المصلحة؟ هناك العديد من التفاعلات التي تحدث في نفس الوقت. ففي البداية، هناك فضول. ويقود الفضول الباحثين إلى استكشاف مجال علمي جديد والمهندسين إلى تجربة تقنية أو تكنولوجيا جديدة. ولا يقتصر الفضول على برامج بحوث الجامعات والمؤسسات العامة. ولدى المزيد والمزيد من الشركات وحدات هندسية أو حدات بحث وتطوير رسمية، حيث يكثر الفضول العلمي والتكنولوجي. ويمكن للأفراد من خارج الجامعة أو مختبر الشركة أن يثيرهم الفضول أيضاً. فقد كانت إثارة فضول كل من توماس إديسون (ولد عام 1847 وتوفي عام 1931)، مخترع المصباح الكهربائي، من بين أمور أخرى؛ والممثلة والمخترعة هيدي لامار (ولدت عام 1914 وتوفيت عام 2000) وستيف جوبز (ولد عام 1955 وتوفي عام 2011)، المؤسس المشارك لشركة آبل، خارج أي نوع من أنواع الأطر التنظيمية الرسمية.[10]

وتحدد الشركات ورواد الأعمال والحكومات فرص الابتكار بناءً على توقعات بشأن العائدات الخاصة والاجتماعية المحتملة - أي الربح المحتمل لشركة ما أو للمجتمع.

وستجري الشركة التي تفكر في منتج جديد ومبتكر تقييماً لنوع العمالة الماهرة ورأس المال التكنولوجي المطلوب لتطويره وإنتاجه. وقد تكون العمالة والمعدات اللازمة متوفرة بالفعل في السوق أو قد تحتاج الشركة إلى تدريب العمال أو إنتاج المعدات من الصفر. وبسبب المخاطر والتكاليف التي ينطوي عليها ذلك، من المحتمل أن تأتي الابتكارات بشكل أسرع في المناطق التي تتوفر فيها المواهب والمعدات بالفعل. وعلى سبيل المثال، كلما زادت كفاءة علماء ومهندسي الحاسوب وتطورت أجهزة الحوسبة في نظام إيكولوجي للابتكار، كلما زاد احتمال سعي رواد الأعمال والشركات للابتكار المتعلق بتكنولوجيا المعلومات والاتصالات.

وعلى العكس من ذلك، يمكن أن يؤدي نقص رأس المال أو العمالة أيضاً إلى تحفيز فرص الابتكار. ويمكن أن يؤدي نقص الأجهزة المتقدمة المتعلقة بالحوسبة في حد ذاته إلى خلق فرص للابتكار للموردين المتخصصين في صناعة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات مثل أولئك الذين يقدمون خدمات الحوسبة وسعة التخزين المشتركة. كما أن تكلفة العمالة المتخصصة يمكن أن تحفز رواد الأعمال في مجال الأجهزة على إنتاج ابتكار يحل محل العمالة. ويشير العديد من العلماء إلى أن ندرة العمالة في الولايات المتحدة خلال القرن التاسع عشر أدت إلى إعادة توجيه جهود الابتكار نحو التكنولوجيات الموفرة للعمالة بشكل أسرع مما كانت عليه في بريطانيا، التي كانت حتى ذلك الحين رائدة الصناعة في العالم.[11] كما يمكن أن تشجع ندرة العمالة الماهرة الجامعات والوكالات الحكومية على إنشاء برامج تدريب جديدة لتوفير نوع القوة العاملة الماهرة المحددة التي تحتاج إليها صناعات محددة.

ويستجيب الابتكار لفرص تحقيق الأرباح، والتي ترتبط بدورها بحجم السوق الفعلية أو المحتملة.[12] وستحث احتمالات ارتفاع الطلب رواد الأعمال والشركات على الاستثمار، حيث سيكونون متأكدين بشكل أكبر من استرداد تكاليف ابتكاراتهم وتحقيق ربح. وتنطبق وفورات الحجم أيضاً على عملية الابتكار. وكلما زاد عدد الأشخاص الذين يواجهون مشكلة ما، كلما زاد احتمال العثور على حل مبتكر. وعلى نفس المنوال، كلما زاد عدد الأشخاص الذين يفكرون في مشكلة ما، كلما كان من الأسهل العثور على المواهب الإبداعية اللازمة لحلها. وينطبق المنطق نفسه على مدخلات وأدوات محددة.

ويقطع حجم السوق والتفضيلات شوطاً طويلاً نحو تفسير المعدل الذي تبتكر به الشركات في أي اتجاه معين، كما يتضح من أسواق الحواسيب والهواتف المتنقلة اليوم. وكان للطفرة في استهلاك السيارات (والابتكار المرتبط بها) خلال الجزء الأول من القرن العشرين علاقة بالتغيرات الاقتصادية والاجتماعية في مناطق معينة من العالم أكثر مما كان له علاقة بالفرص التكنولوجية. وقد سبقت المعرفة العلمية والتكنولوجيا لمحركات الاحتراق وأجزاء السيارات الأخرى طفرة العرض والطلب. وفي الواقع، يزعم بعض العلماء أن ابتكار السيارات لم ينطلق إلا مع ظهور طبقة وسطى ثرية نسبياً في الولايات المتحدة قادرة على تحمل أسعار السيارات.[13]

ولا تشتمل السوق على المستهلكين النهائيين من القطاع الخاص فحسب؛ بل تشمل أيضاً شركات أخرى في سلسلة الإمداد، فضلاً عن الحكومات والمؤسسات. ويمكن لندرة وتكلفة العمالة الماهرة أو رأس المال التكنولوجي، على النحو المشار إليه، أن تخلق أسواقاً محتملة للشركات التي توفر معدات جديدة أو تقدم تدريباً متخصصاً. وتساعد أسواق "الشركات إلى الشركات" هذه أيضاً على تحديد اتجاه الابتكار. ويمكن أن تحفز تكلفة العمالة الموردين المتخصصين للآلات والمعدات لتطوير الابتكار في مجالات الروبوتات والأتمتة للصناعات الأخرى. وبالمثل، يمكن أن تؤدي تكلفة النقل إلى ابتكار تكنولوجيات الحاويات أو الطباعة الثلاثية الأبعاد.

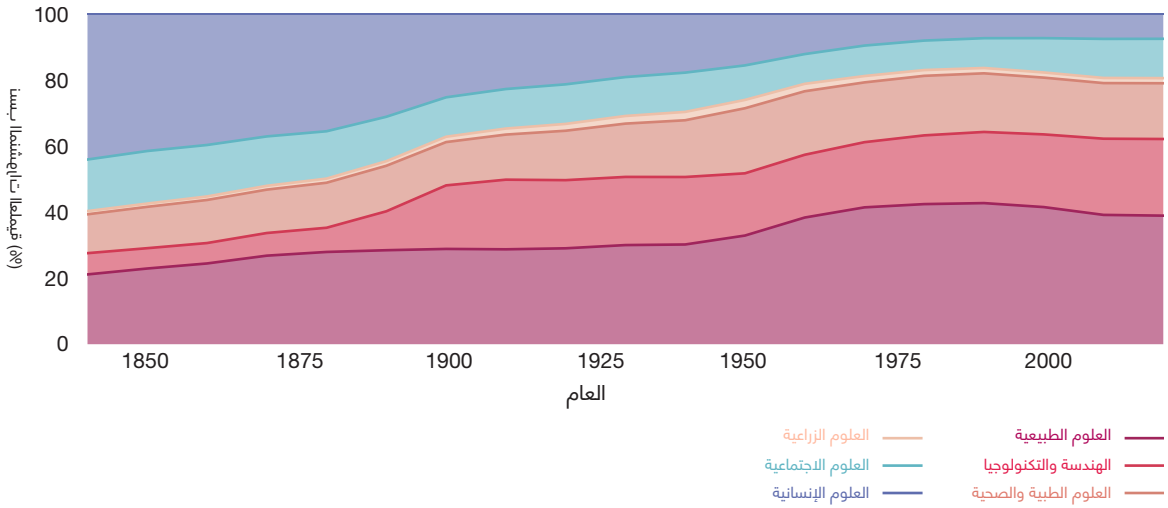
وتتضمن مشاركة الحكومات في الابتكار تمويل البحث والتعليم العام بالإضافة إلى كونها المصدر الرئيسي للطلب على تكنولوجيات الابتكار في الصناعات الاستراتيجية. وغالباً ما تحفز السياسات الحكومية وتدعم التغييرات في البرامج الأكاديمية لزيادة المعروض من العمالة الماهرة. وكان هذا هو الحال بالنسبة لمعاهد البحوث الحكومية التي أُنشئت في جمهورية كوريا في ستينات وسبعينات القرن الماضي؛ على سبيل المثال، المعهد الكوري للعلوم والتكنولوجيا (انظر الفصل الثاني). وهناك أيضاً أمثلة من الصين يعود تاريخها إلى تسعينات القرن الماضي فصاعداً. وفي كلتا الحالتين، عززت المؤسسات تدريب القوة العاملة المتخصصة لصناعة تكنولوجيا المعلومات. وتشتمل المجالات التي تعمل فيها الحكومات كمصدر رئيسي للطلب على تكنولوجيات الابتكار على الدفاع والصحة والتعليم والزراعة.[14]

1-3 القوى الاقتصادية في العمل

إن القرارات التي يتخذها أصحاب المصلحة في نظام إيكولوجي للابتكار تغير اتجاه الابتكار باستمرار. ويستكشف هذا القسم كيف يؤدون إلى "تعميقه" أو "توسيعه".

تحول الناتج العلمي نحو العلوم "الصارمة"

الشكل 1-3 نسب المنشورات العلمية حسب المجال العلمي، 1840-2019



المصدر: Microsoft Academic Graph.
ملاحظة: استناداً إلى المجالات العلمية التي حددتها منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي.

"تعميق" اتجاه الابتكار

تنجذب الموارد الاقتصادية إلى التكنولوجيات الأكثر ربحية والصناعات التي تستخدمها. ويتمثل أثر ذلك في تعزيز القرارات التكنولوجية السابقة وإعطاء الأولوية لأكثر الابتكارات والصناعات نجاحاً. وتؤدي آلية التعزيز هذه إلى "تعميق" قرارات الابتكار الحالية في المجالات العلمية والصناعات، وبالتالي تؤدي دوراً قوياً في تحديد اتجاه الابتكار.

والطريقة التي تؤثر بها الشركات أو الحكومات بشكل مباشر على اتجاه الابتكار هي ببساطة تخصيص عدد أكبر من الأشخاص الموهوبين والمزيد من الموارد المالية لمجال معين أو صناعة معينة. وتؤدي إعادة تخصيص المزيد من العلماء ومعدات البحث والتطوير إلى تسريع وتيرة الاكتشاف العلمي والابتكار في مجال تقني معين. وكان هذا هو الحال، على سبيل المثال، في الجهود المبذولة لاكتشاف مضادات حيوية جديدة خلال النصف الأول من القرن العشرين أو مؤخراً لإنتاج لقاحات كوفيد 19 (انظر الفصلين الثاني والثالث).[15] ومن المرجح أيضاً أن يؤدي تخصيص المزيد من مدخلات الابتكار إلى توليد المزيد من الابتكارات المتعلقة بعمليات الإنتاج. ويمكن لوحدات البحث والتطوير في الشركات إما أن تطور أفكاراً جديدة أو تكيف الأفكار الحالية من أجل زيادة كفاءة إنتاج المنتجات الحالية. وتخلص الدراسات الاقتصادية باستمرار إلى أن الشركات الخاصة والصناعات التي تستثمر أكثر في البحث والتطوير ينتهي بها الأمر إلى إنتاج أكبر قدر مقابل كل وحدة استثمار في رأس مال أو العمالة.[16]

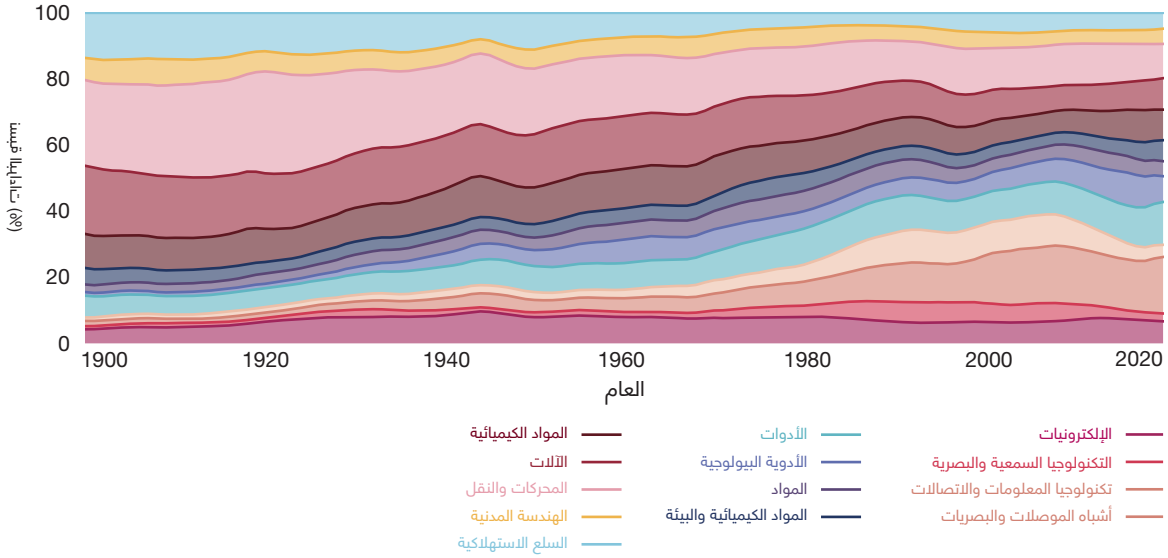
ويرتبط اتجاه الابتكار بطبيعته بتخصيص الموارد. ومن شأن المجالات والصناعات التي تستثمر بشكل منتظم في البحث والتطوير أن تتفوق في نهاية المطاف من حيث الناتج العلمي والتكنولوجي والابتكاري على تلك التي تستثمر أقل. وعلى سبيل المثال، كان الاهتمام العلمي بعلم الفيروسات والاستثمارات في إنتاج لقاحات الفيروسات، منذ قرن مضى، أقل بكثير مما هو عليه اليوم، حتى من الناحية النسبية (أي، مع الأخذ في الاعتبار مستوى المعرفة المختلف الذي كان قائماً). ولم تأت الاكتشافات وحدها في هذا المجال لاحقاً، بل أيضاً إعادة تخصيص موارد لها وللصناعات ذات الصلة بشكل سريع، وهو ما يفسر الاتجاه اللاحق للابتكار وتزايد النشاط. وترجع أصول سلاسل القيمة المتعددة الجنسيات والمعقدة لصناعتي السيارات والطائرات اليوم إلى ابتكارات شبه الهواة التي تم تطويرها في ورش عمل مستقلة وغير رسمية منذ أكثر من قرن. (بدأ الأخان رايت، اللذين يُنسب إليهما الفضل في قيادة أول طائرة تعمل بمحركات، حياتهما المهنية في ورشة لإصلاح الدراجات.) وأصبحت الهواتف المتنقلة والتطبيقات المتصلة بالإنترنت - التي لم تكن موجودة حتى وقت قريب نسبياً - المعيار للعمل والترفيه الآن. وكل هذه أمثلة على الفرص العلمية والتكنولوجية التي انتقلت فيها الحكومات والشركات من عدم تخصيص أي شيء إلى ضخ موارد بشرية ومالية وفيرة على مدار عدد قليل فقط من العقود.

وتشير البيانات التاريخية المتعلقة بالمنشورات العلمية أيضاً إلى تحول سريع في تخصيص موارد الابتكار (انظر الشكل 1-3). ويمكن أن نرى أن نسب المنشورات العلمية حسب المجالات العلمية تعكس تفضيلات أصحاب المصلحة العلميين عبر هذه المجالات، مما يشير إلى الاتجاه الفعلي للعلم، وفي النهاية، الابتكار.[17] وتغيرت نسبة المنشورات عبر المجالات العلمية الرئيسية بشكل كبير بين أوائل القرن التاسع عشر والنصف الثاني من القرن العشرين. وخلال هذه الفترة، زادت النسبة الإجمالية للبحوث المتعلقة بالعلوم الصحية والهندسة والعلوم الطبيعية - التي يطلق عليها غالباً العلوم "الصارمة". ومن أوائل القرن التاسع عشر إلى العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، زادت نسبة منشورات العلوم الطبيعية في مجالات مثل الرياضيات أو الفيزياء أو الكيمياء أو علم الأحياء من 16 في المائة إلى 36 في المائة من إجمالي المنشورات العلمية المسجلة. وفي الفترة نفسها، ارتفعت نسبة المطبوعات المتعلقة بالهندسة من 7 في المائة إلى 24 في المائة، بينما ارتفعت نسبة منشورات العلوم الصحية والطبية من 9 في المائة إلى 16 في المائة.

وبالمثل، يمكن رؤية إيداعات البراءات حسب المجال التكنولوجي على أنها تعكس اتجاه الابتكار الذي يتخذه أصحاب المصلحة. ويبرز التغيير السريع في اتجاه الابتكار بوضوح في التوزيع عبر المجالات التكنولوجية لإجمالي إيداعات البراءات التي تم إيداعها لأول مرة في جميع أنحاء العالم (انظر الشكل 1-4). ومن غير المستغرب، أن المجالات التكنولوجية المتعلقة بتكنولوجيا المعلومات والاتصالات شهدت، خلال القرن الماضي، أكبر نمو في نسبتها. وفي مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، كان أكبر نمو

قرن من التحول من المحركات نحو ابتكار تكنولوجيا المعلومات والاتصالات

الشكل 1-4 نسب البراءات حسب المجال التكنولوجي، 1900-2020



المصدر: قاعدة البيانات الإحصائية العالمية للبراءات للمكتب الأوروبي للبراءات (PATSTAT, October 2021).
ملاحظة: بناء على المجالات التكنولوجية للويبو.

يتعلق بتكنولوجيات الحاسوب، التي استحوذت على أكثر من 10 في المائة من جميع البراءات في العقد حتى عام 2020. ويمكن ملاحظة نمط مماثل في الاتصالات الرقمية والاتصالات وأشباه الموصلات. وكان أكبر تركيز للبراءات في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات على حساب التكنولوجيات "التقليدية"، ولا سيما تلك التي تتعلق بالهندسة الميكانيكية، مثل الآلات والأدوات ومحركات الاحتراق.

وتعزز ديناميات النجاح نمط التعميق. وسيختار العلماء والتقنيون بعقلانية المهن في المجالات والصناعات العلمية الأكثر إنتاجية. وسيعطي رواد الأعمال والشركات الكبرى الأولوية لمشاريع، مثل إنشاء شركات جديدة أو منتجات جديدة، في الصناعات الواعدة. وبمرور الوقت، ستنجذب موارد الابتكار - البشرية والمالية - بشكل طبيعي نحو المجالات والصناعات الأكثر إنتاجية. وتعمل هذه الآلية على تعزيز وتعميق مسارات الابتكار في المجالات والصناعات العلمية الناجحة.

"توسيع" اتجاه الابتكار

تتفاعل الصناعات والشركات والمؤسسات العلمية والتكنولوجية بانتظام داخل النظام الإيكولوجي للابتكار. وتستفيد أنشطتها الابتكارية من الابتكار والأنشطة الاقتصادية التي تحدث حولهم. وتستفيد المجالات العلمية النظرية من استخدام العلماء والمهندسين التطبيقيين للتكنولوجيات بشكل منهجي ومستمر. وغالباً ما تكون الاكتشافات العلمية الجديدة في مجال ما مجرد توليفة لمعرفة من مجالات مختلفة. وتؤثر الاكتشافات العلمية في مجال الفيزياء على صناعات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات بينما تساهم قوة الحوسبة والابتكارات المتعلقة بالتخزين من الشركات الخاصة في الإنتاجية العلمية للباحثين ومؤسسات الفيزياء. وتستخدم مختبرات البحوث البيولوجية بشكل متزايد طابعات ثلاثية الأبعاد مخصصة لإنتاج أدوات ومعدات مختبرية مخصصة لبحوثها. وفي الوقت نفسه، عمد تقنيو الطباعة الثلاثية الأبعاد إلى استكشاف تطبيقات "الطباعة الحيوية"، مثل بناء الأعضاء لزرعها، بناءً على رؤى من العلوم البيولوجية.[18]

وقد بدأت الخطوط الفاصلة بين العلم والتكنولوجيا تتلاشى بشكل متزايد - وهو اتجاه بدأ منذ منتصف القرن التاسع عشر. فصناعات اليوم تلهم المعلومات والتقنيات والأساليب الناشئة في مختبرات العلوم وتستفيد منها.[19] وينطبق ذلك على وجه الخصوص في صناعات التكنولوجيا المتقدمة الحالية، حيث يكون البحث العلمي الأساسي هو الأكثر تأثيراً.[20] وتنتج مختبرات البحث والتطوير في شركات مثل آبل أو غوغل أو هاواوي أو سامسونغ أو تنسنت مخرجات علمية أساسية تساهم بشكل مباشر في ابتكارات كل منها.

وفي بعض الأحيان، يؤدي تخصيص المزيد من الموارد للابتكار في مجال ما إلى زيادة الناتج في مجال آخر. والتاريخ مليء بالحالات التي انتشر فيها الابتكار في صناعة ما إلى الصناعات الأخرى. ومن الأمثلة على ذلك أن المحرك البخاري الذي تم تطوير في الأصل لضخ المياه من المناجم المغمورة بالمياه أصبح المصدر الرئيسي للطاقة للسكك الحديدية والنقل البحري. وقد حولت بعض شركات المواد الكيميائية المشاركة في تطوير المطاط الصناعي لتلبية طلب صانعي السيارات على الإطارات المطاطية، صناعتها في نهاية المطاف وأصبحت جزءاً أساسياً من صناعة السيارات ولم تعد منشآت مواد كيميائية على الإطلاق.

واستفادت الصناعات التي تعتمد على التكنولوجيات السمعية والبصرية أو البيولوجية أو الإدارية من ثورة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. فقد تقدمت الصناعات السمعية والبصرية لفترة طويلة مع الابتكارات في العدسات أو تقنيات التسجيل التماثلية. ولكن شهدت العقود الثلاثة الماضية تجديداً شاملاً للصناعة بأكملها نتيجة التكنولوجيات الرقمية لتسجيل المحتوى ومشاركته. وينطبق الشيء نفسه على الاستخدام المتزايد للتكنولوجيات الرقمية - الأجهزة والبرمجيات على حد سواء - في مختبرات الصناعات الدوائية وأقسام الإدارة في جميع الصناعات. وقد زادت إيداعات البراءات المقدمة من مجالات مثل التكنولوجيات السمعية والبصرية وأساليب تكنولوجيا المعلومات للإدارة، وبدرجة أقل، تحليل المواد البيولوجية. وتشير البيانات الأساسية للبراءات إلى أن ذلك يمكن أن يرجع إلى تبني تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، كما هو موضح في الشكل 1-5.

ويُحدد جزء كبير من اتجاه الابتكار من خلال المعرفة التي تكتسبها الصناعات من خلال الخبرة التشغيلية أو سلاسل الإمداد.[21] ويظهر ذلك بوضوح في حالة صناعة أدوات الآلات والمعدات التي تطور سلعاً رأسمالية جديدة للصناعات الأخرى.[22] ويعتبر دمج الأدوات المبتكرة والمعدات هو أسهل طريق لكي تصبح الصناعات الأخرى أكثر ابتكاراً وإنتاجية. وعلى سبيل المثال، أثرت الابتكارات المستمرة في أدوات الخرط والطحن تأثيراً كبيراً على إنتاجية معظم الصناعات التحويلية. وبالمثل، كان الابتكار في تقنيات البسترة ومعدات التبريد بالغ الأهمية لصناعة الأغذية.

وتوفر تدفقات المعرفة والابتكار عبر المجالات والصناعات للعلماء والمهندسين ورواد الأعمال حافزاً قوياً للانتقال إلى مجالات وصناعات جديدة تطبق التكنولوجيات التي أتقنوها. وعلى عكس "التعميق"، يمكن نقل موارد البحث والتطوير والابتكار بكفاءة، في مرحلة "التوسيع"، إلى مجالات فيها منافسة أقل وفرص أكثر.

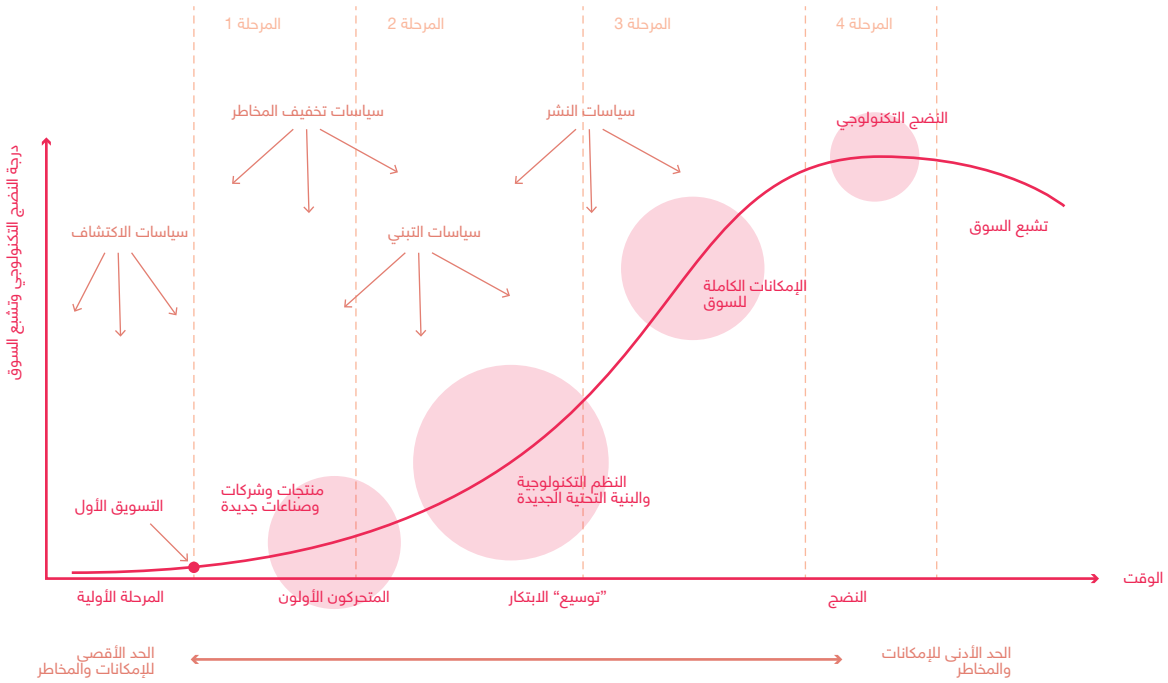
وتنشر آلية التوسيع هذه تكنولوجيا معينة في مجالات وصناعات أخرى، وتعيد توزيع تخصيص الموارد المالية والبشرية وتثير في نهاية المطاف على اتجاه الابتكار.

اختلاف النضج واختلاف العائدات

إذا نجح الابتكار - منتج جديد أو عملية جديدة – فإنه يتقدم من خلال تحسينات متتالية على التكنولوجيا الأساسية التي تتراكم بمرور الوقت. ويعمل أصحاب المصلحة المختلفون على رعاية هذا التراكم من التحسينات. وأثناء المرحلة الأولية لابتكار ما، يشارك عدد قليل فقط من رواد الأعمال وعدد أقل من الشركات في تطوير التكنولوجيا وتحسينها. وببطء، يتسارع تراكم التحسينات على مراحل، ويظهر المخترعون والمبتكرون والمقلدون في تسلسل وينتقلون إلى المجال المعني أو الصناعة المعنية (انظر الشكل 1-5).

يختلف أصحاب المصلحة المعنيين بالابتكار وتختلف المخاطر بين المرحلة الأولية للابتكار الناجح ونضجه

الشكل 1-5 موجز مفاهيمي للنظام الإيكولوجي المتطور للابتكار حول تكنولوجيا جديدة



المصدر: مقتبس من Perez (2003).

ويجلب دخول رواد أعمال جدد وشركات مبتكرة الدراية والأفكار التكنولوجية الجديدة للشركات القائمة. وينتج عن هذا الإدخال الجديد توسيع النطاق التكنولوجي والصناعي للشركات التي تستخدم الابتكار. وهناك عدد كبير من الشركات التي تفكر في كيفية تحسين التكنولوجيا لاستخدامها في حالة معينة. وبمرور الوقت، كثيراً ما تحل هذه الشركات الجديدة محل العديد من الشركات القائمة. وهذا ما يُعرف باسم "التدمير الإبداعي"، حيث تحل الشركات الأكثر إبداعاً - كما هو الحال في أكثر إبداعاً ونجاحاً تجارياً - محل الشركات القديمة.[23]

وتحدد الشركات الجديدة والشركات التي تستطيع مواصلة النشاط اتجاه الابتكار في القطاع المعني خلال هذه المرحلة والمراحل التالية. وفي المراحل اللاحقة، يحدث تعميق لمسار تكنولوجي راسخ في ذلك الوقت، وذلك في معظمه من خلال ابتكار إضافي وتقليد.

ويتفاعل النظام الإيكولوجي للابتكار بشكل مختلف خلال المراحل المختلفة. ومن المرجح أن يؤثر نضج تكنولوجيا معينة على كيف يعمل الابتكار الإضافي، وبالتالي على من يحدد اتجاهه: بالتالي، تملي الشركات الأصغر حجماً وسناً اتجاه الابتكار في مرحلة التوسيع المبكرة، في حين تملي الاتجاه الشركات الكبيرة والمهيمنة على السوق خلال مرحلة التعميق.[24]

فلماذا يحدث هذا؟ هناك اختلافات كبيرة بين العائدات الخاصة والاجتماعية خلال الموجات المتعاقبة من التحسين التكنولوجي. ولا تختلف آفاق العائدات الخاصة اختلافاً كبيراً في كل مرحلة داخل صناعة معينة أو مجال معين فحسب، بل تختلف أيضاً عبر الصناعات التي تكون في مرحلة مختلفة من النضج التكنولوجي.

وأثناء المرحلة الأولية لتكنولوجيا جديدة، عادة ما تكون عائدات الابتكار الخاصة منخفضة، بسبب ارتفاع مخاطر الفشل مقارنة بالتكنولوجيات المنافسة القائمة. ومع ذلك، فإن العائدات الاجتماعية التي تعود نتيجة التطوير الكامل لتكنولوجيا وليدة قد تكون عالية.[25] وبصرف النظر عن جميع التكاليف الخاصة والاجتماعية للشركات الأولى التي لا تستطيع مواصلة النشاط – مثلاً الإفلاس وفقدان الوظائف وما إلى ذلك – فإن المجتمع ككل قد يستفيد على المدى الطويل من النضح والدمج الناتجين عن تكنولوجيا جديدة وإنشاء شركات أكثر كفاءة. وفي الولايات المتحدة، أنتج المئات من صانعي السيارات الخاصة الصغيرة مجموعة متنوعة مكافئة من طرازات السيارات في العقد الأول من القرن العشرين. وبعد عقود قليلة فقط، أصبح بمقدور المستهلكين شراء عدد أقل من الطرازات ولكن طرازات أكثر موثوقية أنتجها إلى حد كبير عدد قليل من الشركات. وأصبحت هذه النسخ الناضجة من السيارات معدات نقل معيارية في العديد من الصناعات، مما عاد بفائدة على المجتمع وليس منتجي ومستهلكي السيارات.

ولا أحد يعرف بالضبط متى أو ما إذا كانت التكنولوجيا ستنطلق. وفي بعض الأحيان، قد يكون هناك وعد أولي بتحقيق عائدات خاصة، ولكن يتبين أن تحقيق هذا الوعد سيكون أكثر صعوبة أو يستغرق وقتاً أطول مما كان متوقعاً. وعلى سبيل المثال، استُخدمت تكنولوجيا الألواح الشمسية في صناعة الفضاء قبل أن تصبح خياراً قابلاً للتطبيق تجارياً لتوليد الطاقة المنزلية (انظر الفصل الثالث).[26]

ومع نمو آفاق العائدات الخاصة، من المرجح أن تدخل شركات أكثر إلى السوق المحددة، وبالتالي سيزيد تأثير الشركات الخاصة على اتجاه الابتكار. وفي المراحل اللاحقة، غالباً ما تكون العائدات الخاصة عالية بما يكفي لتوفير حافز كافٍ لتبني مزيد من الشركات لتكنولوجيات أصبحت في ذلك الوقت ناضجة ودخول السوق.

الصدمات النظامية والتكنولوجيات ذات الأغراض العامة

توجد في بعض الأحيان صدمات "منهجية" كبيرة وغير متوقعة - مثل الصدمات التي تتسبب فيها التكنولوجيات الرائدة الجديدة أو الأزمات الوبائية أو الحروب - التي تهز تفضيلات وأولويات أصحاب المصلحة في النظام الإيكولوجي للابتكار. ويمكن أن تولد هذه الصدمات تغييرات واسعة النطاق تؤثر على العديد من أصحاب المصلحة وتغير طريقة النظر إلى العائدات الخاصة والاجتماعية للابتكار.

ومن حين لآخر، تظهر تكنولوجيا رائدة جديدة يتم تبنيها على نطاق واسع عبر مجموعة واسعة من القطاعات، بينما تكون في الوقت نفسه في تطور تقني مستمر داخل مجالها الأصلي أو صناعتها الأصلية. وتصبح ما تطلق عليه الأدبيات الاقتصادية التكنولوجيا ذات الأغراض العامة، قادرة على تعميق وتوسيع مسارها في نفس الوقت. وهي تتيح الابتكارات التابعة في أماكن أخرى، بينما لا تزال تدفع الحدود التكنولوجية داخل قطاعها (انظر الشكل 1-6). وتتبنى الشركات الجديدة ورواد الأعمال هذه التكنولوجيا ذات الأغراض العامة بالتتابع، مما يؤدي إلى موجات طويلة الأمد من التحسين التكنولوجي التراكمي.[27]

وتميل لحظات مختلفة من التاريخ إلى أن تتسم بتطوير ونشر مجموعات محددة من التكنولوجيات التكميلية عموماً. وتشترك هذه التكنولوجيات في خاصية اختراق مجموعة واسعة من الصناعات واستخدامها في تدريب المهنيين في مجالات جديدة من الهندسة والعلوم التطبيقية الأخرى. وأدت الأمثلة التاريخية التي لوحظت بالفعل على الابتكارات الرائدة مثل الطاقة البخارية والكهرباء ومحرك الاحتراق الداخلي، ومؤخراً تكنولوجيا المعلومات والاتصالات إلى تأثيرات متداخلة عبر المجالات العلمية والتكنولوجية، وكذلك في الصناعات والأسواق.

والتكنولوجيات ذات الأغراض العامة هذه تعيد تشكيل المجموعات الرئيسية من التكنولوجيات بطريقة لا تفعلها أي تكنولوجيات أخرى.[28] ويولد استخدامها على نطاق واسع منافسة على الموارد المالية والبشرية بين القطاع الذي ينتجها والقطاعات التي تطبقها. وهذا هو الحال، على سبيل المثال، في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المستخدمة في مجالات أخرى مثل التكنولوجيا الحيوية. وتعد التكنولوجيات المتعلقة بأساليب تكنولوجيا المعلومات من أجل الإدارة وبتحليل المواد البيولوجية من القطاعات التي تطبق تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتي استمرت في النمو جنباً إلى جنب مع زيادة نسبة البراءات في قطاعات تكنولوجيا الاتصالات والحاسوب الرقمية المولدة لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات. ويعد الطلب المرتفع على العمالة الماهرة في مجال تكنولوجيا المعلومات (أي الأشخاص) ومدخلات أشباه الموصلات (مثل السبائك والرقائق والدوائر المتكاملة، وما إلى ذلك) مثالين على التوتر التنافسي الذي يمكن أن ينشأ بين القطاعات؛ وهو توتر يمكن تسويته من خلال برامج التعليم الجديدة والاستثمارات في طاقة إنتاجية جديدة.

وتغير الصدمات المنهجية القاعدة التكنولوجية الرئيسية للنظام الإيكولوجي القائم للابتكار. وفي حين أنه يمكن ربط معظم هذه الأحداث بلحظة "الاكتشاف الفعلي" - على سبيل المثال اكتشاف البنسلين أو الترانزستور أو نظام CRISPR-Cas9 لتحوير الجينات[29] - فإن الأمر يستغرق سنوات من نشر المعرفة والتحسينات الإضافية التراكمية حتى تؤتي التكنولوجيات الرائدة ثمارها بالكامل.

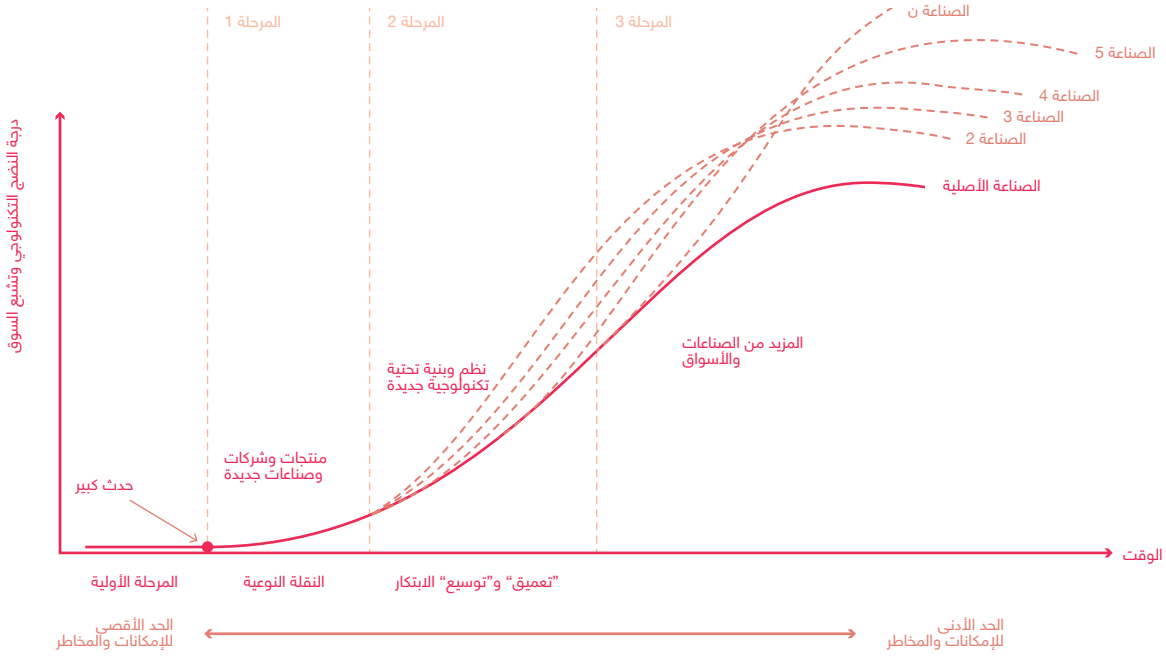
وليس من الضروري أن تكون الصدمات المنهجية ذات طابع علمي أو تكنولوجي.[30] ويمكن أن تتحول الاستثمارات الوطنية الكبيرة في البحث والتطوير تحت ظروف معينة، مثل جائحة كوفيد-19 أو الحرب العالمية الثانية. ويشير هذا إلى أن اتجاه النشاط التكنولوجي يمكن أن يكون مستجيباً للغاية لكل من الاحتياجات الاقتصادية والضرورات غير الاقتصادية.

وهناك صدمات ناتجة عن الكوارث الطبيعية، مثل الزلازل أو أمواج التسونامي أو حرائق الغابات أو الفيضانات أو الجوائح. ويمكن أن تغير هذه الكوارث الطبيعية التفضيلات داخل المجتمع فيما يتعلق بأهمية أي تكنولوجيا بيئية أو زراعية معينة. وهناك صدمات للمصالح الوطنية للبلد، مثل النزاعات المسلحة أو الاضطرابات الجيوسياسية أو الحروب التجارية. ويمكن أن تؤثر هذه الصدمات التي تتعرض لها المصلحة الوطنية على الطريقة التي تعطي بها المجتمعات الأولوية للابتكار في مجال الدفاع، بما في ذلك استكشاف الفضاء، على سبيل المثال. ويمكن لظواهر اجتماعية أخرى - مثل المعتقدات الثقافية والدينية - أن تغير أيضاً تركيز الابتكار، فتؤثر على سبيل المثال على ما يعتبر مقبولاً أخلاقياً في الابتكار الطبي. ويمكن للأحداث الاقتصادية - مثل الأزمات المالية أو التضخم - أن تغير أولويات الابتكار أيضاً من خلال إعطاء الأولوية للتكنولوجيات التي تخفض التكاليف أو الابتكار المتعلق بالمساعدة الاجتماعية.

وعادة ما يُطلب من الحكومات وصانعي السياسات العمل بعد هذه الصدمات المغيرة للأولويات. وللحكومات تاريخ طويل في إعادة توجيه البحوث نحو مجالات محددة مثل الصحة والزراعة، وبالطبع الدفاع. وتعد الحروب من بين الأمثلة الأكثر وضوحاً على صدمة منهجية تحول تفضيلات الابتكار عبر النظام الإيكولوجي. فقد استجابت حكومة الولايات المتحدة للحرب العالمية الثانية من خلال تعبئة النظام الإيكولوجي للابتكار لتطوير تكنولوجيات للاستخدام للأغراض العسكرية. ولكنها حفزت أيضاً تطوير تكنولوجيات الاتصالات والطب، التي كان لها تطبيقات فورية في الأسواق غير العسكرية (انظر الفصل الثاني).[31]

التكنولوجيات ذات الأغراض العامة "تعمق" و"توسع" اتجاه الابتكار

الشكل 1-6 موجز مفاهيمي لدورات التكنولوجيات ذات الأغراض العامة



المصدر: مقتبس من Perez (2003).

4-1 كيف يمكن أن تشكل السياسة اتجاه الابتكار؟

إن الموارد الاقتصادية محدودة ولا يتم تخصيصها لكل مجال علمي أو صناعة علمية بنفس المقدار. ويُنظِم تخصيص الأموال والمواهب الطريقة التي تُشكل بها النظم الإيكولوجية اتجاه الابتكار.[32] والجهة التي تقرر الفرص التكنولوجية التي تُعطى الأولوية في تخصيص الموارد هي التي تحدد في نهاية المطاف اتجاه الابتكار. وتُصمم سياسات الابتكار لتشكيل هذه الأولويات.

ويستكشف هذا القسم أولاً الفئات العريضة لأدوات السياسة المتاحة للحث على الابتكار. وينتقل بعد ذلك لمناقشة بشأن حيادية سياسة الابتكار، قبل تناول الدور الذي تؤديه أدوات السياسات التي تهدف إلى تحفيز الطلب على تكنولوجيات معينة.

الجهة التي تقرر الفرص التكنولوجية التي تُعطى الأولوية في تخصيص الموارد هي التي تحدد في نهاية المطاف اتجاه الابتكار. وتُصمم سياسات الابتكار لتشكيل هذه الأولويات

أدوات سياسة الابتكار

هناك مجموعة كاملة من أدوات السياسات المتاحة لصانعي السياسات الذين يريدون تحديد اتجاه الابتكار. ويستعرض هذا القسم الفرعي هذه الأدوات بشكل عام ويربطها بدورة الابتكار الشاملة - من المرحلة الأولية إلى النضج - كما هو موضح في الشكل 1-5. والأدوات المعنية هي سياسات الابتكار المصممة للحث على الاكتشاف وتخفيف المخاطر وتشجيع التبني والنشر المبكر.

السياسات التي تحث على الاكتشاف

تشتد الحاجة إلى السياسات التي تحفز الاكتشاف العلمي والتكنولوجي عندما يكون عدم اليقين المحيط بالابتكار والمخاطر في ذروتهما. والمثال النموذجي على مثل هذه السياسة هو

البحث الممول من الأموال العامة الذي يجرى في المؤسسات الأكاديمية ومنظمات البحث العامة. ومن خلال أداة السياسات هذه، يمكن أن تمارس الحكومات قدراً كبيراً من التأثير على الاتجاه المحتمل للابتكار، وتعطي الأولوية لأحد المجالات على الآخر. ولكن قد تحتاج الحكومات إلى تمويل برامج لسنوات حتى يظهر اكتشاف واعد تجارياً. وقبل تخصيص الموارد، يتعين إجراء حوار بين صانعي السياسات والمجتمع العلمي حول الاتجاه الذي يجب اتباعه.

وهناك نهج مباشر يُنفذ من خلال المشتريات الحكومية. فعلى سبيل المثال، تستخدم الحكومات عمليات الشراء المباشرة المنتظمة لتحفيز تطوير تكنولوجيات الدفاع والفضاء. ويمكن منح العقود بطرائق مختلفة، وذلك للسماح بالمنافسة أو التعاون بين مختلف أصحاب المصلحة في مجال الابتكار. ومثال على المنافسة هو عندما تجتمع الشركات المتخصصة والجامعات لإنشاء اتحادات لتقديم السلعة المبتكرة المطلوبة. غير أن هذه الأداة تتطلب أن يكون لدى الحكومة معرفة تقنية متعمقة بالنتيجة المحددة وألا تكون قادرة على العمل بموجب عقود معقدة تقنياً فحسب، ولكن أيضاً متابعة الامتثال.

كما يمكن أن تعمل الجوائز الأكاديمية - مثل جوائز نوبل في مختلف المجالات العلمية - أو البراءات بشكل غير مباشر كأدوات لتحفيز الاكتشاف. غير أنه نظراً لأن الجوائز والبراءات لا تُمنح إلا بعد إجراء اكتشاف أو اختراع، فإن تأثيرها ضئيل على اتجاه الاكتشاف.

ويمكن لأدوات السياسات التي تُناقش أدناه أن تحفز أيضاً الاكتشاف، على الرغم من أن تأثيرها عادة ما يكون أقوى في المراحل اللاحقة من دورة الابتكار.

سياسات تخفيف المخاطر والتبني المبكر

يمكن القول إنه يمكن استخدام سياسات تخفيف المخاطر خلال دورة الابتكار بأكملها. ولكن من المرجح أن تكون أكثر فعالية في المراحل الأولى من التطوير بعد الاكتشاف الأولي. وتمثل إعانات البحث والتطوير، والقروض الميسرة - قروض بدون فائدة أو بأسعار فائدة أقل من أسعار الفائدة السائدة في السوق - والحوافز الضريبية للبحث والتطوير ثلاث أدوات نموذجية لسياسات تخفيف المخاطر. وأحد الأمثلة هي إعانات البحث والتطوير الممنوحة للشركات التي تطور لقاحات كوفيد-19 (انظر الفصل الثالث).

ولا تهدف سياسات التبني المبكر إلى الحد من مخاطر الابتكار فحسب، بل تهدف أيضاً إلى زيادة عدد الشركات التي تستخدم تكنولوجيا معينة. وحتى عندما تكون التكنولوجيا واعدة بما فيه الكفاية لاستخدامها - أي أنها تنطوي على مخاطر تبني منخفضة - فإن تكلفتها الحالية قد تحول دون تبنيها. وفي المراحل المبكرة، عادةً ما تُنتج التكنولوجيات الجديدة على نطاق صغير وبشكل غير فعال، مما يزيد التكاليف ويقيد أي ربح محتمل للمتبنين. ويمكن أن تتدخل الحكومات لتعزيز إنتاج تكنولوجيا معينة وبذلك تضمن تحقيق الحجم الكافي لتصبح التكنولوجيا مربحة. وعلى سبيل المثال، خلال الحرب العالمية الثانية، قدمت حكومة الولايات المتحدة الإعانات والقروض الميسرة اللازمة لتوسيع الطاقة الإنتاجية للبنسلين بين شركات الأدوية المترددة في الاستثمار فيما كان في ذلك الوقت دواءً مبتكراً من المضادات الحيوية (انظر الفصل الثاني). كما أن الإعانات والقروض الميسرة والحوافز الضريبية هي أيضاً أمثلة على سياسات التبني التي يمكن تطبيقها على جانب العرض لتوفير حافز مباشر للشركات لتبني تكنولوجيا جديدة لاستخدامها في أنشطة البحث والتطوير أو كمعدات.

ومن الناحية الأخرى، يمكن أن تختار الحكومات تقليل المخاطر أو تحفيز التبني بشكل غير مباشر، عن طريق الحث على استهلاك السلع والخدمات التي تتضمن ابتكاراً مرغوباً. وتشتمل سياسات التبني غير المباشرة هذه على الإعانات الحكومية للمنتجين لإبقاء أسعار التجزئة منخفضة والإعانات للمستهلكين لتشجيعهم على الشراء. ومثال على الإعانات للمنتجين هي المساعدة التي قدمتها الحكومة الألمانية لمنتجي الألواح الشمسية، ومن الأمثلة على الإعانات للمستهلكين هي الإعانات التي قدمتها حكومات عديدة لشراء السيارات الكهربائية من أجل جعلها أكثر جاذبية للمستهلكين (انظر الفصل الثالث).

ويمكن أن تؤثر الحكومات أيضاً على التبني من خلال البرامج التعليمية الممولة من الأموال العامة في الجامعات ومؤسسات التدريب التقني. وتؤثر هذه البرامج على تكلفة وتوافر العمالة الماهرة وتعزز ريادة الأعمال في مجالات مختارة. وقد زودت كليات تكنولوجيا المعلومات في كاليفورنيا صناعات وادي السيليكون بعلماء ومهندسي الحاسوب المهرة - والأرخص. وحفزت هذه الكليات أيضاً جيلاً من رواد الأعمال في وادي السيليكون على تأسيس العديد من الشركات العملاقة في مجال تكنولوجيا المعلومات اليوم.

وعلاوة على ذلك، يمكن أن تكون أدوات الملكية الفكرية أيضاً جزءاً من استراتيجية سياسة التبني. فالبراءات تسمح بفصل اكتشاف الابتكار عن تبنيه. ولا يحتاج المخترعون إلى إنشاء شركة لتطبيق التكنولوجيا – ويمكن أن يتركوا ذلك للآخرين. ويوفر ذلك آلية للتخصص في الابتكار، حيث يمكن للمخترعين الاستمرار في فعل ما يجيدونه وبيع اختراعاتهم لأصحاب المشاريع التجارية الأكثر خبرة.

ولدى الحكومات أدوات سياساتية مختلفة يمكن أن تحفز بها الاكتشاف، وللتكملة، الحث على التبني من خلال توفير نظم الترخيص لمختلف المستخدمين المحتملين. وعلى سبيل المثال، يمكن لمنظمات البحث العامة أن تطبق - بموجب عقود حكومية - نظم ترخيص مختلفة على صناعات أو شركات محددة من أجل تقليل تكلفة التبني للصناعات أو الشركات المستهدفة. وتقدم وكالة الفضاء الأمريكية ناسا شروط ترخيص مختلفة للمقاولين المختلفين، بما في ذلك مجموعة مختلفة من رسوم الترخيص؛ فهي غالباً ما تمنح تراخيص مجانية للشركات الجديدة الناشئة عن مشاريع وكالة ناسا، على سبيل المثال.

ويمكن أن تعمل العلامات التجارية والتصاميم الصناعية أيضاً كحافز للتبني، من خلال منح المتبنين الأوائل الفرصة لتحقيق الدخل من مزاياهم.[33] وكان هذا هو الحال في صناعة الهواتف الذكية، حيث تعتمد شركات مثل آبل أو سامسونغ على قوة تصميماتها وسهولة التعرف على علامتهما التجارية، جنباً إلى جنب مع ابتكار المنتجات، لتأمين مركزهما في السوق.

سياسات النشر

تُنشر التكنولوجيا بنجاح عندما تتبناها معظم الشركات بوصفها المعيار في الصناعة. وفي حالة التكنولوجيا ذات الأغراض العامة، تبدأ العديد من الصناعات الأخرى في تبنيها أيضاً. ويمكن أن تؤثر الحكومات على النشر من خلال تدريب القوة العاملة، والإعانات، والقروض، والإعفاءات الضريبية والمشتريات المباشرة. وعادةً ما يواجه نشر التكنولوجيات التي أثبتت نجاحها في الصناعة الأصلية مخاطر أقل وتكاليف تبني أقل. ولهذا السبب، من المتوقع أن يشارك أصحاب المصلحة من القطاع الخاص بشكل أكبر من الناحية المالية.

هل يمكن أن تكون سياسات الابتكار محايدة من حيث السوق؟

استند جزء كبير من مناقشة سياسة الابتكار إلى الرؤية الاقتصادية التي تفيد بأن إنتاج المعرفة يتسم بخصائص الصالح العام، من حيث يكون من السهل نسخه وبتكلفة بسيطة.[34] ولكن هذا يعني أن الشركات الخاصة والأفراد قد يجدون صعوبة في جني عائدات الابتكارات، لأن هناك آخرين يمكنهم الاستفادة من المعرفة المكتسبة دون دفع تكلفة توليد تلك المعرفة.

وبالتالي، من المرجح أن تحقق الشركات المبتكرة فائدة للنظام الإيكولوجي الشامل للابتكار بفضل المعرفة التي تستحدثها والتي تنتشر إلى الشركات الأخرى، بما في ذلك الموردون والمنافسون. ولكنها ستواجه منافسة أكبر من المنافسين الذين لم يتحملوا تكلفة تطوير تكنولوجيا جديدة وناجحة، بل وسيواجهون خطر أن يتخطاهم المنافسون. وغالباً ما ينظر الاقتصاديون إلى مثل هذه الحالة على أنها إزالة الحافز الاقتصادي للاستثمار في الابتكار، وبالتالي خلق ما يسمى "فشل السوق" الذي يتطلب تدخلاً سياساتياً كإجراء تصحيحي.

وقد هيمنت حجة أنه يتعين تصحيح حالات "فشل السوق" المتعلقة بالابتكار على الكثير من بحوث ومناقشات سياسة الابتكار. غير أن مناقشات السياسة الاقتصادية لم تقترح إلا القليل فيما يتعلق بأين ينبغي أن تذهب استثمارات الابتكار. ويؤكد اقتصاديون آخرون عكس ذلك، حيث يزعمون أن اتجاه الابتكار ليس من شواغل السياسة العامة؛ وهم يرون أن السياسة العامة ينبغي أن تكون محايدة من حيث السوق.[35]

وتسعى سياسة الابتكار المحايدة من حيث السوق إلى تحفيز إنتاج المعرفة والتكنولوجيات الجديدة دون تشويه هيكل السوق الحالي - أي دون تغيير الوضع الراهن في السوق أو تفضيل مشارك على آخر.[36] وعلى سبيل المثال، يحاول العديد من سياسات الابتكار تحقيق الحياد من خلال دعم البحث العلمي والتكنولوجي في الجامعات ومؤسسات البحث العامة، بينما تمتنع عن القيام بذلك للشركات الخاصة. وبدلاً من ذلك، تُترك القرارات المتعلقة بالفرص التكنولوجية التي يتعين اتباعها للشركات الفردية. ولكن من الناحية العملية، من الصعب جداً أن تكون سياسة الحكومة محايدة تماماً من حيث السوق. وقد تؤدي التغييرات التي تحدثها السياسات في اتجاه البحث العلمي والتكنولوجي في نهاية المطاف إلى تغيير اتجاه الابتكار.

وعلاوة على ذلك، هناك تحيز ضمني في سياسات الابتكار "المحايدة". فإذا تُركت الشركات الخاصة تتصرف بنفسها، فمن المرجح إلى حد كبير أن تختار مشاريع ابتكارية ذات عائدات مالية أكثر أماناً وأسرع. وكما تمت مناقشته من قبل، من غير المرجح أن تختار السوق التكنولوجيات الجديدة المحتمل أن تكون مثيرة للاضطرابات، والتي تكون غير مؤكدة وأكثر خطورة، بدلاً من التكنولوجيات الراسخة والناضجة. ومن المرجح أن تؤدي سياسات الابتكار المحايدة التي تسمح للسوق بتحديد اتجاه الابتكار إلى الحد من تنوع الاستثمارات وأفقها إلى درجة غير مرغوب فيها من وجهة نظر المجتمع. ويفضل هذا التحيز نفسه متابعة الابتكار على امتداد المسارات التكنولوجية المربحة بالفعل ويثبط ابتكار المتابعة على امتداد المسارات الجديدة، مما يعزز الدينامية المحافظة.[37]

وفي الختام، يبدو أن حيادية سياسة الابتكار تتعارض مع الممارسة العامة. وقام العديد من الاقتصادات الأكثر تقدم صناعياً - الولايات المتحدة ودول أوروبا الغربية واليابان والصين، على سبيل المثال لا الحصر - بتوجيه جزء كبير من الاستثمار العام في البحث والتطوير إما لإنشاء أو تحفيز تكنولوجيات محددة وأسواقها المكملة لها في مجالات مثل الدفاع القومي أو الصحة العامة أو الزراعة.[38]

وبالمثل، كان صانعو السياسات أكثر ميلاً في السنوات الأخيرة إلى تقديم الدعم المالي المباشر للقطاعات كثيفة البحث والتطوير ذات الأهمية الحاسمة للأمن القومي، مثل أشباه الموصلات.[39]

ونتيجة لذلك، يتفق الباحثون أكثر فأكثر على أن سياسات الابتكار يجب أن تصنع السوق أو تشكل السوق، بدلاً من مجرد السعي لإصلاح فشل السوق.[40] غير أن المعلومات غير الموثوقة - البيانات غير الدقيقة أو غير الكاملة أو الخاطئة، على سبيل المثال - والدرجة العالية من عدم اليقين المحيط بالابتكار تضع حتماً قيوداً على مدى نجاح الحكومات في توجيه اتجاه الابتكار بطريقة مرغوبة اجتماعياً.

سياسات جانب الطلب الموجهة نحو المهمة

غالباً ما يشار إلى سياسات جانب الطلب المتعلقة بالابتكار على أنها سياسات "موجهة نحو المهمة". وتتمثل سماتها الرئيسية في صنع القرار مركزياً وتركيز الموارد على هدف واحد محدد. وبعبارة أخرى، تُحدد الحكومة اتجاه الابتكار وتعمل كمصدر رئيسي للطلب على ابتكار موجه.[41]

والأمثلة النموذجية على البرامج الموجهة نحو المهام هي البحوث الطبية التي أجراها مكتب الولايات المتحدة للبحث العلمي والتطوير، والذي أُنشئ لتعبئة العلوم المدنية خلال الحرب العالمية الثانية، وبرنامج وكالة ناسا للفضاء من أجل الهبوط على القمر. وتظهر دراسات الحالة هذه - التي تُناقش بمزيد من التفصيل في الفصل الثاني - كيف يمكن للمبادرات الهادفة والموجهة نحو المهام للحكومات أن تسهل وتوجه الابتكار نحو حلول تكنولوجية محددة. وكان لهذه المبادرات أهداف واضحة قابلة للتحقيق، وذات نطاق وطني وتنطوي على مجموعة فرعية من الصناعات. وعلى سبيل المثال، عند تطوير التكنولوجيات اللازمة لصناعة الفضاء، كان دور الحكومة هو التغلب على التكاليف الباهظة المتعلقة بتطوير التكنولوجيات اللازمة لاستكشاف الفضاء. وتعزى هذه التكاليف إلى الحجم الكبير للعمل والمدة الأطول اللازمة لتطوير تكنولوجيات غير مسبوقة ذات تطبيق ضيق ومتخصص للغاية.[42]

ويقترح بعض علماء الاقتصاد أنه يمكن أيضاً استخدام أدوات سياسة جانب الطلب للتصدي للتحديات الاجتماعية والبيئية والاقتصادية الرئيسية والمعقدة التي تواجه العالم، والتي يشار إليها أحياناً باسم "التحديات الكبرى".[43] وهي تُصنف على أنها كبرى ومعقدة لأنها متشابكة للغاية وواسعة النطاق، ولكن الأهم من ذلك أنها تتطلب إجراءات عاجلة ومنسقة.[44] وعلى سبيل المثال، لا يمكن تبديد الشواغل البيئية العالمية بدون تنسيق دولي بين الصناعات ومتعدد التخصصات. وعلى الحكومات الوطنية أن تتفق على حلول عالمية، وعلى الشركات أن تضع معايير وأفضل الممارسات على امتداد سلاسل القيمة العالمية بأكملها، وعلى الخبراء العلميين والتكنولوجيين من مختلف المجالات - الطاقة أو التنوع البيولوجي أو الأرصاد الجوية، على سبيل المثال لا الحصر – أن يتعاونوا لإنتاج حلول جديدة (انظر الفصل الثالث).

وإلى حد ما، يتطلب التصدي للتحديات الكبرى أكثر من مجرد سياسات موجهة من الحكومة.[45] ويدعي العديد من خبراء الاقتصاد في مجال الابتكار بأن السياسات الموجهة نحو المهمة لن تكون كافية.[46] والمطلوب هي مبادرات واسعة ممولة بشكل جيد تنشر سياسات الحكومة كعنصر واحد من الحل، وتقر بالحاجة إلى تضافر جهود مختلف أصحاب المصلحة داخل النظام الإيكولوجي للابتكار.[47] ويتطلب ذلك حتماً مشاركة الشركات الخاصة والجامعات ومعاهد البحوث والمجتمعات المدنية والأفراد والمجتمعات الدولية من أجل إحداث التغيير على مستوى العالم. ويتطلب عمل

كل هذه العناصر معاً آلية (أو عدة آليات) للمساعدة في تنسيق الأولويات وتخصيص الموارد للمبادرات الفردية.

وللأسف، لا يوجد حتى الآن مثال كامل على تحد كبير تم التصدي له بنجاح من خلال سياسات الابتكار وحدها. وعلى الرغم من ذلك، فإن الخطوات التي اتُخذت من خلال التعاون والاتفاقات الدولية تسلط الضوء على ضرورة تضافر الجهود في جميع أنحاء العالم للتصدي لهذه التحديات. وعلى سبيل المثال، تُظهر اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ أو مبادرات وقود الطيران المستدام لمنظمة الطيران المدني الدولي الالتزام الدولي بتحقيق أهداف الحد من انبعاثات الكربون والتصدي لتغير المناخ.

5-1 الاقتصادات النامية واتجاه الابتكار

هناك طريقتان رئيسيتان للابتكار في الاقتصادات النامية المنخفضة والمتوسطة الدخل، كما هو الحال مع أي اقتصاد: تكييف التكنولوجيات الأجنبية أو استحداث تكنولوجيات محلياً. ومع ذلك، فإن الاقتصادات النامية، ولا سيما الدول الفقيرة، تختلف عن الاقتصادات المتقدمة. وتختلف المشاكل التي يتعين حلها عن طريق الابتكار اختلافاً كبيراً. وتعتمد قدرة الاقتصادات النامية على استيعاب الحلول التكنولوجية أو توليدها لتلبية احتياجاتها الاجتماعية والاقتصادية المحددة على النظام الإيكولوجي للابتكار المحلي ومدى اتصاله بشبكات الابتكار العالمية.[48]

وفي بعض الحالات، قد لا يكون لدى المشاركين وغير المشاركين في السوق قدرة محلية كافية على الابتكار سواء لتحديد التكنولوجيات الجديدة المطورة في مكان آخر وتكييفها والتعلم منها أو توليد الابتكارات بأنفسهم. وقد تجعل القوة الشرائية المنخفضة من الصعب الوصول إلى الابتكار العالمي لتلبية احتياجاتهم. وقد تكون البنية التحتية الأساسية، مثل الطرق والكهرباء أو الرعاية الطبية، والمؤسسات الكبيرة، مثل القطاع المالي الفعال، ضعيفة أو غير موجودة، مما يجعل بعض التكنولوجيات الأجنبية غير مناسبة. ولذلك، قد يتعين أن يكون الابتكار منخفض المهارات، وصغير الحجم عموماً وموجهاً نحو مجتمعات محلية أو مناطق معينة.

وفي حالات أخرى، قد يكون لدى أصحاب المصلحة في النظام الإيكولوجي للابتكار إمكانية الوصول إلى مستويات مختلفة من القدرة الابتكارية. وتستطيع هذه الاقتصادات – التي عادة ما تقع في شريحة الدخل المتوسط - الاستفادة من قدرتها العلمية ورأس مالها التكنولوجي وعمالتها الماهرة لتضييق الفجوة التكنولوجية بينها وبين الاقتصادات الأكثر تقدماً. وكان هذا هو حال صناعة تكنولوجيا المعلومات في العديد من اقتصادات شرق آسيا - كما تُناقش بمزيد من التفصيل في الفصل الثاني - التي تمكنت من الاندماج بشكل كامل في الاقتصاد العالمي كجهات مشاركة أساسية ونشطة في سلاسل القيمة الدولية.[49] وأصبح عدد قليل منها - بما في ذلك الصين والهند - مصادر للابتكار في العديد من المجالات التكنولوجية وتشارك بنشاط في شبكات الابتكار العالمية من خلال المساهمة بالمعرفة العلمية والتكنولوجيات والسلع والمعدات التكنولوجية المتقدمة.[50]

تكييف التكنولوجيات الأجنبية

يميل تكييف التكنولوجيات الأجنبية وفقاً لاحتياجات أسواق الاقتصادات النامية إلى أن يكون تدريجياً، بإدخال تحسينات محدودة على التكنولوجيا الأصلية. ولكن ليس من السهل نقل جميع التكنولوجيات الأجنبية إلى الاقتصادات النامية.

تعتمد قدرة الاقتصادات النامية على استيعاب الحلول التكنولوجية أو توليدها لتلبية احتياجاتها الاجتماعية والاقتصادية المحددة على النظام الإيكولوجي للابتكار المحلي ومدى اتصاله بشبكات الابتكار العالمية

ولا تكون كل الابتكارات الواردة من أماكن أخرى ذات صلة باحتياجات الاقتصادات النامية. وتكون الابتكارات الواردة من الاقتصادات عالية الابتكار - في الغالب أوروبا الغربية وأمريكا الشمالية وشرق آسيا - مصممة للاقتصادات ذات الصناعات التي عادة ما تكون أكثر كثافة في رأس المال نتيجة الارتفاع النسبي للأجور؛ والتي لديها العمالة الماهرة اللازمة لتنفيذ الابتكارات وتشغيلها؛ ولديها عمليات الإنتاج الضخم باستخدام بنية تحتية عالية الجودة؛ ويتمتع المستهلكون فيها بقوة شرائية عالية.[51] وعلى النقيض من ذلك، كما أشير بالفعل، تميل الاقتصادات النامية إلى امتلاك عمالة وفيرة نسبياً ولكنها أقل مهارة؛ وتكون مقسمة باحتياجات متنوعة؛ ولديها بنية تحتية ضعيفة أو معدومة؛ ويتمتع المستهلكون فيها بقوة شرائية منخفضة نسبياً. وغالباً ما تجعل هذه الاختلافات التكنولوجيات الواعدة أقل ملاءمة لاحتياجات الاقتصادات الفقيرة.[52]

ويقدم تبني الأتمتة في صناعة الملابس بجنوب أفريقيا مثالاً على ذلك. فقد تحولت شركات الملابس في جنوب أفريقيا نحو الإنتاج كثيف رأس المال، ولكن كان استيعاب تكنولوجيات الأتمتة محدوداً. ويعد عدم إمكانية الحصول على رأس المال، وعدم اتساق حجم الطلبات، ونقص الدعم الحكومي، وانخفاض الهوامش، وانخفاض ربحية الصناعة بشكل عام بعض العوامل التي تفسر عدم الأتمتة.[53]

وحتى لو كان الابتكار الواعد مناسباً للاحتياجات المحلية، فإنه غالباً ما يكون مكلفاً. ويتطلب تكييف التكنولوجيات الواعدة لتكون ميسورة التكلفة مستويات عالية من المعرفة التقنية. ونظراً لأن السعر يمثل أحد القيود الرئيسية، فإن معظم جهود الابتكار تكون موجهة نحو خفض التكاليف، إما من خلال استخدام مدخلات أرخص، مثل المواد الخام المحلية لتحل محل المواد الأصلية، أو إزالة ميزات التكنولوجيا لترك ما هو ضروري فقط. وغالباً ما يشير الاقتصاديون إلى هذه الابتكارات على أنها ابتكارات "مقتصد" أو "جوغاد" (مصطلح هندي للابتكار غير التقليدي) أو ابتكارات "أسفل الهرم"، حيث يتم إنتاجها مع مراعاة الاحتياجات المحلية والقوة الشرائية.[54]

وأحد الأمثلة على الابتكار "المقتصد" هي شركة ترانسيون – وهي الشركة المُصنِعة للهواتف المتنقلة الصينية ومزودة الخدمة ومقرها في شينزن - والتي قامت بتكييف هواتف متنقلة خصيصاً للسوق الأفريقية. وفي حين أن شركة ترانسيون غير معروفة نسبياً في الصين، فقد استحوذت على أكثر من 40 في المائة من سوق الهواتف المتنقلة في أفريقيا، متفوقة على شركات أمثال آبل وهاواوي ونوكيا وسامسونغ وزياومي، ولا سيما في شريحة التكلفة المنخفضة.[55] وفهمت هذه الشركة الصينية طلب العديد من المستهلكين الأفارقة للهواتف المتنقلة المنخفضة التكلفة، ولكن بتكنولوجيا تعالج مشاكل مثل ضعف إشارات وتغطية الشبكات والوصول غير الموثوق إلى الكهرباء، من بين أمور أخرى. وأنتجت شركة ترانسيون هواتف بأسعار معقولة باستقبال فعال للإشارات وعمر بطارية طويل وتطبيقات مصممة خصيصاً لتفضيلات السوق المحلية.[56]

كما أن الاقتصادات النامية غير متجانسة إلى حد كبير، وهناك فجوة كبيرة بين الاقتصادات الناشئة سريعة النمو والاقتصادات الأقل نمواً. وفي حين يمكن نقل التكنولوجيات من الاقتصادات النامية إلى الاقتصادات الأخرى، فإن النجاح في نقلها يعتمد على أن تكون احتياجات ومهارات اقتصاد المقصد مماثلة لتلك القائمة في المصدر.

وعلى سبيل المثال، كاقتصاد ناشئ معروف بإنتاجه وابتكاره في المجال الزراعي، يمكن اعتبار التكنولوجيات الزراعية البرازيلية ملائمة ومناسبة للاقتصادات النامية الأخرى. وكان العديد من صانعي السياسات ومجموعات المصالح الصناعية في أفريقيا يأملون في نشر الجرارات البرازيلية، والتي تتكيف بشكل كبير للغاية للزراعة المحروثة كبيرة الحجم، وأدوات الزراعة اليدوية البسيطة المعروفة باسم ماتراكاس (matracas)، والتي يمكن استخدامها في الأراضي غير المحروثة وفي المناطق الزراعية الأصغر والمتناثرة. غير أن تبني الجرارات فشل، حيث تتطلب صيانة كثيرة وتدريباً كبيراً - ولكن كان أداء الماتراكاس جيداً نسبياً. وتفسر خصائص الزراعة الأفريقية جزئياً هذه النتائج. فهي تتميز بمناطق زراعية صغيرة، تعتمد على العمالة الوفيرة المنخفضة المهارة والمواد والموارد والمعرفة المستمدة من مصادر محلية.[57]

يجب أن تراعي الحلول المنظور المحلي

هناك عناصر مشتركة في الأمثلة أعلاه: تتطلب المشاكل المحلية حلولاً تتماشى مع الظروف المحلية. وتشمل هذه الظروف في كثير من الأحيان عدم إمكانية الحصول على التمويل؛ وعدم كفاية البنية التحتية للطاقة والنقل والاتصالات؛ وندرة العمالة الماهرة، على سبيل المثال لا الحصر. ويجب أن يشمل الابتكار في الاقتصادات النامية أيضاً مشاركين من خارج السوق، مثل المؤسسات البحثية والوكالات الحكومية والمنظمات غير الحكومية، لكي تلبي الاحتياجات المحلية.

ومن الأمثلة على ابتكار ناجح تم تكييفه وفقاً للاحتياجات الاجتماعية المحلية هو M-PESA، وهي خدمة كينية للدفع عبر الأجهزة المتنقلة للأشخاص الذين ليس لديهم إمكانية الوصول إلى نظام مصرفي وعادةً ما يعملون في القطاع غير الرسمي.[58] وتستفيد هذه الخدمة من تكنولوجيا الرسائل القصيرة عبر الهواتف المتنقلة لتمكين التحويل الإلكتروني الآمن للنقود عبر جميع الهواتف المتنقلة تقريباً. ويرجع انتشار استخدام M-PESA بشكل سريع إلى الابتكار الذي تم تصميمه وفقاً لطلبات المستخدمين في السوق المحلية الحريصين على الوصول إلى نظام مالي.[59] وأقيمت هذه الشراكة بين القطاعين العام والخاص - والتي تشمل شركة أجنبية وشركة تابعة محلية ومؤسسة محلية للتمويل بالغ الصغر وبنك كبير من بنوك شرق أفريقيا - بالتشاور مع الجهات الفاعلة في السوق ومن خارج السوق، مثل مؤسسات التمويل البالغ الصغر والمنظمات غير الحكومية والهيئات التنظيمية للصناعة. وكان لهيئة الاتصالات في كينيا، وهي الهيئة التنظيمية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات في البلد، دور حاسم في المساعدة على إضفاء الشرعية على المنصة وتعزيز نشرها.[60]

وقد تفتقر الاقتصادات النامية في كثير من الأحيان أيضاً إلى المؤسسات التي تسهل الابتكار وتدعمه، تاركة هذه الأنشطة للقطاع غير الرسمي.[61] ولكن قد يكون مجال توسيع نطاق الابتكارات المستحدثة داخل القطاع غير الرسمي محدوداً. وغالباً ما لا توثق هذه الأنواع من الابتكارات في المقالات العلمية أو النشرات التكنولوجيا أو البراءات - مما يجعل من الصعب جداً استنساخها ونشرها. وغالباً ما لا يجذبون اهتمام صانعي سياسات الابتكار، حيث لا ترصدها بشكل جيد مؤشرات الابتكار المعتادة، مثل الاستثمار في البحث والتطوير، أو أعداد العمالة الماهرة أو المنشورات العلمية والبراءات. ولهذا السبب، غالباً ما يشار إلى مثل هذه الابتكارات المحلية على أنها ابتكارات "لا يلتقطها رادار".[62]

ولا ينبغي النظر إلى التكيف وفقاً للاحتياجات المحلية على أنه ابتكار منخفض الجودة. ويمكن أن يؤدي التكيف المحلي للتكنولوجيات الأجنبية إلى ابتكارات ذات قيمة متساوية للاقتصادات الصناعية. وغالباً ما يشار إلى مثل هذه الحالات باسم "الابتكار العكسي". فعندما قامت شركة جنرال إلكتريك الأمريكية بتكييف أجهزة تخطيط كهربائية القلب وأجهزة الموجات فوق الصوتية للمستهلكين الريفيين في الهند والصين، فإنها اعتمدت على الشركات الهندية والصينية الفرعية لإعادة هندسة التكنولوجيات لتكون أصغر وأرخص. وكانت النتيجة ناجحة للغاية لدرجة أن شركة جنرال إلكتريك بدأت في نهاية المطاف في بيع هذه الوحدات المتكيفة للمستهلكين في الاقتصادات ذات الدخل المرتفع أيضاً.[63] ومن الأمثلة الأخرى سيارة رينو داتشيا لوجان، المصممة للأسواق ذات الدخل المنخفض في أوروبا الشرقية والتي حققت نجاحاً في وقت لاحق في فرنسا؛ أو معكرونة ماجي المجففة والمنخفضة التكلفة وقليلة الدسم لشركة نستله، والتي تم تطويرها لأول مرة للبيع في المناطق الريفية في باكستان والهند ولكنها وجدت أيضاً أسواقاً قوية في نيوزيلندا وأستراليا.

6-1 اتجاه الابتكار في المستقبل

يمكن للابتكار أن يساعد بالتأكيد في التصدي للتحديات الكبرى التي يواجهها العالم أو على الأقل تخفيفها، سواء كان ذلك تغير المناخ أو عدم المساواة أو الحاجة إلى زيادة إنتاج الغذاء أو تحسين الوصول إلى المياه والصحة والتعليم. ومع ذلك، فإن مجرد رفع المعدل العام للتغيير التكنولوجي قد لا يكون كافياً. ويشبه العديد من هذه التحديات المنافع العامة، ونتيجة لذلك من غير المرجح أن يخصص القطاع الخاص موارد ابتكار كافية لحلها. ولا يمكن التصدي لبعض التحديات، ولا سيما تغير المناخ، بجهود القطاعين

العام والخاص داخل اقتصادات فردية بمفردها. وستستفيد جميع الدول من سياسات الابتكار المتعلقة بتغير المناخ، ولكن لن يستفيد أحد إذا نفذتها قلة فقط. ويمكن القول إن نفس المنطق ينطبق على الاستثمار في الابتكار لأي من التحديات الكبرى. ولذا يبدو أن هناك حجة قوية يجب طرحها لسياسات الابتكار الدولية والمتعددة الأطراف التي تحدد الاتجاهات الرئيسية.[64]

ويأتي بعض الأمل من الأدلة المتزايدة التي تشير إلى أن التكنولوجيات الرقمية ستثبت أنها تكنولوجيا جديدة ذات أغراض عامة. ومن المرجح أن تؤدي ثورة صناعية رابعة قائمة على هذه التكنولوجيات إلى تحقيق جميع أنواع مكاسب الإنتاجية عبر مجموعة واسعة من الصناعات. وقد تكون بمثابة نقطة انطلاق ليوفر القطاعان الخاص والعام الحلول التكنولوجيا اللازمة للتصدي للتحديات في مجالات الصحة والتعليم وتغير المناخ. ومن المحتمل أيضاً أن تغير الطريقة التي تصمم بها الحكومات سياسات الابتكار وتقدم الخدمات العامة في هذه المجالات. ويتم استكشاف هذه المسائل بمزيد من التفصيل في الفصل الثالث.

الملاحظات

1 وضع Acemoglu (2011) نموذجاً للتقدم التكنولوجي يفيد بأنه من المحتمل أن يكون تنوعه ضئيلاً للغاية، لأن الشركات لا تستثمر في التكنولوجيات البديلة، حتى عندما يمكن توقع النجاح. وخلص بحثه النظري إلى أنه في حين تستخدم الشركات الابتكارات لتحقيق مكاسب في الوقت الحالي، فإنها لا تُدمج كامل الفوائد المستقبلية الناتجة عن هذه الابتكارات البديلة، لأنه من المرجح أن يتم تعميق الابتكارات الناضجة الحالية قبل أن يتم تسويق التكنولوجيات البديلة بطريقة تحقق ربحاً.

2 يختلف نوع الدور الذي تؤديه الحكومات بشكل ملحوظ عبر هذه الأنواع من الصناعات. وللاطلاع على مناقشة، انظر Nelson (2011).

3 انظر Agarwal and Gaule (2021).

4 يناقش Cohen and Levinthal (1990) ازدواجية البحث والتطوير في الشركات الخاصة من حيث مدخلات الابتكار والقدرة الاستيعابية. وواصل Crepon et al. (1998) استكشاف تجريبياً كيف ترتبط القدرة الاستيعابية ومدخلات ومخرجات البحث والتطوير والإنتاجية.

5 هذه أطر متوافقة إلى حد كبير تشير إلى بيئة معقدة من أصحاب المصلحة المعنيين بالابتكار. ويقدم Edquist (1997)، و(2002) Carlsson et al.، و Bikar et al. (2006)، و(2006) Godin و(2006) Sharif استعراضات شاملة للأدبيات المتعلقة ببيئات الابتكار. والأطر المفاهيمية الرئيسية هي: "نظام الابتكار الوطني" (Pavitt, 1984؛ و Freeman, 1995؛ و Lundvall, 1988؛ و Nelson, 1993)؛ و"الاقتصاد القائم على المعرفة" (David and Foray, 1995؛ و Foray, 2018)؛ و"إنتاج جديد للمعرفة" (Gibbons et al., 1994)؛ و"الحلزون الثلاثي" (Leydesdorff and Etzkowitz, 1996). وخلص مؤلفو "نظام الابتكار الوطني" و"الاقتصاد القائم على المعرفة" إلى وجود أرضية مشتركة كبيرة (Foray and Lundvall, 1996)، بعد وضع المناقشة بشأن المعرفة الضمنية والمقننة جانباً (Cowan et al., 2000؛ و Cowan and Foray, 1997؛ و Johnson et al., 2002). وأشار مؤلفو إطار "الحلزون الثلاثي" إلى وجود أوجه تشابه تحليلية مع نهج "نظام الابتكار الوطني" ونهج "الاقتصاد القائم على المعرفة"، وإلى وجود عمومية أعلى في نفس الوقت (Etzkowitz and Leydesdorff, 2000؛ و Leydesdorff and Meyer, 2006).

6 يلخص التقرير العالمي للملكية الفكرية 2019 (الويبو، 2019، الفصل الأول) التفاعل بين الجغرافيا والابتكار. ويعيد الإطاران المفاهيميان "نظام الابتكار الإقليمي" (Cooke, 1992) و"نظام الابتكار المحلي" (Breschi and Lissoni, 2001) تعريف مفهوم بيئة الابتكار المقيدة جغرافياً على المستويات دون الوطنية.

7 يعيد الإطار المفاهيمي "نظام الابتكار القطاعي" (Breschi and Malerba, 1997؛ و Malerba, 2002) و"نظام الابتكار التكنولوجي (Carlsson, 1997؛ و Carlsson and Jacobsson, 1997) تعريف مفهوم بيئة الابتكار لنفس الصناعات - بما في ذلك سلاسل الإمداد الدولية – أو لكتل من التكنولوجيات ذات الصلة. وبنفس الروح، يستكشف التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2017 (الويبو، 2017) كيفية تدفق الأصول غير الملموسة (بما في ذلك المعرفة والابتكار) داخل سلاسل القيمة العالمية.

8 يصف التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2019 الصادر عن الويبو شبكات الابتكار العالمية التي تربط أكثر النقاط الساخنة كثافة بالابتكار في العالم (الويبو، 2019، الفصل الأول). ويُدرج العديد من الأطر المفاهيمية صراحة الجانب الدولي للابتكار (انظر Amable et al., 1997؛ Barnard and Chaminade, 2012؛ و Carlsson, 2006).

9 يعرف Kline and Rosenberg (1986) ذلك على أنها "المعرفة المتراكمة" والتي تشمل "العلم المعروف" و"المعرفة المخزنة". ويشمل هذا المصطلح "المعرفة المتاحة بالفعل في رؤوس الأشخاص في المنظمة الذين يقومون بالعمل". ويضيف Schmookler (1962a) قائلاً "إن "حالة المعرفة" لا تشمل العلم والتكنولوجيا فقط، ولكنها تشمل أيضاً أي جوانب أخرى للفكر، على سبيل المثال، الفن والدين، والتي تؤثر على تصور الإنسان للكون المادي."

10 طورت هيدي لامار العديد من الاختراعات أثناء كونها ممثلة ناجحة في هوليوود. ففي عام 1941، أودعت براءة لواحدة من هذه الاختراعات باسم Markey Hedy Kiesler، ومُنحت في عام 1942.

11 يشير Acemoglu (2010) إلى ادعاءات حبقوق بشأن العلاقة بين ندرة العمالة والتكنولوجيات الموفرة للعمالة في القرن التاسع عشر. وكان كل من هيكس وماركس داعمين لفكرة أن تكلفة العمالة ورأس المال - أسعار عوامل الإنتاج - يمكن أن يحفزا على الابتكار (Antonelli, 2009؛ و Dosi and Nelson, 2010).

12 انظر Schmookler و Scherer (1982) (1962a, 1962b).

13 انظر Schmookler (1962a).

14 انظر مناقشة في Nelson (2011).

15 انظر أيضاً Sampat (2015)، والتقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2015 (الويبو، 2015، الفصل الثاني).

16 خلص Griliches (1980) إلى وجود علاقة قوية ومتسقة بين استثمارات الشركات الأمريكية في البحث والتطوير والمؤشرات المختلفة لإنتاجية الشركات. وخلص Griliches and Lichtenberg (1984) إلى نتيجة مماثلة بالنسبة إلى 193 صناعة أمريكية.

17 هناك المحاذير النموذجية بشأن قياس اتجاه العلم باستخدام مجموعات رقمية كبيرة من المنشورات العلمية، مثل Microsoft Academic Graph. وعلى وجه الخصوص، لا تحتوي هذه المجموعات على تمثيل جغرافي أو لغوي أو ميداني علمي مثالي. وفيما يتعلق بهذا الأخير، تجدر الإشارة إلى أن الفروق بين المجالات العلمية المختلفة لم تكن موجودة بنفس القدر منذ 200 عام. ففي العقد الأول من القرن التاسع عشر، دمجت منشورات العلماء ببساطة مفاهيم من العلوم الحديثة والعلوم الإنسانية. وبالتالي، يجب تفسير الأرقام على أنها اتجاهات عامة واستخدامها بحذر.

18 انظر الفصل الثالث من التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2015 (الويبو، 2015) للاطلاع على مقدمة لابتكار الطباعة ثلاثية الأبعاد.

19 انظر تعليقات كون على Siegel (1962) و Multhauf (1959) بشأن التقارب غير المسبوق والمتزايد بين العلم والتكنولوجيا منذ ستينات القرن التاسع عشر.

20 انظر Dosi and Nelson (2010)، و Kline and Rosenberg (1986) و Pavitt (1984).

21 انظر Pavitt (1984).

22 يوثق Carlsson (1984) الأثر الكبير على الإنتاجية في الصناعة التحويلية بواسطة هذا النوع من الصناعة.

23 يناقش Joseph Schumpeter (1942) باستفاضة مفهوم "التدمير الخلاق".

24 تتوافق عملية التوسيع مع الانطباعات المبكرة لجوزيف شومبيتر عن الصناعات الجديدة المكونة من الشركات أصغر حجماً وأحدث سناً. وكان هذا هو الحال في بداية صناعة السيارات، عندما حصلت صناعة ناشئة على رعاية ورش عمل صغيرة، شبه حرفية، تتنافس لترسيخ منتجاتها. ويتوافق التعميق مع انطباعاته اللاحقة عن نفس الصناعات، حيث ميزت الشركات الكبيرة الراسخة، على سبيل المثال، صناعة السيارات نفسها. ويميز مليربا هاتين العمليتين بوصفها Schumpeter Mark I و Schumpeter Mark II (انظر Breschi and Malerba, 1997؛ و Malerba and Orsenigo, 1993).

25 "يستلزم إنتاج المعرفة الجديدة عوامل خارجية كثيرة يصعب الحصول عليها، وهو ما يفتح فجوة واسعة بين معدلات العائد الاجتماعية والخاصة على الأنشطة الابتكارية. وتؤدي هذه الفجوة، إلى جانب المخاطر الحادة وشبح الخطر الأخلاقي في تمويل البحث والتطوير، إلى الاستثمار في البحث والتطوير بشكل منهجي بأقل من معدلات الابتكار المنشودة اجتماعياً، وبالتالي تباطؤ النمو الاقتصادي (Trajtenberg, 2011)".

26 للاطلاع على مناقشة بشأن الألواح الشمسية في صناعة الفضاء على وجه التحديد، انظر الفصل الثاني.

27 يستكشف Perez (2003) كيف تأخذ المسارات التكنولوجية، من منظور علم الاقتصاد، شكل موجات "Kondratiev" للتكنولوجيا التراكمية الطويلة الأمد.

28 انظر Bresnahan (2010) للاطلاع على مزيد من المناقشة بشأن التكنولوجيات ذات الأغراض العامة.

29 قدم بحث جينيفر دودنا وإيمانويل شارپنتير بشأن تسلسل الحمض النووي لبروتين Cas9 للمتكررات المتناظرة القصيرة المتباعدة بانتظام منصة لتحوير الجينوم أحدثت ثورة في البحث البيولوجي. وفازا بجائزة نوبل في الكيمياء لعام 2020 على اكتشافهما.

30 استكشف Schumpeter (1939) تعقيد العوامل الخارجية التي تؤثر على التفاعل بين النظم الصناعية والدورات الاقتصادية. وتتماشى الاعتبارات التي حددها مع الصدمات النظامية الوارد وصفها في هذا القسم.

31 انظر Gross and Sampat (2020).

32 تمثل كمية ونوعية موارد البحث والتطوير المستثمرة في الأنشطة المختلفة جوانب من تشغيل نظام الابتكار. ومن الأجزاء الأساسية لمفهوم نظام الابتكار هو كيف تُنظم وتُدار الموارد المخصصة للنهوض بالدراية (Nelson, 2011).

33 آلية تحفيز التبني هذه، بالطبع، ليست مباشرة ولا مؤكد بنفس القدر، وللاطلاع على مناقشة، انظر التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2013 (الويبو، 2013).

34 انظر Arrow (1962) والتقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2011 (الويبو، 2011) للاطلاع على مناقشة بشأن الابتكار كمنفعة عامة.

35 "[في] مجال بحث ومناقشة السياسات، سيطرت على العقود الثلاثة الماضية حجة أن فشل السوق بحاجة إلى تصحيح من أجل الوصول إلى المستوى المنشود من الاستثمارات، ولكن لا ينبغي أن يكون المكان الذي يجب أن تذهب إليه هذه الاستثمارات من شواغل السياسات. ومن الأفضل بكثير ترك هذه المسألة للفوضى السحرية التي يثيرها "صانع الساعات الأعمى". وأصبح أي مفهوم لسياسة التخصص أو المبادرات الاستراتيجية من أعلى إلى أسفل من المحرمات في مناقشة السياسات، ولا سيما في المنتديات الدولية الكبيرة المعنية بالسياسات، وكذلك في المفوضية الأوروبية" (Foray, 2011).

36 يصف Ergas (1987) هذه السياسات المحايدة من حيث السوق بأنها "موجهة نحو النشر"، على نقيض السياسات "الموجهة نحو المهام" التي تُناقش في القسم الفرعي التالي.

37 Ergas (1987: 1).

38 انظر Foray (2011)، وForay et al. (2012)، وMowery and Nelson (1996)، و(1987) Ergas.

39 انظر، على سبيل المثال، قانون الابتكار والمنافسة لعام 2021 في الولايات المتحدة وقانون استحداث حوافز مفيدة لإنتاج أشباه الموصلات لأمريكا لعام 2021.

40 يقترح Mazzucato (2018) مجموعة أدوات بديلة لوضع سياسات الابتكار حيث تعمل البرامج الموجهة نحو المهام على تشكيل الأسواق القائمة و"المشاركة في إنشاء" أسواق تكميلية أكثر من عملها على إصلاح الأسواق.

41 Ergas (1987).

42 Hertzfeld (2002).

43 يستخلص Mazzucato (2018) دروساً من سياسات الابتكار الموجهة نحو المهام. ويشير Edquist والمؤلفون المشاركون (Edquist and Hommen, 1999؛ و Edquist and Zabala-Iturriagagoitia, 2012) إلى أهمية المشتريات العامة التكنولوجية. ويتنبأ Acemoglu (2011) بأنه سيتعين على صانع السياسات الذي يسعى إلى تحقيق أقصى العائدات الاجتماعية للابتكار تحفيز حافظة ابتكارات أكثر تنوعاً لتوليد معدل نمو أعلى من مخصصات السوق.

44 انظر Mazzucato (2018).

45 تصل اتجاهات مختلفة من الفكر الاقتصادي إلى استنتاج مماثل عند معالجة المسائل المتعلقة بالتحديات الكبرى. ولكنها تختلف في طريقة معالجتها. انظر Aiginger and Rodrik (2020)، وRodrik and Stantcheva (2021)، و(2012) Mowery، و Schot and Steinmueller (2018)، و Mazzucato (2018).

46 انظر Diercks et al. (2019)، وMowery (2012)، و(2010) Mowery et al.، و Schot and Steinmueller (2018).

47 انظر Mowery et al. (2010).

48 يدعي Archibugi والمؤلفون المشاركون معه (1999) أنه ينبغي تحليل مفاهيم نظم الابتكار الوطنية وعولمة الأنشطة الابتكارية معاً، حتى لو كان قد تم تطويرها بشكل مستقل. وانظر أيضاً الويبو (2019).

49 انظر أيضاً الويبو (2017) وKaplinsky (2011) للاطلاع على نظرة عامة على كيف استطاعت هذه الاقتصادات الأقل نمواً بناء قدرات استيعابية وابتكارية.

50 انظر Fu and Gong (2011) وKaplinsky (2011) والويبو (2019، الفصل الثاني).

51 انظر Eckaus (1987)، وEmmanuel (1982)، و(2011) Kaplinsky، و Stewart (1978).

52 انظر Acemoglu et al. (2002) و Stewart (1978).

53 Parschau and Hauge (2020).

54 تميل مفاهيم الابتكارات "مقتصد" و"جوغاد" و"أسفل الهرم" إلى التداخل. ولكن هناك اختلافات طفيفة في تعاريف هذه الأنواع من الابتكار. ويعرِّف العلماء مصطلح "المقتصد" على أنها ابتكارات تم إنتاجها باستخدام مصادر محلية وبمدخلات أرخص، و"جوغاد" على أنها ابتكارات تلبي الاحتياجات الأساسية للفقراء، و"أسفل الهرم" على أنها الابتكارات المكيفة للقوة الشرائية المنخفضة للاقتصادات النامية. وابتكار "جوغاد" هو في الأساس ابتكار "مقتصد" يشمل بُعد اجتماعياً. انظر Fu (2020) و(2011) Martin Kaplinsky (2016) للاطلاع على مزيد من التفاصيل.

55 انظر IDC (2020) وDeck (2020).

56 Qumer and Purkayastha (2019).

57 انظر Cabral et al. (2016).

58 M-PESA هو مزيج من كلمة Pesa السواحيلية التي تعني النقد، بينما يرمز الحرف "M" إلى الهاتف المتنقل.

59 أُطلقت مبادرة M-PESA في مارس 2007 في كينيا. وقد سجلت في شهرها الأول أكثر من 20 000 عميل. وبعد ذلك بعامين، كان لديها 8 ملايين مشترك بشبكة مكونة من 13 000 وكيل. وتم تحويل أكثر من 7.3 مليار دولار أمريكي من خلال المنصة خلال هذين العامين.

60 نشأت المبادرة وراء M-PESA من برنامج المسؤولية الاجتماعية لشركة الاتصالات البريطانية فودافون لتحقيق الأهداف الإنمائية للألفية للأمم المتحدة. وجاء التمويل الأولي للمبادرة من منحة تحدي للقطاع العام، وتحديداً من صندوق تمويل تحدي تعميق التمويل التابع لوزارة التنمية الدولية بالحكومة البريطانية في عام 2003. وقدمت شركة فودافون مبلغاً مماثلاً لقيمة الجائزة وقدرها مليون جنيه إسترليني في شكل تكاليف عينية للموظفين. وللاطلاع على المزيد انظر Hughes and Lonie (2007) وOnsongo (2019).

61 تشير تقديرات منظمة العمل الدولية (2018) إلى أن القطاع غير الرسمي يمثل أكثر من 85 في المائة من العمالة في جميع أنحاء أفريقيا.

62 Fu (2020).

63 انظر Chandran Govindaraju and Wong (2011) وImmelt et al. (2009).

64 انظر Foray (2011).

المراجع

Acemoglu, D. (2010). When does labor scarcity encourage innovation? Journal of Political Economy, 118(6), 1037–1078. DOI: https://doi.org/10.1086/658160.

Acemoglu, D., Aghion, P. and F. Zilibotti (2002). Distance to frontier, selection, and economic growth. Working Paper no. w9066. National Bureau of Economic Research. DOI: https://doi.org/10.3386/w9066.

Acemoglu, D. (2011). Diversity and technological progress. In Lerner, J. and S. Stern (eds), The Rate and Direction of Inventive Activity Revisited. University of Chicago Press, 319–356. Available at: http://www.nber.org/chapters/c12358.

Agarwal, R. and P. Gaule (2021). What Drives Innovation? Lessons from COVID-19 R&D. IZA Discussion Paper, no. 14069. Institute of Labor Economics (IZA). Available at: https://ftp.iza.org/dp14079.pdf.

Aiginger, K. and D. Rodrik (2020). Rebirth of industrial policy and an agenda for the twenty-first century. Journal of Industry, Competition and Trade, 20, 189–207. DOI: https://doi.org/10/ghbttc.

Amable, B., R. Barré and R. Boyer (1997). Les systèmes d'innovation à l'ère de la globalisation. Paris: Economica.

Antonelli, C. (2009). The economics of innovation: From the classical legacies to the economics of complexity. Economics of Innovation and New Technology, 18(7), 611–646.

Archibugi, D., Howells, J. and J. Michie (1999). Innovation systems in a global economy. Technology Analysis & Strategic Management, 11(4), 527–539. https://doi.org/10/cfhphh

Arrow, K.J. (1962). The economic implications of learning by doing. The Review of Economic Studies, 29(3), 155–173. DOI: https://doi.org/10.2307/2295952.

Barnard, H. and C. Chaminade (2012). Global Innovation Networks: Towards a taxonomy. CIRCLE Working Papers, no. 2011/04. Lund University.

Bikar, V., H. Capron and M. Cincera (2006). An integrated evaluation scheme of innovation systems from an institutional perspective. In DULBEA Working Papers, no. 06-09.RS. ULB – Universite Libre de Bruxelles. Available at: https://ideas.repec.org/p/dul/wpaper/06-09rs.html.

Breschi, S. and F. Lissoni (2001). Knowledge spillovers and local innovation systems: A critical survey. Industrial and Corporate Change, 10(4), 975–1005.

Breschi, S. and F. Malerba (1997). Sectoral innovation systems: Technological regimes, Schumpeterian dynamics, and spatial boundaries. In Edquist, C. (ed.), Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations, 130–156.

Bresnahan, T. (2010). General purpose technologies. In Hall, B.H. and N. Rosenberg (eds), Handbook of the Economics of Innovation: Volume 2. North-Holland, 761–791. Available at: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169721810020022.

Cabral, L., A. Favareto, L. Mukwereza and K. Amanor (2016). Brazil's agricultural politics in Africa: More food international and the disputed meanings of "family farming". World Development, 81, 47–60. DOI: https://doi.org/10/gmprks.

Carlsson, B. (1984). The development and use of machine tools in historical perspective. Journal of Economic Behavior & Organization, 5(1), 91–114. DOI: https://doi.org/10.1016/0167-2681(84)90028-3.

Carlsson, B. (1997). Technological Systems and Industrial Dynamics. Springer.

Carlsson, B. (2006). Internationalization of innovation systems: A survey of the literature. Research Policy, 35(1), 56–67.

Carlsson, B. and S. Jacobsson (1997). Diversity creation and technological systems: A technology policy perspective. In Edquist, C. (ed.), Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations, 266–294.

Carlsson, B., S. Jacobsson, M. Holmen and A. Rickne (2002). Innovation systems: Analytical and methodological issues. Research Policy, 31(2), 233–245.

Chandran Govindaraju, V.G.R. and C.-Y. Wong (2011). Patenting activities by developing countries: The case of Malaysia. World Patent Information, 33(1), 51–57. DOI: https://doi.org/10.1016/j.wpi.2010.01.001.

Cohen, W.M. and D.A. Levinthal (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. Administrative Science Quarterly, 35(1), 128–152.

Cooke, P. (1992). Regional innovation systems: Competitive regulation in the new Europe. Geoforum, 23, 365–365.

Cowan, R. and D. Foray (1997). The economics of codification and the diffusion of knowledge. Industrial and Corporate Change, 6(3), 595–622.

Cowan, R., P.A. David and D. Foray (2000). The explicit economics of knowledge codification and tacitness. Industrial and Corporate Change, 9(2), 211–253.

Crepon, B., E. Duguet and J. Mairesse (1998). Research, innovation and productivity: An econometric analysis at the firm level. Economics of Innovation and New Technology, 7(2), 115. DOI: https://doi.org/10.1080/10438599800000031.

David, P.A. and D. Foray (1995). Assessing and expanding the science and technology knowledge base. STI Review, 16. Paris: OECD.

Deck, A. (2020, June 23). Africa's phone phenom: Your guide to Transsion. Rest of World. Available at: https://restofworld.org/2020/transsion-from-china-to-africa.

Diercks, G., H. Larsen and F. Steward (2019). Transformative innovation policy: Addressing variety in an emerging policy paradigm – ScienceDirect. Research Policy, 48(4), 880–894. DOI: https://doi.org/10/ggpsk2.

Dosi, G. and R.R. Nelson (2010). Technical change and industrial dynamics as evolutionary processes. In Hall, B.H. and N. Rosenberg (eds), Handbook of the Economics of Innovation: Volume 1. North-Holland, 51–127. DOI: https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)01003-8.

Eckaus, R.S. (1987). Appropriate technology: The movement has only a few clothes on. Issues in Science and Technology, 3(2), 62–71.

Edquist, C. (ed.) (1997). Systems of Innovation. Routledge.

Edquist, C. and L. Hommen (1999). Systems of innovation: Theory and policy for the demand side. Technology in Society, 21(1), 63–79. DOI: https://doi.org/10.1016/S0160-791X(98)00037-2.

Edquist, C. and J.M. Zabala-Iturriagagoitia (2012). Public procurement for innovation as mission-oriented innovation policy. Research Policy, 41(10), 1757–1769. DOI: https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.04.022.

Emmanuel, A. (1982). Appropriate or Underdeveloped Technology? J. Wiley.

Ergas, H. (1987). Does technology policy matter. In Guile, B.R. and H. Brooks (eds), Technology and Global Industry: Companies and Nations in the World Economy. Washington D.C.: National Academies Press, 191–245.

Etzkowitz, H. and L. Leydesdorff (2000). The dynamics of innovation: From National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university–industry–government relations. Research Policy, 29(2), 109–123.

Fink, C. (2022). Calculating private and social returns to COVID-19 vaccine innovation. WIPO Economic Research Working Paper No. 68. World Intellectual Property Organization.

Foray, D. (2011). Why is it so difficult to translate innovation economics into useful and applicable policy prescriptions? In Lerner, J. and S. Stern (eds), The Rate and Direction of Inventive Activity Revisited. University of Chicago Press, 673–678. Available at: http://www.nber.org/chapters/c12378.

Foray, D. (2018). L'économie de la connaissance: Vol. 3e éd. La Découverte. DOI: https://doi.org/10.3917/dec.foray.2018.01.

Foray, D. and B.A. Lundvall (1996). The Knowledge-Based Economy: From the Economics of Knowledge to the Learning Economy. In Neef, D. et al. (eds), The Economic Impact of Knowledge, 115–122.

Foray, D., D.C. Mowery and R.R. Nelson (2012). Public R&D and social challenges: What lessons from mission R&D programs? Research Policy, 41(10), 1697–1702.

Freeman, C. (1995). The 'national system of innovation' in historical perspective. Cambridge Journal of Economics, 19(1), 5–24. https://doi.org/10/gdk2vr.

Fu, X. (2020). Innovation under the radar: The nature and sources of innovation in Africa. Cambridge: Cambridge University Press. DOI: 10.1017/9781316869482.

Fu, X. and Y. Gong (2011). Indigenous and foreign innovation efforts and drivers of technological upgrading: Evidence from China – ScienceDirect. World Development, 39(7), 1213–1225.

Gibbons, M.R., C. Limoges, H. Nowotny, S. Schwartzman, P. Scott and M. Trow (1994). The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies. Sage Publications Ltd.

Godin, B. (2006). The knowledge-based economy: Conceptual framework or buzzword? Journal of Technology Transfer, 31(1), 17–30.

Griliches, Z. (1980). Returns to research and development expenditures in the private sector. In Kendrick, J.W. and B.N. Vaccara (eds), New Developments in Productivity Measurement and Analysis. University of Chicago Press (for the National Bureau of Economic Research), 419–462. Available at: http://www.nber.org/books/kend80-1.

Griliches, Z. and F. Lichtenberg (1984). R&D and productivity growth at the industry level: Is there still a relationship? In Griliches, Z. (ed.), R&D, Patents, and Productivity. University of Chicago Press, 465–502. Available at: http://www.nber.org/chapters/c10062.

Gross, D.P. and B.N. Sampat (2020). Organizing Crisis Innovation: Lessons from World War II. Working Paper no. 27909. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: https://doi.org/10.3386/w27909.

Hertzfeld, H.R. (2002). Measuring the economic returns from successful NASA life sciences technology transfers. The Journal of Technology Transfer, 27(4), 311–320. DOI: https://doi.org/10.1023/A:1020207506064.

Hughes, N. and S. Lonie (2007). M-PESA: Mobile money for the "unbanked" turning cellphones into 24-Hour tellers in Kenya. Innovations: Technology, Governance, Globalization, 2(1–2), 63–81. DOI: https://doi.org/10/bknh2f.

IDC (2020, March 16). East Africa smartphone market records strong growth but global COVID-19 outbreak looks set to hit shipments. IDC: The Premier Global Market Intelligence Company. Available at: https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prMETA46136320.

ILO (2018). Women and men in the informal economy: A statistical picture, third edition. Geneva: ILO. Available at www.ilo.org/global/publications/books/WCMS_626831/lang--en/index.htm.

Immelt, J.R., V. Govindarajan and C. Trimble (2009, October 1). How GE is disrupting itself. Harvard Business Review. Available at: https://hbr.org/2009/10/how-ge-is-disrupting-itself.

Johnson, B., E. Lorenz and B.A. Lundvall (2002). Why all this fuss about codified and tacit knowledge? Industrial and Corporate Change, 11(2), 245–262.

Kaplinsky, R. (2011). Schumacher meets Schumpeter: Appropriate technology below the radar. Research Policy, 40(2), 193–203. DOI: https://doi.org/10/c2nv7k.

Kline, S.J. and N. Rosenberg (1986). An overview of innovation. In Landau, R. and N. Rosenberg (eds), The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth. National Academies Press, 275–305.

Leydesdorff, L. and H. Etzkowitz (1996). Emergence of a Triple Helix of university–industry–government relations. Science and Public Policy, 23(5), 279–286.

Leydesdorff, L. and M. Meyer (2006). Triple Helix indicators of knowledge-based innovation systems: Introduction to the special issue. Research Policy, 35(10), 1441–1449.

Lundvall, B. A. (1988). Innovation as an interactive process: From user-producer interaction to the national system of innovation. In G. Dosi (ed.), Technical Change and Economic Theory, 349–369.

Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. Research Policy, 31(2), 247–264.

Malerba, F. and L. Orsenigo (1993). Technological regimes and firm behavior. Industrial and Corporate Change, 2(1), 45–71. DOI: https://doi.org/10.1093/icc/2.1.45.

Martin, A. (2016). Concepts of Innovation for and from Emerging Markets. Working Papers of the Chair for Innovation Research and Technology Management, no. 9-1. Technische Universität Chemnitz. Available at: https://www.econstor.eu/bitstream/10419/148341/1/87292632X.pdf.

Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policies: Challenges and opportunities. Industrial and Corporate Change, 27(5), 803–815. DOI: https://doi.org/10.1093/icc/dty034.

Mowery, D.C. (2012). Defense-related R&D as a model for "Grand Challenges" technology policies. Research Policy, 41(10), 1703–1715. DOI: https://doi.org/10/ghs2vv.

Mowery, D.C. and R.R. Nelson (1996). The US corporation and technical progress. In Kaysen, C. (ed.), The American Corporation Today. Cambridge, MA: MIT Press, 187–241.

Mowery, D.C., R.R. Nelson and B.R. Martin (2010). Technology policy and global warming: Why new policy models are needed (or why putting new wine in old bottles won't work). Research Policy, 39(8), 1011–1023. DOI: https://doi.org/10/bqjwxh.

Multhauf, R.P. (1959). The scientist and the "improver" of technology. Technology and Culture, 1(1), 38–47. DOI: https://doi.org/10.2307/3100786.

Nelson, R. R. (1993). National Innovation Systems: A Comparative Analysis. USA: Oxford University Press.

Nelson, R.R. (2011). The Moon and the Ghetto revisited. Science and Public Policy, 38(9), 681–690. DOI: https://doi.org/10.3152/030234211X13070021633404.

Onsongo, E. (2019). Institutional entrepreneurship and social innovation at the base of the pyramid: The case of M-Pesa in Kenya. Industry and Innovation, 26(4), 369–390. DOI: https://doi.org/10/gf3w94.

Parschau, C. and J. Hauge (2020). Is automation stealing manufacturing jobs? Evidence from South Africa's apparel industry. Geoforum, 115, 120–131. DOI: https://doi.org/10/ghc4c7.

Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. Research Policy, 13(6), 343–373. DOI: https://doi.org/10.1016/0048-7333(84)90018-0.

Perez, C. (2003). Technological Revolutions and Financial Capital. Edward Elgar Publishing.

Qumer, S.M. and D. Purkayastha (2019). TECNO Mobile's growth strategies in Africa. In CEIBS Case Center (ed.), China-Focused Cases: Selected Winners of the CEIBS Global Case Contest. Springer Singapore, 81–102.

Rodrik, D. and S. Stantcheva (2021). Economic Inequality and Insecurity: Policies for an Inclusive Economy. Report prepared for Commission Chaired by Olivier Blanchard and Jean Tirole on Major Future Economic Challenges, Republic of France. Available at: https://drodrik.scholar.harvard.edu/publications/economic-inequality-and-insecurity-policies-inclusive-economy.

Sampat, B.N. (2015). Intellectual property rights and pharmaceuticals: The case of antibiotics. WIPO Economic Research Working Papers No. 26. World Intellectual Property Organization – Economics and Statistics Division. Available at: https://ideas.repec.org/p/wip/wpaper/26.html.

Scherer, F.M. (1982). Demand-pull and technological invention: Schmookler revisted. The Journal of Industrial Economics, 30(3), 225–237. DOI: https://doi.org/10.2307/2098216.

Schmookler, J. (1962a). Changes in industry and in the state of knowledge as determinants of industrial invention. In The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors. Princeton University Press, 195–232.

Schmookler, J. (1962b). Economic sources of inventive activity. The Journal of Economic History, 22(1), 1–20.

Schot, J. and W.E. Steinmueller (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. Research Policy, 47(9), 1554–1567. DOI: https://doi.org/10/gd56ww.

Schumpeter, J.A. (1939). Business Cycles (Vol. 1). Cambridge University Press. Available at: http://journals.cambridge.org/production/action/cjoGetFulltext?fulltextid=5262972.

Schumpeter, J.A. (1942). Capitalism, Socialism and Democracy. Routledge.

Sharif, N. (2006). Emergence and development of the National Innovation Systems concept. Research Policy, 35(5), 745–766.

Siegel, I.H. (1962). Scientific discovery and the rate of invention. In The Rate and Direction of Inventive Activity. Princeton University Press, 441–458. DOI: https://doi.org/10.2307/j.ctt183pshc.20.

Stewart, F. (1978). Technology and Underdevelopment (2nd ed.). UK: Palgrave Macmillan. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-349-15932-1.

Trajtenberg, M. (2011). Can the Nelson-Arrow Paradigm still be the beacon of innovation policy? In Lerner, J. and S. Stern (eds), The Rate and Direction of Inventive Activity Revisited. University of Chicago Press, 679–684. Available at: http://www.nber.org/chapters/c12379.

المنظمة العالمية للملكية الفكرية (الويبو، 2011). التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2011: الوجه المتغير للابتكار [سلسلة الدراسات الاقتصادية والإحصاءات في الويبو]. جنيف. متاح على الموقع التالي: http://ideas.repec.org/b/wip/report/2011944.html.

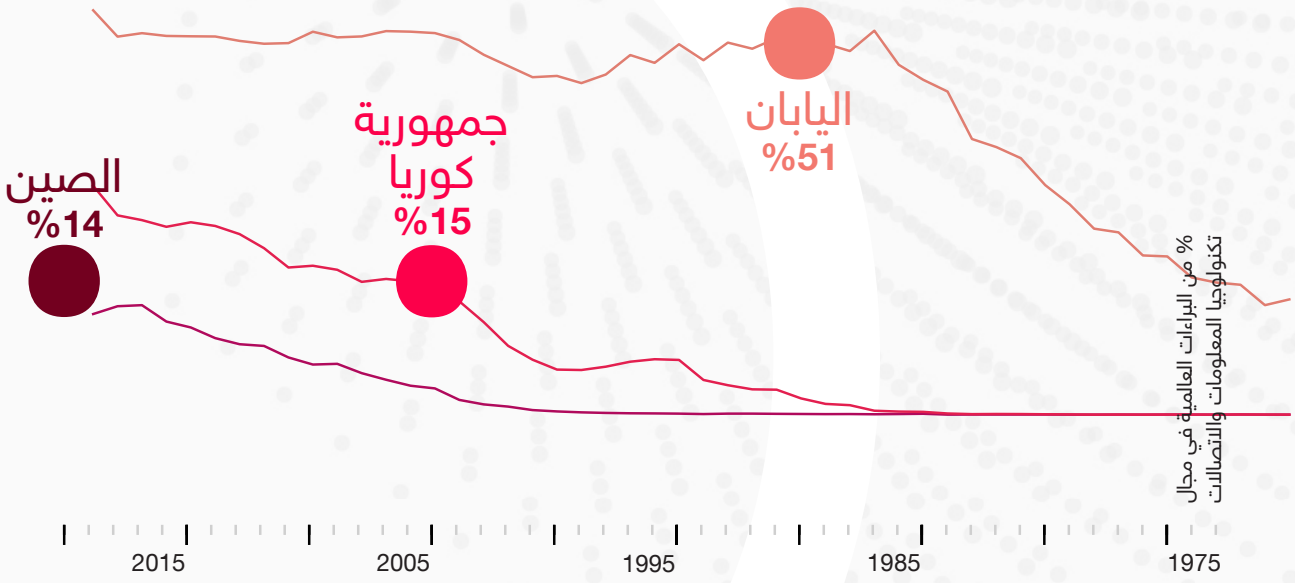
المنظمة العالمية للملكية الفكرية (الويبو، 2013). التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2013: العلامات التجارية – السمعة والصورة الذهنية المتوقعة في السوق العالمية. جنيف. متاح على الموقع التالي: https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=384.

المنظمة العالمية للملكية الفكرية (الويبو، 2015). التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2015: الابتكار الخارق والنمو الاقتصادي. جنيف. الويبو. متاح على الموقع التالي: https://ideas.repec.org/b/wip/report/2015944.html.

المنظمة العالمية للملكية الفكرية (الويبو، 2017). التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2017: دور رأس المال غير الملموس في سلاسل القيمة العالمية. جنيف. الويبو. متاح على الموقع التالي: https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4225&plang=EN.

المنظمة العالمية للملكية الفكرية (الويبو، 2019). التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2019: جغرافيا الابتكار: الشبكات المحلية والبؤر العالمية. جنيف. الويبو. متاح على الموقع التالي: https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4467&plang=EN.

يمكن أن تحفز التكنولوجيات الجديدة التنمية
وأن تؤثر على نظم الابتكار المحلية



ما الذي يخبرنا به التاريخ عن اتجاه الابتكار

شهد العالم، خلال القرن الماضي، ولا سيما بعد الحرب العالمية الثانية، تغيرات عديدة وأحياناً مفاجئة في اتجاه الابتكار. ويسلط هذا الفصل الضوء على ثلاث دراسات حالة تلخص فترات التغيير هذه - البحث الطبي خلال الحرب العالمية الثانية، وسباق الفضاء والظهور الأولي لصناعات تكنولوجيا المعلومات في شرق آسيا.

تسمح البيانات الوفيرة والأدلة التفصيلية المتاحة لجميع الحالات الثلاث وطول الفترة الزمنية الكبيرة التي انقضت بمقارنة اتجاه الابتكار قبل هذه الفترات وبعدها. والأكثر إثارة للاهتمام هو إنه يمكن دراسة إمكانية التنبؤ باتجاه الابتكار. وفي حين أن الباحثين الذين عملوا على تطوير البنسلين في ثلاثينات القرن الماضي كان يمكن أن يكون لديهم شعور بإمكاناته الهائلة، فقد كان من الصعب على العلماء الذين يطورون الألواح الكهرضوئية لبرامج رحلات الفضاء المأهولة في ستينات القرن الماضي التنبؤ باستخداماتها المستقبلية على نطاق واسع.

وكما نوقش في الفصل الأول، يمكن أن تحدد القوى الاقتصادية اتجاه الابتكار. ويعمل عمق وقوة فضول الإنسان والمعرفة العلمية كبوصلات توجيهية لتحديد السبل الواعدة. ويؤدي طلب السوق أيضاً دوراً حاسماً في تحفيز اتباع مسارات تكنولوجية معينة. ويمكن أن تؤثر كل هذه القوى على القرارات المتعلقة بالتمويل وتخصيص الموارد.

وتؤدي القوى الموضحة أعلاه دوراً في كل من دراسات الحالة التالية، على الرغم من أن أوزانها النسبية قد تختلف. ويصف هذا الفصل الخلفية التاريخية لدراسات الحالة ونظمها الإيكولوجية للابتكار ودور مختلف أصحاب المصلحة - الحكومات والشركات والأفراد والجامعات - في توجيه اتجاه الابتكار. وكما تبين دراسات الحالة التاريخية (الحرب العالمية الثانية وسباق الفضاء) التي تُناقش في هذا الفصل، فإن بعض الابتكارات، على الرغم من تأثيرها الهائل، لم تكن بالضرورة محمية بحقوق الملكية الفكرية لأسباب مختلفة، مثل المعايير التي كانت سائدة في ذلك الوقت والأمن والسرية. وتتناول دراسة الحالة الأولى الابتكار خلال الحرب العالمية الثانية، ولا سيما في مجال الطب، وأثره اللاحق. وتبحث الدراسة الثانية تطور صناعة الفضاء، من الحرب العالمية الثانية حتى يومنا هذا. وأخيراً، تبحث دراسة الحالة الثالثة صعود صناعة تكنولوجيا المعلومات في اقتصادات شرق آسيا المختارة.

وتجدر الإشارة إلى أن دراسات الحالة هذه تختلف في نطاق وحجم الابتكارات التي تغطيها. ولكنها تعمل جميعاً كحالات تاريخية توضح المجموعة الكبيرة من العوامل - وتفاعلها - التي تؤثر على اتجاه الابتكار.

1-2 الحرب العالمية الثانية[1]

تضع الولايات المتحدة العلم في حالة تأهب للحرب

بعد أكثر من سبعة عقود من نهاية الحرب العالمية الثانية، أصبح العديد من الابتكارات الطبية التي طورت لتلبية احتياجات ساحة المعركة جزءاً من الممارسات المعيارية في المستشفيات في جميع أنحاء العالم. ويعتبر البنسلين (انظر الإطار 2-1) والأدوية المضادة للملاريا وعمليات نقل الدم أمثلة على الابتكارات الطبية التي حفزتها احتياجات القوات المسلحة، ولكنها أصبحت في الوقت المناسب متاحة للسكان المدنيين وأنقذت حياة الملايين.

وفي حين أنه لا يمكن حل كل أزمة بالابتكار، فإن الأخطار الطبيعية والحروب والجوائح هي أمثلة على القطاعات التي غالباً ما يمكن أن توفر فيها الابتكارات حلولاً.[2] كما تكتسي سرعة اكتشاف الحلول أهمية قصوى. وإذا لم يتم التصدي للأزمات وعواقبها بسرعة، فقد تخرج عن نطاق السيطرة.[3] وتُنشئ جهود الباحثين المكثفة للعثور على إجابات، إلى جانب الإلحاح الذي يسمح بزيادة الإقدام على المخاطرة، أرضية خصبة للتقدم العلمي والتكنولوجي في المجالات المتعلقة بالأزمات وحتى لولادة تكنولوجيات جديدة. ولكن تجدر الإشارة أيضاً إلى أن حالات الطوارئ هذه قد تؤدي إلى إبعاد الاهتمام والموارد عن المجالات غير المرتبطة بالأزمات، ونتيجة لذلك، تعرقل أو تعطل مسارات التطور التكنولوجي في هذه المجالات.

وتوضح دراسة الحالة هذه كيف حشدت حكومة الولايات المتحدة العلوم المدنية لتلبية احتياجات وقت الحرب من خلال إنشاء وتمويل مكتب البحث العلمي والتنمية. وعلى وجه الخصوص، فإنها تسلط الضوء على جهود شعبة فرعية من مكتب البحث العلمي والتنمية – وهي لجنة البحوث الطبية. وتم حل مكتب البحث العلمي والتنمية في ديسمبر 1947، ولكنه ترك بصمة قوية على سياسة الابتكار الأمريكية. ويمكن إرجاع تشكيل وتوسيع العديد من المؤسسات الحالية، مثل المؤسسة الوطنية للعلوم والمعاهد الوطنية للصحة، إلى جهود بحوث الحرب العالمية الثانية. وأسفرت هذه الجهود عن مجموعة من التكنولوجيات الرائدة، بما في ذلك، على سبيل المثال لا الحصر، الرادار والقنبلة الذرية والصواريخ والدفع النفاث والاتصالات اللاسلكية. وأخيراً، تحاول دراسة الحالة استخلاص دروس عامة من جهود الابتكار هذه في أوقات الأزمات.

تطلبت الحرب تكنولوجيا متطورة

كان من الواضح لحكومة الولايات المتحدة أن الحرب العالمية الثانية كانت معركة تكنولوجية وأنه لا توجد فرصة لانتصار الولايات المتحدة وقوى الحلفاء بدون التكنولوجيات العسكرية المتطورة. وأُنشئ مكتب البحث العلمي والتنمية في يونيو 1941 - قبل عدة أشهر من دخول الولايات المتحدة الحرب رسمياً - لتعبئة القطاعين العام والخاص والمجتمع العلمي لضمان حصول الجيش على هذه التكنولوجيات والمعرفة المتطورة.[4]

وتم تعيين فانيفار بوش،[5] رئيس معهد كارنيجي بواشنطن والنائب السابق للرئيس وعميد كلية الهندسة بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، لقيادة مكتب البحث العلمي والتنمية. وجمع مجموعة صغيرة ولكن بارزة من العلماء لإجراء بحوث متعلقة بالمشاكل الكامنة وراء تطوير وإنتاج واستخدام "آليات وأدوات" الحرب. وبحلول نهاية الحرب، كانت هذه المجموعة الصغيرة قد وسعت بشكل كبير مجالات اهتمامها وزادت ميزانيتها من 6.2 مليون دولار أمريكي (بالدولار الأمريكي لعام 1945) في عامي 1940 و1941 إلى 160-170 مليون دولار أمريكي في عامي 1944 و1945.[6] وفي حين كانت الميزانية منخفضة وفقاً لمعايير اليوم، فإنها كانت غير مسبوقة في ذلك الوقت، وكانت تقريباً 100 مرة أكثر مما كانت تستثمره حكومة الولايات المتحدة في العلوم في السابق. وبنهاية الحرب، كان مكتب البحث العلمي والتنمية قد أنفق أكثر من 536 مليون دولار أمريكي على البحث والتطوير، من خلال أكثر من 2 500 عقد.[7]

ولم تكن لجنة البحوث الطبية في الأصل جزءاً من مكتب البحث العلمي والتنمية. وأُضيفت إليه لاحقاً، وعلى الرغم من أن ميزانيتها كانت عُشر ميزانية مكتب البحث العلمي والتنمية الإجمالية، فإن دورها كان أساسياً. وتألفت لجنة البحوث الطبية من عدد قليل من الشعب الفرعية، مثل شعب الطب والجراحة وطب الطيران وعلم وظائف الأعضاء والكيمياء والملاريا (انظر الإطار 2-2)، التي ثبت أنها عدو غير متوقع في الحرب العالمية الأولى، حيث أصابت أعداداً هائلة من المقاتلين والمدنيين.[12] وتم تكليف اللجنة بتحديد (والتوصية بتمويل) "الحاجة إلى عقود تُبرم مع الجامعات والمستشفيات والوكالات الأخرى التي تجري أنشطة البحوث الطبية وخصائص هذه العقود".[13]

وكان الدعم الفيدرالي الواسع النطاق للبحوث الطبية فكرة جذرية في وقته. ووصف تشيستر كيفر، الذي أصبح معروفاً باسم "قيصر البنسلين" لعمله في تقنين توزيع الدواء في زمن الحرب على المدنيين، لجنة البحوث الطبية بأنها "تجربة جديدة في الطب الأمريكي، لأن البحوث الطبية المخطط لها والمنسقة لم تُجرب أبداً على مثل هذا الحجم." ويسرت لجنة البحوث الطبية ودعمت الإنتاج الضخم للبنسلين، وتطوير اللقاحات وإنتاجها (انظر الإطار 2-3) وتطوير بدائل الدم (انظر الإطار 2-4)، جنباً إلى جنب مع البحوث المتعلقة بالهرمونات (انظر الإطار 2-5) والعديد من والتكنولوجيات الطبية الأخرى. وفتحت هذه الجهود آفاقاً للبحث والتحسينات الطبية التي استمرت طويلاً في المستقبل بعد الحرب العالمية الثانية.

الإطار 2-1
البنسلين

يعد إنتاج البنسلين على نطاق ضخم من أكثر الإنجازات التي يُحتفى بها في جهود البحث الطبي في الحرب العالمية الثانية. وكان دور لجنة البحوث الطبية الأكثر أهمية هو دور المنسق. فقد أقنعت الشركات المتشككة التي تمتلك قدرات ذات صلة بالبدء في تطوير عملية تجارية للإنتاج، ونظمت اجتماعات بين الشركات والباحثين في مختبر البحوث الإقليمي الشمالي التابع لوزارة الزراعة الأمريكية، وهو جهة فاعلة رئيسية في تطوير البنسلين، وقامت بدور الوساطة في تبادل المعلومات والتحكيم في المنازعات التي نشأت.[8] ثم تولت لجنة البحوث الطبية دوراً بارزاً في تنسيق التجارب السريرية والميدانية. وأنفقت ما يقرب من مليوني دولار أمريكي، أي حوالي 8 في المائة من إجمالي ميزانيتها، على شراء البنسلين للاختبار. وفي بعض الحالات، قامت الحكومة ببناء مرافق الإنتاج المطلوبة؛ وفي حالات أخرى، قامت الشركات الخاصة ببنائها، واثقة من معرفة أن هناك سوقاً مضمونة كبيرة. وساعدت الوكالات الحكومية، بما في ذلك مجلس الإنتاج الحربي، الذي أُنشئ للإشراف على الإنتاج الحربي للولايات المتحدة، على تعزيز تبادل المعلومات والتغلب على العقبات التكنولوجية في الإنتاج. وأصبحت المضادات الحيوية الدواء الطبي الأكثر مبيعاً لربع قرن من الزمن بعد الحرب[10] وموضع تركيز العشرات من الابتكارات اللاحقة. وطوال الحرب، مولت لجنة البحوث الطبية برنامجاً موازياً لإنتاج البنسلين كيميائياً لتجنب الاضطرار إلى الاعتماد على الإنتاج العضوي، الذي كان الإنتاج منه منخفضاً جداً. وعلى الرغم من أن جهود اللجنة لم تنجح، فقد تطورت المعرفة، على النحو حيث يشير Swann (1983) إلى أنها "مهدت الطريق لإنتاج البنسلين من خلال عمليات تفاعل كيمائية عامة في خمسينات القرن الماضي، مما أدى إلى تطوير بنسلين شبه اصطناعي لا يقدر بثمن".[11]

الإطار 2-2
الأدوية المضادة للملاريا

استثمرت لجنة البحوث الطبية أكبر نسبة من ميزانيتها في البحث عن أدوية لمكافحة الملاريا التي كانت، كما في الحرب العالمية الأولى، تمثل تهديداً كبيراً في العديد من مناطق القتال، ولكن بشكل خاص في جنوب المحيط الهادئ هذه المرة. وأجرت مؤسسة روكفلر والمجلس الوطني للبحوث، الذي يقدم المشورة إلى الحكومة الأمريكية بشأن العلوم والتكنولوجيا، بحثاً عن الملاريا في ثلاثينات القرن الماضي. وركزت جهود الولايات المتحدة على تحديد بديل للدواء الألماني المضاد للملاريا "أتابرين"، نظراً لأن محاولة الولايات المتحدة لإعادة تطويره أدت إلى مجموعة من الآثار الجانبية، مثل الغثيان والإسهال. وضم مجلس تنسيق دراسات الملاريا، الذي أنشئ عام 1942، ممثلين عسكريين وعلماء مدنيين. ونظراً لوجود الآلاف من المركبات التي يمكن استكشافها، كان على لجنة البحوث الطبية تنسيق الجهود البحثية للشركات الفردية والمختبرات الأكاديمية للتأكد من عدم وجود ازدواجية في الجهود، ولكن للتأكد أيضاً من عدم وجود فجوات كبيرة. وكما هو الحال مع البنسلين، حاولت اللجنة تعزيز تبادل المعلومات والتعاون دون المساس بمصالح الملكية. والمثير للدهشة أن الدواء الذي استُخدم في النهاية كان الأتابرين. فقد أظهرت البحوث أنه "غير سام نسبياً" بعد كل شيء. وجاءت التكنولوجيا الرائدة بشأن أحد الجزيئات المدروسة، وهي الكلوروكين، متأخرة جداً لتكون مفيدة خلال الحرب، ولكن أصبح الكلوروكين علاجاً ثورياً للملاريا في السنوات التي تلت ذلك مباشرة. واستمرت البحوث المتعلقة بهذا المركب والمركبات الرائدة الأخرى المثيرة للاهتمام والتي تم تحديدها خلال الحرب.[14] والمركبات الأخرى ذات الصلة بجهود الحرب تشمل بريماكين وميفلوكين ومالارون. وظل الطلب من الجيش الأمريكي قوياً خلال النزاعات في كوريا وفييت نام، على الرغم من أن الملاريا لم تعد مشكلة صحية داخلية رئيسية.

أثبت الابتكار الذي يحركه الجيش أنه طويل الأمد

دور الحكومة

في حالة حدوث أزمة مفاجئة، يمكن أن تؤدي الحكومات دوراً حاسماً من خلال تعبئة القوات وإعادة توجيه التمويل وتنسيق جهود القطاعين العام والخاص. وقد تصمم سياسة الابتكار لتلبية احتياج معين، ولكن يمكن أن يستمر أثر السياسة لفترة طويلة بعد حل الأزمة. وعلى سبيل المثال، قام مكتب البحث العلمي والتنمية بتمويل صناعات معينة من أجل تحقيق ميزة تكنولوجية وعسكرية. غير أن نتائج هذه الابتكارات لا تزال تفيد المدنيين في الولايات المتحدة وأماكن أخرى.

وعادةً ما تعتمد سرعة استجابة الحكومة لأزمة ناشئة على مدى استعدادها للتصرف. وتعد سياسة الابتكار، وجاهزية المؤسسات، ووجود قنوات اتصال وتنسيق بين مختلف الهيئات - العامة والخاصة والأكاديمية - بعض الظروف السائدة قبل الأزمة والتي يمكن أن تغير مسار وفعالية أي استجابة. وقبل الحرب العالمية الثانية، لم يكن لدى حكومة الولايات المتحدة سياسة ابتكار منهجية. وكانت المعاهد الوطنية للصحة موجودة منذ ثلاثينات القرن الماضي، ولكن كانت ميزانيتها البحثية وتركيزها محدودين. وباستثناء الزراعة، كان هناك القليل من التمويل الفيدرالي للبحوث الأكاديمية. ومع ذلك، أدت حداثة مكتب البحث العلمي والتنمية وصغر حجمه دوراً لصالحه بطريقة ما، وحررته من الإجراءات البيروقراطية المعطلة. ومنحته حكومة الولايات المتحدة الحرية الكاملة في نشر الموارد المالية والبشرية وتنسيق الجهود محلياً بين الجيش والشركات والجامعات الأمريكية، وكذلك دولياً مع العلماء في البلدان الحليفة. وجلب النهج المركزي والمنسق احتياجات ساحة المعركة مباشرة إلى العلماء وقدم إلى العلماء تعقيبات فورية على أداء مخرجاتهم.

ولتلخيص ذلك، تضمنت السمات الأساسية لمكتب البحث العلمي والتنمية تمويل أنشطة البحوث التطبيقية إلى حد كبير والتي تركز على حل الأزمات، وتحديد الأولويات بالتعاون الوثيق مع الجيش وتصميم السياسات (بما في ذلك للبراءات) لإشراك الباحثين أصحاب أكبر القدرات. ومن السمات البارزة الأخرى للمكتب هي استعداده لتمويل جهود متعددة متنافسة عندما لم يكن متأكداً أين قد تكمن الحلول. وكان هذا هو الحال، على سبيل المثال، في بحوث الملاريا والبنسلين. ولم تقتصر مشاركة مكتب البحث العلمي والتنمية على ضمان المشتريات والعقود المسبقة. فقد قام أيضاً بتنسيق جهود البحث والتطوير اللامركزية، ولم يدعم البحث فحسب، بل دعم أيضاً الإنتاج النهائي وتبني المنتج وأعطى الأولوية عموماً للوقت (الحل السريع للأزمات) مقارنة بالمال. وبالإضافة إلى الجهود الوطنية، كان مكتب البحث العلمي والتنمية أيضاً مسؤولاً عن التعاون الدولي، بما في ذلك، على سبيل المثال، التعاون بين العلماء البريطانيين والأمريكيين في بحوث البنسلين.

وعلى النحو المشار إليه، استمر تأثير مكتب البحث العلمي والتنمية على الابتكار الأمريكي لفترة طويلة بعد نهاية الحرب العالمية الثانية. وتشير الدراسات إلى أن إجمالي براءات المخترعين الأمريكيين كان أعلى بنسبة 50 إلى 60 في المائة بعد الحرب في الفئات التكنولوجية التي تحصل على أعلى دعم من مكتب البحث العلمي والتنمية، مقارنة بالقطاعات التي لم تحظ بالدعم. واشتملت الفئات التي حظيت بدعم على التكنولوجيا النووية، والأشعة السينية، والاتصالات (على سبيل المثال، الرادار والملاحة اللاسلكية)، والأجهزة العاملة بأشباه الموصلات (مثل الترانزستورات) وأجهزة وبرمجيات الحاسوب.[15] وعلى النقيض، لم تُظهر البراءات في فرنسا والمملكة المتحدة، حيث لم يكن هناك دعم حكومي مماثل، مثل هذا الاتجاه بعد الحرب. ومن الواضح أن الحرب العالمية الثانية أحدثت تحولاً ملحوظاً في اتجاه الابتكار في الولايات المتحدة.

الإطار 2-3
اللقاحات

حتى قبل الحرب العالمية الثانية، كانت حكومة الولايات المتحدة (من خلال مكتب الجراح العام بالجيش الأمريكي والإدارات الأخرى) قد بدأت البحوث المتعلقة باللقاحات لمجموعة من الأمراض المعدية، بما في ذلك الإنفلونزا. وتسببت سلالة شديدة للغاية من الإنفلونزا في مقتل ملايين الجنود والمدنيين في جميع أنحاء العالم في نهاية الحرب العالمية الأولى، وكان عدد الوفيات أكبر من عدد الوفيات خلال سنوات القتال الأربع. وأجرى الجيش بحوثاً أساسية وعملاً أساسياً بشأن العديد من اللقاحات، بما في ذلك لمكافحة عدوى المكورات الرئوية، والتي يمكن أن تؤدي إلى الالتهاب الرئوي أو تعفن الدم أو التهاب السحايا والإنفلونزا. ودعمت مؤسسة روكفلر العمل الأكاديمي المتعلق باللقاحات. وبحلول الوقت الذي تم فيه تشكيل مكتب البحث العلمي والتنمية، كانت الجدوى العلمية للعديد من اللقاحات المحتملة قد أُثبتت. وتبقى البحث عن أساليب لتوسيع نطاق الإنتاج وتقييم اللقاحات من حيث السلامة والفعالية.[16] وتعاقدت لجنة البحوث الطبية مع الأكاديميين والصناعة لتحسين المنتجات وتوحيد التركيزات وزيادة الإنتاج. وعملت اللجنة مع الصناعة لإنتاج كمية كافية من اللقاح للتجارب، ثم مولت التجارب والاختبارات الميدانية. وكان الدور الرئيسي للحكومة هو تنسيق العمل لتحديد الأنماط المصلية الأكثر انتشاراً بين أفراد القوات العسكرية وتطوير وتوسيع واختبار لقاح يحتوي على هذه الأنماط المصلية. وأتاحت نظم حفظ السجلات المتقدمة في الجيش ومعدلات المرض المرتفعة بين مجموعة ضابطة من أفراد القوات العسكرية أساساً مثالياً لاختبار اللقاحات. وتشير حسابات Hoyt[17] إلى أن الجهود المبذولة في زمن الحرب ساعدت على تطوير لقاحات جديدة أو محسّنة لعشرة من أصل 28 مرضاً يمكن الوقاية منها باللقاحات تم تحديدها في القرن العشرين، بما في ذلك التيتانوس وسموم البوتولينوم والتهاب الدماغ الياباني والحمى الصفراء. غير أنه تبين أن بعض هذه اللقاحات، مثل تلك الخاصة بالتهاب الدماغ الياباني (عدوى فيروسية في الدماغ)، لم تنجح تجارياً بسبب انخفاض معدلات الإصابة في أمريكا الشمالية.

دور القطاع الخاص

كانت الشركات الخاصة، ولا سيما في الصناعات الكهربائية والكيميائية والصيدلانية، منخرطة منذ البداية بشكل كبير في المساهمة في الابتكار في زمن الحرب. واعتمد مكتب البحث العلمي والتنمية ولجنة البحوث الطبية سياسات وصممتا عقوداً بطريقة تجذب الشركات الخاصة، وتوفر التمويل، وتحد مخاطر الاستثمار وتعزز روابط الاتصال بين الشركات الخاصة. وبالنسبة للمشاريع التي لا تعتبر حساسة للغاية لتكون عامة، سمح مكتب البحث العلمي والتنمية للشركات بالتسجيل وحيازة البراءات، على الرغم من أن ذلك كان في كثير من الأحيان بشرط أنه ينبغي ترخيصها للوكالات الحكومية عند الحاجة.

وعلى الرغم من ذلك، يمكن أن يكون نطاق المشاكل وحدودها في أوقات الأزمات، وخاصة في المراحل المبكرة، غير واضحين وأن يتطورا بسرعة. وقد تؤدي مستويات عدم اليقين العالية إلى تثبيط مشاركة الجهات الفاعلة الخاصة. وقد يتردد المشاركون من القطاع الخاص في تحمل تكاليف البحث والتطوير الأولى وتكاليف رأس المال المادي والبشري بدون ضمان تحقيق عائد على استثماراتهم. غير أنه يمكن أيضاً دفع القطاع الخاص للعمل

من خلال عوامل مثل الإيثار أو مزايا السمعة. وخلال الحرب العالمية الثانية، سعت بعض الشركات (وليس كلها) بنشاط إلى المساهمة من منطلق الشعور بالوطنية.[18]

وقد تكون المشاركة في جهود الابتكار في زمن الحرب مفيدة للغاية للقطاع الخاص. فقد طورت الشركات معرفة ضمنية وفي الحالات التي استطاعت فيها الاحتفاظ بحقوق الملكية الفكرية أو اكتسابها، استمرت هذه المزايا وغيرها لفترة طويلة بعد الحرب. وكان من المستحيل إنتاج البنسلين بكميات ضخمة بدون عمليات الإنتاج المبتكرة التي أدخلتها شركات مثل ميرك وسكويب وليلي وفايزر.[19]

وكانت جهود بحوث البنسلين بمثابة مقدمة لتطوير المضادات الحيوية من قبل شركات الأدوية في عقود ما بعد الحرب. وقبل الحرب العالمية الثانية، كانت شركة فايزر شركة تصنيع مواد كيميائية، طورت في العقدين الأول والثاني من القرن الماضي طريقة لتخمير حامض الستريك، وهو مكون رئيسي في المشروبات الغازية. وفي أربعينات القرن الماضي، تم التعاقد معها للمساعدة في توسيع نطاق إنتاج البنسلين بناءً على طريقة التخمير هذه. وأدت مشاركتها الناجحة في البرنامج إلى اكتشافها للأوكسي تتراسيكلين في عام 1950، وهو أحد المضادات الحيوية الأولى.[20] وأدى تطوير المضادات الحيوية على نطاق واسع إلى انخفاض حاد في الوفيات الناجمة عن الالتهابات البكتيرية وزيادة عامة في متوسط العمر المتوقع.[21] وقد حوّل اكتشاف الأوكسي تتراسيكلين، جنباً إلى جنب مع التحول الاستراتيجي للشركة، شركة فايزر إلى شركة أدوية كبرى. وفي عام 2020، كانت واحدة من الشركات الرائدة في تطوير لقاح كوفيد-19 للمساعدة في احتواء جائحة فيروس كورونا.

كانت عملية التوظيف في مكتب البحث العلمي والتنمية انتقائية للغاية

الجدول 2-1 الجامعات العشر التي حصلت على أكبر عقود من مكتب البحث العلمي والتنمية، حسب القيمة الإجمالية، 1941-1947

الجامعة	القيمة الإجمالية (بالدولار الأمريكي)	%
معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا	106.8	23.1
معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا	76.6	16.6
جامعة هارفارد	29.1	6.3
جامعة كولومبيا	27.1	5.9
جامعة كاليفورنيا	14.6	3.2
جامعة جونز هوبكنز	10.8	2.3
جامعة جورج واشنطن	6.9	1.5
جامعة شيكاغو	5.7	1.2
جامعة برينستون	3.6	0.8
جامعة بنسلفانيا	2.9	0.6
المجموع	**284.0**	**61.5**

المصدر: Gross and Sampat (2020b).
ملاحظة: تقيس النسب المئوية حصة كل جامعة من إجمالي إنفاق مكتب البحث العلمي والتنمية على البحوث.

دور الأوساط الأكاديمية

ركزت معظم الجهود العلمية خلال الحرب العالمية الثانية على البحوث التطبيقية - البحوث المصممة لحل مشاكل محددة. ومع ذلك، فإن الاكتشافات التي تحققت في زمن الحرب لم تكن لتتحقق لولا البحوث الأساسية التي أجريت من قبل في الجامعات ومختبرات البحوث والمستشفيات. وعلى سبيل المثال، كان عدم وجود مثل هذه البحوث قبل الحرب هو الذي حد من قدرة لجنة البحوث الطبية على تطوير لقاح ناجح ضد الجمرة الخبيثة، والتي كان يُخشى أنه يمكن استخدامها كسلاح بيولوجي. وعلى النقيض من ذلك، كان عالم البكتيريا البريطاني ألكسندر فليمنغ، مع فريق من باحثي جامعة أكسفورد، يعملون على بحوث البنسلين لسنوات بحلول الوقت الذي اندلعت فيه الحرب في عام 1939. واكتشف فليمنج البنسلين في عام 1929. وبينما لم تؤت محاولات الفريق لتنقية جزيء البنسلين بكميات كبيرة كافية للاختبار البشري ثمارها في ثلاثينات القرن الماضي، إلا أنها مهدت الطريق للنجاح خلال الحرب. وفي الواقع، سافر هوارد فلوري، وهو أحد الباحثين بجامعة أكسفورد، إلى الولايات المتحدة وانضم إلى لجنة البحوث الطبية.[22] ومثال آخر على ذلك هو فريق من الباحثين بقيادة إدوين كوهين، الفيزيائي الكيميائي في كلية الطب بجامعة هارفارد والذي قاد البحوث المتعلقة بنقل الدم (انظر الإطار 2-4).

الإطار 2-4
بدائل الدم

كانت هناك حاجة ماسة أخرى أثناء الحرب وهي الدم أو بدائل الدم لتعويض الدم المفقود بسبب الإصابة أو النزيف أو الحروق أو الجراحة.[23] وكان يجب أن تكون البدائل قابلة للتخزين والنقل بسهولة إلى مواقع بعيدة.[24] وقاد فريق يرأسه الكيميائي إدوين كوهين البحوث المتعلقة بنقل الدم. وقام مختبر كوهين بعزل ألبومين المصل البشري واختبره في أوائل عام 1941. وبحلول وقت هجمات بيرل هاربور في ديسمبر من ذلك العام، كان ألبومين المصل البشري يُستخدم لعلاج المصابين.[25] وأصبحت التقنيات المحسنة خلال الحرب مهمة جداً بعد ذلك للتعافي بعد الجراحة، والحفاظ على كميات الدم أثناء الصدمات، عندما ينخفض ضغط الدم بشكل حاد، وعلاج مشاكل تجلط الدم والعديد من الحالات الطبية الأخرى، بما في ذلك علاج الحصبة.

ومن الشخصيات الرئيسية الأخرى في هذا المجال هو تشارلز درو، الباحث الطبي الأمريكي الذي وطور وحسّن تكنولوجيات تخزين الدم، مما أدى إلى إنشاء بنوك الدم الواسعة النطاق في بريطانيا بحلول عام 1940.

وكانت عملية التوظيف في مكتب البحث العلمي والتنمية انتقائية للغاية، وركزت فقط على أفضل الجامعات. وعلى سبيل المثال، خصص المكتب أكثر من ثلث التمويل لمؤسستين فقط، هما معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا ومعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا (انظر الجدول 2-1). وبالمثل، كان تعاون لجنة البحوث الطبية مع الأوساط الأكاديمية أيضاً شديد التركيز على عدد قليل من جامعات النخبة (انظر الجدول 2-2).

ركز التعاون الأكاديمي للجنة البحوث الطبية في عدد قليل من جامعات النخبة

الجدول 2-2 أهم الجامعات والمستشفيات التي تم التعاقد معها لمشاريع البنسلين والملاريا، 1941-1947

البنسلين	الملاريا
جامعة ماساتشوستس ميموريال (66.6 في المائة)	جامعة شيكاغو (15.8 في المائة)
جامعة كورنيل (6.8 في المائة)	جامعة كولومبيا (11 في المائة)
جامعة جونز هوبكنز (4.7 في المائة)	جامعة نيويورك (9.7 في المائة)
جامعة ميشيغان (4.1 في المائة)	جامعة جونز هوبكنز (8.7 في المائة)
جامعة بنسلفانيا (3.67 في المائة)	

المصدر: Gross and Sampat (2020b).
ملاحظة: تقيس النسب المئوية حصة كل جامعة من إجمالي إنفاق المشروع على البحوث.

الإطار 2-5
الهرمونات

حتى قبل الحرب العالمية الثانية، كانت البحوث قد بدأت في عزل الهرمونات وإنتاجها ووصفها لمجموعة من الأمراض والحالات، من الإمساك إلى السمنة.[26] وكثفت لجنة البحوث الطبية البحوث المتعلقة بالهرمونات القشرية، والتي ساعدت في التغلب على داء المرتفعات بين الطيارين والتعامل مع التعب أثناء القتال، وعلاج صدمات ساحة المعركة وفي الجراحة.[27] وبعد الحرب، انطلق العلاج بالهرمونات وأصبح الكورتيزون عقاراً "معجزة" في العقود التي تلت ذلك. وأظهرت البحوث اللاحقة أن الهرمونات القشرية يمكن أن تقلل الالتهاب وتخفف آلام التهاب المفاصل، فضلاً عن علاج التفاعلات الناتجة عن الحساسية.

استنتاجات دراسة الحالة

يمكن أن تكون الأزمات، مثل الحروب والجوائح والأخطار الطبيعية، محفزات للقوى التكنولوجية أو السوقية أو السياسية التي تحفز الابتكار. وهي صدمة لنظام الابتكار وتؤثر على مختلف معلمات النظام الإيكولوجي التكنولوجي. ويمكن أن يكون أثر الابتكار في الأزمات طويل الأمد حيثما يستمر الطلب وتظل الحلول قابلة للتطبيق. وبخلاف ذلك، سيزول الأثر بمجرد أن تتلاشى الأزمة.

وتعد قصة مكتب البحث العلمي والتنمية من قصص الابتكار الناجم عن الأزمات، ولكنها لها خاصية خاصة: كان لها عميل وحيد - الجيش. وكان لدى مكتب البحث العلمي والتنمية نهج مركزي من أعلى إلى أسفل وقام بتوظيف عدد صغير فقط من نخبة العلماء والشركات والجامعات. وقد تحتاج الأزمات الأخرى، مثل الجوائح، إلى تلبية احتياجات مجموعة متنوعة من العملاء. وقد يكون من الأنسب عندئذ اتباع نهج أكثر لامركزية وإشراك نطاق أوسع من المتعاونين.[28]

وقد استمر نهج مكتب البحث العلمي والتنمية المؤسسي والإداري للابتكار في الانعكاس في نظام الابتكار في الولايات المتحدة بعد الحرب. وعلى سبيل المثال، أصبح أسلوب التعاقد الخاص بمكتب البحث العلمي والتنمية، والذي يشتري البحث والتطوير بدلاً من منتجات محددة - وهي فكرة كانت ثورية في وقتها - أساساً لبرنامج ناشئ بشأن مِنح بحثية خارجية في المعاهد الوطنية للصحة.[29] ووضع نظام استعراض الأقران للمعاهد الوطنية للصحة، بعد الحرب على غرار نهج لجنة البحوث الطبية. واستعانت لجنة البحوث الطبية بعلماء طبيين من المجلس الوطني للبحوث من أجل استعراض المشاريع التي تهم الجيش وتقدير درجات جدواها وفي النهاية تمويل المشاريع ذات الدرجات العالية.[30]

واستفادت الاكتشافات الطبية التي قادتها لجنة البحوث الطبية من الجهود البحثية التي بُذلت قبل الحرب. واستمرت متابعة الابتكارات الطبية في العقود اللاحقة على نفس المسار العلمي، بعد العثور على المزيد والمزيد من التطبيقات المدنية. وفي حين أن تطوير البنسلين والمضادات الحيوية والعلاج بالهرمونات والاكتشافات المماثلة كان ثورياً، فإن مسار الابتكار الذي أدى إليها كان تراكمياً وبالتالي يمكن التنبؤ به إلى حد ما (انظر الفصل الأول).

2-2 صناعة الفضاء[31]

حالة كلاسيكية من الابتكار الموجه نحو المهام

تميزت خمسينات وستينات القرن الماضي بالتوسع الاقتصادي السريع وشواغل إزاء الأمن القومي. وأدت التوترات الجيوسياسية بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي إلى تنافس عسكري وتكنولوجي. وولدت برامج الفضاء في كلا البلدين من طموح أن يكون البلد أول من يضع رجلاً على سطح القمر كرمز للقوة والريادة في تكنولوجيا الطيران والفضاء. وفي حين أن الدافع في كلا البلدين كان متشابهاً، فإن نظم الابتكار الخاصة بهما كانت مختلفة. وتركز دراسة الحالة هذه على النظام الإيكولوجي للولايات المتحدة. فقد أدت الحرب الباردة إلى التوسع في البحث والتطوير الممول على المستوى الفيدرالي في الولايات المتحدة، حيث سيطر البحث والتطوير "الموجه نحو المهام" (مثل المهمة إلى القمر) على ساحة تمويل الابتكار في الولايات المتحدة.[32] ولكن لم يكن التمويل، على الرغم من أهميته، المكون الأساسي الوحيد للابتكار في برنامج الفضاء الأمريكي. كما أن القدرة التقنية والتنظيمية، إلى جانب الإرادة السياسية والتعاون الوثيق بين الكيانات العامة والخاصة والأكاديمية، كانت ضرورية أيضاً.

وكان للابتكار في المساعي الفضائية هدفان. أولاً، الوصول إلى الفضاء، وثانياً، القدرة على العمل بعد الوصول إلى هناك. وكان على التكنولوجيات التي تم تطويرها لمهمة وصول الإنسان إلى القمر أن تتغلب على بعض المشاكل الخاصة - ثلاث مشاكل على وجه الخصوص. أولاً، كانت هناك مسألة انخفاض الكتلة (كل من الوزن والحجم) (انظر الإطار 2-6)؛ وثانياً، كانت هناك حاجة إلى توليد الطاقة وتخزينها (انظر الإطار 2-7)؛ وأخيراً، كان لابد من حماية البشر والمعدات في بيئة قاسية. وكان للعديد من التكنولوجيات التي تم تطويرها تطبيقات مدنية في وقت لاحق، وولدت هذه التطبيقات بدورها تكنولوجيات جديدة تماماً. وتعد الألواح الشمسية والذكاء الاصطناعي وأجهزة وبرمجيات الحاسوب أمثلة على هذه التكنولوجيات (انظر الإطار 2-8). كما تعد هذه التكنولوجيات أمثلة على التغيير غير المقصود في اتجاه الابتكار (انظر الفصل الأول). فهي منتجات ثانوية للابتكار (الموجه نحو المهام) المقصود والذي تم تطويره لاحقاً بطرق غير متوقعة.

وتناقش دراسة الحالة هذه التكنولوجيات الرئيسية لصناعة الفضاء وكيف أتاح نضجها من ثمانينات القرن الماضي فصاعداً فرصاً للقطاع الخاص لدخول هذه الصناعة. وتقدم بعض الأمثلة على الابتكار في تخزين الطاقة والمعالجة الرقمية والحواسيب والذكاء الاصطناعي ومركبات ألياف الكربون. وأخيراً، تقترح سبلاً محتملة لمواصلة الابتكار.

الإطار 2-6
ألياف الكربون

كانت صناعة الطيران هي المحرك الرئيسي لصناعة ألياف الكربون وصناعة البلاستيك المقوى بألياف الكربون. وتمت تجربة ألياف الكربون لأول مرة خلال جهود البحث والتطوير في وزارة الدفاع الأمريكية والإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (وكالة ناسا)، مدفوعة إلى حد كبير بالحاجة إلى إيجاد مواد منخفضة الكتلة (من حيث الوزن والحجم) لصنع أجسام المركبات الفضائية. ونظراً لأن الهروب من جاذبية الأرض للوصول إلى الفضاء يتطلب قدراً هائلاً من الطاقة، كانت المواد الخفيفة الوزن - ولا تزال - مكوناً أساسياً في تحسين نظام دفع الصاروخ المتاح والحصول على أكبر قدر ممكن من الحمولة في الفضاء.

وكانت الخواص الميكانيكية الاستثنائية لألياف الكربون (قوتها وتوصيليتها وخفتها) ذات قيمة كافية لتبرير ارتفاع سعرها. ووزنها الخفيف يحسن كفاءة استخدام الطاقة. كما يمكن تشكيل ألياف الكربون في أي شكل تقريباً. ويمكن تصميم كل قالب بحيث يتم دمج عدة أجزاء مختلفة في قالب واحد، مما يقلل بشكل كبير عدد الأجزاء اللازمة لبناء مركبة فضائية. وأسفرت هذه الخاصية عن تقليل أوقات التصنيع والتجميع وإمكانية خفض التكاليف. وتوفر ألياف الكربون أيضاً مزايا إضافية في مجال استكشاف الفضاء، مثل الحماية الحرارية المعززة ومقاومة أكبر للإشعاع الشمسي.[33] واستخدمت كبسولة أبولو التي أُطلقت في عام 1969 تكنولوجيا مركبة مبكرة، مثل الألياف الزجاجية، في شكل درع حراري. ومنذ إطلاق أبولو، تطورت تكنولوجيا ألياف الكربون واستُخدمت في مركبات الإطلاق ومكوك الفضاء والسواتل والتلسكوبات الفضائية ومحطة الفضاء الدولية.[34] ولكن ألياف الكربون هشة وغير قابلة للثني، مما يمكن أن يحد من استخدامها، فضلاً عن كون عملية التصنيع عالية التخصص.

ولا يزال الطلب على هذه المنتجات المتخصصة قليلاً جداً. والبحوث جارية للاستعاضة عن شفرات الألياف الزجاجية التقليدية المركبة في توربينات الرياح بشفرات من ألياف الكربون المحسّنة. وباستخدام ألياف الكربون، يمكن إنتاج شفرات أكبر ولكن بكتلة أصغر، مما يؤدي إلى تسخير كميات أكبر من الطاقة. وعندما يزيد عدد التطبيقات المدنية المجدية، سيصبح استخدام ألياف الكربون أكثر فعالية من حيث التكلفة.

السباق إلى الفضاء

شهدت نهاية الحرب العالمية الثانية ظهور نزاع شرس على القوة بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي. وكان أحد جوانب هذه المنافسة هو تطوير صواريخ متقدمة، أساساً للأغراض العسكرية. وفي أواخر عام 1957، فاجأ الاتحاد السوفيتي بقية العالم بكونه أول بلد يطلق ساتلاً (سبوتنيك 1) في مدار أرضي منخفض. وردت الولايات المتحدة بعد أن صُدِمت بتأسيس وكالة ناسا بعد عام. وتم تكليف هذه الوكالة المدنية الجديدة باستكشاف الفضاء للأغراض السلمية والعلمية. وفي خطاب شهير أمام الكونغرس في عام 1961، أعلن الرئيس الأمريكي جون ف. كينيدي عن برنامج لوضع رجل على سطح القمر بحلول نهاية ذلك العقد. وأدى الالتزام السياسي الكبير والميزانية الكبيرة، إلى جانب القدرة التقنية لوكالة ناسا والمجتمع العلمي والهندسي، إلى تحقيق الهدف في أكتوبر 1969.

ولكن بعد إنجاز المهمة، بدأت حكومة الولايات المتحدة إعادة توجيه التمويل الفيدرالي بعيداً عن برامج استكشاف الفضاء البشرية واسعة النطاق وخفضت ميزانية وكالة ناسا. وبدلاً من ذلك، تم تكليف وكالة ناسا بتصميم وتسيير مركبة فضائية جديدة - مكوك فضائي - يمكن إعادة استخدامها لوصول الإنسان والروبوت إلى الفضاء. وفي عام 1972،[35] وافق الرئيس ريتشارد نيكسون على مشروع المكوك. وأبقى المكوك برنامج رحلات الفضاء البشرية كرمز لقيادة الولايات المتحدة في مجال الفضاء وكانت له استخدامات في مجال الأمن القومي. ولكن السبب الرئيسي لدعم المكوك كان وعده بتوفير رحلات روتينية ومنخفضة التكاليف.

وخلال أواخر ستينات وسبعينات القرن الماضي، طورت دول أخرى أيضاً قدرات فضائية. واندمجت المنظمة الأوروبية لبحوث الفضاء مع المنظمة الأوروبية لتطوير الإطلاق لإنشاء وكالة الفضاء الأوروبية في عام 1975. وخلال منتصف سبعينات القرن الماضي، بدأت كندا أيضاً التعاون مع برنامج الفضاء الأمريكي، ولا سيما في تطوير Canadarm، وهو ذراع آلي لمناورة حمولات الصواريخ. وبحلول ثمانينات القرن الماضي، طورت العديد من الدول سواتل للاتصالات، وعملت معظم الدول بنشاط مع Intelsat، وهي منظمة حكومية دولية تعمل على تطوير استخدام الاتصالات الفضائية في جميع أنحاء العالم.

وبحلول نهاية القرن، كانت برامج الفضاء قد ولدت تكنولوجيات السواتل للاتصالات وعززت مشاركة الكيانات التجارية في الأنشطة الفضائية. وأصبح قطاع الفضاء التجاري التنافسي، بما يشمله من جهات فاعلة تجارية جديدة في مجال الفضاء، مكوناً مهماً لجميع برامج الفضاء في الولايات المتحدة وفي بلدان أخرى. وخلال العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، بدأت الشركات والصناعات في الاستثمار والاعتماد بشكل كبير على تكنولوجيات الفضاء، بدءاً من خدمات الاتصالات. وأصبحت الاقتصادات الصناعية المتقدمة تعتمد بشكل متزايد على النظم الفضائية لتكنولوجيا المعلومات، وصور الاستشعار عن بُعد، وبيانات الموقع والملاحة والتوقيت وغيرها من التطبيقات.

من المتحكم؟

دور الحكومة

منذ نشأتها، كانت برامج الفضاء في كل بلد تقريباً قضية أمن قومي أساساً ورمزاً للتقدم التكنولوجي. والحكومات هي المحرك الرئيسي لاثنتين من السمات الثلاث المحددة التي تحدد اتجاه الابتكار في هذا المجال - الإرادة السياسية والتمويل. والعنصر الثالث هو القدرة التقنية للعلماء والمهندسين في القطاع الخاص والأوساط الأكاديمية والتقدم الذي يحرزونه. وكانت العديد من الهيئات الحكومية الأمريكية، بما في ذلك وكالة ناسا ووزارة الدفاع ووزارة الطاقة، وراء ابتكارات متعددة في صناعة الفضاء. وعلى سبيل المثال، النظام العالمي لتحديد الموقع المكون من سواتل، والذي يُستخدم في مجموعة كبيرة من الأجهزة المدنية، هو نظام لبيانات الموقع والملاحة والتوقيت قامت بتطويره وزارة الدفاع الأمريكية التي تملكه وتشغله. وبينما أُنشئت وكالة ناسا لإجراء جميع الأنشطة الفضائية غير العسكرية، فإن وكالة مشاريع البحوث المتقدمة، المعروفة اليوم باسم وكالة مشاريع بحوث الدفاع المتقدمة، قد أُنشئت في فبراير 1958 لتطوير تكنولوجيات الفضاء وغيرها من التكنولوجيات للتطبيقات العسكرية. كما أن العديد من المنتجات الفضائية الأخرى، مثل سواتل الاستشعار عن بُعد التي تسمح، على سبيل المثال، بجمع معلومات عن بُعد عن الأرض، قد نشأت أيضاً عن الاحتياجات العسكرية. وعلى الرغم من أن الحكومة كانت عميلاً أساسياً لبرامج الفضاء في الماضي، إلا أنه كان هناك أيضاً عملاء من القطاع الخاص منذ فترة طويلة. وعلى سبيل المثال، أُطلق ساتل خاص للاتصالات يسمى Telstar في عام 1962، تملكه وتديره شركة AT&T. وكانت له أيضاً تغطية تأمينية خاصة وكان مشهوراً في ذلك الوقت بدرجة كافية لإنتاج ألبوم موسيقى بشأنه من الألبومات الأكثر مبيعاً. وفي السنوات الأخيرة، ظهرت موجة جديدة من الأسواق الخاصة والتجارية للمنتجات الفضائية.

الإطار 2-7
تخزين الطاقة

تتطلب المهام الفضائية مصادر موثوقة وثابتة وآمنة للطاقة. ومكّنت التكنولوجيات والابتكارات المتعلقة بالطاقة عمليات استكشاف الفضاء السحيق ورحلات الفضاء البشرية والخدمات الأرضية الفضائية وعززتها. وفيما يلي وصف موجز لتقنيتين متعلقتين بالطاقة.

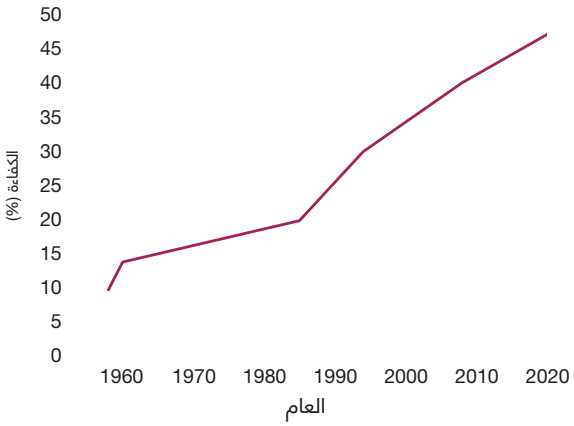
الخلايا الكهرضوئية

كان علماء الفيزياء في مختبرات بيل بالولايات المتحدة هم أول من طور الخلايا الشمسية الحديثة التي يمكن أن تسخر طاقة الشمس، وذلك في عام 1953. غير أنه نظراً لارتفاع سعرها، لم تُستخدم خلايا السيليكون الشمسية في أي تطبيق عملي حتى قرر الجيش الأمريكي، في عام 1958، أنها ستكون مصدر الطاقة المثالي للسواتل التي تدور حول الأرض.[36] ومنذ ذلك الحين، أُدخلت العديد من التطورات الإضافية لزيادة كمية ضوء الشمس التي يمكن أن تحولها الخلايا إلى طاقة. وتعرف النسبة المئوية لضوء الشمس المحول بكفاءة الخلايا (انظر الرسم البياني أدناه).

وعلى الرغم من انتشارها في المعدات الفضائية، فإن الخلايا الشمسية تعاني من بعض القيود. فهذه النظم الكهرضوئية لا تولد الطاقة عندما تكون في الظل وتنخفض قدرتها على توليد الطاقة كلما زادت المسافة بينها وبين الشمس. وإذا كانت المهمة تتطلب طاقة مستمرة وغير منقطعة، فقد يكون مزيج من مصادر الطاقة أنسب. ومع ذلك، إذا كانت الانقطاعات والتوقفات العرضية وحالات السبات مقبولة، يمكن أن تكون الألواح الشمسية مصدراً ممتازاً وطويل الأمد للطاقة. وأُطلقت المركبة الروبوتية Opportunity، وهي واحدة من أكثر برامج وكالة ناسا لاستكشاف المريخ نجاحاً، في عام 2003 وبعمر متوقع قدره 92 يوماً (من أيام الأرض). وعانت المركبة من توقفات متعددة بسبب تراكم الغبار على ألواحها الشمسية. غير أنه بفضل الرياح العاتية على سطح المريخ، والتي أزالت بانتظام الغبار المتراكم، عملت المركبة بنجاح لأكثر من 14 عاماً، أي 57 مرة أطول من متوسط عمرها الافتراضي.[37]

التحسن في الخلايا الكهرضوئية خلال عصر الفضاء

الشكل 1.2 كفاءة استخدام الطاقة الشمسية، بالنسبة المئوية، 1960-2020



المصدر: وزارة الطاقة.
ملاحظة: تمثل هذه البيانات الكفاءة التي تحققت في ظل ظروف المختبر المثالية. وتبلغ الكفاءة العملية للخلايا الشمسية الحديثة في الفضاء حوالي 30 في المائة.

الطاقة النووية

بدأ النظر إلى الطاقة النووية على أنها مصدر طاقة محتمل لاستكشاف الفضاء منذ خمسينات القرن الماضي. وبدا أن تاريخها من حيث الأداء والموثوقية يوفر أساساً آمناً لتطوير الاستخدامات المستقبلية. غير أنه لم يجر استغلال إلا مجموعة محدودة فقط من تكنولوجيات الطاقة النووية بشكل كامل. وتم إنهاء العديد من المشاريع بسبب شواغل إزاء الميزانية والسلامة. وتعد نظم طاقة النظائر المشعة استثناءً، حيث استُخدمت في مئات التطبيقات الفضائية منذ عام 1961.[38] وتقوم نظم طاقة النظائر المشعة بتحويل الحرارة المتولدة من التحلل الطبيعي للبلوتونيوم-238 - وهو نظير مشع - إلى طاقة كهربائية.[39] وواصل كل من اتحاد الفضاء الأوروبي وجمهورية الصين الشعبية والاتحاد الروسي والولايات المتحدة الابتكار بتكنولوجيات نظم طاقة النظائر المشعة، فقامت بتحسين تصميمها والمواد المستخدمة لتحقيق قدر أكبر من الكفاءة والأمان.[40]

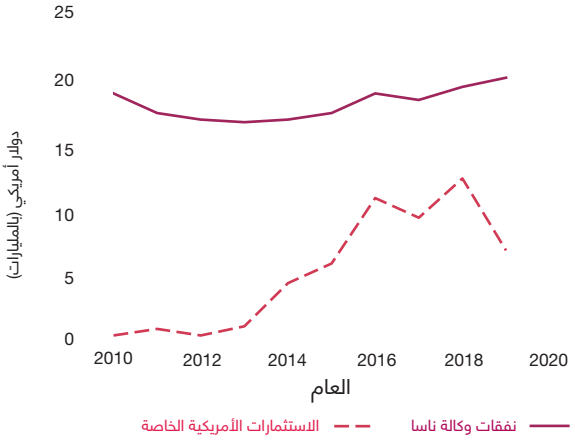
دور القطاع الخاص

كانت الشركات الخاصة في الولايات المتحدة دائماً جزءاً لا يتجزأ من الابتكار المتعلق بالفضاء. ومنذ البداية، أُنفق حوالي 80 في المائة من تمويل وكالة ناسا على عقود مع الصناعة. غير أنه، على النحو المشار إليه، لم تبدأ الشركات الخاصة في الاستثمار والاعتماد بشكل كبير على النظم الفضائية إلا مؤخراً. وعلى الرغم من زيادة التمويل الخاص بشكل كبير في القرن الحادي والعشرين (انظر الشكل 2-2)، فإن هناك تحذيراً مهماً يتعلق باستثمار وابتكار القطاع الخاص في تكنولوجيات الفضاء. فعدد قليل جداً من شركات الفضاء "الجديدة" الناجحة تعمل في سوق يحركها السعر بحق. وبدون مبيعات للحكومات، لن يكون العديد من هذه الشركات موجوداً. وشركة Space Exploration Technologies Corp (SpaceX)، التي تصمم الآن صواريخ ومركبات فضائية متطورة وتصنعها وتطلقها، حصلت على تمويل كبير من خلال برنامج خدمات النقل المداري التجاري التابع لوكالة ناسا في أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين. وقدم ذلك مئات الملايين من الدولارات لمركبة إطلاق جديدة لإعادة تزويد محطة الفضاء الدولية، وهي محطة فضائية تعاونية متعددة الجنسيات في مدار أرضي منخفض. ونجحت شركة SpaceX في الفوز بعقود حكومية كبيرة جداً وطويلة الأجل من كل من وكالة ناسا ووزارة الدفاع. ولدى الشركة العديد من العملاء من القطاع الخاص أيضاً. ولكن بدون الأعمال الحكومية، ستكون هناك شكوك بشأن ما إذا كانت هناك عمليات إطلاق خاصة كافية لدعم هذه الأنواع من المنتجات.

وشهد صيف 2021 في النصف الشمالي من الكرة الأرضية رحلات خاصة إلى الفضاء قامت بها شركات مثل SpaceX و Virgin Galactic وBlue Origin، وكلها شركات يدعمها أشخاص من أصحاب المليارات. وعلى الرغم من جنون وسائل الإعلام، فإنه من السابق لأوانه القول ما إذا كان ذلك بداية الرحلات الفضائية الخاصة، لأن التكلفة الباهظة تؤدي إلى اقتصار هذه الرحلات على أصحاب الثروات الضخمة، في الوقت الحالي.

يزدهر الاستثمار الخاص في مجال الفضاء، ولكنه لا يزال أقل من التمويل العام للفضاء

الشكل 2-2 نفقات وكالة ناسا والاستثمارات الأمريكية الخاصة في مجال الفضاء، 2010-2019



المصدر: الويبو استناداً إلى التقرير الاقتصادي للرئيس، الصادر عن حكومة الولايات المتحدة (2021)، الشكل 8-1، الصفحة 229.

دور الأوساط الأكاديمية

بعد وقت قصير من إنشائها، سيطرت وكالة ناسا في ديسمبر 1958 على مختبر الدفع النفاث، وهو منشأة مقاول يديرها معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا. ودائماً ما كانت مختبرات الجامعة أحد المتعاونين الرئيسيين لوكالة ناسا. ويمكن القول إن الحواسيب الشخصية المتاحة الآن ولدت في مختبرات معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (انظر الإطار 2-8). وكانت الجامعات أيضاً المنتج الرئيسي لرواد فضاء وكالة ناسا، حيث تخرج من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا وجامعتي بيرديو وستانفورد40 من رواد فضاء وكالة ناسا.[41]

الإطار 2-8

المعالجة الرقمية والحواسيب والذكاء الاصطناعي

يرتبط تاريخ الحواسيب القديمة ارتباطاً وثيقاً بتاريخ رحلات الفضاء. وكان برنامج أبولو، الذي أُطلق في عام 1961 لتحقيق هدف كينيدي للوصول إلى القمر، نقطة البداية لاستخدام الحواسيب والرقائق الإلكترونية البالغة الصغر والأتمتة في استكشاف الفضاء.

تكنولوجيا الرقائق الإلكترونية البالغة الصغر

على غرار تكنولوجيات الطيران، استخدم استكشاف الفضاء تدريجياً نظم محوسبة للمساعدة في أداء مهام مثل الملاحة والتوجيه. وأبرزت التكاليف العالية جداً للوصول إلى الفضاء الحاجة إلى مكونات أصغر وأخف وزناً لنظم التكنولوجيا الموضوعة على متن المركبات الفضائية. وكانت الدوائر المتكاملة، المعروفة باسم الرقائق الإلكترونية البالغة الصغر، جذابة بشكل خاص للمركبات الفضائية. فهي تميل إلى أن تكون أصغر بكثير من الدوائر الكهربائية التقليدية، وتستهلك طاقة أقل، وتزيد سرعة التشغيل وتتيح تخفيضات تدريجية في التكاليف لكل وظيفة إلكترونية.[42]

حاسوب توجيه أبولو

أرادت وكالة ناسا نظاماً أكثر استقلالية لمهام أبولو للتعامل مع مشاكل الملاحة والتوجيه والتحكم في الطيران المحتمل أن تحدث. وأصبح مختبر أدوات معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا المقاول الرئيسي لتصميم وتطوير وبناء نظم معدات وبرمجيات حاسوب توجيه أبولو.[43] وكانت هذه هي المرة الأولى التي يستخدم فيها برنامج رحلات فضاء مأهولة الحواسيب بشكل مستمر في جميع مراحل المهام. وكان لدى مختبر معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا شراكة مع Fairchild Semiconductor لتزويد حاسوب توجيه أبولو برقائق السيليكون الإلكترونية البالغة الصغر، والذي أصبح أول حاسوب يعتمد عليها. وكان قرار استخدام رقائق السيليكون الإلكترونية البالغة الصغر قراراً جريئاً، نظراً لأن التكنولوجيا لم تكن قد اختبرت على نطاق واسع حتى ذلك الوقت.[44] واستُخدم حاسوب توجيه أبولو بنجاح في المهام المدارية الأرضية، وجميع مهام الهبوط على سطح القمر، ومهام Skylab، والمشروع المشترك بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي في عام 1975، باسم أبولو سويوز. ولم يكن من المقرر أن تُحدث الابتكارات التكنولوجية المتعددة لحاسوب توجيه أبولو، بما في ذلك أجهزته وبرمجياته ورقائقه الإلكترونية البالغة الصغر ثورة في الحواسيب الموضوعة على متن المركبات الفضائية فحسب، بل أيضاً سوق حواسيب المستهلكين على مدار نصف القرن التالي.

الذكاء الاصطناعي

يمكن وصف الذكاء الاصطناعي على نطاق واسع بأنه خوارزميات قادرة على إنجاز المهام التي تتطلب عادة ذكاء بشري لإكمالها. وطورت وكالة ناسا الذكاء الاصطناعي ليحل محل اتخاذ القرار الخاص بوحدات التحكم في المهام على الأرض نظراً لأن زمن انتقال الاتصالات بين الأرض والمريخ يجعل القرارات

في الوقت الفعلي للمهام الروبوتية مستحيلة.[45] وأسفرت الاختراعات المتتالية عن زيادة سرعة المعالجة في الحواسيب، وجعلت الرقائق الإلكترونية أخف وزناً، والبرمجيات المتكاملة أكثر تخصصاً. واليوم، يتم دمج الذكاء الاصطناعي في طريقة حياتنا. وتستخدم تطبيقات الملاحة الذكاء الاصطناعي لتحليل سرعة حركة المرور على الطرق؛ وتستخدم المكانس الكهربائية الذكية الذكاء الاصطناعي لمسح حجم الغرفة وتحديد العوائق وتحديد المسارات الأكثر كفاءة. ويعد الذكاء الاصطناعي عاملاً أساسياً في تشغيل المركبات البرية ذاتية القيادة.[46]

لم تجد معظم الابتكارات التي خرجت من وكالة ناسا طلباً مدنياً فورياً وقابلاً للتوسع وتجارياً

استنتاجات دراسة الحالة

إن قصة برنامج الفضاء الأمريكي هي حالة كلاسيكية للابتكار الموجه نحو المهام.[47] وكان لجهود الابتكار أيضاً خصائص محددة. فقد كان لديها عميل أساسي: الحكومة أو إحدى وكالاتها. واستفادت وكالة ناسا من المؤسسات الخاصة والجامعات بشكل فعال من خلال مواءمة أهدافها وغاياتها مع أنشطتها البحثية. وفي حين أن نهج وكالة ناسا قد تنوع من حيث درجات المشاركة والاستقلالية الممنوحة لمقاوليها، فقد ظل مركزياً في الأساس، ويحدد إلى حد كبير المهام المستهدفة والمتخصصة لمقاولي الوكالة. وتعتبر برامج الفضاء مشاريع معقدة تتناول مختلف مجالات التكنولوجيا. وكان دور وكالة ناسا هو التنسيق والجمع بين العلماء والصناعات من مختلف التخصصات لتبادل المعرفة وتحقيق هدف واحد.

وتعتمد الابتكارات الموجهة نحو المهام على المعرفة المتطورة لتحقيق أهداف مستهدفة ومحددة جيداً وفقاً لجدول زمني محدد.[48] ويمكن اعتبار مهمة هبوط إنسان على سطح القمر التابعة لوكالة ناسا ناجحة لأنها حققت هدفها بحلول التاريخ المستهدف الأصلي.[49] وركز نهج وكالة ناسا أساساً على توضيح وتحديد المشاكل والاختناقات بدلاً من فرض الحلول على مقاولي الوكالة. وعلاوة على ذلك، فإن اختيار مجموعة واسعة ولكن ذات صلة من الخبرات ساعدها على التوصل إلى حلول تربط بين مجالات التكنولوجيا المنفصلة. وكان الرصد في الوقت المناسب لمواءمة الإجراءات وتخصيص الموارد، لتجنب الانحراف عن الهدف الأصلي، نقطة قوة أخرى لنهج الابتكار الخاص بوكالة ناسا. فهل يمكن لنهج مماثل أن ينجح في التصدي لبعض التحديات العالمية الكبرى التي نواجهها اليوم؟ سيوسع الفصل الثالث نطاق المناقشة المتعلقة بسياسات الابتكار التي يمكن أن تكون مطلوبة.

ومعظم الابتكارات التي خرجت من وكالة ناسا لم تجد طلباً مدنياً فورياً وقابلاً للتوسع وتجارياً. ومع ذلك، فقد أثبتت هذه الابتكارات أنها حاضنات للعديد من التكنولوجيات والصناعات.[50] وعملت العديد من هذه التكنولوجيات كأساس لتطبيقات مدنية مشتقة غير مقصودة إلى حد كبير ولكن مهمة للغاية، وإن كان ذلك بدرجات متفاوتة من التأخير الزمني. وقد انبثقت مستشعرات أجهزة اقتران الشحنة، التي تحتوي على شبكات من البكسلات، من هدف وكالة ناسا المتمثل في تصميم وبناء تلسكوب هابل الفضائي،[51] وهو مرصد فضائي أطلق لأول مرة في عام 1990. وسمحت مستشعرات أجهزة اقتران الشحنة في تلسكوب هابل بالحصول على صور عالية الجودة لأعماق السماء. وأصبحت مستشعرات أجهزة اقتران الشحنة صناعة تقدر قيمتها بمليارات الدولارات، ومنتشرة في المنتجات اليومية، مثل كاميرات الويب وكاميرات الهواتف الذكية. وهذه حالة لم يكن فيها مسار ابتكار المتابعة المدنية الذي انبثق عن برنامج وكالة ناسا مباشراً ولا يمكن التنبؤ به.

ونشأت برامج الفضاء الأمريكية والسوفيتية عن الجغرافيا السياسية. ولكن كان للعديد من البرامج التي ولدت بعد ذلك في بلدان أخرى أهداف تجارية مرتبطة بقدر أكبر بالأرض، بتركيزها بشكل أكبر على التطبيقات في الاتصالات والملاحة وصناعة السواتل. وينطبق ذلك على وكالة الفضاء الأوروبية وربما يكون تناقضها الرئيسي مع وكالة ناسا. ففي السنوات القليلة الماضية، انضمت عدة بلدان كبيرة وصغيرة أخرى، بما في ذلك أكثر من 20 بلداً أفريقياً،[52] إلى عمليات استكشاف الفضاء. وقد أدى انخفاض تكاليف تكنولوجيا السواتل والطبيعة "المثيرة للاضطرابات" لتطورها، والتي تعني أنه يمكن تخطي بعض المراحل كما هو الحال مع تكنولوجيا المعلومات، مما يسهل دخول القادمين إلى السوق متأخراً، إلى خلق نوافذ من الفرص للاقتصادات النامية الأصغر.

أدت دورة الحياة القصيرة للابتكار عالي التكنولوجيا، جنباً إلى جنب مع سياسات الحكومة التدخلية، إلى خلق نوافذ من الفرص للتعلم واللحاق بالركب

وتتناول دراسة الحالة التالية هذه المفاهيم بمزيد من الاستفاضة من خلال النظر في صناعة تكنولوجيا المعلومات في شرق آسيا.

هناك عودة مرة أخرى إلى القمر على جداول أعمال وكالات الفضاء الكبرى، مثل وكالة ناسا ووكالة الفضاء الأوروبية. وقد تختلف الأهداف التقنية ولكن لا يزال الضغط التنافسي - هذه المرة من برنامج الفضاء الصيني - قائماً. وعلاوة على ذلك، تتطلب المشاريع المتوخاة، مثل المهمة إلى المريخ أو حتى إنشاء مستوطنات بشرية دائمة على الكوكب الأحمر، تعاوناً وثيقاً بين الحكومات والشركات الخاصة والأوساط الأكاديمية. وسيكون التعاون ضرورياً لتطوير نظم الدفع، ولتطوير التكنولوجيات اللازمة لتوفير الحماية من الأشعة الكونية وإيجاد حلول للطاقة المستدامة. وينطبق الشيء نفسه على مشاريع مثل زراعة المواد الغذائية على القمر واستخراج الموارد القمرية. والآراء منقسمة حول ما إذا كانت البرامج الفضائية تمثل استخداماً فعالاً لموارد البحث والتطوير. ولكن قد يطلق التنافس الجديد في الفضاء بين الولايات المتحدة والصين تكنولوجيات مبتكرة - وغير متوقعة - في العقود القادمة.

3-2 ظهور تكنولوجيا المعلومات في دول شرق آسيا

القفز إلى الصدارة

كان اتجاه الابتكار في اقتصادات شرق آسيا خلال الستين عاماً الماضية متشابكاً مع تنميتها وقصص لحاقها بالركب الاقتصادي. وتبرز هذه الاقتصادات في رعايتها للقدرات التكنولوجية المتطورة في العديد من القطاعات. وفي العقود الأخيرة، كان ظهور رواد مبتكرين في قطاع تكنولوجيا المعلومات المعرّف على نطاق واسع سمة أساسية ومتكررة للتنمية الاقتصادية في المنطقة. وعلى سبيل المثال، يرتبط التقدم الصناعي في اليابان ارتباطاً وثيقاً بصناعة الإلكترونيات الاستهلاكية المزدهرة في سبعينات وثمانينات القرن الماضي. وبرزت جمهورية كوريا ومقاطعة تايوان الصينية لاحقاً كجهات مبدعة وموّردة رائدة لأشباه الموصلات وشاشات الحاسوب. وسار نمو الصين في الفترة الأخيرة جنباً إلى جنب مع صعود شركاتها العاملة في مجال الاتصالات وتلك القائمة على الإنترنت.[53]

وحدث العديد من الاكتشافات العلمية الرائدة المتعلقة بالمنتجات الكامنة وراء صناعة تكنولوجيا المعلومات والتسويق الأولي لها في أماكن أخرى. ولكن استطاعت اقتصادات شرق آسيا الحصول على المعرفة الكامنة وراء هذه التكنولوجيات، و"قفزت" إلى أحدث دورات المنتجات وانخرطت في ابتكار المنتجات الرائدة على مستوى العالم. وكانت القفزة كبيرة لدرجة أن منطقة شرق آسيا تؤدي حالياً دوراً مهماً في تشكيل اتجاه الابتكار في صناعة تكنولوجيا المعلومات على مستوى العالم.

ويمكن لخصائص قطاع تكنولوجيا المعلومات أن تفسر جزئياً نجاح منطقة شرق آسيا في هذا القطاع. فهي تجمع بين التغيير التكنولوجي السريع ودورة الحياة القصيرة للمنتجات وتقدم وعود بتحقيق عائدات سريعة وعالية على الاستثمارات. ويمكن للابتكار المتكرر أن يجعل التكنولوجيات القائمة متقادمة بسرعة، وبالتالي يقلل حواجز دخول السوق بالنسبة للوافدين المتأخرين. وهناك عامل بارز آخر هو دور حكومات شرق آسيا وسياسات التنمية التي عملت على رعاية ابتكار تكنولوجيا المعلومات في المنطقة.

وتلقي دراسة الحالة هذه نظرة تاريخية موجزة على سياسة الصناعة في المنطقة، ولا سيما في البر الرئيسي الصيني وجمهورية كوريا ومقاطعة تايوان الصينية. وتناقش الآليات التي حدث من خلالها التطور التكنولوجي في صناعة تكنولوجيا المعلومات في هذه الاقتصادات. وتوضح باستفاضة كيف سمحت لها نوافذ الفرص بالقفز إلى قطاعات فرعية مختلفة من قطاع تكنولوجيا المعلومات. وأخيراً، تناقش دور الملكية الفكرية في التطور التكنولوجي في شرق آسيا.

التحديث السريع والاستثمار في التكنولوجيا المتقدمة

شهدت منطقة شرق آسيا نمواً متسارعاً على مدى العقود القليلة الماضية، ولا سيما بالمقارنة مع المناطق الأخرى، وخاصة أمريكا اللاتينية وأفريقيا. وعلى الرغم من أن النمو بدأ في أوقات مختلفة، فإن النمو المطرد لبلدان شرق آسيا تحقق بفضل التحديث السريع والاستثمار في التكنولوجيات المتقدمة. وبدءاً من اليابان في ستينات وسبعينات القرن الماضي، كانت منتجات تكنولوجيا المعلومات الرئيسية التي أنتجتها وصدرتها اقتصادات شرق آسيا عبارة عن منتجات استهلاكية كثيفة العمالة ومنخفضة السعر، مثل أجهزة الراديو والآلات الحاسبة الصغيرة (التماثلية) والتلفزيونات والثلاجات. ومع ذلك، أدت دورة الحياة القصيرة للابتكار في مجال التكنولوجيا المتقدمة، جنباً إلى جنب مع سياسات الحكومة التدخلية الموضحة أدناه، إلى استحداث نوافذ من الفرص للتعلم واللحاق بالركب. وشهدت ثمانينات القرن الماضي دخول شرق آسيا أسواق الحواسيب الشخصية ومسجلات الفيديو ومشغلات الكاسيت الصوتية ومعدات الاتصالات، مثل محولات هواتف الخطوط الثابتة وأجهزة الفاكس. وفي تسعينات القرن الماضي، ظهرت رقائق الذاكرة والهواتف المتنقلة اللاسلكية، وجلب العقد الأول من القرن الحادي والعشرين العديد من المنتجات الرقمية، بما في ذلك التلفزيونات الرقمية ونظم الاتصالات اللاسلكية والهواتف الذكية.

وحاول الاقتصاديون والمؤرخون لفترة طويلة شرح قصة النجاح الآسيوية من خلال نماذج مختلفة، وكان النموذجان الأكثر استشهاد بهما هما "نموذج الأوز الطائر" ونموذج "الأفضل".[54] وامتد الانطلاق الاقتصادي لليابان بين عامي 1955 و1975 إلى انطلاق مماثل في جمهورية كوريا ومقاطعة تايوان الصينية في سبعينات وثمانينات القرن الماضي. ويرى "نموذج الأوز الطائر" اليابان كنموذج يحتذى به للسياسة الاقتصادية وكمورد للتكنولوجيا والتمويل للتصنيع كثيف العمالة والموجه نحو التصدير في الاقتصادات الآسيوية المجاورة. ومع ذلك، فإن هذا النموذج لا يتناسب لشرح صعود الصين بعد عام 1980. فحجم السوق الصينية وتنوع الصناعة على مختلف مستويات التنمية، إلى جانب تعقيد العلاقات بين الحكومات المحلية والمركزية في الصين، تستلزم نوعين أو أكثر من أنواع النماذج.

وبالنظر إلى استراتيجيات التعلم والوصول إلى قاعدة المعرفة الأجنبية، على سبيل المثال، يمكن ملاحظة بعض السمات الصينية الفريدة. أولاً، كان هناك تركيز على ما يسمى بالهندسة الآجلة، والتي يتم من خلالها اكتساب المعرفة العلمية والتكنولوجية الجديدة أو الناشئة في مختبرات الجامعة قبل تطبيقها بطريقة من أعلى إلى أسفل لتطوير المنتجات التجارية. ويتجلى هذا بشكل أكبر في إنشاء الشركات المنبثقة من الجامعات الصينية، والتي تُناقش بمزيد من التفصيل أدناه. ويتناقض هذا النهج مع الهندسة العكسية المطبقة في جمهورية كوريا ومقاطعة تايوان الصينية،[55] حيث يتم تطوير الدراية في عملية من أسفل إلى أعلى، عن طريق تشريح المنتجات المستوردة.[56] وثانياً، اكتسبت الصين التكنولوجيا والعلامات التجارية من خلال عمليات الاندماج الدولية.[57] وأخيراً، استخدمت التعلم الموازي من شركات الاستثمار الأجنبي المباشر لتعزيز الشركات المحلية.[58] ويمكن اعتبار أن هذه العناصر الثلاثة تشكل نموذج "بيجين"، نظراً لأنها لم تُعتمد صراحةً من قبل أي من جمهورية كوريا أو مقاطعة تايوان الصينية.[59]

وعلى الرغم من الاختلافات، هناك عناصر مشتركة في تنمية جميع اقتصادات شرق آسيا. وتشمل هذه اللحاق بالركب الاقتصادي، وتعزيز قدرات الشركات الخاصة والصناعات، والتدابير الحكومية للحد من المخاطر التي تواجهها الشركات التي تدخل صناعات جديدة. وهذا هو نموذج "الأفضل" (بيجين - سيول - طوكيو). فقد عززت الحكومات بناء قدرات شركاتها عبر أربعة طرق. أولاً، أعدت ترتيبات للوصول إلى قاعدة المعرفة القائمة وفرص التعلم من خلال معاهد البحث الحكومية والاتحادات على سبيل المثال. وثانياً، شجعت العمل القائم على التصدير مع الاقتصاد العالمي كوسيلة لاكتساب المزيد من المعرفة. وثالثاً، اختارت الصناعات/التكنولوجيات التي تحقق التنمية وعززت إحلال الواردات لجعل أسواقها أقل ربحية للشركات الأجنبية. وأخيراً، لتجنب اقتصار الشركات على إنتاج منتجات ذات هوامش أو قيمة مضافة منخفضة، شجعت الحكومات على التطوير المستمر لأنشطة الشركات من حيث القيمة المضافة، إما داخل نفس الصناعة أو عن طريق الانتقال إلى صناعات جديدة ذات قيمة مضافة أعلى. وعلى سبيل المثال، انتقلت الشركات التايوانية من الآلات الحاسبة الإلكترونية إلى الحواسيب المحمولة، لأن الصناعة القديمة قد نضجت وأخذت تتدهور لتصبح عملية ذات قيمة مضافة منخفضة.

تتبع المسار أم إنشاء المسار؟

يمكن أن تتبع الشركات مسارات مختلفة للحاق بالركب في قطاع تكنولوجيا المعلومات. وتتمثل إحدى الطرق في التطور من كونها ما تسمى بالشركة المُصنِعة للمعدات الأصلية – التي تُصنِع مكونات لتستخدمها شركة أخرى - إلى كونها شركة مُصنِعة للتصميم الأصلي، والتي تشمل كلاً من التصميم والإنتاج. والخطوة الأخيرة هي أن تصبح شركة مُصنِعة للعلامة التجارية الأصلية.[60] وفي المرحلة الأولية، يتعاقد العميل - عادةً شركة أجنبية متعددة الجنسيات - من الباطن مع الشركة المُصنِعة للمعدات الأصلية لإنتاج منتج نهائي وفقاً لمواصفات معينة. وتعتبر الشركات المُصنِعة للتصميم الأصلي أكثر تقدماً من الناحية التكنولوجية ويمكن أن تنتج وتنفذ معظم عملية تصميم المنتج، بينما تدير الشركة العميلة عملية التسويق. وفي صناعة التلفزيونات في أواخر ستينات وسبعينات القرن الماضي، كانت الشركات التايوانية أساساً شركات مُصنِعة للمعدات الأصلية. وبعد أن أتقن المهندسون التايوانيون المحليون العاملون في هذه الشركات مهارات التصميم، غادروها وأنشأوا شركات تصنيع التصميم الأصلية الخاصة بهم.

وتعمل الشركات المُصنِعة للعلامة التجارية الأصلية على علاماتها التجارية الخاصة، وتصمم وتصنع منتجات جديدة، وتجري البحث والتطوير وتدير المبيعات والتوزيع. ومع ذلك، فإن الترقية من شركة مُصنِعة للمعدات الأصلية إلى شركة مُصنِعة للتصميم الأصلي ثم إلى شركة مُصنِعة للعلامة التجارية الأصلية ليس سهلاً أو مباشراً، ولا يتم بالضرورة بطريقة خطية. فيمكن للشركات تخطي مرحلة والبدء مباشرة من المرحلة التالية. وعلى سبيل المثال، قررت العديد من شركات تكنولوجيا المعلومات الكورية أن تبدأ بعلاماتها التجارية الخاصة.

ويمكن أن يتبع الانتقال واللحاق بالركب الأنماط الثلاثة المدرجة أدناه.[61] أولاً، هناك اللحاق بالركب عن طريق "تتبع المسار"، مما يعني أن الشركات القادمة متأخراً تتبع نفس المسار الخطي الذي سلكته أسلافها، ولكن في وقت أقصر. والنمط الثاني هو اللحاق بالركب عن طريق "تخطي المرحلة"، حيث تتبع الشركات القادمة متأخراً نفس المسار ولكنها تتخطى بعض المراحل. والنمط الثالث هو اللحاق بالركب عن طريق إنشاء المسار، مما يعني أن الشركات القادمة متأخراً تنشئ مسارها الخاص للتطور التكنولوجي. وعلى سبيل المثال، في ثمانينات القرن الماضي، عندما كانت شركة سامسونغ تفكر في إنتاج رقائق ذاكرة الوصول العشوائي الدينامي (D RAM) بسعة 16 كيلو بت، كانت التكنولوجيا تمر بفترة انتقالية. واستفادت شركة سامسونغ من هذه الفرصة وانتقلت مباشرة إلى إنتاج ذاكرة الوصول العشوائي الدينامي بسعة [64] كيلو بت. وبذلك، قفزت قبل الشركات الأخرى التي، بسبب القصور الذاتي، لم تبدأ بعد في إنتاج ذاكرة الوصول العشوائي الدينامي بسعة 64 كيلو بت.

وبشكل عام، يمكن أن ترتبط عمليات اللحاق بالركب الصناعي ارتباطاً وثيقاً بخصائص قطاع معين. وفي القطاعات التي تكون فيها الابتكارات غير متكررة ويمكن التنبؤ بها بدرجة كبيرة - وهذا ليس هو الحال في قطاع تكنولوجيا المعلومات - قد تكون استراتيجيات تتبع المسار أو تخطي المرحلة من قبل الشركات الخاصة كافية. ولكن في قطاعات مثل تكنولوجيا المعلومات، حيث تكون التكنولوجيات سريعة الحركة، وتنطوي على مخاطر عالية ومتطلبات رأسمالية كبيرة، قد يتطلب نجاح اللحاق بالركب تعاوناً بين القطاعين العام والخاص واستراتيجية لإنشاء المسار.

دور الحكومة

يتركز دور الحكومات، في سياق شرق آسيا، في توجيه اتجاه الابتكار على مرحلة التطوير واللحاق بالركب. وتهدف السياسات الحكومية إلى الوصول إلى المعرفة القائمة وتقليل عدم اليقين بالنسبة للشركات الخاصة المحلية. وعلى سبيل المثال، قدمت معاهد البحوث الحكومية في جمهورية كوريا المساعدة إلى الشركات الخاصة خلال الأيام الأولى حيث أتاحت لها سبل الوصول بالمجان أو بأسعار رخيصة إلى نتائج البحث والتطوير الخاصة بها. كما استطاعت الشركات المشاركة في اتحادات البحث والتطوير بين القطاعين العام والخاص لمشاريعها الواسعة النطاق والعالية المخاطر. وفي عام 1989، أنشأت الحكومة الكورية لجنة للتطوير المشترك للتلفزيون عالي الوضوح، بمشاركة 17 مؤسسة، بما في ذلك الشركات الخاصة، ومعاهد البحوث الحكومية والجامعات.

وبالإضافة إلى ذلك، قدمت الحكومات الآسيوية إعانات التصدير إلى الشركات الخاصة المحلية لتعزيز دخولها إلى الاقتصاد العالمي وكوسيلة لاكتسابها المعرفة. وكان التدخل الحكومي البارز الآخر من خلال استهداف الصناعات/التكنولوجيات لتنميتها وتعزيز إحلال الواردات. وحققت الحكومات ذلك من خلال التحكم في عدد الشركات الجديدة التي تدخل في قطاع معين لضمان استفادة القطاع من أرباح مستقرة. وكان التحكم في دخول السوق أحد العناصر الرئيسية للسياسة الصناعية اليابانية.[62]

دور القطاع الخاص

يؤدي القطاع الخاص أيضاً دوراً مهماً للغاية في توجيه اتجاه الابتكار في شرق آسيا. وعلى الرغم من أن التوقيت كان مختلفاً لكل بلد، إلا أن صناعة تكنولوجيا المعلومات المحلية تمكنت من اللحاق بشركات تكنولوجيا المعلومات الغربية وتجاوزها. وبلغ انتقال الشركات التايوانية الصغيرة والمتوسطة الحجم من شركات مُصنِعة للمعدات الأصلية إلى شركات مُصنِعة للتصميم الأصلي في ثمانينات القرن الماضي في عصر الآلة الحاسبة الإلكترونية. ودفع ذلك شركات مثل شركة آيسر، وهي شركة تايوانية، وغيرها لدخول أسواق الحواسيب المحمولة والهواتف المتنقلة (انظر أعلاه).[63]

وتعد شركتا سامسونغ وإل جي الكوريتان من بين شركات التكنولوجيا العالمية الرائدة. فقط بدأت سامسونغ كشركة منسوجات وسكر مكرر ولم تدخل سوق الإلكترونيات حتى عام

1969. ومع ذلك، من خلال التأكيد على وفورات الحجم والتكامل الرأسي والاستثمارات الكبيرة في البحث والتطوير، لم تصبح سامسونغ شركة مُصنِعة للمعدات الأصلية كبيرة فحسب، بل أصبحت أيضاً واحدة من أفضل الشركات العالمية المُصنِعة للعلامة التجارية الأصلية.

وظهر نمط مماثل في الصين في نهاية القرن العشرين، حيث تطورت شركات مثل هاواوي وZTE لتصبح شركات عالمية رائدة مُصنِعة للعلامة التجارية الأصلية. وفي السنوات الأخيرة، نجحت الصين في إنشاء ثلاثة شركات عملاقة في مجال أعمال المنصات، حيث تقوم الشركات بتسخير وإنشاء شبكات كبيرة قائمة على الويب من المستخدمين والموارد التي يمكن الوصول إليها عند الطلب. وتقود هذه الشركات - بايدو وعلى بابا وتنسنت - الصين إلى عصر الثورة الصناعية الرابعة، وتعتبر مكانتها وأعمالها مماثلة لشركات غوغل وأمازون وفيسبوك. ويرجع أداؤها الرائع في عالم المنصات والتجارة الإلكترونية إلى مزيجها الناجح من القدرة التقنية والمعرفة العميقة بالسوق المحلية الصينية الكبيرة. وبعبارة أخرى، فإنها تتصرف بسرعة ملحوظة في تطوير التكنولوجيا المتقدمة وتكييفها مع السياق الصيني.

دور الأوساط الأكاديمية

عززت حكومات شرق آسيا نظمها التعليمية بشكل ملحوظ على مر السنين، من المدارس الابتدائية إلى الجامعات، والتي وفرت للصناعة مجموعة كبيرة من العمالة الماهرة. وفي الأيام الأولى من التقدم التكنولوجي، دعمت هذه الحكومات الطلاب الذين يسافرون إلى الخارج لدراسة الهندسة والعلوم، ولكنها قامت بشكل متزايد ببناء نظمها الجامعية القوية. وتطلب ذلك استثمارات عامة كبيرة ومستمرة. وعلى سبيل المثال، ركزت الصين بشكل كبير على الأوساط الأكاديمية وبناء المعرفة العلمية الأساسية. واستفادت الصين أيضاً من "هجرة الأدمغة" العكسية، حيث عاد العديد من خريجي الجامعات الغربية الرائدة الصينيين ليصبحوا أساتذة و/أو ليؤسسوا شركاتهم الخاصة.[65]

وتدير العديد من الجامعات الصينية شركاتها الخاصة، والتي تختلف عن الشركات المتفرعة العادية. ولا تقوم الجامعة بتأسيس الشركة فحسب، بل تزودها أيضاً بالموظفين والأموال وتسيطر عليها إدارياً.[66] ومن الأمثلة على شركة متفرعة من جامعة هي شركة لينوفو، وهي شركة تكنولوجية متعددة الجنسيات تأسست في عام 1984 في بيجين من قبل فريق مكون من 11 مهندساً من معهد تكنولوجيا الحوسبة التابع للأكاديمية الصينية للعلوم. كما أن أول شركة برمجيات مدرجة على البورصة في الصين هي أيضاً شركة متفرعة من جامعة، وهي دونغروان، والتي تديرها جامعة دونغبي في شنيانغ. وهناك علاقة وثيقة نسبياً بين الجامعات والصناعة في الصين، على عكس الوضع في اليابان وجمهورية كوريا حيث لم يكن للجامعات تاريخياً سوى علاقات ضعيفة وغير مباشرة مع الصناعة. وبشكل عام، لم تكن المؤسسات الأكاديمية والعلمية، على الأقل في المراحل الأولى من تطور اقتصادات شرق آسيا، أساسية بشكل عام من حيث التنمية الاقتصادية مثل الوزارات الحكومية والقطاع الخاص.

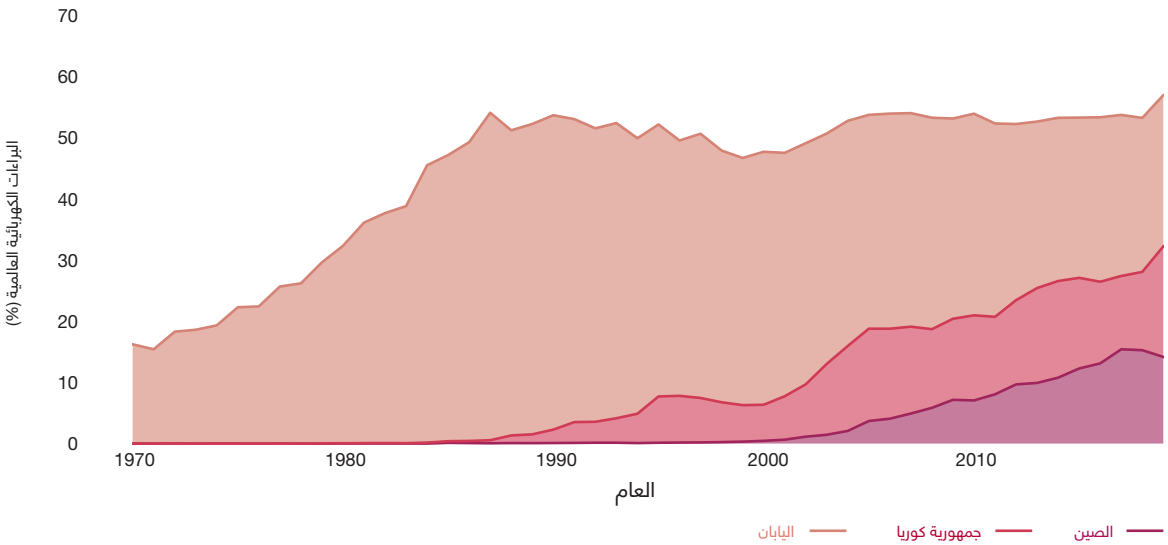
دور حقوق الملكية الفكرية

تعد حقوق الملكية الفكرية مهمة في مجال تكنولوجيا المعلومات لأن المنتجات غالباً ما تكون مصنوعة من عدد كبير من المكونات التي تعتمد على مجموعة واسعة من التكنولوجيات المعقدة. وهذه التكنولوجيات تراكمية، وتتقدم بسرعة وعمرها في السوق قصير. وتتنوع التكنولوجيات التي تدخل في صناعة الهاتف الذكي الذي يتكون من حوالي 2 000 جزء مادي، من أشباه الموصلات والبطاريات والذاكرة والتخزين والكاميرات وأجهزة الاستشعار إلى تكنولوجيات الحاسوب أو الاتصالات.[67]

ولا توجد شركة واحدة تمتلك جميع البراءات المرتبطة بهذه التكنولوجيات. ومع ذلك، تميل شركات تكنولوجيا المعلومات القائمة في السوق إلى الاحتفاظ بحوافظ براءات كبيرة لتقليل الحاجة إلى الحصول على براءات من طرف ثالث وزيادة إيرادات الإتاوات من الشركات التي قد تعتمد تكنولوجيتها على هذه

سيطرت الاقتصادات الآسيوية على الابتكار العالمي في التكنولوجيات المتعلقة بالكهرباء في غضون بضعة عقود

الشكل 2-3 النسبة من البراءات الكهربائية العالمية، بلدان آسيوية مختارة، 1970-2018



المصدر: قاعدة البيانات الإحصائية العالمية للبراءات التابعة للمكتب الأوروبي للبراءات (أكتوبر 2021).
ملاحظة: استناداً إلى المجالات التكنولوجية للويبو المطبقة على الإيداعات الأولى فقط. وتشير البراءات الكهربائية العالمية إلى البراءات العالمية في مجال التكنولوجيا السمعية والبصرية وعمليات الاتصال الأساسية وتكنولوجيا الحاسوب والآلات الكهربائية والأجهزة والطاقة وأساليب تكنولوجيا المعلومات للإدارة وأشباه الموصلات والاتصالات.

البراءات.[68] وقد أدركت اقتصادات شرق آسيا ذلك مبكراً وشجعت شركاتها المحلية على إيداع البراءات عندما دخلت سوق تكنولوجيا المعلومات العالمية وثبتت أقدامها فيها. وعلى سبيل المثال، دفع التقاضي الذي تقدمت به شركة تكساس انسترومنتس ضد شركة سامسونغ بشأن أشباه الموصلات في ثمانينات القرن الماضي الحكومة الكورية وشركة سامسونغ للاستثمار بكثافة في البراءات. ويوضح الشكل 2-3 الطفرة في تسجيل البراءات في مجال تكنولوجيا المعلومات في اقتصادات شرق آسيا.

وعلى مدى العقدين الماضيين، تغيرت أيضاً جغرافية ملكية البراءات الأساسية المعيارية تدريجياً، مع ظهور تكنولوجيات جديدة ونمو المنصات المشتركة، مثل الإنترنت. والبراءات الأساسية المعيارية عبارة عن براءة يحتاج المُصنِع إلى استخدامها لإنتاج منتج متوافق مع المعايير. ويلتزم حائزو البراءات الأساسية المعيارية بترخيصها بشروط عادلة ومعقولة وغير تمييزية. ويقوم حائزو البراءات الأساسية المعيارية أحياناً أيضاً بتصنيع المنتج المتوافق مع المعايير والذي يتضمن معايير البراءات الأساسية المعيارية الخاصة بهم.[69]

وأصبحت اقتصادات شرق آسيا تهيمن على البراءات الأساسية المعيارية في العديد من تكنولوجيا المعلومات الجديدة، ومثال على ذلك هي التكنولوجيا اللاسلكية. وتعتمد العديد من التكنولوجيات الحالية والمستقبلية على تكنولوجيا الجيل الخامس - شبكة الهواتف المتنقلة من الجيل الخامس. ومن الأمثلة على ذلك المركبات ذاتية القيادة والمنازل الذكية وأجهزة مراقبة الصحة القابلة للارتداء، والتي تعد من بين الأجهزة والأشياء المعروفة مجتمعة باسم إنترنت الأشياء. وتهيمن شركات شرق آسيا (على سبيل المثال، إل جي وسامسونغ وباناسونيك وZTE وهواوي وهاير وNEC) على البراءات الأساسية المعيارية اللازمة لتكنولوجيات إنترنت الأشياء والجيل الخامس، تليها في ذلك الشركات الأمريكية (مثل سيسكو ومايكروسوفت وغوغل/ألفابت ووكوالكوم وآبل وأي بي إم) والشركات الأوروبية (إريكسون ونوكيا).

استنتاجات دراسة الحالة

يمكن أن يوفر فهم مسار الابتكار الذي سلكته اقتصادات شرق آسيا رؤى لا تقدر بثمن للاقتصادات النامية الأخرى. ولذلك، من المهم فهم الخصوصيات أيضاً. أولاً، على الرغم من التنافس والاختلافات التاريخية بين اقتصادات شرق آسيا، فإن التغييرات التكنولوجية في أحدها امتدت في نهاية المطاف إلى الاقتصادات المجاورة. وثانياً، ارتبط لحاقها بالركب التكنولوجي ارتباطاً وثيقاً بتحسن صناعة تكنولوجيا المعلومات في المنطقة. ويتسم التغيير التكنولوجي في صناعة تكنولوجيا المعلومات بخصائص محددة تسهل هذه العملية. وتم تصميم السياسات الحكومية وفقاً لهذه الخصائص لتعزيز بناء القدرات في القطاع الخاص وتعزيزها. وقد لا يؤدي مجرد تكرار هذه السياسات في سياقات مختلفة في صناعات أخرى إلى نفس النتائج. ويتناول الفصل الأول باستفاضة هذه المفاهيم من خلال مناقشة الاحتياجات الحالية للبلدان النامية.

وكان أثر نموذج تنمية شرق آسيا على الاتجاه العالمي للابتكار هائلاً أيضاً. فقد زودت اقتصادات شرق آسيا السوق العالمية بمنتجات تكنولوجيا المعلومات المنخفضة التكلفة. وساهمت أيضاً في العديد من ابتكارات العمليات والمنتجات الإضافية عند تصنيع هذه السلع المنخفضة التكلفة. غير أن مساهمتها المبتكرة لا تقتصر على هذه الجوانب. ومن خلال توليد تكنولوجيات متطورة، تسهم اقتصادات شرق آسيا أيضاً في اتجاه الابتكار المستقبلي خلال الثورتين الصناعيتين الثالثة والرابعة.

2-4 موجز الفصل واستنتاجاته

اتخذ اتجاه الابتكار العديد من المنعطفات، ولا سيما منذ النصف الثاني من القرن العشرين. وناقش الفصل الأول العناصر المفاهيمية المختلفة وراء التحولات في الاتجاه. ويقدم هذا الفصل ثلاث أمثلة تاريخية تجسد تلك العناصر المفاهيمية - الحرب العالمية الثانية، وسباق الفضاء وصعود صناعة تكنولوجيا المعلومات في شرق آسيا.

وتعد الابتكارات التي ولدت من جهود مكتب البحث العلمي والتنمية ولجنة البحوث الطبية أمثلة نموذجية على الابتكار الناشئ عن الأزمات (التي تحتوي أيضاً على بعض عناصر الابتكار الموجه نحو المهام)، بينما يمثل برنامج "الرجل على سطح القمر" نموذجاً أصلياً للابتكار الموجه نحو المهام. ويعد صعود تكنولوجيا المعلومات في شرق آسيا قصة تطور كلاسيكية. وهناك بعض أوجه التشابه والاختلاف بين النُهج والطرائق المتبعة في كل اختبار. واعتمد كل من مكتب البحث العلمي والتنمية ووكالة ناسا نهجاً مركزياً من أعلى إلى أسفل لتوضيح المشاكل. وعملت الجهتان على إشراك الجامعات والشركات الخاصة لتحقيق أهدافهما. وبخلاف توفير رأس المال البشري والمادي والسياسي، كانت مساهمتهما الحاسمة هي الجمع بين العناصر المتنوعة الموجودة تحت تصرفهما وتنظيمها وإدارتها. ولا يمكن المبالغة في أهمية هذه الوظيفة. وكان الدور الرئيسي للحكومة في كلتا الحالتين هو الوساطة المعرفية - أي خلق قنوات مباشرة للتواصل والتنسيق بين المشاركين، مما أدى إلى تقليل التكرار وزيادة الكفاءة.

ويتمثل أحد الاختلافات الرئيسية بين دراسات الحالة الثلاث في طبيعة الطلب المرتبط بها. ففي كل من الحرب العالمية الثانية وسباق الفضاء، دفعت حكومة الولايات المتحدة الطلب بوصفها العميل الأولي والأساسي. وفي حالة تطوير تكنولوجيا المعلومات في شرق آسيا، كان الطلب مدفوعاً بالأسواق التجارية الكبيرة، المحلية والأجنبية. وكان الدور الرئيسي لحكومات شرق آسيا هو دعم الشركات الخاصة المحلية بسياسات تقلل المخاطر وتسهل وصولها إلى أحدث المعارف. وكان الاختلاف الآخر هو السرعة التي يجب بها تلبية الطلب. وكانت الضرورة الملحة للحرب تعني أن الابتكار بحاجة إلى التطوير بسرعة. وبينما كانت السرعة مهمة أيضاً في المنافسة الفضائية السياسية بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي، فإن الجدول الزمني لكل من سباق الفضاء وابتكارات تكنولوجيا المعلومات في شرق آسيا كان أطول. كما اختلفت طبيعة الابتكارات والصناعات التي ظهرت بعد ذلك وتأخرها الزمني. ووجدت العديد من الابتكارات التي ولدت من جهود مكتب البحث العلمي والتنمية ولجنة البحوث الطبية، مثل اللقاحات والبنسلين، أسواقاً مدنية بعد الحرب العالمية الثانية مباشرة. واستغرقت الابتكارات الناشئة عن برامج الفضاء، مثل الذكاء الاصطناعي والألواح الشمسية، التي كانت في الصدارة العلمية في ذلك الوقت، وقتاً أطول للانطلاق. وبعد انطلاقها، أصبح تأثيرها هائلاً. وكان العديد من الابتكارات الأخرى التي تم تطويرها لبرنامج الفضاء محددة للغاية لهذا البرنامج ولم يكن لها أي تطبيقات تجارية مباشرة (وهي حقيقة لا تزال صحيحة حتى اليوم). ومع ذلك، غالباً ما كانت تطبيقات الابتكارات عامة بما فيه الكفاية لإحداث آثار طويلة الأجل على المنتجات والخدمات التجارية المختلفة.

وإذ يواجه العالم تحديات عالمية كبرى، مثل تغير المناخ، تتطلب حلولها أفكاراً وابتكارات جديدة، من المهم التعرف على اللحظات في التاريخ التي كان فيها المجتمع قد حفز تغييرات تكنولوجية دراماتيكية. وكما هو موضح في دراسات الحالة الثلاث، هناك العديد من الطرائق التي يمكن أن تتفاعل من خلالها الحكومات والأسواق مع بعضها البعض، والتي يمكن بدورها أن يكون لها آثار قصيرة وطويلة الأجل على اتجاه الابتكار.

الملاحظات

1 تستند دراسة الحالة هذه إلى Sampat (2022).
2 انظر Gross and Sampat (2020b).
3 انظر Gross and Sampat (2020b).
4 تم تشكيل اللجنة الوطنية لبحوث الدفاع، وهي الوكالة السابقة لمكتب البحث العلمي والتنمية في يوليو 1940.
5 انظر Bush (1970).
6 انظر Gross and Sampat (2021).
7 انظر Gross and Sampat (2021).
8 انظر Neushul (1993).
9 انظر Neushul (1993).
10 انظر Achilladelis (1993) والويبو (2015).
11 انظر Swann (1983).
12 انظر Brabin (2014).
13 انظر Andrus (1948).
14 انظر Slater (2009).
15 Gross and Sampat (2020a).
16 انظر Hoyt (2006).
17 Hoyt (2006).
18 انظر Gross and Sampat (2021).
19 انظر Agarwal et al. (2021).
20 انظر Gross and Sampat (2021).
21 انظر الويبو (2015).
22 انظر Gross and Sampat (2021).
23 انظر Andrus (1948).
24 انظر Creager (1999).
25 انظر Creager (1999).
26 انظر Rasmussen (2002).
27 انظر Rasmussen (2002).
28 انظر Gross and Sampat (2021).
29 انظر Swain (1962) وFox (1987).
30 انظر Fox (1987).
31 تستند دراسة الحالة هذه إلى Hertzfeld et al (2022).
32 انظر Smith (2011).
33 يرجى زيارة https://technology.nasa.gov/Patent/TOP2-226.
34 يرجى بزيارة https://www.compositesworld.com/articles/composites-in-space(2).
35 يرجى بزيارة Visit https://www.nasa.gov/feature/50-years-ago-president-nixon-directs-nasa-to-build-the-space-shuttle.
36 انظر Perlin (1999).
37 انظر O'Neill (2014) ويرجى زيارة https://en.wikipedia.org/wiki/Opportunity_(rover).
38 انظر Bennett (2021).
39 يرجى زيارة https://www.energy.gov/ne/office-nuclear-energy.
40 انظر Cataldo and Bennett (2011).
41 يرجى زيارة https://www.usnews.com/education/best-colleges/slideshows/12-colleges-that-have-produced-the-most-astronauts.
42 انظر Mathematica, Inc. (1976).
43 انظر "MIT chosen as hardware and software contractor" في الفصل الثاني من Computers in Spacelight: The NASA Experience، متاح على: https://history.nasa.gov/computers/content.html.
44 انظر Ceruzzi (2015).
45 انظر Bluck (2004).
46 انظر الويبو (2019).
47 انظر Mazzucato (2018).
48 انظر Ergas (1987).
49 انظر Agarwal et al. (2021).
50 انظر Moeen and Agarwal (2017).
51 انظر Roy et al. (2019).
52 يرجى زيارة https://www.economist.com/middle-east-and-africa/2021/06/17/africa-is-blasting-its-way-into-the-space-race.
53 انظر Lee (2021).
54 انظر Lee and Mathews (2010).
55 انظر Eun et al. (2006).
56 انظر See Kim (1997).
57 انظر Huang and Sharif (2015).
58 انظر Mu and Lee (2005).
59 انظر Lee et al. (2011).
60 انظر Hobday (1994).
61 انظر Lee and Lim (2001).
62 انظر Johnson (1982).
63 انظر Amsden and Chu (2003).
64 انظر Wang (2012).
65 انظر الويبو (2017).
66 انظر Eun et al. (2006).
67 انظر الويبو (2017).
68 انظر Hall and Ziedonis (2001).
69 يرجى زيارة https://www.wipo.int/wipo_magazine/en/2015/03/article_0003.html.

المراجع

Achilladelis, B. (1993). The dynamics of technological innovation: The sector of antibacterial medicines. Research Policy, 22(4), 279–308.

Agarwal, R., S. Kim and M. Moeen (2021). Leveraging private enterprise: Incubation of new industries to address the public sector's mission-oriented grand challenges. Strategy Science, 6(4).

Amsden, A. and W.-W. Chu (2003). Beyond Late Development: Taiwan's Upgrading Policies. Cambridge, MA: MIT Press.

Andrus, E.C. (1948). Advances in Military Medicine, Made by American Investigators. Little, Brown and Company.

Bennett, L.G. (2021). Radioisotope power: Historical review. Encyclopedia of Nuclear Energy, 174-190. Amsterdam: Elsevier.

Bluck, J. (2004). NASA develops robust artificial intelligence for planetary rovers. NASA. Available at: https://www.nasa.gov/vision/universe/roboticexplorers/robust_artificial_intelligence_jb.html.

Brabin, B.J. (2014). Malaria's contribution to World War One – The unexpected adversary. Malaria Journal, 13(1), 1–22.

Bush, V. (1970). Pieces of the Action. Morrow.

Cataldo, R.L. and G.L. Bennett (2011). US space radioisotope power systems and applications: Past, present and future. In Singh, N. (ed.) Radioisotopes: Applications in Physical Sciences. IntechOpen, 473–496.

Ceruzzi, P. (2015). Apollo guidance computer and the first silicon chips. Smithsonian National Air and Space Museum. Available at: https://airandspace.si.edu/stories/editorial/apollo-guidance-computer-and-first-silicon-chips.

Creager, A.N. (1999). What blood told Dr Cohn: World War II, plasma fractionation, and the growth of human blood research. Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences, 30(3), 377–405.

Ergas, H. (1987). Does technology policy matter. In Guile, B.R. and H. Brooks (eds), Technology and Global Industry: Companies and Nations in the World Economy. Washington D.C.: National Academies Press, 191–245.

Eun, J-H, K. Lee and G. Wu (2006). Explaining the "university-run enterprises" in China: A theoretical framework for university–industry relationship in developing countries and its application to China. Research Policy, 35(9), 1329–1346.

Fox, D.M. (1987). The politics of the NIH extramural program, 1937–1950. Journal of the History of Medicine and Allied Sciences, 42(4), 447–466.

Gross, D.P. and B.N. Sampat (2020a). Inventing the Endless Frontier: The Effects of the World War II Research Effort on Post-war Innovation. Working Paper Series, no. 27375. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: https://doi.org/10.3386/w27375.

Gross, D.P. and B.N. Sampat (2020b). Organizing Crisis Innovation: Lessons from World War II. Working Paper Series, no. 27909. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: https://doi.org/10.3386/w27909.

Gross, D.P. and B.N. Sampat (2021). Crisis Innovation Policy from World War II to COVID-19. Working Paper Series, no. 28915. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: https://doi.org/10.3386/w28915.

Hall, B.H. and R.H. Ziedonis (2001). The patent paradox revisited: An empirical study of patenting in the US semiconductor industry, 1979– 1995. Rand Journal of Economics, 32(1), 101–128.

Hertzfeld, H.R., B. Staats and G. Leaua (2022). Innovations in the Exploration of Outer Space, WIPO Working Paper No. 71, World Intellectual Property Organization

Hobday, M. (1994). Export-led technology development in the four Dragons. Development and Change, 25(2), 333–361.

Hoyt, K. (2006). Vaccine innovation: Lessons from World War II. Journal of Public Health Policy, 27(1), 38–57.

Huang, C. and N. Sharif (2015). Global technology leadership: The case of China. Science and Public Policy, 43(1), 62–73.

Johnson, C. (1982). MITI and the Japanese Miracle: The Growth of Industrial Policy, 1925–1975. Stanford University Press.

Kim, L.S. (1997). Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning. Boston, MA: Harvard Business School Press.

Lee, K. (2021). (forthcoming), China's Technological Leapfrogging and Economic Catch-up. Oxford University Press.

Lee, K. (2022). Unpublished background research commissioned for the World Intellectual Property Report 2022. Geneva: World Intellectual Property Organization

Lee, K. and C. Lim (2001), Technological regimes, catching-up and leapfrogging: Findings from the Korean industries. Research Policy, 30(3), 459–483.

Lee, K. and J. Mathews (2010). From the Washington Consensus to the BeST Consensus for world development. Asian-Paciic Economic Literature, 24(1), 86–103.

المنظمة العالمية للملكية الفكرية (الويبو، 2015). التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2015: الابتكار الخارق والنمو الاقتصادي. جنيف. الويبو. متاح على الموقع التالي: https://ideas.repec.org/b/wip/report/2015944.html.

المنظمة العالمية للملكية الفكرية (الويبو، 2017) التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2017: رأس المال الغير ملموس في سلاسل القيمة العالمية. جنيف. الويبو. متاح على الموقع التالي: https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4225&plang=EN.

المنظمة العالمية للملكية الفكرية (الويبو، 2019). التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2019: جغرافيا الابتكار: الشبكات المحلية والبؤر العالمية. جنيف. الويبو. متاح على الموقع التالي: https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4467&plang=EN.

Lee, K., M. Jee and J.H. Eun (2011). Assessing China's economic catch-up at the firm level and beyond: Washington consensus, East Asian consensus and the Beijing model. Industry and Innovation, 18(5), 487–507.

Mathematica, Inc. (1976). Quantifying the Beneits to the National Economy from Secondary Applications of NASA Technology. US National Aeronautics and Space Administration.

Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policies: Challenges and opportunities. Industrial and Corporate Change, 27(5), 803–815. DOI: https://doi.org/10.1093/icc/dty034.

Moeen, M. and R. Agarwal (2017). Incubation of an industry: Heterogeneous knowledge bases and modes of value capture. Strategic Management Journal, 38(3), 566–587.

Mu, Q. and K. Lee (2005). Knowledge diffusion, market segmentation and technological catch-up: The case of the telecommunication industry in China. Research policy, 34(6), 759–783.

Neushul, P. (1993). Science, government and the mass production of penicillin. Journal of the History of Medicine and Allied Sciences, 48(4), 371–395.

O'Neill, I. (2014). Opportunity: The amazing self-cleaning Mars Rover. Space, April 2014. Available at: https://www.space.com/25577-mars-rover-opportunity-solar-panels-clean.html.

Perlin, J. (1999). From Space to Earth: The Story of Solar Electricity. Earthscan.

Rasmussen, N. (2002). Steroids in arms: Science, government, industry, and the hormones of the adrenal cortex in the United States, 1930–1950. Medical History, 46(3), 299–324.

Roy, R., C.M. Lampert and M.B. Sarkar (2019). The pre$ commercialization emergence of the combination of product features in the charge$coupled device image sensor. Strategic Entrepreneurship Journal, 13(4), 448–477.

Sampat, B. (2022). World War II and The Direction of Medical Innovation, WIPO Working Paper No. 70, World Intellectual Property Organization.

Slater, L. (2009). War and Disease. Rutgers University Press.

Smith, B.L.R. (2011). American Science Policy since World War II. Washington D.C.: Brookings Institution Press.

Swain, D.C. (1962). The rise of a research empire: NIH, 1930 to 1950. Science, 138(3546), 1233–1237.

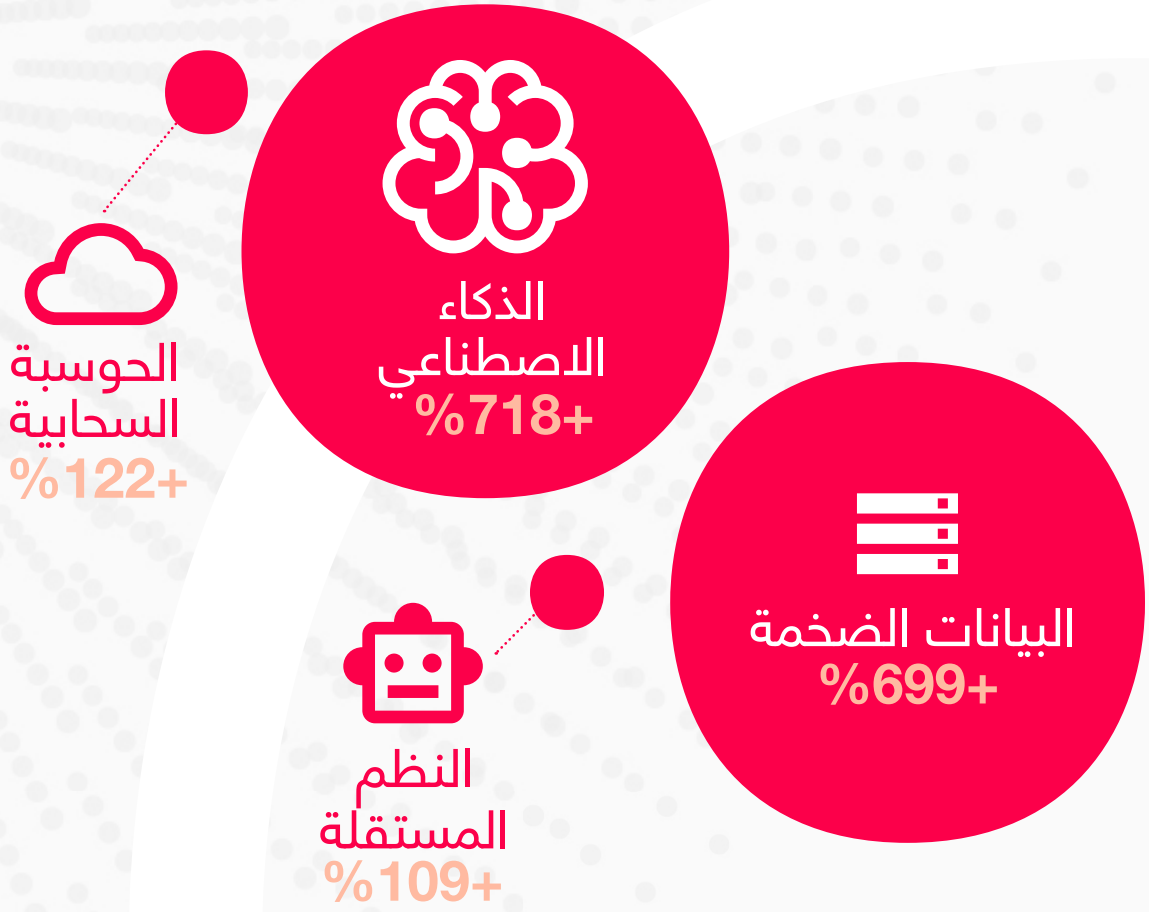
Swann, J.P. (1983). The search for synthetic penicillin during World War II. The British Journal for the History of Science, 16(2), 154–190.

U.S. Government (2021) Economic Report of the President, Figure 8.1, p. 229

Wang, X. (2012). Foreign direct investment and innovation in China's e-commerce sector. Journal of Asian Economics, 23(3), 288–301.

التكنولوجيات الرقمية السريعة النمو

نشاط البراءات في الفترة 2015-2020



اتجاه الابتكار: تحديات المستقبل

مع دخولنا العقد الثالث من القرن الحادي والعشرين، تقود قوى جديدة وقوية اتجاه الابتكار في العلوم والتكنولوجيا والطب. وفي حين أن هناك العديد من القوى في العمل، فإن هناك ثلاثة منها بارزة.

أولاً، أدت جائحة كوفيد-19 إلى ظهور طلب على التكنولوجيات الجديدة التي يمكن استخدامها لمكافحة انتشار الفيروس وعلاج العدوى، وإلى تسريع هذا الطلب جزئياً. وارتقى المجتمع العلمي والتكنولوجي إلى مستوى التحدي عن طريق تطوير مجموعة من اللقاحات بمساعدة حكومية كبيرة في وقت قياسي. وأثرت هذه الأزمة الصحية العالمية بشكل عميق على طريقة عمل الناس وسفرهم وتواصلهم وترفيههم عن أنفسهم. ومن السابق لأوانه تحديد الشكل الذي سيبدو عليه الوضع "الطبيعي" ما بعد الجائحة، ولكن هناك العديد من التغييرات التي ستبقى. ودفعت الجائحة تسريع الرقمنة (تُناقش أدناه) وكسرت العديد من المحرمات بشأن العمل والحياة الاجتماعية. وتدخل المبتكرون، وسيفعلون المزيد من ذلك في السنوات القادمة، لتوفير التكنولوجيات اللازمة لدعم هذه البيئة الجديدة.

وثانياً، أصبحت مكافحة تغير المناخ مسألة حتمية على رأس جداول أعمال السياسات حول العالم. وسيعتمد تحقيق الأهداف الطموحة الخاصة بخفض انبعاثات الكربون على التكنولوجيات المبتكرة وتبنيها. وستعطي تدابير السياسات والتمويل العام أولوية متزايدة للاستثمارات في التكنولوجيات الجديدة. وهناك بالفعل علامات مشجعة على التقدم - كما يتضح من الانخفاض في أسعار تكنولوجيات الطاقة المتجددة مثل الألواح الشمسية. ومع ذلك، من مطلوب القيام بالمزيد. وسيكون تمكين الانتقال إلى حيادية الكربون، حيث يكون هناك توازن بين الكربون المنبعث والكربون الممتص، حافزاً يدفع المبتكرين في العقود القادمة.

وأخيراً، تتمثل القوة الثالثة المؤثرة في الثورة الرقمية، أو ما يصفه البعض بالثورة الصناعية الرابعة. فقد شهدت نشراً واسعاً للتكنولوجيات الرقمية (الرقمنة)؛ ومجموعات كبيرة جداً من البيانات (البيانات الضخمة) لتحليل الاتجاهات والتفاعلات البشرية؛ وعمليات أكثر تعقيداً من الأتمتة والذكاء الاصطناعي. وكل هذه أمثلة على التكنولوجيات ذات الأغراض العامة، وهي تكنولوجيات قابلة للتطبيق في العديد من الصناعات والقطاعات التي يمكن أن تؤدي إلى ابتكارات متابعة جديدة ومتزايدة (انظر الفصل الأول).[1] وتؤدي قوة هذه التكنولوجيات الرقمية الجديدة ذات الأغراض العامة وطابعها المتشابك إلى مشاكل تتعلق بالأمن القومي، بسبب احتمال تعرض نظم الدفاع للقرصنة، على سبيل المثال. وأعطت الحكومات بدورها الأولوية لتنمية القدرات التكنولوجية الوطنية، مما أدى إلى ظهور جيل جديد من السياسات الصناعية الموجهة نحو الابتكار في جميع أنحاء العالم.

وفي ضوء القوى المؤثرة، ما هي الاتجاهات التي سيأخذها الابتكار؟ تضع معظم استثمارات الابتكار أهدافاً نهائية محددة جيداً، كما هو الحال في برنامج القمر (انظر الفصل الثاني)، تسمح بإعداد تنبؤات بشأن التغييرات التكنولوجية القادمة على المدى القصير إلى المتوسط. ومع ذلك، لا يزال المسار الفعلي للابتكار غير مؤكد – لن تتحقق بعض الأهداف النهائية، وسيتم تجاوز أهداف أخرى. وبالإضافة إلى ذلك، إذا كان التاريخ يمثل أي دليل، فإنه لا يمكن التنبؤ بالتغييرات الطويلة الأجل في اتجاه الابتكار وعواقبها الاجتماعية والاقتصادية بأي قدر من الثقة.

ويبحث هذا الفصل القوى الثلاث الموضحة أعلاه بشيء من التفصيل. وعند القيام بذلك، فإنه يستكشف التحولات في النظم الإيكولوجية للابتكار التي تعيد تشكيل اتجاه الابتكار. كما سيسأل كيف يمكن أن توجه السياسة العامة اتجاه الابتكار بطريقة تلبي بشكل أفضل لاحتياجات المجتمع والتحديات الكبرى التي يواجهها العالم.

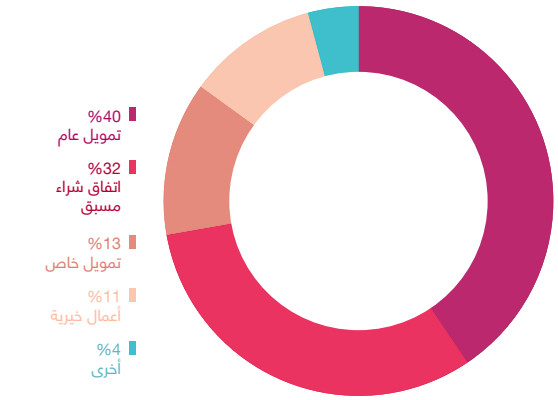
وينقسم الفصل إلى أربعة أجزاء. وتوفر الأقسام الثلاثة التالية دراسات حالة توضح كيف تعالج النظم الإيكولوجية للابتكار بعض التحديات العالمية. ويبحث القسم 3-1 أزمة كوفيد-19 ويسلط الضوء على كيف أسفرت الجهود المتضافرة للقطاعين العام والخاص عن العديد من اللقاحات التي توفر درجات عالية من الحماية ضد الفيروس الجديد. ويؤكد أهمية وجود نظام إيكولوجي قوي للابتكار قادر على الاستجابة بطريقة مماثلة في المستقبل. ويركز القسم 3-2 على الحاجة الملحة للتصدي لتغير المناخ. ويستكشف طبيعة هذا التحدي الكبير ويؤكد كيف سيكون لجميع أصحاب المصلحة المعنيين بالابتكار، بما في ذلك الأسر، دور يؤدونه في حل المشكلة. ويفحص القسم 3-3 ظهور التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة وكيف يمكن أن تطلق الابتكارات اللازمة للتصدي للتحديات المختلفة التي تم تسليط الضوء عليها في هذا الفصل. ويستخلص القسم 3-4 رؤى مهمة من دراسات الحالة الثلاث هذه لتوضيح أهمية قيام الحكومات وصانعي السياسات بدور فعال في تعزيز الحلول لتحديات المجتمع، وعملها في الوقت نفسه على تخفيف الآثار المحتملة المثيرة للاضطرابات لهذه الابتكارات في مجالات مثل التوظيف.[2] وأخيراً، يختتم القسم 3-5 ببعض الرسائل السياساتية الرئيسية.

3-1 دروس كوفيد-19

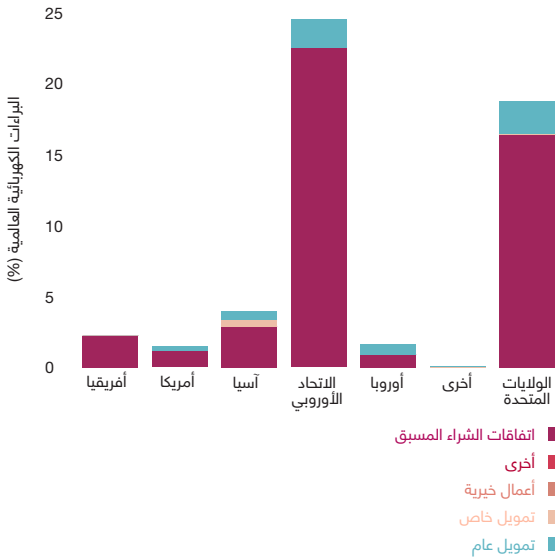
هز انتشار فيروس كورونا المسبب للمتلازمة التنفسية الحادة الوخيمة في الأشهر الأولى من عام 2020 العالم. وسرعان ما أدى الفيروس إلى اكتظاظ غرف الطوارئ ووحدات العناية المركزة في المستشفيات وأسفر عن عدد كبير من الوفيات خلال فترة زمنية

أدى الإنفاق العام دوراً هاماً في دعم تطوير لقاحات كوفيد-19

الشكل 3-1 أ نسبة تمويل لقاحات كوفيد-19 حسب النوع بالنسبة المئوية



الشكل 3-1ب تمويل لقاحات كوفيد-19 حسب النوع والمنطقة بمليارات الدولارات الأمريكية



المصدر: Global Health Centre (2021).
ملاحظة: تمثل هذه الأرقام استثمارات القطاعين العام والخاص (الشركات غير الصيدلانية) والجهات الخيرية والممولين الآخرين الخاصة بكوفيد-19 على النحو المحدد في قاعدة بيانات مركز الصحة العالمي. وهي تستند إلى الأرقام المتاحة للجمهور. ولا تشمل البيانات الخاصة بتمويل القطاع الخاص شركات الأدوية وبالتالي فهي ممثلة تمثيلاً ناقصاً. وقد تشتمل استثمارات اتفاقات الشراء المسبق والبحث والتطوير على توسيع نطاق الطاقة التصنيعية، فضلاً عن استثمارات للنهوض بالتطورات السريرية.

قصيرة نسبياً. وأفادت منظمة الصحة العالمية بأن كوفيد-19 تسبب في وفاة ما يقرب من 5.5 مليون شخص منذ 11 يناير 2022.[3] ويعتبر هذا الرقم إلى حد كبير أقل من الواقع.

وفرضت الحكومات تدابير احتواء وتخفيف لوقف انتشاره أو على الأقل إبطائه. وشهدت عمليات الإغلاق في العديد من البلدان الإغلاق المؤقت للمكاتب والمصانع، بخلاف تلك التي تقدم الخدمات الرئيسية، وحبس الناس في منازلهم. وأثر ذلك سلباً على الأنشطة التي تتطلب الحضور الشخصي، مثل أنشطة قطاع الخدمات.[4] وفشلت العديد من الشركات في النهاية، وفقد العديد من الناس وظائفهم. وخلص الاقتصاديون في البنك الدولي إلى أن 97 مليون شخص قد وقعوا في براثن الفقر في عام 2020 بسبب الأزمة.[5] وتقلص الاقتصاد العالمي بنسبة 3.2 في المائة في عام 2020، وهو أسوأ ركود اقتصادي منذ الحرب العالمية الثانية.[6]

ودفعت أزمة كوفيد-19 جميع الجهات الفاعلة في النظام الإيكولوجي للابتكار إلى إيجاد حلول عاجلة - الحكومات والقطاع الخاص ومؤسسات البحث والجامعات والمجتمعات الدولية والمنظمات غير الحكومية، بما في ذلك المؤسسات الخيرية.

تعاون ناجح بين القطاعين العام والخاص

أدت الجهود المتضافرة التي بذلها المشاركون في النظام الإيكولوجي العالمي للابتكار إلى تطوير العديد من لقاحات كوفيد-19 في فترة زمنية قصيرة. وبعد أقل من عامين من اليوم الذي تم فيه الإبلاغ عن أول الحالة - 31 ديسمبر 2019 - أُعطي 20 لقاحاً من لقاحات كوفيد-19 على مستوى العالم، وخضع 114 لقاحاً مرشحاً لتجارب سريرية و185 لقاحاً في مرحلة ما قبل التطوير السريري.[7]

وتعد السرعة التي تم بها تحديد لقاحات كوفيد-19 واختبارها ونشرها سرعة قياسية. ونشر العلماء الصينيون التسلسل الجيني المعين لفيروس كورونا المسبب للمتلازمة التنفسية الحادة الوخيمة في أوائل يناير 2020،[8] وبعد ذلك بثلاثة أشهر، حددت أربع شركات وجامعة واحدة اللقاحات المرشحة. وفي 31 أغسطس 2020، وافقت السلطات الصينية على استخدام أول لقاح لكوفيد 19، وهو سينوفاك.[9] وبحلول أوائل ديسمبر، وافقت وكالة تنظيم الأدوية ومنتجات الرعاية الصحية على لقاح فايزر-بايونتك (انظر أدناه) للاستخدام في المملكة المتحدة.

وهناك أربعة عوامل رئيسية توضح كيف يمكن تطوير اللقاحات بهذه السرعة.

أولاً، أدى حجم الجائحة وتأثيرها على نسبة كبيرة من سكان العالم إلى خلق حافز كبير لدى القطاع الخاص لإيجاد حل تكنولوجي. ويعد حجم السوق عاملاً مهماً في الابتكار، ولا سيما في مجال الطب، لأنه، كما أشير في الفصل الأول، كلما كبر حجم السوق، كلما زادت المكافأة المحتملة.[10،11] وعند تقييم ما إذا كان ينبغي ضخ استثمارات في البحث والتطوير، على المبتكرين تقييم التكاليف والمخاطر المحتملة للاستثمار مقابل العائدات المتوقعة.

وثانياً، قدمت الحكومات دعماً مالياً كبيراً إلى القطاع الخاص، بما في ذلك للتجارب السريرية ولمطوري اللقاحات الذين لديهم لقاحات واعدة مرشحة، لبناء قدرة تصنيع واسعة النطاق. وعلى سبيل المثال، التزمت المفوضية الأوروبية بتقديم 137.5 مليون يورو للبحث والتطوير المتعلق بالتشخيص والعلاجات واللقاحات و164 مليون يورو للشركات الناشئة والشركات الصغيرة والمتوسطة التي تعمل على إيجاد حلول للأزمة الصحية.[12] وقدم التحالف من أجل الابتكار لأغراض الاستعداد للأوبئة، وهو شراكة عالمية أُطلِقت في عام 2017 لتطوير لقاحات لوقف الأوبئة في المستقبل 1.3 مليار دولار أمريكي للبحث والتطوير المتعلق بكوفيد-19.[13]

وبالإضافة إلى ذلك، التزمت حكومات عديدة بشراء كميات محددة من اللقاحات المرشحة. وساعدت اتفاقات الشراء المسبق هذه في تخفيف بعض المخاطر التجارية المرتبطة بتطوير اللقاحات المرشحة. وكانت بعض التزامات السوق المسبقة هذه مدفوعات مقدماً، سُددت حتى قبل أن يخضع اللقاح المرشح للتجارب السريرية.

وجاء المزيد من الدعم العام لمعالجة الأزمة في شكل برامج أطلقتها الحكومة، مثل تلك التي أطلقتها حكومتا الولايات المتحدة والمملكة المتحدة، على غرار السياسات الموجهة نحو المهام التي تُناقش في الفصل الثاني.[14] وتم تصميم هذه البرامج لتسريع التقييم التنظيمي، بالإضافة إلى المساعدة على إيجاد لقاح لكوفيد-19.[15] وفي الماضي، كان تطوير وتسويق اللقاح، حتى وفقاً لأكثر التوقعات تفاؤلاً، يستغرق ما لا يقل عن 18 شهراً.[16] واستغرق تطوير وتسويق معظم اللقاحات من خمس إلى 10 سنوات نتيجة الوقت المطلوب لإيجاد لقاحات مرشحة واعدة والحصول على الموافق التنظيمية.[17] ويلقي الإطار 3-1 نظرة على برنامج Operation Warp Speed الأمريكي لتطوير لقاح كوفيد-19، بينما يسلط الإطار 3-2 الضوء على فرقة العمل المعنية باللقاحات في المملكة المتحدة.

الإطار 3-1

أدى برنامج Operation Warp Speed إلى تقصير أوقات تطوير اللقاح

أُطلق برنامج Operation Warp Speed (OWS) في 15 مايو 2020، كشراكة بين الوكالات بقيادة وزارة الصحة والخدمات الإنسانية الأمريكية ووزارة الدفاع الأمريكية. وكان الغرض منها هو تسريع تطوير وتوزيع لقاحات وعلاجات وتشخيصات آمنة وفعالة لفيروس كورونا المسبب للمتلازمة التنفسية الحادة الوخيمة، من خلال التنسيق والتمويل ودعم مطوري اللقاحات المرشحة، ومعظمهم من القطاع الخاص.

واستلهمت المبادرة فكرتها من مشروع مانهاتن، وهو برنامج موجه نحو المهام امتد من عام 1942 إلى عام 1946. [18] وجمع مشروع مانهاتن العلماء والجيش، جنباً إلى جنب مع استثمارات البحث والتطوير المركزة، لإنتاج سلاح نووي في غضون عامين ونصف العام. وتبنى برنامج OWS نفس نهج جهود البحث والتطوير المتضافرة والموجه نحو المهام، جنباً إلى جنب مع هيكل عملية عسكرية، في تطوير لقاح كوفيد-19.[19]

وبالإضافة إلى ذلك، تبنى برنامج OWS العديد من أفضل ممارسات نموذج وكالة مشاريع بحوث الدفاع المتقدمة التابعة لوزارة الدفاع.[20] وقد أُنشئت وكالة مشاريع بحوث الدفاع المتقدمة في عام 1958 لبناء القدرة التكنولوجية الأمريكية والتنافس ضد الاتحاد السوفيتي في سباق إلى القمر. وللقيام بذلك، كانت الوكالة على استعداد لتنفيذ مشاريع البحث والتطوير المحفوفة بمخاطر تجارية. ونجحت الوكالة في تطوير تكنولوجيات عسكرية مهمة، استُخدم بعضها استخداماً تجارياً غير عسكري (انظر الفصل الثاني). واستخدم برنامج OWS نهج حافظة وكالة مشاريع بحوث الدفاع المتقدمة واستثمر في العديد من اللقاحات المرشحة التي اعتمدت على تكنولوجيات مختلفة ومتنافسة، وإن كان ذلك باستثمار أكبر في البحث والتطوير وعلى مدى فترة أقصر ومحدودة.[21] وعند القيام بذلك، زادت فرص تمويل لقاح مرشح ناجح على الأقل، وتقليل مخاطر الفشل العام. وتنافست بعد ذلك الشركات التي طوّرت اللقاحات المرشحة الناجحة مع بعضها البعض للوصول إلى السوق أولاً.

وكان أحد الجوانب الجديدة والمبتكرة للمبادرة هو أن مطوري اللقاحات استطاعوا إجراء التجارب المرحلية السريرية المختلفة بشكل متزامن دون المساس بمعايير السلامة والكفاء العالية التي وضعتها إدارة الغذاء والدواء الأمريكية. وعادة، لا يمكن أن تنتقل عملية تطوير اللقاحات والأدوية من مرحلة إلى أخرى إلا بعد استيفاء جميع معايير التقدم. وتمكن مطورو اللقاحات أيضاً من البدء بسرعة في تصنيع اللقاحات المرشحة التي حققت نتائج واعدة في التجارب السريرية، نظراً لأن البرنامج ساعد في بناء القدرة التصنيعية الواسعة المطلوبة.[22]

وتم تغيير اسم البرنامج إلى مجموعة تسريع الإجراءات المضادة في عام 2021.

الإطار 3-2

إجراء التجارب السريرية وتصنيع اللقاحات تحت إشراف فرقة العمل

أُنشئت فرقة العمل المعنية باللقاحات في أبريل 2020 من أجل السعي لحصول المملكة المتحدة على اللقاحات الواعدة بأسرع ما يمكن.[23] وهي شراكة بين وزارة الأعمال والطاقة والاستراتيجية الصناعية ووزارة الصحة والرعاية الاجتماعية وتضم تسعة أعضاء مجموعة توجيهية من القطاع الخاص.

وكما هو الحال مع برنامج OWS الأمريكي، استثمرت فرقة العمل في حافظة من اللقاحات المرشحة الواعدة عبر التكنولوجيات المتنافسة.[24] وكانت استثماراتها في شكل تمويل البحث والتطوير واتفاقات الشراء المسبق مع مطوري اللقاحات.

وسجلت فرقة العمل المتطوعين من خلال سجل لقاحات كوفيد-19 التابع للدائرة الوطنية للصحة للمشاركة في التجارب السريرية.[25] كما ساعدت في وضع معايير الاختبار للسماح بمقارنة مستويات الفعالية والحماية بين اللقاحات المرشحة. وموّلت المبادرة التصنيع الواسع النطاق للقاحات المرشحة. وكانت شركة أكسفورد-أسترازينيكا إحدى مطوري اللقاحات الذين حصلوا على دعم مبكر للتصنيع من هذه الحملة.[26]

ونظراً لقدرة المملكة المتحدة المحدودة على تصنيع اللقاحات، قدمت فرقة العمل التمويل لمطوري اللقاحات مثل شركة نوفافاكس الأمريكية، وشركة فالنيفا الفرنسية وشركة كيرو-فاك الألمانية لإنشاء أو توسيع مرافق التصنيع داخل البلد. وكانت هذه الخطوة مكملة لمركز تصنيع وابتكار اللقاحات التابع للحكومة، الذي أُنشئ في عام 2018 لتعزيز الجهود المبذولة للتصدي للجوائح المستقبلية.[27]

وثالثاً، ساعدت التطورات المهمة في مجال الطب الحيوي، والتي بدأت خلال العصر الذهبي للقاحات أثناء وبعد الحرب العالمية الثانية (انظر الفصل الثاني)، في تعزيز التطور السريع للقاحات كوفيد-19.[28] وتم التعرف بسرعة على فيروس كورونا المسبب للمتلازمة التنفسية الحادة الوخيمة، وتم تحديد تسلسله الجيني. ومهد التسلسل الطريق لتجارب لقاح قائم على تكنولوجيا الحمض النووي الريبي المرسال، والذي يوفر، على النحو المشار إليه في الفصل الأول، قطعة من الشفرة الجينية من الفيروس لتحفيز الاستجابة المناعية وإنتاج الأجسام المضادة. ومن المرجح أن تغير هذه التكنولوجيا عملية الابتكار في مجال الطب الحيوي عن طريق تقصير الوقت المستغرق لتطوير لقاحات جديدة للأمراض المستقبلية وأن تحفز المزيد من الاستثمار في هذا النهج.

وكانت تكنولوجيا الحمض النووي الريبي المرسال قيد الاستخدام أو قيد التطوير لمدة عقد على الأقل قبل ظهور كوفيد-19. وكانت وكالة مشاريع بحوث الدفاع المتقدمة الأمريكية إحدى المنظمات التي دعمت تطويرها.[29] ولذا تمكن الباحثون من إعادة توجيه الجهود بسرعة نحو إيجاد اللقاحات المرشحة.

ورابعاً وأخيراً، بدأ العلماء والباحثون الذين لم يعملوا مع بعضهم البعض أبداً في التعاون.[30] وتنقل بعضهم بين المجالات العلمية للمساعدة في تحقيق الهدف. وعلى سبيل المثال، انضم علماء الجوائح إلى علماء الاجتماع والاقتصاديين لفهم كيف ينتشر الفيروس وكيف يمكن احتوائه. وبالإضافة إلى ذلك، شارك الباحثون عملهم بشكل مفتوح، حتى قبل أن يتم استعراضه من الأقران، وذلك لتسريع نشر المعرفة بين العلماء والباحثين. وقد ساعد ذلك على سرعة نشر أحدث نتائج البحوث.

الابتكار في مجال الطب[31]

وصل أثر الجائحة إلى ما يتجاوز البحث الفوري عن لقاح فعال ليؤثر على الابتكار في مجالات أخرى من البحث الطبي والممارسة الطبية.

تغيير اتجاه البحث الطبي

على النحو المشار إليه، من المرجح أن يؤدي تطوير لقاحات كوفيد-19 على أساس تكنولوجيا الحمض النووي الريبي المرسال إلى تحفيز التقدم العلمي والاختراعات الصيدلانية في المستقبل. ومنذ منتصف العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، روج الباحثون لتكنولوجيا منصة الحمض النووي الريبي المرسال باعتبارها مغيرة لقواعد اللعبة.[32] وتعمل التكنولوجيا عن طريق تعديل الحمض النووي الريبي المرسال، وهو الجين الذي يخبر الجسم كيفية صنع البروتينات التي يحتاج إليها. ويوجه الحمض النووي الريبي المرسال المعدّل جهاز المناعة في الجسم لإنتاج أجسام مضادة للدفاع عن نفسه ضد فيروس كورونا المسبب للمتلازمة التنفسية الحادة الوخيمة.

وفي فترة ما قبل الجائحة، تم اختبار هذه التكنولوجيا للحماية من العديد من الأمراض المعدية، بما في ذلك فيروسي إيبولا وزيكا. وحتى أنه تم استخدامها في بعض الأعمال المتعلقة بالسرطان.[33] ولكن بخلاف التطبيقات الوقائية، لم تنظر شركات الأدوية الكبرى بجدية في منصة الحمض النووي الريبي المرسال. ويرجع ذلك جزئياً إلى أن شركات الأدوية أقل احتمالاً للاستثمار في العلاجات الوقائية مثل اللقاحات.[34] ولكن نجاح لقاحات كوفيد-19 القائمة على الحمض النووي الريبي المرسال قدم دليلاً قوياً على أن منصة البحث تعمل بشكل جيد ويمكن أن يكون لها تطبيقات أخرى. وبالنسبة للمريض، تعتبر تكنولوجيا الحمض النووي الريبي المرسال فعالة وآمنة.[35] وبالنسبة للشركة المُصنِعة، فهي أرخص وأسرع من الطرائق التقليدية، حيث لا يلزم سوى إجراء تعديلات طفيفة على عملية الإنتاج من أجل التغيير من معالجة مرض إلى معالجة مرض آخر.

ويمكن أن يؤدي نجاح منصة لقاح الحمض النووي الريبي المرسال لكوفيد-19 إلى عصر ذهبي جديد لتطوير اللقاحات. وبالإضافة إلى ذلك، فإن دعم حكومة الولايات المتحدة والمملكة المتحدة لبناء مرافق تصنيع واسعة النطاق لمنصة لقاحات الحمض النووي الريبي المرسال الجديدة يُكمِل ويعزز المزيد من البحث في هذه التكنولوجيا.

ساعدت التطورات المهمة في مجال الطب الحيوي التي بدأت خلال العصر الذهبي للقاحات أثناء وبعد الحرب العالمية الثانية، في دعم التطور السريع للقاحات المرشحة لكوفيد-19

ولكن لا يزال الاستخدام الواسع النطاق لهذه المنصة التكنولوجية الجديدة وتبنيها يواجهان عقبات معينة.[36] أولاً، يتطلب استحداثها ونشرها قوة عمل عالية المهارات ومختبرات بحث جيدة التجهيز. وثانياً، يمكن أن يتحلل الحمض النووي الريبي المرسال بسهولة إذا لم تكن ظروف التصنيع سليمة، مما يمكن أن يزيد من تكلفة الإنتاج. وثالثاً، لا تمتلك العديد من الأماكن في العالم البنية التحتية المطلوبة لشحن وتخزين الحمض النووي الريبي المرسال.

وقد يكون التركيز على تكنولوجيا جديدة للقاح الحمض النووي الريبي المرسال ضاراً أيضاً بالبحوث الطبية الأخرى (انظر الفصل الأول، الإطار 1-1). فخلال الإغلاق الناتج عن كوفيد-19، أُعيد تغيير غرض العديد من مختبرات البحوث من خطوط البحث الأخرى القائمة لتركز على كوفيد-19. واضطرت بعض المؤسسات التي لا تعمل على كوفيد-19 إما أن تغلق المختبرات أو تقيد نشاطها. وفقدت بعض المؤسسات تمويلها. وكان على العديد من الجامعات والمؤسسات البحثية إعادة ترتيب أولوياتها وإعادة تخصيص ميزانياتها.

غير أن التحول من خط بحث إلى آخر مكلف.[37] وفي الوقت الحالي، يبدو أن إعادة تحديد الأولويات والتغييرات في التمويل قد أخرت تقدم البحث ولم تغيره بالكامل.[38] وخلصت دراسة تقارن عدد التجارب السريرية الجديدة حسب الأمراض بين عامي 2019 و2020 إلى أن تجارب كوفيد-19 جاءت على حساب التجارب السريرية الجديدة على أمراض أخرى. غير أن ذلك قد يكون مجرد إزاحة مؤقتة.[39]

وتُظهر سرعة تطوير لقاح كوفيد-19 مدى السرعة التي يمكن أن تصل بها اللقاحات والأدوية الجديدة إلى السوق وفي الوقت نفسه تلبية معايير السلامة العالية للمنظمين.[40] وقد يكون هناك ما يدعم تقصير الجداول الزمنية لتطوير الأدوية من خمس إلى 10 سنوات عن متوسط الصناعة.

ويشير نجاح برامج تطوير اللقاحات في الولايات المتحدة والمملكة المتحدة إلى الحاجة إلى استمرار الشراكات بين القطاعين العام والخاص في الوقاية من أمراض مثل كوفيد-19 وعلاجها. وأدت المبادرتان دوراً محورياً في دعم التكنولوجيات الرائدة، من النظرية إلى التطبيق. وقامتا بذلك من خلال الاستثمار في حافظة من التكنولوجيات المتنافسة التي لم تكن مثبتة نسبياً،

وكلما زادت سرعة تغير المناخ كلما زاد الأثر على العالم نظراً لأنه سيكون هناك وقت أقل للتكيف مع التغيرات.

وعن طريق المساعدة في بناء قدرات التصنيع التي تدعم تطبيق تلك التكنولوجيات.

تغيير الممارسة الطبية

أدت الجائحة إلى تسريع تبني التكنولوجيات الرقمية (انظر القسم 3-3) من قبل الممارسين الطبيين والمستشفيات. وأشار تقرير صادر عن شركة ماكينزي في عام 2021 إلى أن صناعة المستحضرات الصيدلانية الحيوية شهدت تحولاً رقمياً في الأشهر العشرة الأولى من ظهور كوفيد-19 أكثر مما شهدته في العقد السابق.[41] وتعمل الشركات في الصناعة الطبية على تجديد نظمها لتبني النظم الرقمية بشكل كامل والاستفادة بشكل أكبر من البيانات لتحسين نشاطها. وفي سويسرا، يمكن أن يخزن المرضى سجلاتهم الطبية في بوابة طبية على الإنترنت وترتيب مواعيد زيارات الأطباء من خلال نفس البوابة.

وفي مجال الرعاية الصحية، يستخدم المزيد والمزيد من الأطباء المنصات الرقمية لتشخيص المرضى وتقديم الرعاية إليهم.[42] وأثناء الإغلاق في عام 2020، على سبيل المثال، أجرى بعض الأطباء استشارات باستخدام منصات الاتصال بالفيديو عبر الإنترنت. وتعتمد المستشفيات على تحليل المرضى القادمين لتحسين إدارة شؤون الموظفين واستخدام أسرّة المستشفى. وعلى الرغم من أن العديد من هذه التغييرات كانت جارية بالفعل، فقد أوجدت الجائحة حاجة ملحة إلى "التحول الرقمي" وأتاحت فرصة إدخال التحسينات التشغيلية المطلوبة.

2-3 معالجة حتمية تغير المناخ

إن الوقود الأحفوري كمصدر للطاقة من أجل توليد الكهرباء والنقل هو أكبر مساهم في تغير المناخ الذي يعزى إلى النشاط البشري. ومنذ عام 1970، ساهمت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن النشاط البشري، ولا سيما حرق الوقود الأحفوري والعمليات الصناعية، بما يقرب من 78 في المائة من انبعاثات غازات الدفيئة العالمية.[44] وتمتص هذه الغازات الحرارة وتعيدها إلى الغلاف الجوي، مما يؤثر على السرعة التي يتغير بها المناخ. وتشمل هذه الغازات ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز.

ويهدد الاحترار العالمي النمو الاقتصادي العالمي، والأهم من ذلك، استدامة الحياة على كوكب الأرض. وهو يهدد الأمن الغذائي وإمكانية الحصول على المياه النظيفة، ويتسبب في ظواهر مناخية متطرفة وارتفاع مستوى سطح البحر. كما أنه يضر بنمو النبات، مما يؤثر بدوره على قدرة الطبيعة على تنظيم ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. وتشير تقديرات البنك الدولي إلى أن التكلفة العالمية السنوية للطقس المتطرف تبلغ نحو 520 مليار دولار أمريكي من الرفاهية المفقودة، بما يعكس الأثر غير المتناسب لتغير المناخ على الفقراء، حيث يقع 26 مليون شخص في براثن الفقر كل عام.[45]

وتتعرض الحكومات لضغوط متزايدة للتصدي لتغير المناخ. وبموجب اتفاق باريس لعام 2015، التزم 196 بلداً بالحد من ارتفاع درجات الحرارة العالمية إلى أقل من درجتين مئويتين بحلول نهاية القرن ويفضل وقف الارتفاع عند 1.5 درجة مئوية.[46] وبعد ست سنوات من ذلك في غلاسكو، اسكتلندا، أعادت الدول الموقعة التأكيد على هذا الالتزام، ووافق عدد قليل منها، بما في ذلك الأرجنتين والصين والاتحاد الأوروبي وجنوب أفريقيا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة، على تشديد خططها الحالية للحد من الانبعاثات.[47] وعلى سبيل المثال، سيسعى الاتحاد الأوروبي إلى الحد من انبعاثات غازات الدفيئة بنسبة 55 في المائة على الأقل بحلول عام 2030 - أعلى من النسبة البالغة 40 في المائة المقترحة في البداية. وأعلنت العديد من البلدان - تمثل 80 في المائة من الاقتصاد العالمي - أهدافاً لانبعاثات صفرية صافية بحلول عام 2050، وقد أعلنت الدول المسببة لانبعاثات كبيرة مثل الصين والهند عن أهداف مماثلة لعامي 2060 و2070 على التوالي.

التقدم نحو التغيير

قطعت الحكومات والقطاع الخاص على حد سواء خطوات واسعة لتوجيه الابتكار نحو التكنولوجيات التي تقلل الأثر السلبي للنشاط الاقتصادي على البيئة. وتشمل هذه تكنولوجيات تخفيف آثار تغير المناخ من أجل الطاقة والنقل والبناء، فضلاً عن تكنولوجيات الإدارة البيئية والتكيف المرتبط بالمياه.

وتهدف تكنولوجيات تخفيف الأثر إلى تقليل انبعاثات غازات الدفيئة، وزيادة كفاءة استخدام الطاقة، وتحسين استخدام الموارد، وتقليل النفايات وتحسين إعادة الاستخدام وإعادة التدوير.[48] ويشار إلى هذه التكنولوجيات على أنها تكنولوجيات منخفضة الكربون، حيث تولد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون أقل نسبياً من طاقة الوقود الأحفوري. وفي مجال النقل، من الأمثلة على ذلك المركبات الكهربائية (انظر أدناه). وفي مجال إنتاج الطاقة، تشمل الأمثلة الطاقة الشمسية الكهروضوئية، وتوربينات الرياح ومحطات الطاقة التي تعمل بالفحم والمزودة بمرافق تخزين الكربون المحتجز.[49] وعلى سبيل المثال، توفر تكنولوجيات إزالة ثاني أكسيد الكربون والتقاطه الطاقة لمرافق التخزين، وتحد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عن طريق التقاط الغازات وتخزينها إما في خزانات (جيولوجية أو أرضية أو في المحيط) أو في منتجات مثل الخشب.[50]

وتستخدم الحكومات في الاقتصادات المتقدمة غالباً، وفي الآونة الأخيرة الصين، الإعانات واللوائح والمعايير لتشجيع التكنولوجيات البيئية. واستجابة لذلك، تستثمر الشركات بشكل متزايد في هذه التكنولوجيات وتتبناها. والأهم من ذلك، يوفر التزام الحكومات الطويل الأجل بالسياسات البيئية طمأنة مهمة للشركات بأنها يمكن أيضاً أن تقوم بأمان بالاستثمارات الطويلة الأجل اللازمة في التكنولوجيات المنخفضة الكربون.

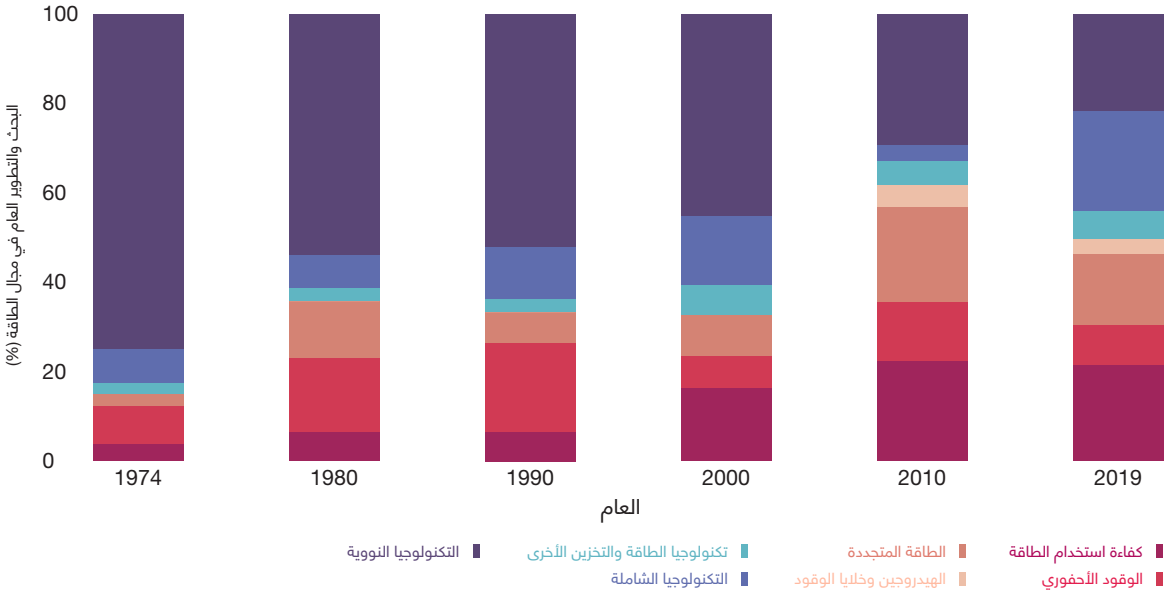
تمويل البدائل

تمول الحكومات البحث والتطوير في مصادر الطاقة البديلة منذ سبعينات القرن الماضي. وفي إطار برنامجها بشأن الوصول إلى القمر (انظر الفصل الثاني)، بدأت الولايات المتحدة في تجربة الألواح الكهروضوئية الشمسية وتوربينات الرياح كمصادر للطاقة. وفي الوقت نفسه، هدد الارتفاع الحاد في أسعار النفط خلال عامي 1973 و1979 النمو الاقتصادي في أوروبا وأمريكا الشمالية وأثار شواغل إزاء أمن الطاقة. ودفع ذلك بلداناً مثل فرنسا والبرازيل إلى تمويل البحث في مجال الطاقة النووية والإيثانول، على التوالي، بينما بدأت اليابان برامج تحقيق كفاءة استخدام الطاقة.

وساعدت الحكومات في تخفيف بعض المخاطر وأوجه عدم اليقين المرتبطة بالاستثمار في تكنولوجيات الطاقة البديلة الجديدة غير المختبرة نسبياً. وكان لسياسات الدعم والتعريفات التي تشجع على تبني الطاقة المتجددة في ألمانيا (انظر الإطار 3-3) في أوائل تسعينات القرن الماضي الفضل في وجود دفعة مبكرة في الطلب على تكنولوجيات الطاقة الشمسية.[51] وبالإضافة إلى ذلك، أدى الدعم الحكومي دوراً مهماً في تطوير

تغير تكوين تمويل البحث والتطوير العام المخصص للطاقة

الشكل 3-2 نسبة الإنفاق الاستثماري العام على البحث والتطوير في مجال الطاقة حسب التكنولوجيا بالنسبة المئوية، 1974-2019



المصدر: IEA (2020a).
ملاحظة: يشير مصطلح "التكنولوجيا الشاملة" إلى التكنولوجيات التي يمكن تطبيقها في العديد من قطاعات الطاقة، مثل الوقود الأحفوري، وأشكال الطاقة والتخزين الأخرى، وما إلى ذلك. ويُبلغ مكتب العلوم التابع لوزارة الطاقة الأمريكية عنها تحت علوم الطاقة الأساسية.

التطبيق العملي للتكنولوجيات الجديدة وإثباتها، وبالتالي، إمكانية تسويقها.

وتشير الدراسات إلى أن تمويل الدولة للمبادرات أثر تأثيراً إيجابياً على معدل واتجاه الابتكار البيئي في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة.[52] وسهلت الإعانات المقدمة من بلدان الاتحاد الأوروبي توليد الكهرباء من خلال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح عن طريق خفض التكاليف للشركات التي تطور التكنولوجيا.[53] ووفقاً للباحثين في إمبريال كوليدج لندن، يمكن تشغيل معظم مرافق الرياح البحرية في أوروبا دون الحاجة إلى إعانات بحلول عام 2025.[54]

ويوضح الشكل 3-2 كيف ابتعد التمويل العام العالمي للبحث والتطوير المخصص لمصادر الطاقة عن الاستثمارات في الوقود الأحفوري منذ منتصف سبعينات القرن الماضي. ووفقاً لوكالة الطاقة الدولية، انخفض التمويل العام للوقود الأحفوري بمقدار النصف تقريباً في العقد المنتهي في عام 2020، من 13 في المائة إلى 7 في المائة من إجمالي الإنفاق العام على البحث والتطوير على الطاقة.[55]

المعايير والقواعد واللوائح

على النحو المشار إليه، تؤدي المعايير والقواعد واللوائح الحكومية أدواراً رئيسية في تبني الصناعة والأسر الخاصة للتكنولوجيات البيئية. ويتزايد عدد السياسات الموجهة نحو تبني ونشر التكنولوجيات البيئية بشكل مطرد.[56] وعلى المستوى المحلي، شملت هذه السياسات إعانات لتركيب الألواح الشمسية على أسطح المنازل، وبناء منازل ومباني تحقق الكفاءة في استخدام الطاقة، وشراء دراجات ومركبات تعمل بالكهرباء. واستجابة لذلك، قامت المجتمعات المحلية الصغيرة والمزارعون والبلديات والمنتجون والأسر المهتمة بالبيئة بالتنويع نحو استخدام التكنولوجيات البيئية.[57]

غير أن أثر هذه السياسات يختلف وفقاً لنوع آلية التحفيز - الحث - المستخدمة (انظر الإطار 3-3).[58] وتميل التكنولوجيات التي تكون في مرحلة مبكرة من التطوير - مرحلة البحث الأساسي و/أو التطبيقي - إلى أن تكون أقل تأكداً من النجاح، وبالتالي قد تتطلب تمويلاً عاماً لتخفيف المخاطر.[59] وعلى سبيل المثال، تعد تكنولوجيات إزالة الكربون مكلفة للبناء والصيانة. وفي حين أن هذه التكنولوجيات أثبتت فعاليتها، وهو ما يُعرف باسم "إثبات المفهوم"، فإن تطويرها على نطاق واسع محفوف بالمخاطر. وعلى الرغم من ذلك، تم الإعلان، في عام 2021، عن أكثر من 100 منشأة جديدة لتخزين الكربون بدعم من الحكومة.[60]

ويوضح الإطار 3-3 كيف تؤثر آليات الحث المختلفة على الابتكار في التكنولوجيات المنخفضة الكربون. وآليات الحث هي سياسات حكومية تهدف إلى استحداث سلوك معين لم يكن ليحدث بخلاف ذلك. وفي حالة السياسات البيئية، يُشجع المشاركون في النظام الإيكولوجي للابتكار على العمل نحو تطوير التكنولوجيات (كل من المُنتَج والعملية) التي تعمل على تخفيف انبعاثات الكربون، مثل التكنولوجيات المنخفضة الكربون و/أو تكنولوجيات تخفيف آثار تغير المناخ.

وهناك أيضاً آليات، مثل الضرائب على انبعاثات الكربون، والتي تيسر تبني التكنولوجيات البيئية وتوجه المستهلكين بعيداً عن الاعتماد على الوقود الأحفوري. ويفيد البنك الدولي بأن حوالي 45 بلداً تقوم حالياً بتنفيذ مبادرات تسعير الكربون، إما من خلال نظم تداول الانبعاثات، أو صناديق الحد من الانبعاثات، أو ضرائب الكربون أو أشكال متنوعة من هذه المبادرات.[61] وبالإضافة إلى ذلك، تفيد اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ بأن نحو 100 بلد تجري تقييماً لتسعير الكربون كاستراتيجية وطنية للحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

الإطار 3-3
آليات الحث ونوع الابتكار

تميل الدراسات المتعلقة بسياسات تغير المناخ إلى الاتفاق على أن آليات الحث التي تعمل بشكل أفضل قائمة على السوق. ومن الأمثلة على ذلك سياسات تسعير الكربون، مثل ضرائب الكربون ونظم تداول الانبعاثات. ويجب أن تُدمج الشركات سعر انبعاثاتها من الكربون في تكاليف الإنتاج، والتي يمكن أن تتوقع ارتفاعها إذا استمرت في الاعتماد على التكنولوجيات عالية الكربون. ويشجع ذلك الشركات على الاستثمار في التكنولوجيات المنخفضة الكربون ويسهل تحولها بعيداً عن التكنولوجيات عالية الكربون. ويساعد مثل هذا الاستثمار في التكنولوجيات المنخفضة الكربون في خلق طلب عليها وسوق لها. وبالإضافة إلى ذلك، غالباً ما تتحصل الحكومات على إيرادات من سياسات تسعير الكربون، خاصة في حالة التصاريح. وهذا يعني أن احتمال سحب سياسات تسعير الكربون فجأة أقل من احتمال سحب الإعانات، على سبيل المثال، والتي يمكن أن تتقلب مع الدورات الانتخابية ودورات الميزانية. وبالنسبة للشركات، يمكن أن يشير تنفيذ سياسات تسعير الكربون التي تعاقب الأنشطة عالية الكربون إلى أن الحكومة لديها التزام طويل الأجل بسياسات خفض الكربون.[63]

ومع ذلك، حتى السياسات القائمة على السوق يمكن أن تواجه مشاكل. فقد اعتمدت الحكومة الألمانية على السياسات القائمة على السوق للحث على الاستثمار في تكنولوجيا الطاقة الشمسية الكهرضوئية كمصدر للطاقة. وفي البداية، استخدمت التعريفات التي تشجع على تبني الطاقة المتجددة التي تضمن أسعاراً للكهرباء المولدة بالطاقة الشمسية أعلى من الكهرباء المولدة من خلال الوقود الأحفوري التقليدي.[64]

ولكن كان للتعريفات التي تشجع على تبني الطاقة المتجددة عيبان رئيسيان. أولاً، فإنها تحجب السعر "الحقيقي" للكهرباء المولدة بالطاقة الشمسية. وثانياً، فإنها لم تشجع بالضرورة الشركات على خفض تكاليف الإنتاج.

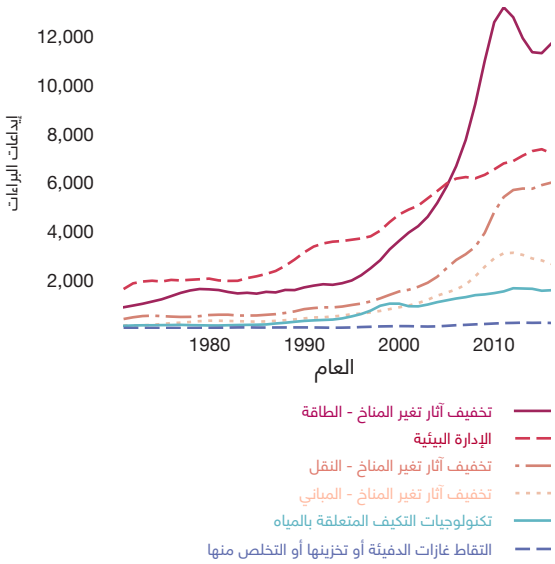
ويعتمد المنظمون الآن على المزادات والآليات التنافسية الأخرى بالإضافة إلى التعريفات التي تشجع على تبني الطاقة المتجددة. وعلى سبيل المثال، في نظام اتفاقات أو عطاءات شراء الطاقة في ألمانيا، يقدم مطورو الطاقة الشمسية الكهرضوئية عطاءات لمشاريع جديدة لتوليد الطاقة، ويتم اختيار العطاءات الأكثر تنافسية من حيث التكلفة. ونظراً لأن المنافسة تقوم على السعر، يكون لدى الموردين ومطوري المشاريع الحافز على تقليل تكاليفهم، مما قد يفيد سلسلة القيمة بأكملها.

ومثال آخر على الحالات التي لا تعمل فيها الحوافز القائمة على السوق هي حالة مستأجري المباني التي تحقق الكفاءة في استخدام الطاقة مقابل مالكيها. فإذا كانت تكلفة دفع فاتورة الطاقة تقع على عاتق المستأجر، فلن يكون لدى مالك الشقة أو المنزل أي حافز على الاستثمار في تكنولوجيات جديدة لتوفير الطاقة مثل العزل أو الأجهزة التي تحقق الكفاءة في استخدام الطاقة. وفي هذه الحالة، تعمل معايير أداء الطاقة بشكل أفضل من ضرائب الطاقة في تحفيز استخدام الابتكارات البيئية في المباني.[65]

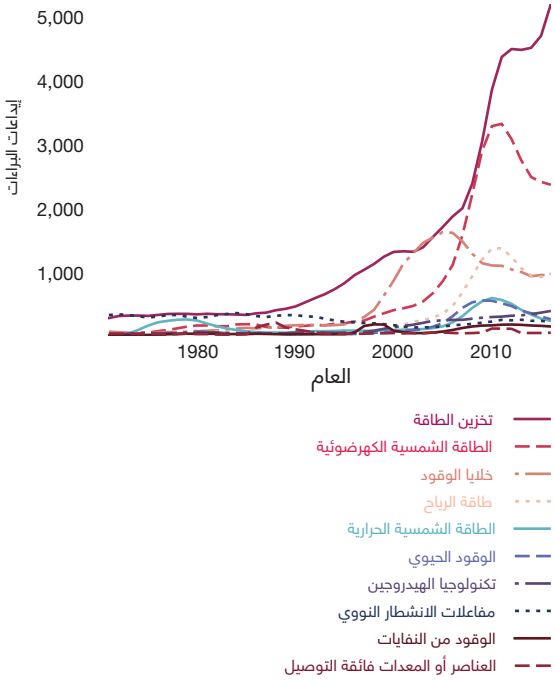
المصدر: Noailly (2022) وNoailly (2022) وPopp et al. (2010).

تكنولوجيا تخفيف آثار تغير المناخ المتعلقة بالطاقة هي الأسرع نمواً من بين التكنولوجيات النظيفة

الشكل 3-3 أ إجمالي إيداعات البراءات في مجال التكنولوجيات النظيفة حسب الفئات



الشكل 3-3ب تكنولوجيات تخفيف آثار تغير المناخ في مجال الطاقة حسب الفئات الفرعية

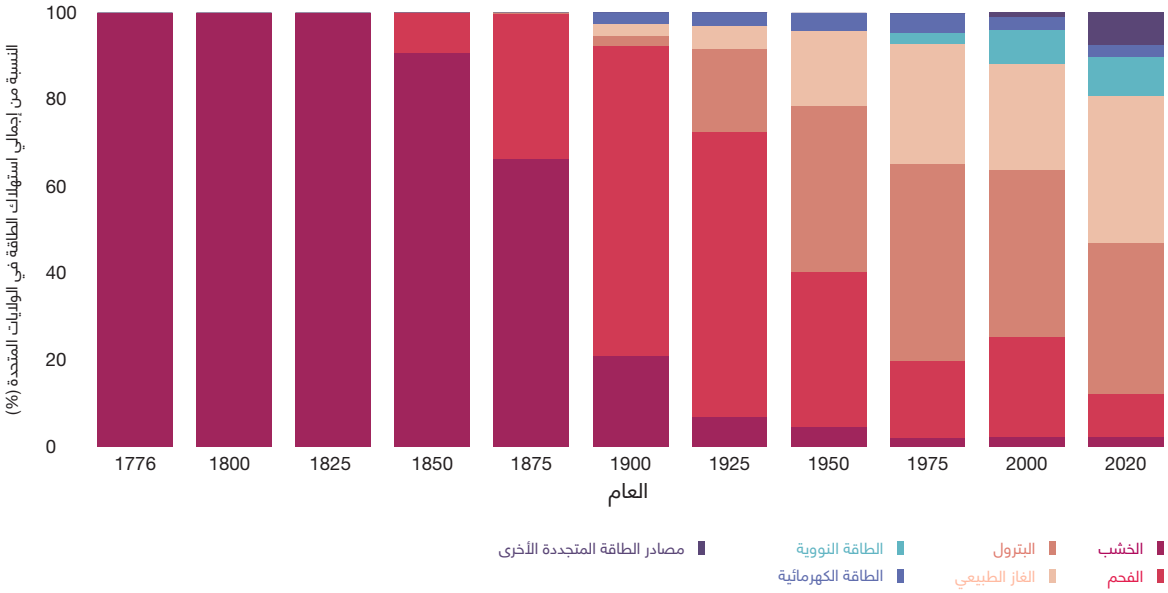


المصدر: الويبو.
ملاحظة: تشير إيداعات البراءات إلى مستندات البراءات المودعة في مكتبين على الأقل من مكاتب الملكية الفكرية.

ويتمثل أحد الجوانب السلبية للسياسات القائمة على السوق في أنها تستهدف التكنولوجيات والابتكارات القريبة من التسويق - تلك التي أظهرت قدرتها على العمل - ولا تحفز بالضرورة الأفكار الجديدة. وقد يكون الدعم الحكومي، إما من خلال المساعدة في تمويل المشاريع التجريبية لاختبار الأفكار أو من خلال توفير الدعم التكنولوجي لتطويرها، موجهاً بشكل أفضل نحو التكنولوجيات المنخفضة الكربون المحفوفة بالمخاطر التجارية، مثل مرافق

تعمل الولايات المتحدة بشكل متزايد على تنويع مصادرها من الطاقة

الشكل 3-4 نسبة إجمالي استهلاك الطاقة في الولايات المتحدة حسب مصدر الطاقة الرئيسي



المصدر: إدارة معلومات الطاقة الأمريكية (أبريل 2021).

ملاحظة: مصادر الطاقة المتجددة الأخرى تشمل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والوقود الحيوي والطاقة الحرارية الأرضية.

احتجاز الكربون واسعة النطاق. ويميل الاستثمار في التكنولوجيات الجديدة وتطويرها إلى طلب مشاركة الحكومة، بالتعاون مع الجامعات والقطاع الخاص.

وقد أدت التشريعات التي سنتها العديد من البلدان للحث على تبني تكنولوجيات منخفضة الكربون إلى خلق طلب على هذه التكنولوجيات. وأفادت الوكالة الدولية للطاقة المتجددة بأنه بين عامي 2013 و2018، شكل القطاع الخاص 86 في المائة من الاستثمارات في الطاقة المتجددة على مستوى العالم.[66]

التقدم في مجال مصادر الطاقة البديلة

يمكن أن تكون إيداعات البراءات بمثابة توضيح تقريبي لجهود الاستثمار في البحث والتطوير التي تبذلها الشركات الخاصة والمتعلقة بالتكنولوجيات المنخفضة الانبعاثات الكربونية. وفي الشكل 3-3، يمكن أن تُعزى الزيادة الحادة في البراءات المودعة بعد عام 2000 إلى نمو هذه التكنولوجيات في قطاع الطاقة. ويبين التحليل الإضافي أنها مرتبطة بمصادر الطاقة المتجددة، مثل الخلايا الشمسية وطاقة الرياح والوقود، والتي تشبه البطاريات التي لا تنفد أو تحتاج إلى إعادة الشحن. وتشكل مصادر الطاقة المتجددة ثلث نمو إيداعات البراءات في هذا المجال. وإلى جانب تسجيل براءات الطاقات المتجددة، كان هناك نمو في التكنولوجيات التمكينية، مثل البطاريات والهيدروجين - وهو خيار رائد لتخزين الطاقة المتجددة - والشبكات الذكية. وتعمل الشبكات الذكية على تحسين موثوقية إمدادات الطاقة عن طريق مساعدة شبكات الطاقة القائمة على تعويض التقلبات في الإمدادات من مصادر الطاقة المتجددة، التي تسببها، على سبيل المثال، الظروف الجوية السيئة.

وخلصت الدراسات المتعلقة بمن يقوم بأغلبية الابتكار في مجال التكنولوجيات المنخفضة الانبعاثات الكربونية إلى أن معظم التكنولوجيات المثيرة للاضطرابات - تلك التي تجعل التكنولوجيات الحالية متقادمة، كما حدث في الاتصالات مع الهواتف المتنقلة - تنشأ من الشركات الصغيرة وليس الشركات الكبيرة القائمة. وقامت شركة Climeworks، وهي شركة ناشئة انبثقت عن المعهد الفيدرالي السويسري في زيورخ، ببناء أكبر مصنع لاحتجاز الكربون وتخزينه في العالم "مباشرة من الجو" في أيسلندا. ومن المتوقع أن يجمع مصنع Orca، الذي تم الانتهاء منه في صيف عام 2021، ما يبلغ 4 000 طن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً، وسيتم تخزينها تحت الأرض. ومثل العديد من التكنولوجيات المثيرة للاضطرابات في هذا المجال، فإن تشغيل Orca مكلف وقد لا يحقق ربحاً لبعض الوقت. وهو يوضح سبب إحجام الشركات القائمة عن الاستثمار في هذا النوع من الابتكار.[69]

كما أن الشركات الكبيرة، التي تعمل بشكل رئيسي في صناعات النفط والغاز، من الجهات المبتكرة النشطة في التكنولوجيات المنخفضة الكربون. غير أن ابتكاراتها تميل إلى التركيز على الاستمرار في استخدام تكنولوجيات الوقود الأحفوري الحالية ولكن مع تزويدها بمرافق احتجاز الكربون وتخزينه لإزالة انبعاثات الكربون.[68] وهي تمثل أكثر بقليل من ثلث الاستثمارات الرأسمالية العالمية في مشاريع التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه.[69]

وأدى التقدم في تطوير مصادر بديلة للطاقة إلى زيادة تنويع مصادر الطاقة في الولايات المتحدة كما هو موضح في الشكل 3-4.

ودراستا الحالة الموصوفتان أدناه هما مثالان على كيف تقوم الحكومات بدور فعال في توجيه التغيير نحو تكنولوجيات بديلة أكثر مراعاة للبيئة. والدراسة الأولى تتعلق بتطوير الطاقة الشمسية الكهروضوئية كمصدر للطاقة المتجددة، بينما تتعلق الدراسة الثانية بتطوير السيارات الكهربائية. وهاتان الحالتان مفيدتان، لأن إنتاج الطاقة ونقلها يساهمان بأكبر قدر من انبعاث الدفيئة في جميع أنحاء العالم.[70]

الطاقة الشمسية الكهرضوئية

إن الحكومات هي المحركات الرئيسية وراء تطور صناعة الطاقة الشمسية الكهرضوئية.[71] وعلى النحو المشار إليه، استثمر برنامج الفضاء الأمريكي مبكراً في تطوير الألواح الشمسية. وبحلول عام 1958، اعتمد الساتل الأمريكي فانغارد 1 على الألواح الشمسية كمصدر للطاقة.[72] وبالإضافة إلى ذلك، أقنع النشطاء البيئيون في ألمانيا والدانمرك حكومتيهم، في سبعينات القرن الماضي، بتطوير مصادر طاقة غير قائمة على الوقود الأحفوري، بما في ذلك الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

وكانت الشركات في ألمانيا والولايات المتحدة واليابان من أوائل المبتكرين في مجال الطاقة الشمسية الكهرضوئية. وأحدثت التطورات التي قادتها وكالة ناسا تقدماً تقنياً كبيراً في مجال الطاقة الشمسية الكهرضوئية لاستخدامها في الفضاء وفي نهاية المطاف على كوكب الأرض (انظر الفصل الثاني).[73] ومنذ تسعينات القرن الماضي، بدأت ألمانيا في تقديم إعانات كبيرة لتكنولوجيات الطاقة الشمسية الكهرضوئية (انظر الإطار 3-3)، والتي، كفلت مثلما رأينا أسعاراً أعلى للطاقة المتولدة من خلال هذه الطريقة.[74]

وتوسعت الطاقة الإنتاجية ودخل المزيد من المنافسين إلى السوق مع تقديم المزيد من البلدان لحوافز من أجل إنتاج واستهلاك تكنولوجيات الطاقة الشمسية الكهرضوئية. ووجد المبتكرون التقليديون من ألمانيا واليابان والولايات المتحدة أنفسهم يتنافسون مع شركات من الصين والهند.[75] واليوم، أصبح بعض من أكبر مصدري مكونات الطاقة الشمسية الكهرضوئية شركات من الصين والولايات المتحدة واليابان وهولندا وألمانيا ومنطقة هونغ كونغ الإدارية الخاصة وجمهورية كوريا وسنغافورة وماليزيا.[76]

وأدى التوسع في الطاقة الإنتاجية وعدد المنافسين إلى انخفاض كبير في أسعار الطاقة الشمسية الكهرضوئية وزيادة طلب السوق على التكنولوجيا. وجذبت صناعة الطاقة الشمسية الكهرضوئية 46 في المائة من الاستثمارات العالمية في مصادر الطاقة المتجددة بين عامي 2013 و2018.[77] وعلى مدى ثماني سنوات - من 2010 إلى 2018 - انخفضت تكلفة إنتاج الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية الكهرضوئية بنسبة 77 في المائة. وارتفعت قدرتها المركبة التراكمية بمعامل قدره 100 في عام 2018 مقارنة بعام 2005.[78] وتتوقع وكالة الطاقة الدولية أن تشكل الطاقة الشمسية خُمس إمدادات الطاقة في جميع أنحاء العالم بحلول عام 2050، إذا زادت السعة الكهرضوئية الشمسية بمقدار 20 ضعفاً بحلول ذلك الوقت.[79]

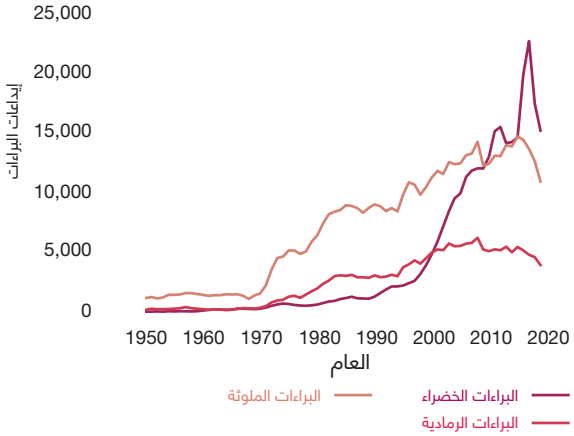
وأدى نقص مكونات الألواح الشمسية، بسبب اضطرابات سلسلة الإمداد الناجمة عن جائحة كوفيد-19، إلى ارتفاع سعر الألواح الشمسية في الفترة الأخيرة. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تؤدي التوترات التجارية بين الولايات المتحدة والصين إلى فرض رسوم على المكونات الرئيسية. وقد تؤدي هذه التطورات إلى إبطاء تبني الطاقة الشمسية الكهرضوئية والإضرار باستراتيجيات إزالة الكربون في البلدان.

السيارات الكهربائية

كانت تكنولوجيا السيارات الكهربائية موجودة منذ منتصف القرن التاسع عشر، لكن تطورها طغى عليه تطور السيارات المنافسة التي تعمل بالوقود. ومع ذلك، عاد الاهتمام بالسيارات الكهربائية بقوة في مطلع القرن الحادي والعشرين استجابةً للشواغل المتزايدة إزاء انبعاثات الكربون.

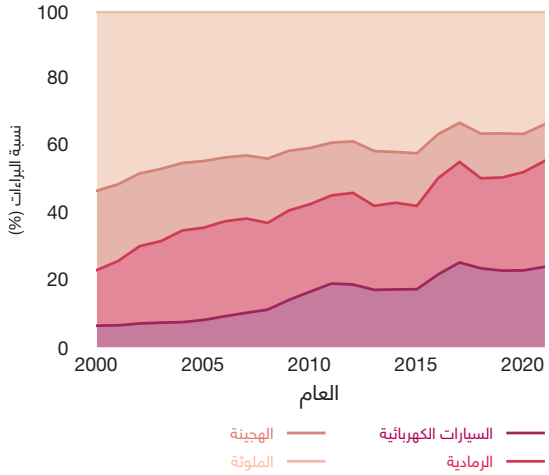
حساب التكنولوجيات المتعلقة بالمركبات الكهربائية والهجينة

الشكل 3-5أ إجمالي إيداعات البراءات في صناعة السيارات، حسب البراءات الخضراء (الكهربائية والهجينة) والرمادية والملوثة



المصدر: الويبو.
ملاحظة: قد تشير البراءة إلى أكثر من فئة واحدة. وتتكون البراءات الخضراء من كل من البراءات المتعلقة بالمركبات الكهربائية والهجينة. والبراءات الملوثة هي البراءات التقليدية المتعلقة بمحرك الاحتراق الداخلي. وتتكون البراءات الرمادية من تكنولوجيات مسجلة بموجب براءة وتعمل على تحسين كفاءة محركات الاحتراق التقليدية.

الشكل 3-5ب نسبة إيداعات البراءات الخاصة بالتكنولوجيات الخضراء (الكهربائية والهجينة) والرمادية والملوثة كنسبة من إيداعات البراءات في صناعة السيارات



المصدر: الويبو.
ملاحظة: قد تشير البراءة إلى أكثر من فئة واحدة. وتتكون البراءات الخضراء من كل من البراءات المتعلقة بالمركبات الكهربائية والهجينة. والبراءات الملوثة هي البراءات التقليدية المتعلقة بمحرك الاحتراق الداخلي. وتتكون البراءات الرمادية من تكنولوجيات مسجلة بموجب براءة وتعمل على تحسين كفاءة محركات الاحتراق التقليدية.

وتعد السيارات الكهربائية مثالاً آخر على الطريقة التي تقوم بها الحكومات بخلق طلب مبكر على التكنولوجيا المنخفضة الكربون. وابتداءً من عام 2005، قدمت حكومة الولايات المتحدة خصماً ضريبياً فيدرالياً على الدخل يصل إلى 7 500 دولار أمريكي عند شراء سيارة كهربائية. وعزز هذا الحافز الطلب. وتقدر إحدى الدراسات أن الخصم الضريبي يمثل ما لا يقل عن 40 في المائة من إجمالي مشتريات السيارات الكهربائية خلال الفترة 2011-2013.[80] ولا تشمل هذه النسبة الحوافز الإضافية المقدمة على

مستوى الولايات، مثل برنامج الخصم الخاص بالسيارات النظيفة في كاليفورنيا.[81] وانخفضت مبيعات السيارات الكهربائية في الصين والولايات المتحدة عندما توقفت الإعانات الرئيسية في عام 2019.[82]

وعززت معايير الانبعاثات الأكثر صرامة الاستثمارات في السيارات الكهربائية منذ تسعينات القرن الماضي. وبحلول عام 2030، يهدف الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة إلى أن تشكل السيارات الكهربائية 50 في المائة من مشتريات السيارات. وعلاوة على ذلك، أعلنت بعض مدن هذه البلدان، ومدن أخرى في كندا وإسرائيل واليابان والمكسيك وسري لانكا والمملكة المتحدة، عن حظر مبيعات محركات الاحتراق الداخلي بحلول عام 2050.[83]، ومن المفترض أن تزيد هذه السياسات الإنفاق على البحث والتطوير في هذا القطاع.

وجعلت التطورات في التكنولوجيات التمكينية، مثل التحسينات في سعة تخزين البطاريات والمقاومة الحرارية للبطارية والبنية التحتية للشحن، السيارات الكهربائية أكثر جاذبية للمستهلكين. وبحلول عام 2018، أدت البطاريات الأفضل إلى زيادة مسافة السفر المستقل للمركبات الكهربائية بمقدار أربعة أضعاف مقارنة بعام 2011.[84]

ويوضح الشكل 3-5أ كيف تجاوزت إيداعات البراءات الخاصة بتكنولوجيات النقل البري النظيفة المنخفضة الكربون (الكهربائية والهجينة) الابتكار في التكنولوجيات الملوثة عالية الكربون (محركات الاحتراق الداخلي) بحلول عام 2009. وعلاوة على ذلك، تشكل التكنولوجيات النظيفة ما لا يقل عن نصف جميع أنشطة البراءات في صناعة السيارات منذ عام 2016 (انظر الشكل 3-5ب).

ويوضح الشكل 3-6أ كيف أخذ طلب الأسر على المركبات الكهربائية في النمو. فقد ارتفعت نسبة السوق العالمية من مبيعات السيارات الكهربائية بشكل مطرد منذ عام 2011 لتصل إلى حوالي 4 في المائة من مبيعات السيارات في عام 2019. وهذا على الرغم من انخفاض الحوافز (انظر الشكل 3-6ب) التي قدمتها الحكومات، في شكل إعانات لشراء السيارات الكهربائية، مما يعني ضمناً أن المستهلكين يختارون هذه المركبات بغض النظر عن الإعانات. وفي ذروتها، غطت الحوافز الحكومية 23 في المائة من التكلفة على مستهلكي السيارات الكهربائية، ولكنها انخفضت إلى 10 في المائة بحلول عام 2020.

يتفاعل القطاعان العام والخاص، ولكن لا تزال القيود قائمة

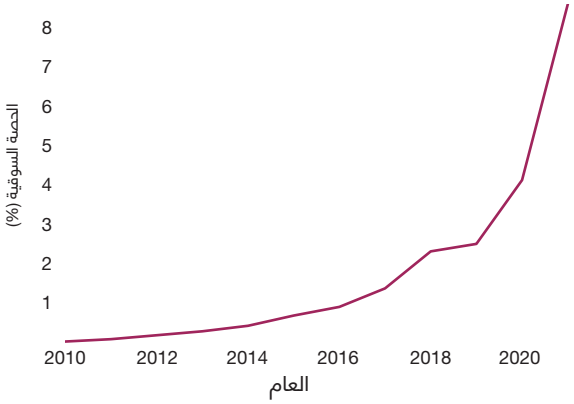
على مدى السنوات الخمس الماضية، تجدد التزام القطاعين الخاص والعام بالتصدي لتغير المناخ.

يتزايد الضغط على القطاع الخاص

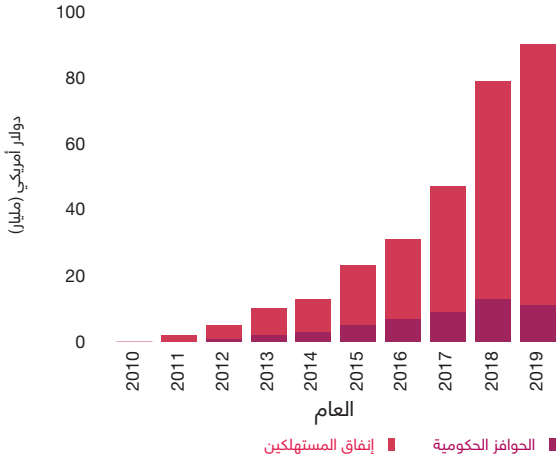
يشترط عدد متزايد من الصناديق الخاصة والعامة توجيه استثمارات التكنولوجيات الخضراء المنخفضة الانبعاثات الكربونية. وتحاول مبادرات مثل Climate Action 100+، وهي مجموعة ضغط يقودها المستثمرون، والصناديق "الخضراء" إقناع الشركات التي يعملون معها بالالتزام بأهداف تغير المناخ. وهناك أيضاً مبادرات لمساءلة الشركات عن التزاماتها الخضراء. وتشمل هذه مبادرة الأهداف القائمة على العلم، التي توجه الشركات في تحديد الأهداف القائمة على العلم، وفرقة العمل المعنية بالإفصاحات المالية المتعلقة

تشهد مبيعات السيارات الكهربائية في جميع أنحاء العالم ارتفاعاً بطيئاً

الشكل 3-6أ النسبة السوقية العالمية للسيارات الكهربائية



الشكل 3-6ب الإنفاق على شراء السيارات الكهربائية حسب مصدر الأموال



المصدر: IEA (2021a).

بالمناخ، والتي تهدف إلى زيادة الإبلاغ عن المعلومات المالية المتعلقة بالمناخ.[85]

وتجاوزت الاستثمارات في الصناديق الخضراء 178 مليار دولار أمريكي في الربع الأول من عام 2021، بزيادة قدرها 370 في المائة تقريباً عن الربع الأول من عام 2020.[86] وتعكس هذه الزيادة الضخمة جزئياً إطلاق 200 صندوق جديد من الصناديق المعنية بالبيئة والأمور الاجتماعية والحوكمة – وهي صناديق تدمج عوامل البيئة والأمور الاجتماعية والحوكمة في استراتيجياتها الاستثمارية.

وتتخلى بعض الصناديق العامة عن الاستثمار في شركات الوقود الأحفوري تماماً. وتتوقع مجموعة صناديق المعاشات التقاعد الهولندية، ABP، وهي واحدة من أكبر الصناديق في العالم، بيع ما قيمته أكثر من 15 مليار يورو من حيازاتها في شركات الوقود الأحفوري بحلول الربع الأول من عام 2023.[87]

وبالإضافة إلى ذلك، بدأت شركات التأمين والمحاسبة في أخذ استراتيجيات تخفيف مخاطر تغير المناخ للعملاء في الاعتبار عند حساب أقساط التأمين وقيمه.[88] ويتعين على الشركات التي ترغب في الحفاظ على أقساط التأمين منخفضة والقيم المرتفعة أن تأخذ اعتبارات المناخ على محمل الجد.

وهناك أيضاً جانب السمعة الذي يتعين وضعه في الاعتبار. فقد تغير الشعور العام تجاه تغير المناخ. وأصبحت الأجيال الشابة أكثر وعياً بالقضايا وتدعو إلى التغيير. وتحيط الشركات علماً بذلك. ولدى منتجي الوقود الأحفوري التقليديين بي بي وإكسون نشطاء في مجال تغير المناخ في مجلسي إدارتهما.

عمل حكومي أكثر طموحاً

تضع الحكومات أهدافاً أكثر طموحاً للوفاء بالتزاماتها المتعلقة بتغير المناخ. وفي عام 2021، وافق مجلس الشيوخ الأمريكي على مشروع قانون للبنية التحتية بقيمة 550 مليار دولار أمريكي للمساعدة في تقليل اعتماد الولايات المتحدة على طاقة الوقود الأحفوري للنقل والتحرك نحو تكنولوجيات منخفضة الانبعاثات الكربونية. وسيتم استثمار حوالي 13 في المائة من هذه القيمة في نقل الطاقة النظيفة عبر شبكات الطاقة. وسيكون أكبر استثمار في التكنولوجيا المنخفضة الانبعاثات الكربونية في تاريخ البلد.[89]

ويهدف برنامج "مستقبل الوقود المستدام في الطيران الأمريكي" للحكومة الأمريكية إلى استكمال مشروع قانون البنية التحتية من خلال تمويل ودعم تطوير وقود مستدام للطيران. كما أنه سيتطلب استثمارات في التكنولوجيات الجديدة لتحسين كفاءة استخدام الطائرات للوقود.[90] وبالإضافة إلى ذلك، وضع "الإطار الأمريكي لإعادة البناء بشكل أفضل" المقترح جانباً 555 مليار دولار أمريكي للاستثمارات في مكافحة تغير المناخ.[91]

وفي عام 2019، أطلق الاتحاد الأوروبي "الصفقة الأوروبية الخضراء" بهدف جعل أوروبا محايدة من حيث الكربون من خلال تحقيق صافي صفري بحلول عام 2050. [92] ووضع بنك التنمية الصيني جانباً 500 مليار رنمينبي لتمويل قطاع الطاقة في البلد، وسيُخصص خُمس هذا المبلغ لبناء نظم طاقة نظيفة ومنخفضة الكربون وآمنة وفعالة.[93]

وعلى المستوى الحكومي الدولي، إلى جانب أهداف الانبعاثات الصافية الصفرية، أيد 191 عضواً في منظمة الطيران المدني الدولي الدعوات المطالبة بالاستعاضة عن نسبة كبيرة من وقود الطيران الحالي بأنواع وقود مستدامة بحلول عام 2050.[94]

وبالإضافة إلى ذلك، تحالفت الحكومات مع القطاع الخاص في العديد من الشراكات بين القطاعين العام والخاص لمعالجة تغير المناخ. وعلى سبيل المثال، تنوي شراكة بين القطاعين العام والخاص بين شبكة Breakthrough Innovation، وهي شبكة أنشأها بيل غيتس والعديد من المستثمرين من القطاع الخاص، وتحالف Mission Innovation، وهو تحالف عالمي من 22 بلداً والمفوضية الأوروبية، تسريع تسويق تكنولوجيات الطاقة النظيفة الحاسمة. وهي تشمل الهيدروجين الأخضر ووقود الطيران المستدام والتقاط الهواء المباشر وتخزين الطاقة لمدة طويلة. وتم تأسيس التعاون في وقت اتفاق باريس في عام 2015 وتم توسيع نطاقه في غلاسكو في عام 2021.[95]

ومن المرجح أن تشجع هذه الالتزامات الأكثر قوة وعمقاً من القطاعين الخاص والعام على مزيد من الاستثمارات لمعالجة حتمية تغير المناخ. غير أن السرعة التي تترجم بها هذه المبادرات إلى تقدم كبير في تطوير تكنولوجيات منخفضة الانبعاثات الكربونية ستعتمد على عوامل عديدة. وتشمل هذه العوامل الإرادة السياسية، والقدرة على تمويل المبادرات والوصول إلى التكنولوجيات المنخفضة الكربون للبلدان التي ليس لديها القدرة المحلية على الابتكار.

القيود التي تواجه تبني التكنولوجيات المنخفضة الكربون

تعتمد قدرتنا على الانتقال إلى الاقتصادات الخضراء على العديد من العوامل.

ولا يزال لدى الشركات حافز محدود على الاستثمار في التكنولوجيات غير الملوثة، مثل التكنولوجيات المنخفضة الكربون، على الرغم من القوانين البيئية والتشجيع الحكومي. ويرجع جزء من السبب إلى أن مدخلات الوقود الأحفوري أرخص وأكثر توفراً. وحصل الوقود الأحفوري على دعم قدره 10 في المائة في المتوسط في عام 2020، وتم تمريره إلى المستهلكين. وفي عام 2017، بلغت الإعانات الحكومية المتعلقة بالوقود الأحفوري ما مجموعه 447 مليار دولار أمريكي. وبالمقارنة، حصلت تكنولوجيات الطاقة المتجددة على 128 مليار دولار أمريكي والوقود الحيوي على 38 مليار دولار أمريكي.[96] ويعكس بعض هذا التفاوت في الإعانات التعقيد السياسي الذي ينطوي عليه سحب الإعانات عندما تحظى بشعبية انتخابية في كثير من الأحيان.

ويعد الاستثمار في التكنولوجيات غير الملوثة أيضاً مكلفاً ومحفوفاً بالمخاطر، وكما أشير إليه، لا يوجد ضمان للنجاح. وعادة ما لا تأخذ الشركات في الحسبان الفوائد المحتملة على البيئة الاقتصادية التي تعمل فيها - ما تسمى "العوامل الخارجية" التي تُناقش في الفصل الأول - أو المعرفة التقنية المتولدة من الاستثمار في التكنولوجيات المنخفضة الكربون.[97] وتميل الشركات إلى التركيز بدلاً من ذلك على عائدات الاستثمار على المدى القصير إلى المتوسط نسبياً وعدم مراعاة الآثار المجتمعية الإيجابية المحتملة لاستثمارات التكنولوجيا المنخفضة الكربون على البيئة. ويمثل الاختلال بين هدف الشركات الخاصة المتمثل في تحقيق أقصى ربح والرفاهية العامة للمجتمع - العائدات الخاصة والاجتماعية - أحد الحجج الرئيسية لدعم التدخل الحكومي. وعن طريق فرض ضرائب على الكربون، على سبيل المثال، تجبر الحكومات الشركات على أخذ تكاليف انبعاثاتها من ثاني أكسيد الكربون في الاعتبار في عملية صنع القرار.

وتواجه الشركات الأحدث والأصغر والمتخصصة التي تقرر الاستثمار في التكنولوجيات المنخفضة الكربون حواجز كبيرة أمام توسيع نطاق عملياتها. وتجد صعوبة أكبر في تمويل أنشطتها من الشركات الصغيرة الأخرى العاملة في مجال الوقود الأحفوري.[98] كما يقل احتمال استحواذ الشركات الأكبر عليها.[99] وتابعت دراسة أجرتها الوكالة الدولية للطاقة تطور الشركات الناشئة في مجال التكنولوجيا النظيفة وخلصت إلى أن 81 في المائة منها فشلت و/أو خرجت من السوق.[100] وحتى الشركات الناشئة التي تمكنت من تطوير تكنولوجيات متجددة جديدة ستحتاج إلى مئات الملايين من الدولارات لإثبات جدواها التجارية.[101]

ويمكن أن تتردد الشركات في الاستثمار في التكنولوجيات المنخفضة الكربون أو التحول إليها، بما في ذلك الاستحواذ على الشركات المتخصصة فيها، لأنه قد ينتهي الأمر بهذه التكنولوجيات إلى التنافس معها للحصول على حصتها من السوق وحتى أن تجعل تكنولوجياتها الحالية قديمة. ومن المرجح أن يستمر اعتماد الشركات على تكنولوجيات الوقود الأحفوري في المستقبل كما كان في الماضي. ويعرف هذا باسم "تبعية المسار".[102] وحتى عندما تواجه الشركات أسعاراً أعلى لمدخلات الوقود الأحفوري، فمن الأرجح أنها ستستعيض عن وقود أحفوري بآخر بدلاً من التحول إلى مدخلات منخفضة الكربون.[103]

ويؤدي القصور الذاتي القوي واعتماد المسار التكنولوجي على تكنولوجيات الوقود الأحفوري إلى إنشاء حلقات تغذية مرتدة، تسمى "بقاء الكربون". وتواجه الشركات حوافز قوية

من المرجح أن تشجع هذه الالتزامات الأكثر قوة وعمقاً من القطاعين الخاص والعام على مزيد من الاستثمارات لمعالجة حتمية تغير المناخ

لاختيار التكنولوجيات التي لها بنى تحتية قائمة بدلاً من تجربة تكنولوجيات جديدة، وبالتالي احتجاز مسارات الابتكار في المجالات عالية الكربون.[104]

كما يجب أن يكون طلب السوق كافياً من أجل حفاظ الشركات الساعية للربح على الاستثمارات في التكنولوجيات المنخفضة الكربون. وبالإضافة إلى ذلك، بالنسبة للمنتجين، هناك منحنى تعليمي حاد لابتكار ونشر تكنولوجيات منخفضة الكربون تتطلب قوة عاملة ذات مهارات عالية.[105] وحتى المستهلكين المهتمين بالبيئة قد لا يعرفون ما إذا كانت الكهرباء التي يستهلكونها تُنتج من مصادر الطاقة المتجددة أو مصادر الوقود الأحفوري. وإذا تم إعلامهم، فقد يطالبون بإنتاجها من مصادر الطاقة المتجددة ويكونون حتى على استعداد لدفع المزيد مقابل ذلك. ويمكن أن يخلق ذلك بدوره حافزاً سوقياً ليستثمر القطاع الخاص.

وأخيراً، هناك حاجة إلى استثمارات في التكنولوجيات التمكينية، مثل مرافق تخزين الطاقة، لبناء واستدامة الطلب على التكنولوجيات المنخفضة الكربون. وتشمل هذه التكنولوجيات البنية التحتية اللازمة لنشر الطاقة المتجددة على امتداد نظم الشبكات، مثل الشبكات الذكية.

3-3 الرقمنة تغير العالم

نُظمت حلقة عمل في صيف عام 1956 في كلية دارتموث في هانوفر بولاية نيو هامبشاير لمناقشة كيفية برمجة الآلات لجمع البيانات، وتحليل تلك البيانات لحل المشاكل و"التعلم" مما تفعله. وكانت فرضية حلقة العمل هي أنه يمكن وصف عملية التعلم بالتفصيل الكافي لبرمجة آلة لتكون ذكية.[106] ويعتبر الكثيرون أن حلقة العمل هذه هي ولادة الذكاء الاصطناعي، وهو مصطلح يُستخدم بالتبادل مع تكنولوجيا تعلم الآلة. والذكاء الاصطناعي أساس لموجة جديدة من الرقمنة - التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة - التي تُحدث ثورة في الأنشطة الاقتصادية. وتتضمن هذه الموجة الجديدة تكنولوجيات مثل التكنولوجيات التنبؤية والأتمتة المتطورة للغاية والبيانات الضخمة.[107]

وتتمثل طبيعة التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة في أنها موجودة في كل مكان، وتحفز الابتكار في مجالات تكميلية ويمكن تطبيقها عبر العديد من القطاعات والصناعات. وترتبط التكنولوجيات السابقة ذات الأغراض العامة، مثل المحرك البخاري والكهرباء وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات (انظر الفصل الأول) ارتباطاً وثيقاً بالثورات الصناعية الثلاث الأولى في العالم. ويمكن القول إن الدمج الكامل للتكنولوجيات الرقمية في الأنشطة الاقتصادية يمثل ثورة رابعة من هذا القبيل - اقتصاد قائم على البيانات بالكامل.[108]

وتعد التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة نتيجة طبيعية للرقمنة العامة التي تأتي من ثلاثة مجالات علمية وتكنولوجيا مترابطة ولكنها منفصلة، وهي الروبوتات والشبكات العصبية والنظم الرمزية. وتعد الشبكات العصبية والنظم الرمزية أمثلة على كيفية تعلم برامج الذكاء الاصطناعي. وتعد هذه الابتكارات القائمة على الذكاء الاصطناعي تكنولوجيات حسابية ذكية يمكن أن تنفذ مجموعة من الأوامر وتحسن أدائها بناءً على التعقيبات وعمليات التعلم، دون تدخل بشري. ويرتبط التقدم في هذه المجالات ارتباطاً قوياً بالدعم الحكومي من خلال المنح البحثية والجوائز والاستثمارات في التكنولوجيات التمكينية. وعلى سبيل المثال، عقدت وكالة مشاريع بحوث الدفاع المتقدمة الأمريكية (انظر الإطار 3-1) مسابقة في عام 2004، بجائزة قدرها مليون دولار أمريكي، لمركبة ذاتية القيادة - سيارات بدون سائق أو ذاتية القيادة - قادرة على إكمال مسار بطول 240 كم.[109] واعتبرت الجائزة مهمة في تحفيز البحث في المركبات ذاتية القيادة.

ودعمت الحكومات التحسينات الإضافية في التكنولوجيات التمكينية، مثل تكنولوجيا المعلومات (انظر الفصل الثاني)، جنباً إلى جنب مع الزيادات في قوة الحوسبة والحوسبة السحابية - تقديم خدمات مختلفة، على سبيل المثال، تخزين البيانات عبر الإنترنت، ولا سيما في المراحل الأولية.[110] وعلاوة على ذلك، ضخت الحكومات أيضاً الاستثمارات العميقة اللازمة في البنية التحتية التكميلية، مثل الإنترنت عالي السرعة.

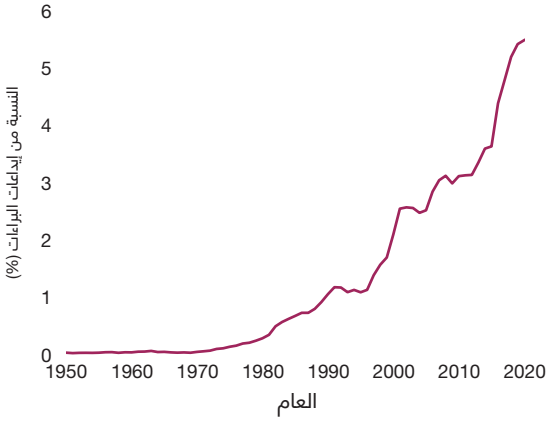
وكما هو الحال مع تكنولوجيات تغير المناخ، ستستمر الحكومات في تأدية دور في تبني التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة وتحفيز الابتكار من خلال الاستثمار في البنى التحتية التمكينية، مثل الشبكات اللازمة لتكنولوجيا الجيل الخامس اللاسلكية. وستوفر تكنولوجيا الجيل الخامس البيانات بأحجام أكبر بكثير وبسرعات أعلى بكثير وبموثوقية أكبر بكثير، مما يجعل الابتكارات الثورية مثل إنترنت الأشياء ممكنة (انظر أدناه).

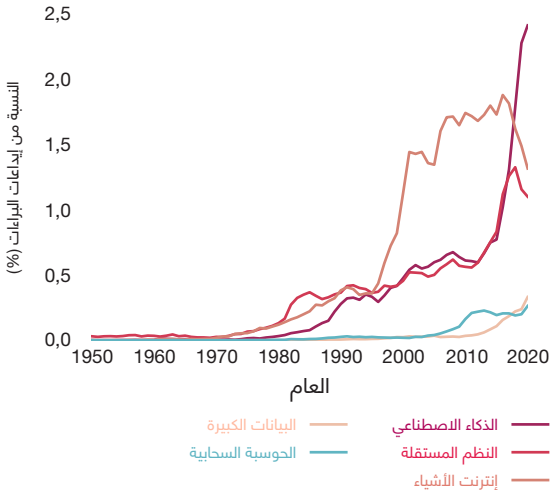
وبالإضافة إلى ذلك، ازداد اعتمادنا على التكنولوجيات والخدمات الرقمية طوال مدة جائحة كوفيد-19. وأثناء عمليات الإغلاق، تغيرت أنماط الاستهلاك وأنشطة الأعمال. وأجرى المستهلكون المزيد من عمليات الشراء من المنزل واستخدموا الخدمات الرقمية لكل شيء تقريباً.[111] وكانت الشركات القادرة على تبني الرقمنة أو العمل عبر الإنترنت أكثر قدرة على الصمود في مواجهة الآثار السلبية للجائحة. واضطرت الشركات التي تقم بذلك إلى إغلاق أبوابها.

وشهدت الصناعات التي تدعم العمل عن بُعد، مثل منصات الاتصال بالفيديو، ارتفاعاً في حجم أعمالها. ووجدت الشركات التي لم تبدأ العمل عن بُعد، أو التي لم تتخذ الإجراءات اللازمة لذلك، صعوبة فيما بعد في إعادة الموظفين إلى المكتب. واضطر العديد من المطاعم ومحلات البيع بالتجزئة التي تطلبت من العملاء تواجدهم في المبنى إلى الإغلاق.

تنمو التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة بشكل أسرع من متوسط إيداعات البراءات عبر جميع التكنولوجيات

الشكل 3-7 نسبة التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة حسب الفئة (على اليسار)، وكنسبة مئوية من جميع إيداعات البراءات (على اليمين)





المصدر: الويبو استناداً إلى نظام قاعدة البيانات الإحصائية العالمية للبراءات.
ملاحظة: قد تشير البراءة إلى أكثر من فئة واحدة.

وتوجد في قلب هذه الخدمات الجديدة المنصات الرقمية، الأدوات التي تُمكّنها التكنولوجيا والتي تيسر المعاملات بين الناس (الأسواق القائمة على الإنترنت)، وتوفر بنية تحتية لبناء منتجات أو خدمات جديدة (تطبيقات الهواتف المتنقلة) أو إنشاء بنية تحتية مؤسسية (سلسلة كتل قواعد البيانات).[112]

وزادت إيداعات البراءات العالمية - وهي مؤشر بديل للابتكار الجاري - للتكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة زيادة هائلة في العقود الأربعة الماضية، كما يوضح الشكل 3-7. وهذا النمو أسرع بالنسبة للتكنولوجيات المتعلقة بتكنولوجيا المعلومات.

ومع ذلك، فإن أثر هذه التكنولوجيات عبر القطاعات الاقتصادية والبلدان غير متساوٍ. وتعد رقمنة المعلومات مكوناً أساسياً لكيفية عمل هذه التكنولوجيات. ومن خلال الوصول إلى كميات هائلة من المعلومات، تستطيع التكنولوجيا استنباط أنماط من المعلومات المقدمة، ومع التدريب تتعلم تحديد أنماط واتجاهات محددة. ولكن تعتبر قوة الحوسبة الكافية ضرورية للسماح بمعالجة كميات كبيرة من المعلومات الرقمية. ويمكن أن يشكل هذا المطلب مزيداً من الصعوبات للاقتصادات الأقل تقدماً عند المنافسة في العصر الاقتصادي الجديد.

الابتكار يصبح طريقاً ذا اتجاهين

تعمل التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة على تحويل الصناعات من خلال جلب مبتكرين وهياكل وممارسات وقيم جديدة. ويواجه المبتكرون التقليديون منافسة من الشركات القائمة على تكنولوجيا المعلومات. وعلى سبيل المثال، يتعين على مُصنِعي السيارات التقليديين التنافس مع شركات التكنولوجيا التي تتخذ من وادي السيليكون مقراً لها في تطوير المركبات ذاتية القيادة.[113]

وفي مجال الصحة، يقوم مُصنعو الساعات الذكية بقياس المعلومات الصحية الحيوية - يومياً – وهو ما يمكن أن يوفر رؤى مفيدة أثناء الفحوصات الطبية. وفي مجالي الدفاع واللوجستيات، تُستخدم الطائرات بدون طيار لاستطلاع الاستخبارات والتسليم.[114] وحتى في مجال السياحة، تُنذر الخدمات المقدمة عبر الإنترنت وتطبيقات الهواتف المتنقلة (التطبيقات) بتغييرات، حيث تسمح للأشخاص بتنظيم السفر في سيارة شخص آخر، بدلاً من سيارة أجرة، أو النوم في منزل شخص آخر بدلاً من فندق.

وتغير التكنولوجيات أنواع الابتكارات الجارية. ويعتمد الكثير من ابتكارات اليوم على التكنولوجيات الرقمية، مما يؤدي إلى ظهور صناعات جديدة، مثل إنترنت الأشياء، وهو نظام من الأشياء والأجهزة المترابطة والمتصلة بالإنترنت القادرة على جمع البيانات ونقلها دون تدخل بشري. وبدلاً من الإعلان في المجلات أو شراء وقت البث على التلفزيون، تتواصل شركات مستحضرات التجميل مع "المؤثرين" أو تنشر إعلانات على محركات البحث ومنصات التواصل الاجتماعي. ويتم الاستعانة بمصادر خارجية جماعية للمنتجات والخدمات، حيث يقدم المستخدمون تعليقاتهم على الأداء والخدمات المقدمة، مما يمنح المشترين رؤى مفيدة قبل الشراء.

وفي المجال الطبي، يمكن تدريب تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي على اكتشاف النمو غير الطبيعي للخلايا في الجسم. ويمكن أن تساهم في البحث في الطب الدقيق، حيث تُخصص العلاجات لظروف معينة لدى المرضى.[115]

وبالإضافة إلى ذلك، تعمل التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة على تغيير الطريقة التي نستخدم بها التكنولوجيات الرقمية نفسها. فهي تفاعلية وتتعلم منّا ونحن نستخدمها. وهو ما يجعلها مختلفة عن ابتكارات تكنولوجيا المعلومات في أواخر القرن العشرين. ففي الماضي، كان التفاعل مع التكنولوجيا ذا اتجاه واحد. ومن الأمثلة على ذلك، الروبوتات الكبيرة في صناعة السيارات. فقد سمحت هذه الروبوتات المبرمجة مسبقاً بميكنة بعض المهام المتكررة كثيفة العمالة. وتطلبت أي تحسينات على كيفية عمل الروبوتات الخبرة التقنية للمهندسين الميكانيكيين والخبراء، بالإضافة إلى التعلم عن طريق التجربة والخطأ من مستخدمي تلك الروبوتات.

وفي الوقت الحاضر، تستفيد التكنولوجيات القائمة على الذكاء الاصطناعي من البيانات الكبيرة التي يتم جمعها باستخدام موارد معالجة بياناتها الضخمة لإجراء تحسين ذاتي.[116] وخير مثال على ذلك هو كيف نستخدم تطبيق الموقع على أجهزة الهواتف الذكية. فعندما نبحث عن أسرع وأنسب طريق للوصول

إلى الوجهة المطلوبة – في ضوء أحوال حركة المرور - فإن المعلومات التي نقدمها تتضمن الموقع ووقت البحث والمكان الذي نريد الذهاب إليه، ضمن غيرها من المعلومات. وينتج عن استقراء هذا الطلب للآخرين مجموعة بيانات كبيرة تغذي نظام تحديد الموقع، مما يؤدي بدوره إلى تحسين فائدته وإنتاجيته في الوقت الفعلي.

ومثال آخر هو عندما نضع علامات على صور أصدقائنا على منصات التواصل الاجتماعي. وتعمل البيانات الكبيرة التي يتم جمعها من خلال هذا الجهد على تدريب الذكاء الاصطناعي على التعرف على الوجوه بشكل أفضل، والتي سيستخدمها بعد ذلك لاقتراح وضع العلامات في المستقبل عند تحديد الأشخاص في الصور. ويجعل هذا النشاط المتبادل والتعقيب التكنولوجيات ذكية ومتفاعلة.[117]

تسريع عملية الابتكار

إن التكنولوجيات الرقمية لها فوائد محتملة ضخمة. وتعتمد الجامعات والشركات على تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل الشبكات العصبية للتعلم العميق من أجل النهوض بالعلوم. ويشير التعلم العميق إلى استخدام طبقات متعددة من الشبكات العصبية الاصطناعية، وهي نظم حوسبة مستوحاة من النظم العصبية للدماغ البشري. ويستخدم الباحثون الطبيون تقنيات التعلم القائمة على الذكاء الاصطناعي هذه للمساعدة في تحديد الأمراض وتشخيصها وعلاجها.

وتتيح لنا الترجمات الآلية فهم مواقع الويب بلغات مختلفة. وعندما قدمت شركة eBay، وهي منصة تيسر المبيعات عبر الإنترنت من المستهلك إلى المستهلك ومن شركة إلى شركة، الترجمة الآلية في مايو 2014 في أمريكا اللاتينية، زادت إيراداتها بنسبة 13.1 في المائة ونمت الصادرات عبر eBay من الولايات المتحدة إلى أمريكا اللاتينية بنسبة 17.5 في المائة.[118]

ويؤدي تطبيق التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة في البحث إلى تسريع عملية الابتكار وزيادة كفاءة البحث والتطوير. وفي الزراعة، على سبيل المثال، توفر التكنولوجيات الرقمية، مثل مستشعرات التربة، معلومات عن حالة التربة. فإذا كانت التربة جافة جداً، تقوم المستشعرات بتنبيه النظام لترطيب المحاصيل. وهذا يجعل الزراعة أكثر كفاءة.

وفي صناعة الفضاء، من المتوقع أن يساعد الذكاء الاصطناعي في تطوير تكنولوجيات تسمح للروبوتات والآلات بالعمل بشكل مستقل دون تعليمات من البشر. وسيصبح هذا ضرورياً عندما يتعمق الاستكشاف في الفضاء، بعيداً عن متناول التواصل مع الأرض (انظر الفصل الثاني).

وتُلقي الأقسام التالية نظرة أكثر تعمقاً على الطريقة التي تؤثر بها التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة على الابتكار وتحفزها في مجالات النقل والرعاية الصحية والتعليم.

تحسين نظم النقل

على النحو المشار إليه، يمكن أن تساعد التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة، وخاصة الذكاء الاصطناعي، في تخفيف الازدحام على الطرق من خلال الإدارة "الذكية" لحركة المرور. وتستخدم تطبيقات الخرائط حالياً الأجهزة المتنقلة، مثل Waze وخرائط غوغل، لاقتراح طرق ملائمة للوصول إلى موقع معين.

ولكن يمكن أيضاً أن تستخدم الوكالات العامة المعلومات المتعلقة بمواقع المستخدمين، مثل سلطات الطرق والبنية التحتية، ومراقبي المرور وحتى وكالات النقل العام، لمعالجة مشاكل الازدحام على الطرق. ويمكن أن تفرض سياسات تسعير الطريق المتمايزة رسوماً على المستخدمين مقابل الوقت الذي يقضونه على الطريق أو ما إذا كانوا يشاركون السيارة، على سبيل المثال. ويمكن أن يشجع ارتفاع أسعار الطرق في أوقات محددة على استخدام وسائل النقل العام. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تستخدم وكالات النقل العام البيانات لتحديد وتيرة الحافلات في محطات مختلفة. ويمكن أن تشجع التحسينات في النقل العام من خلال تحسين الموثوقية والالتزام بالمواعيد على زيادة استخدام النظام، وبالتالي عدم تقليل الازدحام فحسب، بل أيضاً انبعاثات الكربون.

تحسين البحث الطبي والرعاية الصحية

تقوم الرقمنة بتغيير صناعة الرعاية الطبية. وهناك موجة جديدة من التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة التي تجعل عملية البحث والتطوير في الطب أكثر كفاءة. ولدى هذه التكنولوجيات القدرة على تحسين اكتشاف الأمراض والعقاقير.[119] ويمكن أن تقوم تكنولوجيات الذكاء الاصطناعي بمسح الرموز الجينية للمرضى وتحديد تسلسل الجينات التي تشير إلى أمراض معينة بشكل أفضل وأسرع من البشر. وعلى سبيل المثال، هناك حالة من التفاؤل بين الباحثين بإمكانية استخدام الذكاء الاصطناعي لإجراء الفحص المبكر لفيروس كورونا المسبب للمتلازمة التنفسية الحادة الوخيمة وتحديد العلاجات القادرة على احتواء تفشي الفيروس في المستقبل.[120]

ويمكن لهذه التكنولوجيات أن تعمل على تخصيص توفير الرعاية الصحية للمرضى. وستساعد الأجهزة القابلة للارتداء، مثل الساعات أو الأساور، في اكتشاف نوبات الدماغ وتنبيه المريض والآخرين. ويمكن أن تجمع هذه الأجهزة الذكية أيضاً البيانات التي يمكن للأطباء تحليلها وأن تساعد في توفير رعاية صحية أفضل. ويمكنها أيضاً أن تساعد في تحسين طريقة تنظيم رعاية الطوارئ في المستشفيات. وعندما يكون المريض في طريقه إلى غرفة الطوارئ، يمكن توصيل معلومات حيوية عنه على الفور إلى المستشفى. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن توجيه المرضى الذين قد لا يحتاجون إلى عناية فورية لزيارة المستشفى في غير ساعات الذروة أو للحصول على موعد مع الممارسين العامين بدلاً من ذلك، مما يساعد على منع الازدحام غير الضروري في غرف الطوارئ.

وفي بعض الاقتصادات النامية، تساعد الطائرات بدون طيار بالفعل في التغلب على شبكات النقل الرديئة عن طريق توفير الرعاية الطبية وتسليم العلاج. وعلى سبيل المثال، قامت شراكة بين القطاعين العام والخاص بين شركة UPS (مزود خدمة بريدية) وZipline الناشئة وGAVI (منظمة حكومية دولية تهدف إلى توفير اللقاحات للجميع) بإيصال اللقاحات إلى منطقة أشانتي في جنوب غانا، أثناء جائحة كوفيد-19. ويمكن للطائرات بدون طيار أن تغطي ما يصل إلى 69 كم بسرعة إلى حد ما ونقل اللقاحات دون الحاجة إلى التخزين البارد لإبقائها صالحة.[121]

تحسين الحصول على التعليم

تعمل التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة بالفعل على تغيير جوانب التدريس. ولكن أدى الإغلاق العالمي لاحتواء انتشار كوفيد-19 إلى تسريع هذه العملية. ويمكن القول إنها كانت أكبر تجربة تعليمية على الإطلاق. وأدى التحول السريع من الفصول الدراسية الحضورية إلى الفصول الدراسية الافتراضية

إلى إحداث تغييرات في الطريقة التي يدرس بها المعلمون والتي يتعلم بها الطلاب. وكان على المعلمين ابتكار أساليب لإعادة التنظيم وإنشاء محتوى لتجربة الفصل الدراسي الافتراضي الذي يشرك طلابهم.

ويجري اختبار بحث جديد في التعرف على ملامح الوجه لإبلاغ المعلمين عندما يتوقف الطلاب عن الاستماع، مما يسمح لهم بتعديل طريقة تدريسهم وفقاً لذلك. وستؤدي هذه التجربة إلى ابتكار مستمر لتوفير تعليم أكثر تخصيصاً.

ومع تقديم المزيد من الدورات التدريبية عبر الإنترنت، يستطيع الطلاب اختيار الدورات التي تناسب خبراتهم واحتياجاتهم التعليمية بشكل أفضل. وينبغي أن يكون التأثير في بعض الحالات هو تحسين الوصول إلى نظم التعليم التي لم تكن متاحة بسهولة للجميع بسبب المسافات الطويلة التي يلزم قطعها في بعض الأحيان أو التكلفة.

وسيؤدي الابتكار الرقمي أيضاً إلى تغيير ما يجري تدريسه. وسيجعل الذكاء الاصطناعي والأتمتة والتكنولوجيات الأخرى بعض المهن متقادمة وستؤدي إلى ظهور مهن جديدة. وستتطلب هذه المهن الجديدة مجموعات مختلفة من المهارات. ومن المرجح أن تحل الأتمتة محل العمالة المنخفضة المهارة للعمل المتكرر والروتيني. وسيحل محلها طلب على مجموعات المهارات العالية، بعمال يتعاملون بسهولة مع الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيات ذات الصلة. ومن المحتمل أن تتضمن مجموعات المهارات هذه القدرات التحليلية والإبداعية والتكيفية، فضلاً عن المهارات الشخصية مثل التفكير النقدي وحل المشاكل والإدارة والقيادة.[122]

إيجابيات وسلبيات الثورة الجديدة

كما رأينا، تغير التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة اتجاه الابتكار. وسيستمر التغيير ويمكن أن يتسارع، نظراً لاعتمادنا المتزايد على هذه التكنولوجيات والابتكار الذي تجلبه. بيد أن الفوائد التي تعود على النمو الاقتصادي ليست تلقائية.

ويمكن أن تحفز هذه التكنولوجيات النمو الاقتصادي عندما تولد ابتكاراً يُكمِل الإنتاجية البشرية ويعززها. ولكنها قد تؤدي إلى تفاقم عدم المساواة الاقتصادية عندما يحل الابتكار ببساطة محل الحاجة إلى الناس.[123] وقد تؤثر الأتمتة على جزء كبير من السكان، ويمكن القول إن أثرها سيكون أكبر من تأثير التكنولوجيات السابقة ذات الأغراض العامة.[124] وسيؤدي ارتفاع معدلات البطالة إلى تفاقم عدم المساواة. وحتى بالنسبة للحكومات القادرة على توفير شبكات الأمان الاجتماعي للعاطلين عن العمل، فإن زيادة البطالة يمكن أن ترهق الميزانيات وقد تجبرها على خفض الإنفاق في مجالات مهمة مثل التعليم والصحة.

وقد لا تكون بعض الاقتصادات النامية مستعدة للاستفادة من ثورة صناعية رابعة (انظر الفصل الأول).[125] وتتطلب الموجة الجديدة من التطورات التكنولوجية استثمارات رأسمالية كبرى وقوة عاملة عالية المهارات. ولكن تتسم الاقتصادات المنخفضة الدخل بإمدادات وفيرة نسبياً من العمالة المنخفضة المهارة ومحدودية الموارد للاستثمار الرأسمالي. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يؤدي الافتقار إلى البنية التحتية الضرورية إلى زيادة الحد من الفوائد المحتملة للتكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة في الاقتصادات الفقيرة.

وعلى النحو المشار إليه سابقاً، يمكن أن تستخدم السلطات الحكومية الكميات الهائلة من البيانات الناتجة عن التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة لتوليد عائدات اجتماعية مهمة، مثل تحسين البنية التحتية العامة أو تتبع تفشي الأمراض بين السكان.

ولكن يحتفظ عدد قليل من الشركات التكنولوجية الكبيرة بمعظم البيانات. وتقوم هذه الشركات بجمع البيانات من خلال الخدمات التكنولوجية التي تقدمها. وخذ على سبيل المثال تطبيقات تحديد الموقع، حيث يرسل المستخدم الذي يقوم بتنشيط تطبيق تحديد الموقع في ماليزيا معلومات إلى خوادم مملوكة لشركات هادفة إلى تحقيق الربح مقرها خارج البلد. وستشتمل البيانات المرسلة على الموقع والوقت وطريقة النقل المفضلة للمستخدم. ويمكن لوكالات النقل العام وعلماء الجوائح استخدام البيانات للمساعدة في توليد تحليلات يمكن، في هذه الحالة، أن تفيد الجمهور الماليزي. غير أنها قد لا تتمكن من الحصول على المعلومات، لأن البيانات مخزنة على خوادم خاصة في بلد آخر.

كما أن الأمن القومي مصدر قلق في بعض البلدان. فالترابط بين مختلف ابتكارات التكنولوجيا الرقمية، إضافة إلى الأجهزة المحتمل أن توفر معلومات حساسة لأطراف ثالثة، يثير الشكوك حول مدى أمان التكنولوجيات. وتشعر الحكومات بالقلق بشأن مدى اعتماد الصناعات والهيئات شديدة السرية، مثل إدارات الدفاع الوطني، على هذه التكنولوجيات نظراً لمخاطر القرصنة.

ويمكن أن تحاول الحكومات توجيه الابتكار الرقمي الذي تقوده التكنولوجيا بطرق تزيد المنافع المجتمعية، وفي الوقت نفسه حماية مصالح القطاع الخاص والأسواق. وعلى سبيل المثال، يمكن أن تسعى الحكومات إلى تشجيع الابتكارات التي تخلق فرص العمل أو تعزز الرفاهية بدلاً من تلك التي تحل محل الوظائف.[126] وتشتمل التكنولوجيات المعززة على استخدام تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي لتوليد العروض النصية المباشرة والترجمات المتزامنة، مما يسهل المعاملات التجارية ويزيد الإنتاجية ويولد النمو الاقتصادي. ويمكن أن تشتمل الابتكارات التكنولوجية التي تستبدل الوظائف على الاستعاضة عن العمالة المنخفضة المهارة بالروبوتات، على الرغم من أن الأدلة على أن هذا يؤدي إلى فقدان الوظائف على المدى الطويل ليست قاطعة. وخلصت دراستان عن الاقتصادات المرتفعة الدخل إلى أن استخدام الروبوتات الصناعية - آلات مؤتمتة نسبياً مدمجة في عمليات صناعية متخصصة - أدى إلى إنتاجية أكبر.[127] وليس من الواضح ما إذا كان يمكن تمديد هذه النتائج لتشمل الاقتصادات الفقيرة، حيث تميل نسبة العمالة المنخفضة الماهرات إلى أن تكون أعلى نسبياً.

وقد يكون للحكومات أيضاً دور مهم تؤديه فيما يتعلق بخصوصية البيانات، ولا سيما في تحديد نوع المعلومات التي يتم جمعها وكيفية استخدامها. وهل ينبغي أن تكون البيانات التي تم جمعها من أفراد من مختلف أنحاء العالم - حتى لو كانت مجهولة المصدر - مملوكة لشركات خاصة؟ وهل يمكن استخدام المعلومات التي تم جمعها بطريقة تقوض المنافسة في السوق؟ وتبحث سلطات مكافحة الاحتكار في المملكة المتحدة والاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة، من بين دول أخرى، هذه المسائل (انظر الإطار 3-4).[128]

وقد لا تتوافق مصالح الشركات الخاصة مع ما يحتاجه المجتمع. وهل يمكن إدارة الوصول إلى بيانات المواطنين الخاصة، التي تم جمعها باستخدام التكنولوجيات المملوكة للقطاع الخاص، بطريقة تضمن الفوائد المجتمعية الواسعة النطاق لتسخير التكنولوجيات الرقمية للابتكار، مع احترام الخصوصية وشواغل الأمن القومي؟ لا توجد إجابات أو حلول واضحة لهذا السؤال. ولكن وجود شواغل يقدم بعض المبررات لتدخل الحكومات.

الإطار 3-4
شركات التكنولوجيا الكبرى: شواغل مكافحة الاحتكار

تمتلك شركات غوغل/ألفابت وآبل وفيسبوك/ميتا وأمازون ومايكروسوفت معظم المنصات الرقمية الأكثر استخداماً في العالم.[129] وتوفر هذه الشركات الخمس القائمة على تكنولوجيا المعلومات خدمات مختلفة ومتنافسة، بما في ذلك محركات البحث وشبكات التواصل الاجتماعي والأجهزة الذكية، مثل الأجهزة القابلة للارتداء، والحوسبة السحابية والمزيد. ونماذج أعمالها مختلفة عن بعضها البعض. فغوغل محرك بحث يدر عائدات عن طريق بيع الإعلانات الموجهة. وأمازون هو المكافئ الرقمي لمتاجر التجزئة التقليدية، حيث يبيع البضائع من خلال منصته.

وتشكل الوتيرة السريعة للتطور التكنولوجي والطبيعة المتكاملة للسوق الرقمية بعض التحديات لقانون وسياسة المنافسة. ويعد تكيفها لواقع السوق الجديد ونماذج الأعمال أمراً بالغ الأهمية لضمان أسواق تنافسية وتتقبل المنازعات.[130]

ويمتلك مقدمو الخدمة الخمسة قوة سوقية كبيرة، ولا سيما في السوق الرقمية. ونظراً لمنصاتهم المتكاملة رأسياً، يمكن الاستفادة من المعلومات التي تجمعها هذه الشركات من المستخدمين لتحسين المنتجات والخدمات النهائية. ويحظى هذا التطور بالترحيب من منظور الكفاءة الاقتصادية. وغالباً ما يكون تجميع المنتجات معاً، مثل قابلية التشغيل البيني بين التطبيقات وطرائق الدفع للتطبيقات، في مصلحة المستهلكين ومنتجي التطبيقات على حد سواء.

ومن منظور مكافحة الاحتكار، قد تكون سيطرة عدد قليل من الشركات على حصة كبيرة من النظام الاقتصادي ضارة لمزيد من الابتكار والنمو الاقتصادي في المستقبل. وتثير هذه المسألة قضايا تنافسية بشأن ما إذا كانت الاستفادة من قوة السوق في قطاع عمودي عند المنبع قد يخنق المنافسة والابتكار عند المراحل النهائية. وعلى سبيل المثال، يمكن استخدام البيانات التي تم جمعها من أنماط الشراء السابقة للمستخدمين على المنصة الرقمية لتقديم منتجات مماثلة ولكن منافسة من الشركة الأم للمنصة الرقمية، أو عرض هذه المنتجات بشكل انتقائي قبل الآخرين.

وهناك العديد من الحجج الاقتصادية لمواجهة الاقتراحات التي تفيد بتهديد مكافحة الاحتكار من المنصات الرقمية. فهذه الشركات دائمة الابتكار وتتنافس مع بعضها البعض.[131] ولا يوجد حاجز أمام دخول السوق بالمعنى التقليدي لمكافحة المنافسة. ومن السهل نسبياً دخول المنتجات الجديدة أو المنافسين الجدد إلى السوق، ويمكن القول إن التكاليف منخفضة. ويمكن لأي شركة من شركات تكنولوجيا المعلومات أن تنشئ منصتها الرقمية ويمكن أن ينتقل المستهلكون من منصة رقمية إلى أخرى. ويُقدّم العديد من هذه الخدمات دون أي تكلفة نقدية على المستهلك. ومع ذلك، قد تتمتع هذه الشركات الكبيرة بميزة تنافسية كبيرة على المنافسين الجدد فيما يتعلق بمزايا المتحرك الأول، مثل إنشاء نظام بيئي للمنتج وكسب ولاء المستخدم. وقد يتردد المستخدمون في اختيار منصة مختلفة، لأنهم معتادون على المنصة الحالية وقد تكون تكاليف التحويل مرهقة.[132]

وعلاوة على ذلك، فإن جودة المنصات الرقمية تتحدد بعدد الخدمات التي تقدمها على منصتها، والذي يرتبط بدوره بعدد المستخدمين. والمزيد من التطبيقات يعني المزيد من المستخدمين والمزيد من المستخدمين يجذبون منتجي التطبيقات الآخرين للبناء على المنصة الرقمية. وعلاوة على ذلك، أصبحت بيانات المستهلكين مصدراً مهماً للميزة التنافسية في العديد من الأسواق الرقمية. ولذلك، قد يُعتبر جذب ووجود حجم كبير من الخدمات والمستخدمين حاجزاً أمام دخول السوق.

وتدرس العديد من سلطات المنافسة المنصات الرقمية من منظور مكافحة الاحتكار.[133] وتشمل التحقيقات التي تجريها قلة مختارة التركيز على:

- نتائج بحث المنصات الرقمية، لأنها "تفضل" منتجاتها وخدماتها؛[134]
- سلوكيات المنصات المناهضة للمنافسة للحفاظ على قوتها في السوق؛[135]
- عمليات الاندماج والاستحواذ لإبعاد المنافسين المحتملين.[136]

ولكن كيف يمكن أن تعالج سلطات المنافسة أي مشاكل تتعلق بمكافحة الاحتكار في هذه السوق؟ فقد لا تكون لديها القدرة على التعامل مع هذه الشركات التكنولوجية العملاقة وتعقيدات منصاتها المتكاملة رأسياً.[137] وعلاوة على ذلك، قد يكون من الصعب تنفيذ أي حكم وقد يضر المنافسة.

3-4 يمكن أن تسخر السياسة العامة الابتكار للتصدي للتحديات

تنطوي عملية الابتكار على الترابط أو التفاعل بين مختلف أصحاب المصلحة في النظام الإيكولوجي للابتكار. وفي تغير المناخ، يؤثر السلوك المترابط لمجموعة متنوعة من الجهات الفاعلة على اتجاه ووتيرة ابتكار التكنولوجيا الخضراء. وتشمل هذه الجهات الفاعلة الشركات الناشئة المتخصصة في التكنولوجيات البيئية، والشركات في قطاع الطاقة، والمؤسسات الحكومية، مثل وكالة حماية البيئة الأمريكية، والجامعات، فضلاً عن المنظمات الحكومية الدولية، مثل اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ.

ويركز هذا القسم على الإجراءات الحكومية. ويمكن أن تشارك الحكومات بطرائق مختلفة، من تمويل البحوث إلى فرض اللوائح أو وضع أهداف لتغيير اتجاه الابتكار، كما يتضح من المناقشة المتعلقة بالصحة (كوفيد-19)، وتغير المناخ، وظهور التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة.

تشجيع الابتكار لصالح المجتمع

قد ترغب الحكومات في التأثير على اتجاه التغيير لتحقيق أقصى فوائد مجتمعية. وهناك ثلاث حجج عموماً تدعم قيام صانعي السياسات بذلك.

فعندما تكون احتياجات المجتمع وأهداف الشركات الخاصة الهادفة للربح غير متواءمة، يمكن أن تتدخل الحكومات، وربما ينبغي عليها أن تتدخل. وهذا هو الحال بشكل خاص، كما رأينا في الفصل الأول، عندما تكون العائدات الاجتماعية التي تعود على المجتمع أو المنافع التي يحققها المجتمع – من احتواء التلوث، على سبيل المثال – أكبر بكثير من عائدات القطاع الخاص لمواصلة العمل كالمعتاد.

وفي حالة تغير المناخ، تؤدي البرامج والسياسات والقواعد والمعايير الحكومية دوراً مهماً في توجيه الابتكار نحو تكنولوجيات تخفيف الأثر. وباستخدام التكنولوجيات الرقمية، يمكن أن تسعى الحكومات إلى تجنب الآثار السلبية المحتملة أو تخفيفها، ولا سيما عندما يُرجح أن يؤدي الاستخدام المتزايد للذكاء الاصطناعي، على سبيل المثال، إلى فقدان وظائف كثيرة، أو حيث قد تكون هناك مشاكل تتعلق بخصوصية البيانات أو المنافسة أو الأمن القومي.

ونتيجة المنافسة في السوق، تميل الشركات إلى الاستثمار في أنشطة الابتكار التي تحقق أعلى عائد في أقصر وقت. وتتجنب الشركات القائمة أنشطة الابتكار المحفوفة بالمخاطر وغير المؤكدة. وهذا ما يفسر السبب وراء أن معظم التكنولوجيات الرائدة لتخفيف آثار تغير المناخ ناتجة عن شركات ناشئة جديدة في الصناعة.

وفي مجال الطب الحيوي، سوف تتطلع الشركات إلى ضخ استثمارات في الأنشطة التي يحتمل أن يكون لها تطبيقات تجارية فورية نسبياً.[139] ويشمل ذلك الحالات التي تفضل فيها شركات الأدوية إعادة تحديد الغرض من التكنولوجيات الحالية من أجل الاستمرار في علاج الأمراض بدلاً من الاستثمار في اللقاحات أو العلاجات الطبية الجديدة. وبالنسبة للمجتمع، يكون الاستثمار في البحوث الطبية ذات الأثر الطويل الأمد، والتي تتطلب المزيد من الوقت والجهد لتحقيقها، أفضل بكثير من إعادة تحديد الغرض من العلاجات والتكنولوجيات الحالية.

وقد تحتاج الحكومات إلى الاستجابة للأزمات ببرامج أو مبادرات. وفي حالة لقاح كوفيد-19، فإن القدر الكبير من التمويل والدعم المقدم لإيجاد طرائق لتخفيف أثر المتلازمة التنفسية الحادة الوخيمة الناتجة عن فيروس كورونا 2 بسرعة تبرره أهمية إيجاد حل.[140] وكان الدعم الحكومي في تطوير وتصنيع اللقاحات على نطاق واسع أساسي لنشرها بسرعة. ودعمت مبادرات الولايات المتحدة والمملكة المتحدة (انظر الإطارين 3-1 و3-2) تطوير اللقاحات، من البحث والتطوير الأولي إلى اللقاحات المرشحة المحتملة، من خلال اختبارها والموافقة النهائية عليها من قبل الوكالات التنظيمية وحتى توسيع نطاق إنتاج اللقاحات وتوزيعها. وحتى الاستثمارات في اللقاحات التي لم تؤد إلى أي نتيجة، بعد أن ثبتت عدم جدواها، لا يمكن اعتبارها ضائعة، نظراً لحالة عدم اليقين الهائلة في البداية بشأن ما يمكن أن ينجح.[141]

وقد يكون الدعم الحكومي المماثل في معالجة تغير المناخ مهماً في المساعدة على تحقيق هدف الاحترار العالمي المحدد والبالغ أقل من درجتين مئويتين لنهاية القرن. ولكن العمل مطلوب على جميع المستويات، من المستوى المتعدد الأطراف إلى الأسر الفردية. ويوصي تقرير صادر عن وكالة الطاقة الدولية بإجراء تغييرات جذرية لتحقيق الهدف الذي حددته الحكومات في عام 2015 وأعيد التأكيد عليه في عام 2021. [142] ووفقاً للتقرير، ينبغي أن يزيد الاستثمار في التكنولوجيات المنخفضة الكربون بأكثر من ثلاثة أضعاف ليصل إلى نحو 4 تريليونات دولار أمريكي بحلول عام 20302. وينبغي أن تتوقف جميع مبيعات سيارات الركاب ذات محركات الاحتراق الداخلي بحلول عام 2035 وأن يتم التخلص التدريجي من جميع محطات توليد الطاقة التي تعمل بالفحم والنفط بحلول عام 2040. وباختصار، هناك حاجة إلى تحول كامل في نظام الطاقة العالمي.[143]

تشكيل اتجاه الابتكار

يمكن أن تفرض الحكومات قواعد ونظم تدفع القطاع الخاص نحو الاستثمار في أنواع معينة من الابتكار. وفي حالة تغير المناخ، تؤدي سياسات مثل تسعير الكربون دوراً في حث القطاع الخاص على تبني تكنولوجيات منخفضة الكربون أو تكنولوجيات تخفيف أثر الكربون.

وبالمثل، بالنسبة للتكنولوجيات الرقمية الجديدة، يمكن أن تنظم الحكومات استخدام البيانات التي يتم جمعها من المستخدمين. وتهدف القواعد العامة لحماية البيانات التي وضعها الاتحاد الأوروبي إلى منع إساءة استخدام المعلومات من المواطنين العاديين، على سبيل المثال، لأغراض التسويق التجاري أو للتتبع غير المصرح به لتحركات المستخدم. وتحدد سياسات حماية الملكية الفكرية التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة التي يمكن أو لا يمكم إيداع براءة بشأنها - أو بالأحرى، تقوم بذلك إلى حد ما. ويمكن أن يولد الذكاء الاصطناعي اختراعات جديدة. ومع ذلك، لا يجوز تطبيق البراءات، في العديد من الولايات القضائية، إلا على الاختراعات التي يصنعها البشر. ولا تغطي البراءات تلك الناشئة عن خوارزميات الحاسوب المعقدة.[144] وقد يتعين على الابتكار الناتج عن الذكاء الاصطناعي الاعتماد على أدوات الملكية الفكرية الأخرى، مثل الأسرار التجارية، لضمان الحماية من التقليد.

ويمكن لاستثمارات الدولة في التكنولوجيات والبنى التحتية التمكينية و/أو التكميلية أن تسهل تبني الابتكارات في المجالات الحيوية. وعلى سبيل المثال، يمكن أن يؤدي تحديث شبكات الكهرباء لتمكين استخدام مصادر الطاقة المتجددة على نطاق أكبر إلى تسريع تبني تكنولوجيات تخفيف آثار تغير المناخ والحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ويمكن أن تستثمر الحكومات في بناء محطات شحن البطاريات لتشجيع استخدام السيارات الكهربائية. ويمكن للفوائد المحتملة للاستثمارات التي ضختها حكومتا المملكة المتحدة والولايات المتحدة في قدرة بلديهما على تصنيع أحدث التكنولوجيات لمكافحة كوفيد-19 أن تجعلهما في وضع جيد للاستجابة للجوائح المماثلة في المستقبل.

ويقدم الإطار 3-5 لمحة عامة عن السياسات الحكومية المختارة التي تستهدف أنشطة ابتكار محددة تُعتبر بالغة الأهمية للنمو الاقتصادي.

الإطار 3-5

سياسات حكومية مختارة لبناء القدرات الرقمية المبتكرة

قانون الابتكار والمنافسة في الولايات المتحدة[145]

يعد قانون الابتكار والمنافسة في الولايات المتحدة لعام 2021 أحد أكبر المقترحات التشريعية الصناعية في تاريخ الولايات المتحدة. وهو "يهدف إلى تعزيز النظم الإيكولوجية للابتكار في الولايات المتحدة من خلال استثمارات جديدة في البحث والتسويق والتصنيع." وتشتمل السياسات الرئيسية على ما يلي:

- تمويل كبير للبحث العلمي وإنتاج وبيع وترخيص تكنولوجيات معينة للمستهلكين في مجالات حيوية، مثل الذكاء الاصطناعي والروبوتات والاتصالات الهاتفية بتكنولوجيا الجيل الخامس وأشباه الموصلات.[146] وسيخصص جزء من التمويل لتوسيع نطاق التعليم في العلوم والتكنولوجيا الهندسة والرياضيات؛
- ضمان استمرارية سلاسل الإمداد للحصول على المواد الخام، على سبيل المثال؛
- إنشاء مراكز تكنولوجية في أماكن مختلفة من الولايات المتحدة لبناء القدرات في تلك المناطق وتحفيز النمو الاقتصادي.

صنع في الصين[147]

"صنع في الصين 2025" هي خطة استراتيجية مدتها 10 سنوات، أطلقت في عام 2016، لنقل الصين إلى أعلى سلسلة القيمة العالمية وجعلها واحدة من الاقتصادات الواعدة في مجال التكنولوجيات. وستحقق ذلك من خلال ما يلي:

- تطوير القدرة التصنيعية في أحدث التكنولوجيات الرائدة (أي التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة)؛
- إعطاء الأولوية للتكنولوجيات المتعلقة بعشرة مجالات: تكنولوجيا المعلومات، والروبوتات والأتمتة، ومعدات الفضاء والطيران، ومعدات الهندسة البحرية وتصنيع السفن عالية التكنولوجيا، ومعدات السكك الحديدية، والمركبات التي تحقق الكفاءة في استخدام الطاقة، والمعدات الكهربائية، والمواد الجديدة، والطب الحيوي، والأجهزة الطبية عالية الأداء والمعدات الزراعية.

آفاق أوروبا[148]

إن "آفاق أوروبا" برنامج تمويل للبحوث والابتكار بقيمة 100 مليار يورو يستمر حتى عام 2027. ويهدف إلى بناء وتطوير وتعزيز قاعدة المعرفة العلمية والتكنولوجية في أوروبا. ويشمل البرنامج أربع ركائز:

- بناء القدرة التنافسية العلمية للاتحاد الأوروبي؛
- الاستثمار في البحوث للتصدي للتحديات المجتمعية وتعزيز القدرات الصناعية؛
- تعزيز تكامل التعليم والبحث والابتكار لتسهيل الابتكار؛
- دعم أعضاء الاتحاد الأوروبي في بناء قدراتهم الابتكارية.

الصناعة 4.0

تم الإعلان عن "الصناعة 4.0" في ألمانيا في أبريل 2013، وهي خطة استراتيجية للتصنيع تركز على التحول الرقمي للاقتصاد الألماني. وهي تغطي مجالات مثل التكامل الصناعي وتكامل المعلومات الصناعية ورقمنة التصنيع وإنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي. وتتمثل مهمتها الأساسية في نقل الصناعة الألمانية إلى العصر الرقمي.

5-3 الاستنتاجات والتوصيات المتعلقة بالسياسات

أظهرت دراسات الحالة المتعلقة بأزمة كوفيد-19 وحتمية تغير المناخ وظهور التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة كيف تغير اتجاه الابتكار وسيستمر في التغيير. كما إنها تقترح كيف يمكن أن توجه السياسات العامة الابتكار في اتجاه يستجيب بشكل أفضل لاحتياجات المجتمعات المحلية.

وفي حالة كوفيد-19، ساعدت الحكومات في تقليل عدم اليقين المرتبط بالاستثمار وتخفيف المخاطر المرتبطة باكتشاف اللقاح أولاً ثم تطويره. وفي مجال تغير المناخ، تساعد السياسات والمعايير والقواعد واللوائح الحكومية في توجيه الشركات والأسر نحو تكنولوجيات أكثر اخضراراً. وأخيراً، في حالة التكنولوجيات الرقمية، استثمرت الحكومات في التكنولوجيات التمكينية وقامت ببنائها - وفي حالة تكنولوجيا الجيل الخامس تواصل القيام بذلك – وبذلك سهلت الابتكارات واعتمادها.

ومن الصعب القول ما إذا كان يمكن تحقيق تقدم مماثل بدون الدعم الحكومي. ولا يوجد واقع مضاد مشابه. ولكن هناك حجج قوية تدعم الأثر الإيجابي للإجراءات الحكومية في سرعة الابتكار واتجاهه. وعلاوة على ذلك، فإن الحكومات في وضع فريد يمكنها من الحيلولة دون وقوع أي آثار سلبية محتملة للابتكار، على سبيل المثال، على العمالة، وخلق الحوافز السليمة وتهيئة البيئة المواتية لتعزيز إمكاناتها وتسخيرها.

وتشير الدروس المستفادة من دراسات الحالة هذه إلى العديد من الرسائل الرئيسية للسياسات:

- اتجاه الابتكار مهم، لأن الموارد اللازمة للاستثمار في الابتكار شحيحة.
  وينبغي ألا يركز صانعو السياسات على حجم الاستثمار فحسب، ولكن أيضاً على المجالات التي يُستثمر فيها.
- صانعو السياسات لديهم أثر محدود على الاتجاه الطويل الأجل للابتكار، لأنه لا يمكن التنبؤ بالفرص التكنولوجية الطويلة الأجل. ومع ذلك، تؤدي الحكومات، من خلال تمويل العلوم الأساسية، دوراً حاسماً في تمكين التطورات والتكنولوجيات العلمية الرائدة التي تشكل الاتجاه المستقبلي للابتكار (حتى لو كان ذلك بطرائق غير مؤكدة وغير متوقعة).
- تشكل سياسة الحكومة اتجاه الابتكار على المدى القصير إلى المتوسط من خلال:
  - مواءمة حوافز الابتكار الخاص مع احتياجات المجتمع؛
  - تنفيذ السياسات التي تنظم التكنولوجيات الجديدة (خاصة التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة) والتي يمكن أن تشكل الابتكار وتبني التكنولوجيات الجديدة. وتشمل الأمثلة إدارة البيانات والمنافسة وحتى سياسات الملكية الفكرية. ومع ذلك، ينبغي تحقيق التوازن بين تسهيل الابتكار وتعزيز المنافسة وحماية الحق في الخصوصية؛
  - تمويل التعليم والصحة والبنية التحتية والسلع العامة الأخرى. وعلى سبيل المثال، توفر التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة فرصة كبيرة لتحسين نتائج التعليم والصحة.

الملاحظات

1 Bresnahan and Trajtenberg (1995).

2 يختلف ذلك عن مفهوم فشل السوق الذي يبرر تدخل الحكومة. وفي هذا الفصل، تتدخل الحكومة لأنه لا يجب ترك كل شيء للسوق (انظر Foray et al., 2012; Mowery et al., 2010).

3 منظمة الصحة العالمية. لوحة معلومات منظمة الصحة العالمية عن فيروس كورونا (كوفيد-19) [عبر الإنترنت]. متاحة على: https://covid19.who.int (تم الاطلاع عليه في 2 يناير 2022).

4 Ansell and Mullins (2021)، و Crossley et al. (2021).

5 تم تنقيح هذا الرقم نزولاً بمقدار 20 مليون عن آخر تقدير في يناير 2021.

6 انظر آفاق الاقتصاد العالمي (IMF, 2021) وKose and Sugawara (2020).

7 https://www.gavi.org/vaccineswork/covid-19-vaccine-race

8 رسم علماء في مركز شنغهاي للصحة العامة، بقيادة البروفيسور تشانغ يونغ تشن، خريطة جينوم فيروس كوفيد-19 في أقل من 40 ساعة من تلقيهم العينة الأولى. وقاموا بتحميل خريطة الجينوم على موقع المركز الوطني الأمريكي لمعلومات التكنولوجيا الحيوية في 5 يناير 2020. وفي 11 يناير 2020، تمت مشاركة رسم تسلسل كوفيد-19 علناً (Campbell, 2020).

9 Bown and Bollyky (2021).

10 Acemoglu and Linn (2004)، و Clemens and Rogers (2020) و Kyle and McGahan (2011).

11 يقر العديد من الاقتصاديين بأن حجم السوق وحده قد لا يوفر حافزاً كافياً للابتكار. وتتعلق بعض العوامل التي تؤثر أيضاً على قرار شركات الأدوية بشأن الاستثمار في علاج مرض ما بتكاليف ومدة إيجاد حل، وحتى القدرة على دفع ثمن الابتكار. وهناك بعض الأمراض التي قد تصيب عدداً كبيراً من السكان ولكنها تؤدي إلى عدد قليل من المرضى. انظر Agarwal and Gaule (2021)، و(2015) Budish et al. و Kremer (2001, 2002).

12 Kelly (2020).

13 CEPI هي شراكة بين القطاعين العام والخاص والمؤسسات الخيرية ومنظمات المجتمع المدني. انظر https://cepi.net/research_dev/our-Wallet.

14 يدعو اقتصاديون مثل Mariana Mazzucato (2016, 2018) إلى هذا النوع من التدخل للتصدي للتحديات المجتمعية على مدى العقد الماضي. وكتب اثنان من الاقتصاديين، هما بيير أزولاي وبنجامين جونز، إلى حكومة الولايات المتحدة يحثانها على القيام بذلك (2020).

15 Bown and Bollyky (2021).

16 Regalado (2020).

17 Wagner and Wakeman (2016).

18 Diamond (2021)و Adler (2021).

19 Diamond (2021).

20 انظر Bonvillian et al. (2019).

21 يقدم Adler (2021) معلومات عن كيف يُنظر إلى برنامج Operation Warp Speed على أنها وكالة مشاريع بحوث الدفاع المتقدمة على نطاق واسع.

22 GAO (2021).

23 UK BEIS (2020).

24 للاطلاع على شرح للأنواع المختلفة من لقاحات كوفيد-19 وكيفية عملها، انظر https://www.gavi.org/vaccineswork/there-are-four-types-covid-19-vaccines-heres-how-they-work.

25 لوحة معلومات سجل التسجيل والتطوع متاحة عبر الإنترنت على موقعي الخدمات الصحية الوطنية في المملكة المتحدة على الإنترنت: https://www.nhs.uk/conditions/coronavirus-covid-19/research و https://digital.nhs.uk/dashboards/coronavirus-covid-19-vaccine-studies-volunteers-dashboard-uk (تم الاطلاع عليهما في 29 نوفمبر 2021).

26 Scheuber (2020).

27 Cookson (2021)، و Mancini et al. (2021).

28 Durmaz et al. (2015) وGross and Sampat (2021).

29 Adler (2021).

30 يُعرف هذا باسم " التعاون من خلال القفز بالمظلات" (Liu et al., 2021).

31 يستند هذا القسم إلى تقرير المعلومات الأساسية المقدم إلى الويبو من Bhaven Sampat (2022).

32 Pardi et al. (2018) وSchlake et al. (2012).

33 Pardi et al. (2018).

34 معظم اللقاحات تستهدف البلدان ذات الدخل المنخفض (Xue and Ouellette، ستصدر قريباً).

35 لا يمكن أن يتحد الحمض النووي الريبي المرسال مع الحمض النووي للمريض لتغيير تركيبته الجينية. وبمجرد أن يؤدي الحمض النووي الريبي المرسال الاصطناعي وظيفته، فإنه يتحلل ويتخلص الجسم منه (Dolgin, 2021).

36 Shipman (2021).

37 انظر Myers (2020).

38 انظر Sohrabi et al. (2021).

39 Agarwal and Gaulé (2021).

40 تمت الموافقة على هذه اللقاحات بموجب نظام ترخيص الاستخدام في حالات الطوارئ.

41 Agrawal et al. (2021).

42 Woolliscroft (2020).

43 يستند هذا القسم بشكل كبير إلى تقرير المعلومات الأساسية الذي أعده Noailly (2022).

44 IPCC (2014).

45 Hellegatte et al. (2017).

46 انظر https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement/key-aspects-of-the-paris-agreement، تم الاطلاع عليه عبر الإنترنت في 4 ديسمبر 2021.

47 في التزامها المحدد وطنياً لعام 2015، أعلنت الولايات المتحدة هدفها المتمثل في خفض انبعاثات غازات الدفيئة إلى 26-28 في المائة دون مستوى انبعاثاتها لعام 2005 بحلول عام 2030. وفي غلاسكو، عمقت الولايات المتحدة الالتزام بموجب المساهمة المحددة وطنياً في عام 2021 بخفض مستوى انبعاثاتها في عام 2005 بنسبة تتراوح بين 50 و52 في المائة بحلول عام 2030. وللاطلاع على سجل المساهمات المحددة وطنياً، انظر https://www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/Home.aspx، تم الاطلاع عليه عبر الإنترنت في 4 ديسمبر 2021.

48 انظر مناقشة التكنولوجيات المنخفضة الكربون في Noailly (2022). وتشير انبعاثات غازات الدفيئة إلى الغازات التي تجعل كوكب الأرض أكثر دفئاً مما ينبغي أن يكون. وتمتص هذه الغازات الحرارة وتعيد إطلاقها في الغلاف الجوي. وهي تشمل ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز والأوزون وبخار الماء.

49 تمثل الطاقة النووية أيضاً تكنولوجيا لتخفيف آثار تغير المناخ. ولدى البلدان تعاريف مختلفة لما تعتبره تكنولوجيات منخفضة الكربون تتماشى مع أهداف تخفيف آثار تغير المناخ. وتعتبر محطات الطاقة النووية والغازية من الناحية التقنية منخفضة الكربون، ولكن بعض البلدان لا تُعرّفها على هذا النحو (Noailly, 2022).

50 انظر مسرد المصطلحات المتعلقة بالبيئة (IPCC, 2018).

51 Gerarden (2018).

52 Lim et al. (2021) وMundaca and Luth Richter (2015).

53 Jansen et al. (2020).

54 Johnson (2020).

55 IEA (2020a).

56 تحتفظ الوكالة الدولية للطاقة بقاعدة بيانات للسياسات البيئية التي تنفذها الدول الأعضاء. ويمكن البحث في هذه السياسات حسب الموضوع والقطاع والنوع. ومن الأمثلة عليها السياسات التي تستهدف التكنولوجيا والبحث والتطوير والابتكار: https://www.iea.org/policies?topic=Technology%20R%26D%20and%20innovation.

57 Bird et al. (2002).

58 Popp et al. (2010).

59 Popp (2019) وPopp et al. (2010).

60 McCulloch (2021).

61 https://carbonpricingdashboard.worldbank.org.

62 https://unfccc.int/about-us/regional-collaboration-centres/the-ci-aca-initiative/about-carbon-pricing#eq-6.

63 Rogge and Dütschke (2018).

64 يمكن القول إن سياسة التعريفات الألمانية التي تشجع على تبني الطاقة المتجددة ليست إعانة (Wilke, 2011).

65 Noailly (2012).

66 IRENA and CPI (2020).

67 يبلغ سعر استخدام خدمة تعويض الكربون 1,000 دولار أمريكي للطن. ومن المتوقع أن ينخفض هذا المبلغ بمرور الوقت عندما يعمل المصنع بكامل طاقته (Sigurdardottir and Rathi, 2021).

68 Noailly and و Cohen et al. (2020) Smeets (2015).

69 بين عامي 2015 و2018، شكلت الشركات الكبرى في صناعة النفط والغاز 37 في المائة من الاستثمار الرأسمالي العالمي في مشاريع التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه (IEA, 2020b).

70 IPCC (2014).

71 الويبو (2017).

72 https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1958-002B.

73 https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/solar_timeline.pdf.

74 Gerarden (2018).

75 الويبو (2017).

76 WTO and IRENA (2021).

77 بين عامي 2013 و2019 (IRENA and CPI, 2020).

78 WTO and IRENA (2021).

79 IEA (2021c).

80 Li et al. (2017).

81 http://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/movingca/cvrp.html.

82 خفضت الصين دعمها للسيارات الكهربائية بمقدار النصف، بينما نفد برنامج الائتمان الضريبي الأمريكي لشركات صناعة السيارات مثل جنرال موتورز وتسلا (IEA, 2020c).

83 IEA (2020c).

84 Li et al. (2017).

85 https://www.economist.com/finance-and-economics/2021/03/27/the-impact-of-green-investors.

86 Viscidi (2021). 38 مليار دولار أمريكي في الربع الأول من عام 2020 مقابل 178 مليار دولار أمريكي في الربع الأول من عام 2021.

87 Flood and Cumbo (2021).

88 O'Dwyer and Edgecliffe-Johnson (2021).

89 https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/07/28/fact-sheet-historic-bipartisan-infrastructure-deal.

90 https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/09/09/fact-sheet-biden-administration-advances-the-future-of-sustainable-fuels-in-american-aviation.

91 https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/10/28/president-biden-announces-the-build-back-better-framework. انظر أيضاً Lobosco and Luhby (2021) و Sommer (2021).

92 https://www.consilium.europa.eu/en/policies/eu-plan-for-a-green-transition/.

93 http://www.cdb.com.cn/English/xwzx_715/khdt/202106/t20210630_8759.html.

94 https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/SAF_Stocktaking.aspx.

95 انظر Breakthrough Energy (2021).

96 Taylor (2020).

97 Popp (2019).

98 Gaddy et al. (2017).

99 Noailly and وGaddy et al. (2017) Smeets (2015).

100 IEA (2021b).

101 Nanda et al. (2014).

102 Noailly and وAghion et al. (2016) Smeets (2015).

103 Acemoglu et al. (2019).

104 Unruh (2000).

105 Fabrizio and Hawn (2013).

106 يشير مقترح McCarthy et al. (2006) إلى أن "كل جانب من جوانب التعلم أو أي سمة أخرى من سمات الذكاء يمكن وصفها بدقة، من حيث المبدأ، بحيث يمكن أن تحاكيها آلة."

107 يناقش العلماء ما إذا كان الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيات المرتبطة به هي تكنولوجيات رقمية ذات أغراض عامة و/أو تكنولوجيات تمكينية أو "اختراع أساليب للاختراعات" (Bigliardi et al., 2020؛ و Cockburn et al., 2019؛ و Martinelli et al., 2021). ويدعي Cockburn et al. (2019) أن هناك اختلافاً في التكنولوجيات التي يتم تطويرها بمهام ضيقة نسبياً، مثل الروبوتات، مقابل تلك التي تنطوي على مجال واسع للتكنولوجيا. وفي محاولة للتمييز بين الاثنتين، قام المؤلفون المشاركون بالتبديل بين تصنيف الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيات المرتبطة به كتكنولوجيا رقمية ذات أغراض عامة أو "اختراع أساليب للاختراعات". واستقروا على أنها تكنولوجيا ذات أغراض عامة. ومع ذلك، يمكن أن تؤثر هذه التكنولوجيات الرقمية على اتجاه الابتكار على المدى الطويل.

108 هناك حوارات بشأن ما إذا كان ظهور الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيات المماثلة امتداداً للثورة الصناعية الثالثة أم لا. ويشار إلى أن كلاوس شواب، المؤسس والمدير التنفيذي للمنتدى الاقتصادي العالمي، هو الذي صاغ هذا المصطلح (Schwab, 2016).

109 انظر الفصل الثالث بشأن المركبات ذاتية القيادة في تقرير الويبو (2019a).

110 من المرجح أن تتبنى الشركات الذكاء الاصطناعي عندما تكون تعتمد بالفعل على البيانات الضخمة ولديها قوة حوسبة كافية (Brynjolfsson and McAfee, 2014).

111 خلص Yilmazkuday (سيصدر قريباً) إلى أن الإنفاق الاستهلاكي زاد بنسبة 16 في المائة والتسوق عبر الإنترنت بنسبة 21 في المائة مقارنة باتجاهات ما قبل الجائحة.

112 Geradin (2018) وHinings et al. (2018).

113 انظر الفصل الثالث بشأن المركبات ذاتية القيادة في تقرير الويبو (2019a).

114 انظر الفصل الثالث بشأن الروبوتات في تقرير الويبو (2015).

115 انظر تقرير الويبو (2019b) للاطلاع على مزيد من الأمثلة.

116 Brynjolfsson et al. (2017).

117 انظر تقرير الويبو (2019b) بشأن المعضلة الأخلاقية المحيطة بتكنولوجيات الذكاء الاصطناعي.

118 Brynjolfsson et al. (2018).

119 انظر Kudumala et al. (2021) للاطلاع على مزيد من الأمثلة.

120 Dogan et al. (2021)، وKhan et al. (2021) وVaishya et al. (2020).

121 https://about.ups.com/be/en/social-impact/the-ups-foundation/health-humanitarian-relief/delivering-what-matters--equitable-vaccine-access-globally.html.

122 Trajtenberg (2019).

123 Brynjolfsson وAghion et al. (2017) and McAfee (2014).
124 Trajtenberg (2019).
125 Fu and Liu (2022).
126 Trajtenberg (2019).
127 انظر Cockburn et al. (2019)؛ و Graetz and Michaels (2018).
128 انظر Espinoza (2021)، وEspinoza and Beioley (2021)، وKalra (2021) وSong (2021). وملفات قضايا وزارة العدل الأمريكية متاحة عبر الإنترنت على https://www.justice.gov/atr/case/us-and-plaintiff-states-v-google-llc.
129 يُستخدم مصطلح المنصة الرقمية بشكل فضفاض هنا. وتقدم هذا الشركات الخمس خدمات مختلفة ولديها نماذج أعمال مختلفة (Gilbert, 2021).
130 UNCTAD (2019).
131 Gawer (2021) وVarian (2021).
132 انظر OECD (2021)، 7-8.
133 أنجزت هيئة المنافسة والمستهلك الأسترالية وهيئة المنافسة الفرنسية وهيئة المنافسة والأسواق في المملكة المتحدة دراساتها في 21 سبتمبر 2021 و7 يونيو 2021 و1 يوليو 2021 على التوالي. انظر https://www.accc.gov.au/publications/digital-advertising-services-inquiry-final-report، وhttps://www.autoritedelaconcurrence.fr/fr/communiques-de-presse/lautorite-de-la-concurrence-sanctionne-google-hauteur-de-220-millions-deuros، و https://www.gov.uk/cma-cases/online-platforms-and-digital-advertising-market-study للاطلاع على مزيد من المعلومات. وفتح الاتحاد الأوروبي تحقيقه في 22 يونيو 2021 (انظر https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3143)، في حين تفيد التقارير بأن وزارة العدل الأمريكية تستعد لمقاضاة شركة غوغل (انظر https://www.reuters.com/technology/us-doj-preparing-sue-google-over-digital-ads-business-bloomberg-news-2021-09-01).
134 على سبيل المثال، تحقق المفوضية الأوروبية في أنشطة شركتي أمازون وغوغل (Geradin, 2018)، والسلطات الهندية في أنشطة شركتي أمازون وفليبكارت (Kalra, 2021).
135 على سبيل المثال، يشار إلى أن شركة غوغل كانت تدفع لمقدمي الخدمات الآخرين لإبقاء محرك البحث الخاص بها هو المحرك الافتراضي (Molla and Estes, 2020؛ وellis, 2020N؛ و Park, 2021).
136 تدعي لجنة التجارة الفيدرالية الأمريكية أن استحواذ شركة فيسبوك على شركة انستغرام وواتس آب يرقى إلى السلوك المضاد للمنافسة بالنسبة للمستهلكين. انظر https://www.ftc.gov/enforcement/cases-proceedings/191-0134/facebook-inc-ftc-v.
137 Gilbert (2021).
138 Waller (2009).
139 انظر Bryan et al. (2020)، وBudish et al. (2015) وRake (2021).
140 Sampat (2022).
141 Nelson (1961) وScherer (2011).
142 في 12 ديسمبر 2015، تعهدت 196 دولة بالحد من ارتفاع درجة الحرارة العالمية إلى أقل من درجتين مئويتين في المؤتمر الحادي والعشرين للأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ في باريس، فرنسا. انظر https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement/key-aspects-of-the-paris-agreement.
143 IEA (2021c).
144 توفر محادثة الويبو بشأن الملكية الفكرية والتكنولوجيا الواعدة منتدى لمناقشة هذه المسائل.
145 https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/05/SAP-S.-1260.pdf.
146 من أصل 250 مليار دولار أمريكي، سيوجه ما يزيد قليلاً عن 50 مليار دولار أمريكي إلى مؤسسة العلوم الوطنية.
147 http://english.www.gov.cn/premier/news/2017/01/29/content_281475554068056.htm.
148 https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en.

المراجع

Acemoglu, D. and J. Linn (2004). Market size in innovation: Theory and evidence from the pharmaceutical industry. Quarterly Journal of Economics, 119, 1049–1090.

Acemoglu, D., P. Aghion, L. Barrage and D. Hemous (2019). Climate Change, Directed Innovation, and Energy Transition: The Long-Run Consequences of the Shale Gas Revolution. Meeting Papers 1302, Society for Economic Dynamics.

Adler, D. 2021. Inside Operation Warp Speed: A new model for industrial policy. American Affairs Journal, 5(2).

Agarwal, R. and P. Gaulé (2021). What Drives Innovation? Lessons from COVID-19 R&D. IZA Discussion Papers, no. 14079. Institute of Labor Economics (IZA).

Aghion, P., A. Dechezleprêtre, D. Hémous, R. Martin and J. Van Reenen (2016). Carbon taxes, path dependency, and directed technical change: Evidence from the auto industry. Journal of Political Economy, 124, 1–51. DOI: https://doi.org/10.1086/684581.

Aghion, P., B.F. Jones and C.I. Jones (2017). Artificial Intelligence and Economic Growth. Working Paper Series, no. 23928. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: https://doi.org/10.3386/w23928.

Agrawal, G., H. Ahlawat and M. Dewhurst (2021). The biopharma industry has shown what it can achieve when it works at its best. How can the industry build on this renewed sense of purpose in the years ahead? McKinsey & Company Pharmaceutical & Medical Products Practice. McKinsey & Company.

Ansell, R. and J.P. Mullins (2021). COVID-19 ends longest employment recovery and expansion in current employment statistics (CES) history, causing unprecedented job losses in 2020. Monthly Labor Review. Washington, D.C.: U.S. Bureau of Labor Statistics.

Azoulay, P. and B. Jones (2020). Beat COVID-19 through innovation. Science, 368, 553–553. DOI: https://doi.org/10/ggv2dd.

Bigliardi, B., E. Bottani and G. Casella (2020). Enabling technologies, application areas and impact of industry 4.0: A bibliographic analysis. International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing (ISM 2019), Procedia Manufacturing, 42, 322–326. DOI: https://doi.org/10/gmqb4p.

Bird, L., R. Wüstenhagen and J. Aabakken (2002). A review of international green power markets: Recent experience, trends, and market drivers. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 6, 513–536. DOI: https://doi.org/10/dg7z96.

Bonvillian, W.B., R.V. Atta and P. Windham (eds) (2019). The DARPA Model for Transformative Technologies: Perspectives on the U.S. Defense Advanced Research Projects Agency. Open Book Publishers.

Bown, C.P. and T. Bollyky, T. (2021). How COVID-19 Vaccine Supply Chains Emerged in the Midst of a Pandemic. Working Paper 21-12, The World Economy.

Breakthrough Energy (2021). Breakthrough Energy and MI: Partners in delivering our net-zero future. Mission Innovation. Available at: http://mission-innovation.net/2021/03/16/breakthrough-energy-and-mi-partners-in-delivering-our-net-zero-future (accessed January 13 2022).

Bresnahan, T.F. and M. Trajtenberg (1995). General purpose technologies "Engines of growth"? Quarterly Journal of Economics, 65, 83–108. DOI: https://doi.org/10/fgvj5w.

Bryan, K., J, Lemus and G. Marshall (2020). Crises and the Direction of Innovation. Working paper, available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3587973.

Brynjolfsson, E. and A. McAfee (2014). The Second Machine Age: Work Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. New York: W. Norton & Company.

Brynjolfsson, E., X. Hui and M. Liu (2018). Does Machine Translation Affect International Trade? Evidence from a Large Digital Platform. Working Paper Series, no. 24917. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: https://doi.org/10.3386/w24917.

Brynjolfsson, E., D. Rock and C. Syverson (2017). Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics. Working Paper Series, no. 24001. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: https://doi.org/10.3386/w24001.

Budish, E., B.N. Roin and H. Williams (2015). Do firms underinvest in long-term research? Evidence from cancer clinical trials. American Economic Review, 105, 2044–2085. DOI: https://doi.org/10/gdz4zg.

Campbell, C. (2020). Chinese scientist who first sequenced COVID-19 genome speaks about controversies surrounding his work. Time. Available at: https://time.com/5882918/zhang-yongzhen-interview-china-coronavirus-genome.

Clemens, J. and P. Rogers (2020). Demand Shocks, Procurement Policies, and the Nature of Medical Innovation: Evidence from Wartime Prosthetic Device Patents. Working Paper Series, no. 26679. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: https://doi.org/10.3386/w26679.

Cockburn, I.M., R. Henderson and S. Stern (2019). The impact of artificial intelligence on innovation: An exploratory analysis. In Agrawal, A., J. Gans and A. Goldfarb (eds), The Economics of Artiicial Intelligence: An Agenda. University of Chicago Press, 115–146.

Cohen, L., U.G. Gurun and Q.H. Nguyen (2020). The ESG-Innovation Disconnect: Evidence from Green Patenting. Working Paper Series, no. 27990. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: https://doi.org/10.3386/w27990.

Cookson, C. (2021). How the UK boosted its vaccine manufacturing capacity. Financial Times. Available at: https://www.ft.com/content/662ab296-2aef-4179-907c-5dba5c355d86.

Crossley, T.F., P. Fisher and H. Low (2021). The heterogeneous and regressive consequences of COVID-19: Evidence from high quality panel data. Journal of Public Economics, 193, 104334. DOI: https://doi.org/10/gh6g85.

Diamond, D. (2021). The crash landing of "Operation Warp Speed." Politico. Available at: https://www.politico.com/news/2021/01/17/crash-landing-of-operation-warp-speed-459892.

Dogan, O., S. Tiwari, M.A. Jabbar and S. Guggari (2021). A systematic review on AI/ML approaches against COVID- 19 outbreak. Complex & Intelligent Systems, 7, 2655–2678. DOI: https://doi.org/10/gnqxs2.

Dolgin, E. (2021). The tangled history of mRNA vaccines. Nature, 597, 318–324. DOI: https://doi.org/10/gmthh9

Durmaz, A.A., E. Karaca, U. Demkow, G. Toruner, J. Schoumans and O. Cogulu (2015). Evolution of genetic techniques: Past, present, and beyond. BioMed Research International, 2015, 461524. DOI: https://doi.org/10/gb57gp.

Espinoza, J. (2021). EU lawmakers agree on rules to target Big Tech. Financial Times. Available at: https://www.ft.com/content/045346cf-c28a-4f6f-9dce-4f8426129bf9.

Espinoza, J. and K. Beioley (2021). UK competition regulator plans probe into Amazon's use of data. Financial Times. Available at: https://www.ft.com/content/e169cee6-880d-4b8d-acf7-32c2f774f852.

Fabrizio, K.R. and O. Hawn (2013). Enabling diffusion: How complementary inputs moderate the response to environmental policy. Research Policy, 42, 1099–1111. DOI: https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.02.003.

Flood, C. and J. Cumbo (2021). Dutch pension giant ABP to dump €15bn in fossil fuel holdings. Financial Times. Available at: https://www.ft.com/content/425d7c82-e69a-4fe2-9767-8c92bda731e7.

Foray, D., D.C. Mowery and R.R. Nelson (2012). Public R&D and social challenges: What lessons from mission R&D programs? Research Policy, 41(10), 1697–1702. DOI: https://doi.org/10/gfdcfc.

Fu, X. and L. Shi (2022). Direction of Innovation in Developing Countries and its Driving Forces. WIPO Economic Research Working Paper Series, no. 69. Geneva: World Intellectual Property Report.

Gaddy, B.E., V. Sivaram, T.B. Jones and L. Wayman (2017). Venture capital and cleantech: The wrong model for energy innovation. Energy Policy, 102, 385–395.

GAO (Government Accountability Office) (2021). Operation Warp Speed: Accelerated COVID-19 Vaccine Development Status and Efforts to Address Manufacturing Challenges, Report to Congressional Addresses. Washington, D.C.: United States Government Accountability Office. Available at: https://www.gao.gov/products/gao-21-319.

Gawer, A. (2021). Digital platforms and ecosystems: Remarks on the dominant organizational forms of the digital age. Innovation, 0, 1–15. DOI: https://doi.org/10/gmzwkv.

Geradin, D. (2018). What Should EU Competition Policy Do to Address the Concerns Raised by the Digital Platforms' Market Power? TILEC Discussion Paper, no. 2018–041. DOI: https://doi.org/10.2139/ssrn.3299910.

Gerarden, T.D. (2018). Demanding innovation: The impact of consumer subsidies on solar panel production costs. Cambridge, MA: Harvard Environmental Economics Program, 2018. Available at: https://heep.hks.harvard.edu/publications/demanding-innovation-impact-consumer-subsidies-solar-panel-production-costs.

Gilbert, R.J. (2021). Separation: A cure for abuse of platform dominance? Information Economics & Policy: Antitrust in the Digital Economy, 54, 100876. DOI: https://doi.org/10/ghpcvk. Global Health Centre. 2021. COVID- 19 Vaccines R&D Investments.

Graduate Institute of International and Development Studies. Retrieved from: knowledgeportalia.org/covid19-r-d-funding (accessed August 1, 2021).

Graetz, G. and G. Michaels (2018). Robots at work. The Review of Economics and Statistics, 100, 753–768. DOI: https://doi.org/10/ggfw8r.

Gross, D. and B. Sampat (2021). Crisis Innovation Policy from World War II to COVID-19. Working Paper Series, no. 28915. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. DOI: https://doi.org/10.3386/w28915.

Hanisch, M. and B. Rake (2021). Repurposing Without Purpose? Early Innovation Responses to the COVID-19 Crisis: Evidence from Clinical Trials. R&D Management, Special issue paper. DOI: https://doi.org/10/gh7k87.

Hellegatte, S., A. Vogt-Schilb, M. Bangalore and J. Rozenberg (2017). Unbreakable: Building the Resilience of the Poor in the Face of Natural Disaster, Climate Change and Development Series. Washington, D.C.: World Bank.

Hinings, B., T. Gegenhuber and R. Greenwood (2018). Digital innovation and transformation: An institutional perspective. Information and Organization, 28, 52–61. DOI: https://doi.org/10/gdhskm.

IEA (International Energy Agency) (2020a). Energy Technology RD&D Budgets Overview, IEA Energy Technology RD&D Budgets. Paris: International Energy Agency. Available at: https://www.iea.org/reports/energy-technology-rdd-budgets-overview.

IEA (2020b). The Oil and Gas Industry in Energy Transitions: World Energy Outlook special report. Paris: International Energy Agency. Available at: https://www.iea.org/reports/the-oil-and-gas-industry-in-energy-transitions.

IEA (2020c). Global EV Outlook 2020: Entering the Decade of Electric Drive? Paris: International Energy Agency. Available at: https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020.

IEA (2021a). Global EV Outlook 2021. Paris: International Energy Agency. Available at: https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021.

IEA (2021b). Ten Years of Clean Energy Start-ups. Paris: International Energy Agency. Available at: https://www.iea.org/articles/ten-years-of-clean-energy-start-ups.

IEA (2021c). Net Zero by 2050. Paris: International Energy Agency. Available at: https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050.

IMF (International Monetary Fund) (2021). World Economic Outlook Update, July 2021: Fault Lines Widen in the Global Recovery. Washington D.C.: International Monetary Fund. Available at: https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2021/07/27/world-economic-outlook-update-july-2021.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC Fifth Assessment Report). Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at: https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr.

IPCC (2018). Annex I: Glossary. In Matthews, J.B.R., M. Babiker, H. de Coninck, S. Connors, R. Diemen, R. Djalante et al. (eds), Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at: https://www.ipcc.ch/sr15/download.

IRENA and CPI (International Renewable Energy Agency and Climate Policy Initiative) (2020). Global Landscape of Renewable Energy Finance 2020. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. Available at: https://www.irena.org/publications/2020/Nov/Global-Landscape-of-Renewable-Energy-Finance-2020.

Jansen, M., I. Staffell, L. Kitzing, S. Quoilin, E. Wiggelinkhuizen, B. Bulder et al. (2020). Offshore wind competitiveness in mature markets without subsidy. Nature Energy, 5(8), 614–622. https://doi.org/10/gh75pp.

Johnson, S.K. (2020). Offshore wind in Europe won't need subsidies much longer. Ars Technica. Available at: https://arstechnica.com/science/2020/07/offshore-wind-in-europe-wont-need-subsidies-much-longer (accessed August 18, 2021).

Kalra, A. (2021). Amazon documents reveal company's strategy to dodge India's regulators. Reuters. Available at: https://www.reuters.com/investigates/special-report/amazon-india-operation.

Kelly, É. (2020). EU announces second wave of research response to COVID-19. Science Business. Available at: https://sciencebusiness.net/covid-19/news/eu-announces-second-wave-research-response-covid-19.

Khan, M., M.T. Mehran, Z.U. Haq, Z. Ullah, S.R. Naqvi, M. Ihsan and H. Abbass (2021). Applications of artificial intelligence in COVID-19 pandemic: A comprehensive review. Expert Systems with Applications, 185, 115695. DOI: https://doi.org/10/gnqxs3.

Kose, M.A. and N. Sugawara (2020). Understanding the depth of the 2020 global recession in 5 charts. World Bank Blogs. Available at: https://blogs.worldbank.org/opendata/understanding-depth-2020-global-recession-5-charts (accessed November 23, 2021).

Kremer, M. (2001). Creating markets for new vaccines – Part I: Rationale. In Jaffe, A., J. Lerner and S. Stern (eds), Innovation Policy and the Economy, Volume 1. MIT Press, 35–72. DOI: https://doi.org/10.1086/ipe.1.25056141.

Kremer, M. (2002). Pharmaceuticals and the developing world. Journal of Economic Perspectives, 16, 67–90.

Kudumala, A., D. Ressler and W. Miranda (2021). Scaling up AI across the life sciences value chain. Deloitte Insights. Deloitte. Available at: https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/life-sciences/ai-and-pharma.html.

Kyle, M.K. and A.M. McGahan (2011). Investments in pharmaceuticals before and after TRIPS. The Review of Economics and Statistics, 94, 1157–1172. DOI: https://doi.org/10.1162/REST_a_00214.

Li, S., L. Tong, J. Xing and Y. Zhou (2017). The market for electric vehicles: Indirect network effects and policy design. Journal of the Association of Environmental and Resource Economists, 4, 89–133. DOI: https://doi.org/10/gj8rcc.

Lim, T., T. Tang and W.M. Bowen (2021). The impact of intergovernmental grants on innovation in clean energy and energy conservation: Evidence from the American Recovery and Reinvestment Act. Energy Policy, 148, 111923. DOI: https://doi.org/10/gmhrd4.

Liu, M., Y. Bu, C. Chen, J. Xu, D. Li, Y. Leng et al. (2021). Can pandemics transform scientific novelty? Evidence from COVID-19. Journal of the Association for Information Science and Technology. DOI: https://doi.org/10.1002/asi.24612.

Lobosco, K. and T. Luhby (2021). Build Back Better Bill: 10 things you didn't know. CNNpolitics. Available at: https://edition.cnn.com/2021/12/07/politics/biden-build-back-better-spending-bill/index.html (accessed December 12, 2021).

Mahler, D.G., N. Yonzan, C. Lakner, R.A. Casaneda Aguilar and H. Wu (2021). Updated estimates of the impact of COVID-19 on global poverty: Turning the corner on the pandemic in 2021? World Bank Blogs. Available at: https://blogs.worldbank.org/opendata/updated-estimates-impact-covid-19-global-poverty-turning-corner-pandemic-2021 (accessed November 23, 2021).

Mancini, D.P., H. Kuchler, J. Pickard and J. Cameron-Chileshe (2021). Flagship UK vaccine manufacturing centre put up for sale. Financial Times. Available at: https://www.ft.com/content/d312c4cb-201d-4ce6-a98f-715b20d77998.

Martinelli, A., A. Mina, A. and M. Moggi (2021). The enabling technologies of industry 4.0: examining the seeds of the fourth industrial revolution. Industrial and Corporate Change, 30, 161–188. DOI: https://doi.org/10/gjscgj.

Mazzucato, M. (2016). From market fixing to market-creating: A new framework for innovation policy. Industry and Innovation, 23, 140–156. DOI: https://doi.org/10.1080/13662716.2016.1146124.

Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities. Industrial and Corporate Change, 27, 803–815. DOI: https://doi.org/10/gfdbxb.

McCarthy, J., M. Minsky, N. Rochester and C. Shannon (2006). A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence. AI Magazine, 27(4), 12. DOI: https://doi.org/10.1609/aimag.v27i4.1904.

McCulloch, S. (2021). Carbon capture in 2021: Off and running or another false start? IEA. Available at: https://www.iea.org/commentaries/carbon-capture-in-2021-off-and-running-or-another-false-start (accessed December 5, 2021).

Molla, R. and A.C. Estes, A.C. (2020). Google's antitrust lawsuits, explained. Vox. Available at: https://www.vox.com/recode/2020/12/16/22179085/google-antitrust-monopoly-state-lawsuit-ad-tech-search-facebook (accessed 12 August, 2021).

Mowery, D.C., Nelson, R.R., Martin, B.R. (2010). Technology policy and global warming: Why new policy models are needed (or why putting new wine in old bottles won't work). Research Policy, 39, 1011– 1023. https://doi.org/10/bqjwxh

Mundaca, L., Luth Richter, J. (2015). Assessing 'green energy economy' stimulus packages: Evidence from the U.S. programs targeting renewable energy. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 42, 1174–1186. https://doi.org/10/f3n642

Myers, K. (2020). The elasticity of science. American Economic Journal: Applied Economics. 12, 103–134. https://doi.org/10/ghj9xc

Nanda, R., Younge, K., Fleming, L. (2014). Innovation and entrepreneurship in renewable energy, in: Jaffe, A.B., Jones, B.F. (eds), The Changing Frontier: Rethinking Science and Innovation Policy. University of Chicago Press, pp. 199–232. https://doi.org/10.7208/chicago/9780226286860.003.0008

Nellis, S. (2020). UK regulators take aim at Apple's search engine deal with Google. Reuters. Available at: https://www.reuters.com/article/us-apple-google-idUSKBN242748.

Nelson, R.R. (1961). Uncertainty, learning, and the economics of parallel research and development efforts. The Review of Economics and Statistics, 43, 351–364. DOI: https://doi.org/10/ct87xp.

Noailly, J. (2012). Improving the energy efficiency of buildings: The impact of environmental policy on technological innovation. Energy Economics, 34, 795–806. DOI: https://doi.org/10/fnfqc6.

Noailly, J. (2022). Directing Innovation Towards a Low-Carbon Future. WIPO Economic Research Working Paper Series, no. 73. Geneva: World Intellectual Property Report.

Noailly, J. and R. Smeets (2015). Directing technical change from fossil-fuel to renewable energy innovation: An application using firm-level patent data. Journal of Environmental Economics and Management, 72, 15–37. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jeem.2015.03.004.

O'Dwyer, M., and A. Edgecliffe-Johnson (2021, August 30). Big Four accounting firms rush to join the ESG bandwagon. Financial Times. Available at: https://www.ft.com/content/4a47fb4a-4a10-4c05-8c5d-02d83052bee7.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2021). Data Portability, Interoperability and Digital Platform Competition. OECD Competition Committee Discussion Paper. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development. Available at: https://www.oecd.org/daf/competition/data-portability-interoperability-and-competition.htm.

Pardi, N., M.J. Hogan, F.W. Porter and D. Weissman (2018). mRNA vaccines – A new era in vaccinology. Nature Reviews Drug Discovery, 17, 261–279. DOI: https://doi.org/10/gcsmgr.

Park, K. (2021). South Korean antitrust regulator fines Google $177M for abusing market dominance. TechCrunch. Available at: https://social.techcrunch.com/2021/09/14/south-korean-antitrust-regulator-fines-google-177m-for-abusing-market-dominance/ (accessed December 8, 2021).

Popp, D. (2019). Promoting Innovation for Low-Carbon Technologies (No. 2019–14), Policy Proposal. Washington D.C.: The Hamilton Project.

Popp, D., R.D. Newell and A.B. Jaffe (2010). Energy, the environment, and technological change. In Hall, B.H. and N. Rosenberg (eds), Economics of Innovation. Amsterdam: Elsevier, 874–937.

Regalado, A. (2020). A coronavirus vaccine will take at least 18 months – if it works at all. MIT Technological Review. Available at: https://www.technologyreview.com/2020/03/10/916678/a-coronavirus-vaccine-will-take-at-least-18-monthsif-it-works-at-all.

Rogge, K.S. and E. Dütschke (2018). What makes them believe in the low-carbon energy transition? Exploring corporate perceptions of the credibility of climate policy mixes. Environmental Science and Policy, 87, 74–84.

Sampat, B. (2022). World War II and the Direction of Medical Innovation. WIPO Economic Research Working Paper Series, no. 70. Geneva: World Intellectual Property Organization.

Scherer, F.M. (2011). Parallel R&D Paths Revisited. HKS Faculty Research Working Paper Series, no. RWP11- 022. Boston: Harvard Kennedy School.

Scheuber, A. (2020). COVID-19 vaccine secures new government investment. Imperial College London News. Available at: https://www.imperial.ac.uk/news/197573/covid-19-vaccine-secures-government-investment (accessed November 29, 2021).

Schlake, T., A. Thess, M. Fotin-Mleczek and K.-J. Kallen (2012). Developing mRNA-vaccine technologies. RNA Biology, 9, 1319–1330. DOI: https://doi.org/10/f4qzdb.

Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution: What it means and how to respond. World Economic Forum. Available at: https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond (accessed October 12, 2021).

Shipman, M. (2021). Why mRNA won't replace other vaccine types just yet. World Economic Forum. Available at: https://www.weforum.org/agenda/2021/09/why-mrna-wont-replace-other-vaccine-types-just-yet (accessed December 2, 2021).

Sigurdardottir, R. and A. Rathi (2021). World's largest carbon-sucking plant starts making tiny dent in emissions. Bloomberg.com. Available at: https://www.bloomberglinea.com/2021/09/12/worlds-largest-carbon-sucking-plant-starts-making-tiny-dent-in-emissions.

Sohrabi, C., G. Mathew, T. Franchi, A. Kerwan, M. Griffin, J. Soleil C Del Mundo et al. (2021). Impact of the coronavirus (COVID-19) pandemic on scientific research and implications for clinical academic training – A review. International Journal of Surgery, 86, 57–63. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2020.12.008.

Sommer, L. (2021). What losing Build Back Better means for climate change. NPR. Available at: https://www.ctpublic.org/2021-12-20/what-losing-build-back-better-means-for-climate-change.

Song, J. (2021). Google fined $177m in South Korea for abusing market dominance. Financial Times. Available at: https://www.ft.com/content/fbd758b2-9f99-4d60-a76b-82eeb5985542.

Taylor, M. (2020). Energy Subsidies: Evolution in the Global Energy Transformation to 2050. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. Available at: https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Energy-Subsidies-2020.

Trajtenberg, M. (2019). Artificial Intelligence as the Next GPT: A Political-Economy Perspective. In Agrawal, A., J. Gans and A. Goldfarb (eds), The Economics of Artiicial Intelligence. University of Chicago Press, 175–186. DOI: https://doi.org/10.7208/chicago/9780226613475.003.0006.

Trajtenberg, M., I. Hamdan- Livramento and A. Daly. (2022). Harnessing digital-general purpose technology. Unpublished background research commissioned for the World Intellectual Property Report 2022. Geneva: World Intellectual Property Organization.

UK BEIS (UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy) (2020). UK Vaccine Taskforce 2020 Achievements and Future Strategy: End of Year Report. London: UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy. Available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1027646/vtf-interim-report.pdf.

UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development) (2019). Competition Issues in the Digital Economy, Trade and Development Board. Geneva: United Nations Conference on Trade and Development. Available at: https://unctad.org/system/files/official-document/ciclpd54_en.pdf.

Unruh, G.C. (2000). Understanding carbon lock-in. Energy Policy, 28, 817–830. DOI: https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00070-7.

Vaishya, R., M. Javaid, I.H. Khan and A. Haleem (2020). Artificial Intelligence (AI) applications for COVID-19 pandemic. Diabetes Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews, 14, 337–339. DOI: https://doi.org/10/ggvcfp.

Varian, H.R. (2021). Seven deadly sins of tech? Information Economics and Policy: Antitrust in the Digital Economy, 54, 100893. DOI: https://doi.org/10/ghc4t6.

Viscidi, L. (2021). Sustainable investment is flooding the market. Foreign Policy. Available at: https://foreignpolicy.com/2021/06/11/sustainable-investment-is-flooding-the-market.

Wagner, S. and S. Wakeman (2016). What do patent-based measures tell us about product commercialization? Evidence from the pharmaceutical industry. Research Policy, 45, 1091–1102.

Waller, S. (2009). The past, present, and future of monopolization remedies. Antitrust Law Journal, 76, 11–29.

Wilke, M. (2011). Feed-in Tariffs for Renewable Energy and WTO Subsidy Rules: An Initial Legal Review (Issue Paper No. 4). ICTSD Programme on Trade and Environment. Geneva: International Centre for Trade and Sustainable Development.

المنظمة العالمية للملكية الفكرية (الويبو، 2015). التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2015: الابتكار الخارق والنمو الاقتصادي. جنيف. الويبو. متاح على الموقع التالي: https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=3995.

المنظمة العالمية للملكية الفكرية (الويبو، 2017). التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2017: دور رأس المال غير الملموس في سلاسل القيمة العالمية. جنيف. الويبو. متاح على الموقع التالي: https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4225.

المنظمة العالمية للملكية الفكرية (الويبو، أ2019). التقرير العالمي للملكية الفكرية لعام 2019: جغرافيا الابتكار: الشبكات المحلية والبؤر العالمية. جنيف. الويبو. متاح على الموقع التالي: https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4467.

المنظمة العالمية للملكية الفكرية (الويبو، ب2019). اتجاهات التكنولوجيا في الويبو لعام 2019: الذكاء الاصطناعي، اتجاهات التكنولوجيا في الويبو. جنيف. الويبو. متاح على الموقع التالي: https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4386.

Woolliscroft, J.O. (2020). Innovation in response to the COVID-19 pandemic crisis. Academic Medicine, 95(8), 1140-1142. DOI: https://doi.org/10/ggrzjc.

WTO and IRENA (World Trade Organization and International Renewable Energy Agency) (2021). Trading into a Bright Energy Future: The Case for Open, High-quality Solar Photovoltaic Markets. Geneva: World Trade Organization. Available at: https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/energyfuture2021_e.htm.

Xue, Q.C. and L.L. Ouellette (forthcoming). Innovation policy and the market for vaccines. Journal of Law and Biosciences.

Yilmazkuday, H. (forthcoming). Changes in consumption in the early COVID-19 era: Zip-code Level evidence from the U.S. Journal of Risk and Financial Management. DOI: https://doi.org/10.2139/ssrn.3658518.

بيانات البراءات

بيانات البراءات المستخدمة في هذا التقرير مستمدة من قاعدة البيانات الإحصائية العالمية للبراءات التابعة للمكتب الأوروبي للبراءات (PATSTAT، أكتوبر 2021) ومجموعات معاهدة التعاون بشأن البراءات التابعة للويبو.

والوحدة الرئيسية للتحليل هي أول إيداع لمجموعة من طلبات البراءات في بلد واحد أو أكثر والمطالبة بالاختراع نفسه. وتُعرف كل مجموعة تحتوي على إيداع أول وربما عدة إيداعات لاحقة بأنها أسرة براءات.

استراتيجيات رسم الخرائط

تستند استراتيجية رسم خرائط البراءات لكل من دراساتي الحالة - التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة والتكنولوجيات منخفضة الكربون- إلى الدراسات المسبقة واقتراحات الخبراء. وكلما أمكن الأمر، اعتمدت كل استراتيجية على عمليات حصر البراءات السابقة وتمت مقارنتها معها. وللاطلاع على ملخص تلك العمليات والمزيد من التفاصيل، انظر Noaily (2022) و Trajtenberg وHamdan-Livramento وDaly (2022).

وتستند استراتيجيات رسم الخرائط إلى مجموعة من أنظمة تصنيف البراءات – لا سيما التصنيف الدولي للبراءات ونظام التصنيف التعاوني للبراءات – والكلمات المفتاحية المعتمدة في قاعدة بيانات PATSTAT.

التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة

ارتكز رسم خرائط التكنولوجيات الرقمية ذات الأغراض العامة إلى الاستراتيجيات التالية فيما يتعلّق بالفئات الفرعية.

الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة

رموز التصنيف الدولي للبراءات/نظام التصنيف التعاوني للبراءات: B23K 31/006 ؛ A63F13/67 ؛ A61B 5/7267 ؛ B25J 9/161 ؛ B29C2945/76979 ؛ B29C 66/965 ؛ B29C 66/966 ؛ B60G2600/1876 ؛ B60G2600/1878 ؛ B60G2600/1879 ؛ B60T2210/122 ؛ B60T 8/174 ؛ B62D 15/0285 ؛ B65H2557/38 ؛ F02D41/1405 ؛ F03D 7/046 ؛ F05B2270/707 ؛ F05B2270/709 ؛ F16H2061/0081 ؛ F16H2061/0084 ؛ G01N2201/1296 ؛ G01N 29/4481 ؛ G01N 33/0034 ؛ G01R 31/2846 ؛ G01R 31/2848 ؛ G01S 7/417 ؛ G05B 13/027 ؛ G05B 13/0275 ؛ G05B 13/028 ؛ G05B 13/0285 ؛ G05B 13/029 ؛ G05B 13/0295 ؛ G05B2219/21002 ؛ G05B2219/25255 ؛ G05B2219/32193 ؛ G05B2219/32335 ؛ G05B2219/33002 ؛ G05B2219/33013 ؛ G05B2219/33014 ؛ G05B2219/33021 ؛ G05B2219/33024 ؛ G05B2219/33025 ؛ G05B2219/33027 ؛ G05B2219/33029 ؛ G05B2219/33033 ؛ G05B2219/33035 ؛ G05B2219/33039 ؛ G05B2219/33041 ؛ G05B2219/33044 ؛ G05B2219/34066 ؛ G05B2219/39284 ؛ G05B2219/39286 ؛ G05B2219/39292 ؛ G05B2219/39385 ؛ G05B 23/024% ؛ G05B 23/0251 ؛ G05B 23/0254 ؛ G05B 23/0281 ؛ G05D1/0088 ؛ G06F 11/1476 ؛ G06F 11/2257 ؛ G06F 11/2263 ؛ G06F 16/243 ؛ G06F 16/3329 ؛ G06F 16/583 ؛ G06F16/5838 ؛ G06F 16/5846 ؛ G06F 16/5854 ؛ G06F 16/5862 ؛ G06F 16/683 ؛ G06F 16/685 ؛ G06F 16/783% ؛ G06F16/7834 ؛ G06F 16/784% ؛ G06F 16/785% ؛ G06F 16/786 ؛ G06F 16/7864 ؛ G06F2207/4824 ؛ G06K 7/1482 ؛ G06K9/6269 ؛ G06K 9/6277 ؛ G06K 9/6278 ؛ G06K 9/6285 ؛ G06N 20% ؛ G06N 3/004 ؛ G06N 3/006 ؛ G06N 3/008 ؛ G06N 3/02 ؛ G06N 3/04% ؛ G06N 3/06% ؛ G06N 3/08% ؛ G06N 3/10% ؛ G06T2207/20081 ؛ G06T2207/20084 ؛ G06T 3/4046 ؛ G06T 9/002 ؛ G08B 29/186 ؛ G10H2250/151 ؛ G10H2250/311 ؛ G10K2210/3024 ؛ G10K2210/3038 ؛ G10L 15/16 ؛ G10L 15/18% ؛ G10L15/1% ؛ G10L 17/18

؛ G10L 25/30 ؛ G10L 25/33 ؛ G11B20/10518 ؛ G16B 40/20 ؛ G16B 40/30 ؛ G16C 20/70 ؛ H01J2237/30427 ؛ H01M 8/04992 ؛ H02H 1/0092 ؛ H02P 21/0014 ؛ H02P 23/0018 ؛ H03H2017/0208 ؛ H03H2222/04 ؛ H04L2012/5686 ؛ H04L2025/03464 ؛ H04L2025/03554 ؛ H04L 25/0254 ؛ H04L 25/03165 ؛ H04L 45/08؛ H04N 21/466%؛ H04Q2213/054؛ H04Q2213/13343 ؛ H04Q2213/343 ؛ H04R 25/507 ؛ Y10S128/924؛ Y10S 128/925؛ Y10S 706%.

التصنيف الدولي للبراءات/نظام التصنيف التعاوني للبراءات والكلمات المفتاحية بالإنكليزية: (G01R 31/367؛ G06F%؛ G06F 16/245%؛ G06F 16/3334؛ G06F 16/3335؛ G06F 16/3337؛ G06F 16/35%؛ G06F 16/36%؛ G06F 16/374؛ G06F 16/435؛ G06F 16/436؛ G06F 16/437؛ G06F 17/16؛ G06F17/2%؛ G06F 19%؛ G06K 9%؛ G06K 9/00973؛ G06K9/46%؛ G06K 9/60%؛ G06N%؛ G06T%؛ G10L 15%؛ G10L 17%؛ G10L 21%؛ G10L 25%؛ G16B 40%؛ G16H 50%) و(neural network; *supervis*.?learn*; *supervised*.?train*; adaboost; adaptive learning; adaptive.?boost*; adversar* network*; ANN; artific* intellig*; auto.?encod*; autonom* comput*; autono- mous learning; back.?propagation*; bayes*.?network*; Bayesian learning; Bayesian model; blind signal separa- tion; boosting algorithm; bootstrap aggregat*; brown- boost; chat.?bot*; classification algorithm; classification tree; cluster analysis; CNN; cognitiv* comput*; cognitive automation; cognitive modelling; collaborat* filter*; colli- sion avoidance; computation* intellig*; computer vision; conceptual clustering; connectionis[mt]; convnet[s]?; convolutional network; decision model*; decision tree*; deep forest; deep.?belief net*; deep.?learning*; dictionary learning; differential*.?evol* algorithm*; dimensional*.?reduc*; emotion recognition; ensemble learn*; evolution* algorithm*; evolution* comput*; expert system*; extreme.?learning.?machine; factori[sz]ation machin*; feature learning; fuzzy environment*; fuzzy logic; fuzzy set; fuzzy system; fuzzy.?c; fuzzy.?logic*; gaussian mixture model; gaussian process*; genera- tive adversarial net*; genetic program*; genetic* algorithm*; gradient boosting; gradient model boosting; gradient tree boos*; Hebbian learning; hidden markov model; hierarchical cluster*; high.?dimensional* data; high.?dimensional* feature*; high.?dimensional* input*; high.?dimensional* model*; high.?dimensional*; space*; high.?dimensional* system*; hyperplane; independent component analysis; inductive* logic* program*; inference *learn*; inference *train*; Instance.?based learning; intelligent agent; intelligent classifier; intelligent geometric computing; intelligent infrastructure; intelligent machines; intelligent software agent; K-means; K-nearest neighbo[u]?r; latent dirichlet allocation*; latent semantic analys*; latent.?variable*; layered control system; learning{1,3}algorithm*; learning.?automata*; learning*.model*; linear regression; link* predict*; logi* regression; logic learning machine; logitboost; long.?short.?term memory; LPboost; LSTM; machine intelligen*; machine.?learn*; madaboost; Markov* decision process; memetic algo- rithm*; meta learning; multi agent system*; multi task learning; multi.?agent system*; multi.?layer perceptron*; multi* label* classif*; multi*.?objective* algorithm*; multi*.?objective* optim*; multinomial nave Bayes; natural language understanding; natural.?language* generat*; natural.?language* process*; nearest neighbour algorithm; neural.?turing; predictive mode; probabilist{1,2}algorithm*; probabilistic graphical model; random.?forest*; random* gradient*; rank- boost; regression tree; reinforc* learn*; relational learning; rule.?based learning; self organising map; self.?learning*; self.?organising map; self.?organising structure; similarity learning; simultaneous localisation mapping; single.?linkage clustering; sparse represent*; stacked.?generali?ation; statistical relational learning; stochastic gradient descent; support.?vector machine*; support.?vector regress*; SVM; temporal difference learning; totalboost; training algorithm; transfer.?learn*; trust region policy optimization; variational inference; xgboost).

رموز التصنيف الدولي للبراءات/نظام التصنيف التعاوني للبراءات

؛ A63B2047/022 ؛ A63H27/00؛ B25J 9/0003؛ B60C 25/185؛ B60K2370/175؛ B60L2260/32 ؛ B60T2201/02percentage ؛ 60W2030percentage ؛ B60W2040% ؛ B60W2050% ؛ B60W2400% ؛ B60W2420% ؛ B60W2422% ؛ B60W2510% ؛ B60W2520% ؛ B60W2530% ؛ B60W2540% ؛ B60W2552% ؛ B60W2554% ؛ B60W2555% ؛ B60W2556% ؛ B60W2710/00 ؛ B60W2720/00 ؛ B60W275% ؛ B60W2900/00 ؛ B60W 30% ؛ B60W 40% ؛ B60W 50% ؛ B60W60% ؛ B61L 27% ؛ B61L 27/04 ؛ B62D 15% ؛ B62D 15/0255 ؛ B62D 15/026 ؛ B62D15/0265 ؛ B62D 6% ؛ B63B2035/007 ؛ B63G2008/002 ؛ B63G2008/004 ؛ B64C2201% ؛ B64G 1/24% ؛ B64G2001/247 ؛ E02F 3% ؛ E02F 3/3645 ؛ E02F3/434 ؛ E02F 3/437 ؛ E02F 3/439 ؛ E02F 5% ؛ E02F 9% ؛ E02F 9/2041 ؛ E21B 44% ؛ G01C 21% ؛ G01C 22% ؛ G05D 1% ؛ G05D 1/0061 ؛ G05D 1/0088 ؛ G05D 13% ؛ G05D2201/0207 ؛ G05D2201/0212 ؛ G05D 3% ؛ G06K9/00624 ؛ G06K 9/0079% ؛ G06K .9/0080% ؛ G06K9/0081% ؛ G06K 9/0082% ؛ G08G%

التصنيف الدولي للبراءات/نظام التصنيف التعاوني للبراءات والكلمات المفتاحية بالإنكليزية: (A63H 27/00؛ B62D 15% ؛ B64G 1/24% ؛ E02F 3% ؛ E02F 5% ؛ E02F 9% ؛ G01C21% ؛ G01C 22% ؛ G05D 1% ؛ G05D 13% ؛ G05D 3% ؛ G06K 9/00624 ؛ G06K/0079% ؛ G06K 9/0080% ؛ G06K9/0081% ؛ G06K 9/0082% ؛G08G%) ؛ (self adapted cruise ؛ self control ؛ self guided ؛ self guiding ؛ self steering ؛ UAV ؛ unmanned aerial vehicle).

البيانات الضخمة

رموز التصنيف الدولي للبراءات/نظام التصنيف التعاوني للبراءات: B60W2556/05 ؛ G06F% ؛ G06F16% ؛ G06F 16/2465

; G06F 16/283 ; G06F 17/3% ; G06F2216/03 ; G06F .3% ; G06F 30% ; G06F 9/5072 ; G06Q% ; G16B 50%

التصنيف الدولي للبراءات/نظام التصنيف التعاوني للبراءات والكلمات المفتاحية بالإنكليزية: (G06F% ; G06F 16% ; G06F 3% ; G06F 30% ; G06Q% ; G16B 50%) ; (Accumulo ; Aster ; big dat*; Cassandra ; crowd sourc* ; data fusion ; data mine* ; data warehous*; data mining*; Datameer ; DataStax ; distributed database; distributed process*; distributed quer* ; distributed server ; elasticsearch ; enormous data* ; FICO Blaze; Hadoop ; HANA; hp veritca ; huge data* ; informatic*; kafka; large data*; MapReduce ; Marklogic ; massive data* ; massively parallel database ; massively parallel process* ; massively parallel software ; nosql ; open .dat* ; Platfora ; Splunk ; Vertica ; Yarn)

الحوسبة السحابية

الكلمات المفتاحية بالإنكليزية: *as-a-service; Aneka; cloud app*; cloud architectur*; cloud based; cloud based computing; cloud comput*; cloud data*; cloud infrastructure; cloud networking; cloud process*; cloud securit* ; cloud serv*; cloud software; cloud solution*; cloud storage; cloud system*; cloud technolog*; cluster comput*; concurrent comput*; data portability ; distrubuted comput*; grid comput*; hybrid cloud[s]?; Hyper-V ; hypervisor*; InterCloud; multi.?core; multitenan*; parallel comput* ; parallel process*; parallel software; private cloud; public cloud; service[.]?orient*; utility comput*; utility orient*; virtualization; VMware; web service*.

التصنيف الدولي للبراءات/نظام التصنيف التعاوني للبراءات ; as-a-service*)و (G06F%) :ةيزيلكنلإاب ةيحاتفملا تاملكلاو Aneka ; cloud app* ; cloud architectur* ; cloud based ; cloud based computing ; cloud comput* ; cloud data* ; cloud infrastructure ; cloud networking ; cloud process* ; cloud securit* ; cloud serv* ; cloud software ; cloud solution* ; cloud storage ; cloud system* ; cloud technolog* ; cluster comput* ; concurrent comput* ; data portability ; distrubuted comput* ; grid comput* ; hybrid cloud[s]? ; Hyper-V ; hypervisor* ; InterCloud ; multi.?core ; multitenan* ; parallel comput* ; parallel process* ; parallel software ; private cloud ; public cloud ; service[.]?orient* ; utility comput* ; utility orient* ; virtualization ; VMware ; web service*).

إنترنت الأشياء:

رموز التصنيف الدولي للبراءات/نظام التصنيف التعاوني للبراءات: G16Y% ; H04L 29/06% ; H04L29/08% ; H04W 4/70 ; H04W 72/04%; H04W 72/06% ; H04W 72/08% ; H04W .72/10 ; H04W 84/18 ; H04W84/20 ; H04W 84/22

التصنيف الدولي للبراءات/نظام التصنيف التعاوني للبراءات والكلمات المفتاحية بالإنكليزية: (H04B 7/26% ; H04L 12/28% ; connected* device* ; H04W4%)و (ambient intelligence

; device* network* ; digital life ; IIoT ; industrial internet ; internet of everything* ; internet of thing*; IoT ; M2M; machine-to-machine ; network* device*; pervasive comput* ; smart device* ; smart dust ; smart grid* ; smart home* ; smart meter* ; smart sensor*;smarter planet ; ubicomp ; ubiquitous computing ;virtual plant* .; web of thing*)

علم الروبوتات

رموز التصنيف الدولي للبراءات/نظام التصنيف التعاوني للبراءات: A61F2002/704; A61H2201/1659; A61N 5/1083; A63H 11%; B01J2219/00691; B07C2501/0063; B25J 19/0029; B25J 19/0033; B25J 19/0037; B25J 19/0041; B25J 9/065; B29C2945/76317; B29C 66/863; B32B2038/1891; B60C 25/0587; B64G2004/005; B65F2230/14; B65H2555/31; B67D2007/0403; B67D2007/0405; B67D2007/0407; B67D2007/0409; B67D2007/041%; B67D2007/042%; B67D2007/043%; F16H2061/0071; G01S 13/881; G05B2219/39; G05B2219/40%; G05B2219/43119; G05B2219/45058; G05B2219/45059; G05B2219/45061; G05B2219/45062; G05B2219/45064; G05B2219/45065; G05B2219/45066; G05B2219/45068; G05B2219/45073; G05B2219/45074; G05B2219/45079; G05B2219/45081; G05B2219/45082; G05B2219/45083; G05B2219/45084; G05B2219/45085; G05B2219/45086; G05B2219/45087; G05B2219/45088; G05B2219/45089; G05B2219/45091; G05B2219/45092; G05D2201/0217; H01H2231/04; H04Q 1/147; Y10S 320/34; Y10S 901% ;Y10S 700/90.

التصنيف الدولي للبراءات/نظام التصنيف التعاوني للبراءات والكلمات المفتاحية بالإنكليزية: (A63F 13/803; B23K 11/314; B23K 26/0884; B29C 70/38; B62D 57%; H01L21%) و(cobot; mechatronic*; robot; robotics).

التكنولوجيات منخفضة الكربون

ارتكز رسم خرائط التكنولوجيات منخفضة الكربون إلى الاستراتيجيات التالية فيما يتعلّق بالفئات الفرعية.

الإدارة البيئية

رموز التصنيف الدولي للبراءات/نظام التصنيف التعاوني للبراءات: A23K 1/06; A23K 1/07; A23K 1/08; A23K 1/09; A23K 1/10; A43B 1/12; A43B 21/14; A61L 11/; B01D 46/; B01D 47/; B01D 49/; B01D 50/; B01D 51/; B01D 53/34; B01D 53/35; B01D 53/36; B01D 53/37; B01D 53/38; B01D 53/39; B01D 53/40; B01D 53/41; B01D 53/42; B01D 53/43; B01D 53/44; B01D 53/45; B01D 53/46; B01D 53/47; B01D 53/48; B01D 53/49; B01D 53/50; B01D 53/51; B01D 53/52; B01D 53/53; B01D 53/54; B01D 53/55; B01D 53/56;

B01D 53/57؛ B01D 53/58؛ B01D 53/59؛ B01D 53/60؛ B01D 53/61؛ B01D 53/62؛ B01D 53/63؛ B01D 53/64؛ B01D 53/65؛ B01D 53/66؛ B01D 53/67؛ B01D 53/68؛ B01D 53/69؛ B01D 53/70؛ B01D 53/71؛ B01D 53/72؛ B01D 53/92؛ B01D 53/94؛ B01D 53/96؛ B01J 23/38؛ B01J 23/39؛ B01J 23/40؛ B01J 23/41؛ B01J 23/42؛ B01J 23/43؛ B01J 23/44؛ B01J 23/45؛ B01J 23/46؛ B03B 9/06؛ B03C 3/؛ B09B؛ B09C؛ B22F 8/؛ B29B 7/66؛ B29B 17/؛ B30B 9/32؛ B62D 67/؛ B63B 35/32؛ B63J 4/؛ B65D 65/46؛ B65F؛ B65H 73/؛ C02F؛ C03B 1/02؛ C03C 6/02؛ C03C 6/08؛ C04B 7/24؛ C04B 7/25؛ C04B 7/26؛ C04B 7/27؛ C04B 7/28؛ C04B 7/29؛ C04B 7/30؛ C04B 11/26؛ C04B 18/04؛ C04B 18/05؛ C04B 18/06؛ C04B 18/07؛ C04B 18/08؛ C04B 18/09؛ C04B 18/10؛ C04B 33/13*؛ C05F 1/؛ C05F 5/؛ C05F 7/؛ C05F 9/؛ C05F 17/؛ C08J 11/؛ C09K 3/32؛ C09K 11/01؛ C10G 1/10؛ C10L 5/46؛ C10L 5/47؛ C10L 5/48؛ C10L 10/02؛ C10L 10/06؛ C10M 175/؛ C21B 7/22؛ C21C 5/38؛ C22B 7/؛ C22B 19/28؛ C22B 19/29؛ C22B 19/30؛ C22B 25/06؛ D01G 11/؛ D21B 1/08؛ D21B 1/09؛ D21B 1/10؛ D21B 1/32؛ D21C 5/02؛ D21H 17/01؛ E01H 15/؛ E02B 15/04؛ E02B 15/05؛ E02B 15/06؛ E02B 15/07؛ E02B 15/08؛ E02B 15/09؛ E02B 15/10؛ E03C 1/12؛ E03F؛ F01M 13/02؛ F01M 13/03؛ F01M 13/04؛ F01N 3/؛ F01N 5/؛ F01N 7/؛ F01N 9/؛ F01N 11/؛ F01N 13/؛ F02B 47/06؛ F02B 47/08؛ F02B 47/09؛ F02B 47/10؛ F02D 21/06؛ F02D 21/07؛ F02D 21/08؛ F02D 21/09؛ F02D 21/10؛ F02D 41/؛ F02D 43/؛ F02D 45/؛ F02M 3/02؛ F02M 3/03؛ F02M 3/04؛ F02M 3/05؛ F02M 23/؛ F02M 25/؛ F02M 25/07؛ F02M 27/؛ F02M 31/02؛ F02M 31/03؛ F02M 31/04؛ F02M 31/05؛ F02M 31/06؛ F02M 31/07؛ F02M 31/08؛ F02M 31/09؛ F02M 31/10؛ F02M 31/11؛ F02M 31/12؛ F02M 31/14؛ F02M 31/15؛ F02M 31/16؛ F02M 31/18؛ F02P 5/؛ F23B 80/؛ F23C 9/؛ F23C10/؛ F23G 5/؛ F23G 7/؛ F23G 7/06؛ F23J 15/؛ F27B 1/18؛ G01M 15/10؛ G08B 21/12؛ G08B 21/13؛ G08B 21/14؛ H01B 15/00؛ H01J 9/52؛ H01M .6/52؛ H01M 10/54

تكنولوجيات التكييف في مجال المياه

رموز التصنيف الدولي للبراءات/نظام التصنيف التعاوني للبراءات:
A01G 25/02؛ A01G 25/06؛ A01G 25/16؛ A47K 11/02؛ A47K 11/12؛ C12N 15/82*؛ E03B 1/04؛ E03B 3/00؛ E03B 3/02؛ E03B 3/03؛ E03B 3/06؛ E03B 3/07؛ E03B 3/08؛ E03B 3/09؛ E03B 3/10؛ E03B 3/11؛ E03B 3/12؛ E03B 3/13؛ E03B 3/14؛ E03B 3/15؛ E03B 3/16؛ E03B 3/17؛ E03B 3/18؛ E03B 3/19؛ E03B 3/20؛ E03B 3/21؛ E03B 3/22؛ E03B 3/23؛ E03B 3/24؛ E03B 3/25؛ E03B 3/26؛ E03B 3/40؛ E03B 5/؛ E03B 9/؛ E03B 11/؛ E03C 1/08؛ E03D 1/14؛ E03D 3/12؛ E03D 5/01؛ E03D 13/00؛ F01D 11/؛ F01K 23/08؛ F01K 23/09؛ F01K 23/10؛ F16K 21/06؛ F16K 21/07؛ F16K 21/08؛ F16K 21/09؛ F16K 21/10؛ F16K 21/11؛ F16K 21/12؛ F16K 21/16؛ F16K 21/17؛ F16K 21/18؛ F16K 21/19؛ F16K 21/20؛ F16L .55/07؛ Y02B 40/46؛Y02B 40/56

تكنولوجيات التخفيف من آثار تغير المناخ في مجال توليد الطاقة وتحويل التوزيعات

رموز التصنيف الدولي للبراءات/نظام التصنيف التعاوني للبراءات:
Y02E؛ Y02E 10/؛ Y02E 10/10؛ Y02E 10/11؛ Y02E 10/12؛ Y02E 10/13؛ Y02E 10/14؛ Y02E 10/15؛ Y02E 10/16؛ Y02E 10/17؛ Y02E 10/18؛ Y02E 10/20؛ Y02E 10/21؛ Y02E 10/22؛ Y02E 10/23؛ Y02E 10/24؛ Y02E10/25؛ Y02E 10/26؛ Y02E 10/27؛ Y02E 10/28؛ Y02E 10/30؛ Y02E 10/31؛ Y02E 10/32؛ Y02E 10/33؛ Y02E 10/34؛ Y02E 10/35؛ Y02E 10/36؛ Y02E 10/37؛ Y02E 10/38؛ Y02E 10/40؛ Y02E 10/41؛ Y02E 10/42؛ Y02E10/43؛ Y02E 10/44؛ Y02E 10/45؛ Y02E 10/46؛ Y02E10/47؛ Y02E 10/50؛ Y02E 10/51؛ Y02E 10/52؛ Y02E 10/53؛ Y02E 10/54؛ Y02E 10/55؛ Y02E 10/56؛ Y02E 10/57؛ Y02E 10/58؛ Y02E 10/60؛ Y02E 10/70؛ Y02E 10/71؛ Y02E10/72؛ Y02E 10/73؛ Y02E 10/74؛ Y02E 10/75؛ Y02E10/76؛ Y02E 20/؛ Y02E 20/10؛ Y02E 20/11؛ Y02E 20/12؛ Y02E 20/13؛ Y02E 20/14؛ Y02E 20/15؛ Y02E 20/16؛ Y02E 20/17؛ Y02E 20/18؛ Y02E 20/18*؛ Y02E 20/30؛ Y02E 20/31؛ Y02E 20/32؛ Y02E 20/33؛ Y02E 20/34؛ Y02E20/35؛ Y02E 20/36؛ Y02E 30/؛ Y02E 30/10؛ Y02E 30/11؛ Y02E 30/12؛ Y02E 30/13؛ Y02E 30/14؛ Y02E 30/15؛ Y02E30/16؛ Y02E 30/17؛ Y02E 30/18؛ Y02E 30/30؛ Y02E30/31؛ Y02E 30/32؛ Y02E 30/33؛ Y02E 30/34؛ Y02E30/35؛ Y02E 30/36؛ Y02E 30/37؛ Y02E 30/38؛ Y02E 30/39؛ Y02E 30/40؛ Y02E 40/؛ Y02E 40/10؛ Y02E 40/11؛ Y02E 40/12؛ Y02E 40/13؛ Y02E 40/14؛ Y02E 40/15؛ Y02E 40/16؛ Y02E 40/17؛ Y02E 40/18؛ Y02E 40/20؛ Y02E0/21؛ Y02E 40/22؛ Y02E 40/23؛ Y02E 40/24؛ Y02E40/25؛ Y02E 40/26؛ Y02E 40/30؛ Y02E 40/31؛ Y02E 40/32؛ Y02E 40/33؛ Y02E 40/34؛ Y02E 40/40؛ Y02E40/50؛ Y02E 40/60؛ Y02E 40/61؛ Y02E 40/62؛ Y02E40/63؛ Y02E 40/64؛ Y02E 40/65؛ Y02E 40/66؛ Y02E40/67؛ Y02E 40/68؛ Y02E 40/69؛ Y02E 40/70؛ Y02E50/؛ Y02E 50/10؛ Y02E 50/11؛ Y02E 50/12؛ Y02E 50/13؛ Y02E 50/14؛ Y02E 50/15؛ Y02E 50/16؛ Y02E 50/17؛ Y02E 50/18؛ Y02E 50/30؛ Y02E 50/31؛ Y02E 50/32؛ Y02E50/33؛ Y02E 50/34؛ Y02E 60/؛ Y02E 60/10؛ Y02E 60/11؛ Y02E 60/12؛ Y02E 60/13؛ Y02E 60/14؛ Y02E 60/15؛ Y02E 60/16؛ Y02E 60/17؛ Y02E 60/30؛ Y02E 60/31؛ Y02E60/32؛ Y02E 60/33؛ Y02E 60/34؛ Y02E 60/35؛ Y02E60/36؛ Y02E 60/50؛ Y02E 60/51؛ Y02E 60/52؛ Y02E60/53؛ Y02E 60/54؛ Y02E 60/55؛ Y02E 60/56؛ Y02E60/70؛ Y02E 60/71؛ Y02E 60/72؛ Y02E 60/73؛ Y02E60/74؛ Y02E .60/75؛ Y02E 60/76؛ Y02E 60/77؛ Y02E60/78؛Y02E 70

احتجاز غازات الدفيئة أوتخزينها أو احتباسها أو التخلص منها

رموز التصنيف الدولي للبراءات/نظام التصنيف التعاوني للبراءات:
A01G 25/02؛ A01G 25/06؛ A01G25/16؛ A47K 11/02؛ A47K 11/12؛ C12N 15/82*؛ E03B1/04؛ E03B 3/00؛ E03B 3/02؛ E03B 3/03؛ E03B 3/06؛ E03B 3/07؛ E03B 3/08؛ E03B 3/09؛ E03B 3/10؛ E03B3/11؛ E03B 3/12؛ E03B 3/13؛ E03B 3/14؛ E03B 3/15؛ E03B 3/16؛ E03B 3/17؛ E03B 3/18؛ E03B 3/19؛ E03B3/20؛ E03B 3/21؛ E03B 3/22؛ E03B 3/23؛ E03B 3/24؛ E03B 3/25؛ E03B

3/26؛ E03B 3/40؛ E03B 5/؛ E03B 9/؛ E03B 11/؛ E03C 1/08؛ E03D 1/14؛ E03D 3/12؛ E03D5/01؛ E03D 13/00؛ F01D 11/؛ F01K 23/08؛ F01K 23/09؛ F01K 23/10؛ F16K 21/06؛ F16K 21/07؛ F16K 21/08؛ F16K 21/09؛ F16K 21/10؛ F16K 21/11؛ F16K 21/12؛ F16K 21/16؛ F16K 21/17؛ F16K 21/18؛ F16K 21/19؛ F16K 21/20؛ F16L 55/07؛ Y02B 40/46؛ Y02B 40/56.

تكنولوجيات التخفيف من آثار تغير المناخ في مجال النقل

رموز التصنيف الدولي للبراءات/نظام التصنيف التعاوني للبراءات: Y02T؛ Y02T 10/؛ Y02T 10/10؛ Y02T 10/11؛ Y02T 10/12؛ Y02T 10/13؛ Y02T 10/14؛ Y02T 10/15؛ Y02T 10/16؛ Y02T 10/17؛ Y02T 10/18؛ Y02T 10/19؛ Y02T 10/20؛ Y02T 10/21؛ Y02T 10/22؛ Y02T 10/23؛ Y02T 10/24؛ Y02T 10/25؛ Y02T 10/26؛ Y02T 10/27؛ Y02T 10/28؛ Y02T 10/29؛ Y02T 10/30؛ Y02T 10/31؛ Y02T 10/32؛ Y02T 10/33؛ Y02T 10/34؛ Y02T 10/35؛ Y02T 10/36؛ Y02T 10/37؛ Y02T 10/38؛ Y02T 10/39؛ Y02T 10/40؛ Y02T 10/41؛ Y02T 10/42؛ Y02T 10/43؛ Y02T 10/44؛ Y02T 10/45؛ Y02T 10/46؛ Y02T 10/47؛ Y02T 10/48؛ Y02T 10/49؛ Y02T 10/50؛ Y02T 10/51؛ Y02T 10/52؛ Y02T 10/53؛ Y02T 10/54؛ Y02T 10/55؛ Y02T 10/56؛ Y02T 10/62؛ Y02T 10/64؛ Y02T 10/70؛ Y02T 10/72؛ Y02T 10/80؛ Y02T 10/81؛ Y02T 10/82؛ Y02T 10/83؛ Y02T 10/84؛ Y02T 10/85؛ Y02T 10/86؛ Y02T 10/90؛ Y02T 10/91؛ Y02T 10/92؛ Y02T 30/؛ Y02T 30/00؛ Y02T 30/01؛ Y02T 30/02؛ Y02T 30/03؛ Y02T 30/04؛ Y02T 30/05؛ Y02T 30/06؛ Y02T 30/07؛ Y02T 30/08؛ Y02T 30/09؛ Y02T 30/10؛ Y02T 30/11؛ Y02T 30/12؛ Y02T 30/13؛ Y02T 30/14؛ Y02T 30/15؛ Y02T 30/16؛ Y02T 30/17؛ Y02T 30/18؛ Y02T 30/19؛ Y02T 30/20؛ Y02T 30/21؛ Y02T 30/22؛ Y02T 30/23؛ Y02T 30/24؛ Y02T 30/25؛ Y02T 30/26؛ Y02T 30/27؛ Y02T 30/28؛ Y02T 30/29؛ Y02T 30/30؛ Y02T 30/31؛ Y02T 30/32؛ Y02T 30/33؛ Y02T 30/34؛ Y02T 30/35؛ Y02T 30/36؛ Y02T 30/37؛ Y02T 30/38؛ Y02T 30/39؛ Y02T 30/40؛ Y02T 30/41؛ Y02T 30/42؛ Y02T 50/؛ Y02T 50/00؛ Y02T 50/01؛ Y02T 50/02؛ Y02T 50/03؛ Y02T 50/04؛ Y02T 50/05؛ Y02T 50/06؛ Y02T 50/07؛ Y02T 50/08؛ Y02T 50/09؛ Y02T 50/10؛ Y02T 50/11؛ Y02T 50/12؛ Y02T 50/13؛ Y02T 50/14؛ Y02T 50/15؛ Y02T 50/16؛ Y02T 50/17؛ Y02T 50/18؛ Y02T 50/19؛ Y02T 50/20؛ Y02T 50/21؛ Y02T 50/22؛ Y02T 50/23؛ Y02T 50/24؛ Y02T 50/25؛ Y02T 50/26؛ Y02T 50/27؛ Y02T 50/28؛ Y02T 50/29؛ Y02T 50/30؛ Y02T 50/31؛ Y02T 50/32؛ Y02T 50/33؛ Y02T 50/34؛ Y02T 50/35؛ Y02T 50/36؛ Y02T 50/37؛ Y02T 50/38؛ Y02T 50/39؛ Y02T 50/40؛ Y02T 50/41؛ Y02T 50/42؛ Y02T 50/43؛ Y02T 50/44؛ Y02T 50/45؛ Y02T 50/46؛ Y02T 50/47؛ Y02T 50/48؛ Y02T 50/49؛ Y02T 50/50؛ Y02T 50/51؛ Y02T 50/52؛ Y02T 50/53؛ Y02T 50/54؛ Y02T 50/55؛ Y02T 50/56؛ Y02T 50/57؛ Y02T 50/58؛ Y02T 50/59؛ Y02T 50/60؛ Y02T 50/61؛ Y02T 50/62؛ Y02T 50/63؛ Y02T 50/64؛ Y02T 50/65؛ Y02T 50/66؛ Y02T 50/67؛ Y02T 50/68؛ Y02T 50/69؛ Y02T 50/70؛ Y02T 50/71؛ Y02T 50/72؛ Y02T 50/73؛ Y02T 50/74؛ Y02T 50/75؛ Y02T 50/76؛ Y02T 50/77؛ Y02T 50/78؛ Y02T 50/79؛ Y02T 50/80؛ Y02T 50/81؛ Y02T 50/82؛ Y02T 50/83؛ Y02T 50/84؛ Y02T 50/85؛ Y02T 50/86؛ Y02T 50/87؛ Y02T 50/88؛ Y02T 50/89؛ Y02T 50/90؛ Y02T 70/؛ Y02T 70/00؛ Y02T 70/01؛ Y02T 70/02؛ Y02T 70/03؛ Y02T 70/04؛ Y02T 70/05؛ Y02T 70/06؛ Y02T 70/07؛ Y02T 70/08؛ Y02T 70/09؛ Y02T 70/10؛ Y02T 70/11؛ Y02T 70/12؛ Y02T 70/13؛ Y02T 70/14؛ Y02T 70/15؛ Y02T 70/16؛ Y02T 70/17؛ Y02T 70/18؛ Y02T 70/19؛ Y02T 70/20؛ Y02T 70/21؛ Y02T 70/22؛ Y02T 70/23؛ Y02T 70/24؛ Y02T 70/25؛ Y02T 70/26؛ Y02T 70/27؛ Y02T 70/28؛ Y02T 70/29؛ Y02T 70/30؛ Y02T 70/31؛ Y02T 70/32؛ Y02T 70/33؛ Y02T 70/34؛ Y02T 70/35؛ Y02T 70/36؛ Y02T 70/37؛ Y02T 70/38؛ Y02T 70/39؛ Y02T 70/40؛ Y02T 70/41؛ Y02T 70/42؛ Y02T 70/43؛ Y02T 70/44؛ Y02T 70/45؛ Y02T 70/46؛ Y02T 70/47؛ Y02T 70/48؛ Y02T 70/49؛ Y02T 70/50؛ Y02T 70/51؛ Y02T 70/52؛ Y02T 70/53؛ Y02T 70/54؛ Y02T 70/55؛ Y02T 70/56؛ Y02T 70/57؛ Y02T 70/58؛ Y02T 70/59؛ Y02T 70/60؛ Y02T 70/61؛ Y02T 70/62؛ Y02T 70/63؛ Y02T 70/64؛ Y02T 70/65؛ Y02T 70/66؛ Y02T 70/67؛ Y02T 70/68؛ Y02T 70/69؛ Y02T 70/70؛ Y02T 70/71؛ Y02T 70/72؛ Y02T 70/73؛ Y02T 70/74؛ Y02T 70/75؛ Y02T 70/76؛ Y02T 70/77؛ Y02T 70/78؛ Y02T 70/79؛ Y02T 70/80؛ Y02T 70/81؛ Y02T 70/82؛ Y02T 70/83؛ Y02T 70/84؛ Y02T 70/85؛ Y02T 70/86؛ Y02T 70/87؛ Y02T 70/88؛ Y02T 70/89؛ Y02T 70/90؛ Y02T 90/؛ Y02T 90/10؛ Y02T 90/11؛ 02T 90/12؛ Y02T 90/13؛ Y02T 90/14؛ Y02T 90/15؛ Y02T 90/16؛ Y02T 90/30؛ Y02T 90/31؛ Y02T 90/32؛ Y02T 90/33؛ Y02T 90/34؛ Y02T 90/35؛ Y02T 90/36؛ Y02T 90/37؛ Y02T 90/38؛ Y02T 90/40؛ Y02T 90/41؛ Y02T 90/42؛ Y02T 90/43؛ Y02T 90/44؛ Y02T 90/45؛Y02T 90/46.

تكنولوجيات التخفيف من آثار تغير المناخ في مجال المباني

Y02B؛ Y02B 10/؛ Y02B 10/00؛ Y02B 10/01؛ Y02B 10/02؛ Y02B 10/03؛ Y02B 10/04؛ Y02B 10/05؛ Y02B 10/06؛ Y02B 10/07؛ Y02B 10/08؛ Y02B 10/09؛ Y02B 10/10؛ Y02B 10/11؛ Y02B 10/12؛ Y02B 10/13؛ Y02B 10/14؛ Y02B 10/15؛ Y02B 10/16؛ Y02B 10/17؛ Y02B 10/18؛ Y02B 10/19؛ Y02B 10/20؛ Y02B 10/21؛ Y02B 10/22؛ Y02B 10/23؛ Y02B 10/24؛ Y02B 10/25؛ Y02B 10/26؛ Y02B 10/27؛ Y02B 10/28؛ Y02B 10/29؛ Y02B 10/30؛ Y02B 10/31؛ Y02B 10/32؛ Y02B 10/33؛ Y02B 10/34؛ Y02B 10/35؛ Y02B 10/36؛ Y02B 10/37؛ Y02B 10/38؛ Y02B 10/39؛ Y02B 10/40؛ Y02B 10/41؛ Y02B 10/42؛ Y02B 10/43؛ Y02B 10/44؛ Y02B 10/45؛ Y02B 10/46؛ Y02B 10/47؛ Y02B 10/48؛ Y02B 10/49؛ Y02B 10/50؛ Y02B 10/51؛ Y02B 10/52؛ Y02B 10/53؛ Y02B 10/54؛ Y02B 10/55؛ Y02B 10/56؛ Y02B 10/57؛ Y02B 10/58؛ Y02B 10/59؛ Y02B 10/60؛ Y02B 10/61؛ Y02B 10/62؛ Y02B 10/63؛ Y02B 10/64؛ Y02B 10/65؛ Y02B 10/66؛ Y02B 10/67؛ Y02B 10/68؛ Y02B 10/69؛ Y02B 10/70؛ Y02B 10/71؛ Y02B 10/72؛ Y02B 20/؛ Y02B 20/00؛ Y02B 20/01؛ Y02B 20/02؛ Y02B 20/03؛ Y02B 20/04؛ Y02B20/05؛ Y02B 20/06؛ Y02B 20/07؛ Y02B 20/08؛ Y02B20/09؛ Y02B 20/10؛ Y02B 20/11؛ Y02B 20/12؛ Y02B20/13؛ Y02B 20/14؛ Y02B 20/15؛ Y02B

20/16؛ Y02B20/17؛ Y02B 20/18؛ Y02B 20/19؛ Y02B
20/20؛ Y02B20/21؛ Y02B 20/22؛ Y02B 20/23؛ Y02B
20/24؛ Y02B 20/25؛ Y02B 20/26؛ Y02B 20/27؛ Y02B
20/28؛ Y02B 20/29؛ Y02B 20/30؛ Y02B 20/31؛ Y02B
20/32؛ Y02B20/33؛ Y02B 20/34؛ Y02B 20/35؛ Y02B
20/36؛ Y02B 20/37؛ Y02B 20/38؛ Y02B 20/39؛ Y02B
20/40؛ Y02B20/41؛ Y02B 20/42؛ Y02B 20/43؛ Y02B
20/44؛ Y02B20/45؛ Y02B 20/46؛ Y02B 20/47؛ Y02B
20/48؛ Y02B20/49؛ Y02B 20/50؛ Y02B 20/51؛ Y02B
20/52؛ Y02B 20/53؛ Y02B 20/54؛ Y02B 20/55؛ Y02B
20/56؛ Y02B 20/57؛ Y02B 20/58؛ Y02B 20/59؛ Y02B
20/60؛ Y02B 20/61؛ Y02B 20/62؛ Y02B 20/63؛ Y02B
20/64؛ Y02B 20/65؛ Y02B 20/66؛ Y02B 20/67؛ Y02B
20/68؛ Y02B 20/69؛ Y02B 20/70؛ Y02B 20/71؛ Y02B
20/72؛ Y02B 30/؛ Y02B 30/00؛ Y02B 30/01؛ Y02B
30/02؛ Y02B 30/03؛ Y02B 30/04؛ Y02B 30/05؛ Y02B
30/06؛ Y02B 30/07؛ Y02B 30/08؛ Y02B 30/09؛ Y02B
30/10؛ Y02B 30/11؛ Y02B 30/12؛ Y02B 30/13؛ Y02B
30/14؛ Y02B 30/15؛ Y02B 30/16؛ Y02B 30/17؛ Y02B
30/18؛ Y02B 30/19؛ Y02B 30/20؛ Y02B 30/21؛ Y02B
30/22؛ Y02B 30/23؛ Y02B 30/24؛ Y02B 30/25؛ Y02B
30/26؛ Y02B 30/27؛ Y02B 30/28؛ Y02B 30/29؛ Y02B
30/30؛ Y02B 30/31؛ Y02B 30/32؛ Y02B 30/33؛ Y02B
30/34؛ Y02B 30/35؛ Y02B 30/36؛ Y02B 30/37؛ Y02B
30/38؛ Y02B 30/39؛ Y02B 30/40؛ Y02B 30/41؛ Y02B
30/42؛ Y02B 30/43؛ Y02B 30/44؛ Y02B 30/45؛ Y02B
30/46؛ Y02B 30/47؛ Y02B 30/48؛ Y02B 30/49؛ Y02B
30/50؛ Y02B 30/51؛ Y02B 30/52؛ Y02B 30/53؛ Y02B
30/54؛ Y02B 30/55؛ Y02B 30/56؛ Y02B 30/57؛ Y02B
30/58؛ Y02B 30/59؛ Y02B 30/60؛ Y02B 30/61؛ Y02B
30/62؛ Y02B 30/63؛ Y02B 30/64؛ Y02B 30/65؛ Y02B
30/66؛ Y02B 30/67؛ Y02B 30/68؛ Y02B 30/69؛ Y02B
30/70؛ Y02B 30/71؛ Y02B 30/72؛ Y02B 30/73؛ Y02B
30/74؛ Y02B 30/75؛ Y02B 30/76؛ Y02B 30/77؛ Y02B
30/78؛ Y02B 30/79؛ Y02B 30/80؛ Y02B 30/81؛ Y02B
30/82؛ Y02B 30/83؛ Y02B 30/84؛ Y02B 30/85؛ Y02B
30/86؛ Y02B 30/87؛ Y02B 30/88؛ Y02B 30/89؛ Y02B
30/90؛ Y02B 30/91؛ Y02B 30/92؛ Y02B 30/93؛ Y02B
30/94؛ Y02B 40/؛ Y02B40/00؛ Y02B 40/01؛ Y02B
40/02؛ Y02B 40/03؛ Y02B40/04؛ Y02B 40/05؛ Y02B
40/06؛ Y02B 40/07؛ Y02B 40/08؛ Y02B 40/09؛ Y02B
40/10؛ Y02B 40/11؛ Y02B 40/12؛ Y02B 40/13؛ Y02B
40/14؛ Y02B 40/15؛ Y02B 40/16؛ Y02B 40/17؛ Y02B
40/18؛ Y02B 40/19؛ Y02B 40/20؛ Y02B 40/21؛ Y02B
40/22؛ Y02B 40/23؛ Y02B 40/24؛ Y02B 40/25؛ Y02B
40/26؛ Y02B 40/27؛ Y02B 40/28؛ Y02B 40/29؛ Y02B
40/30؛ Y02B 40/31؛ Y02B 40/32؛ Y02B 40/33؛ Y02B
40/34؛ Y02B 40/35؛ Y02B 40/36؛ Y02B 40/37؛ Y02B
40/38؛ Y02B 40/39؛ Y02B 40/40؛ Y02B 40/41؛ Y02B
40/42؛ Y02B 40/43؛ Y02B 40/44؛ Y02B 40/45؛ Y02B
40/47؛ Y02B 40/48؛ Y02B 40/49؛ Y02B 40/50؛ Y02B
40/51؛ Y02B 40/52؛ Y02B 40/53؛ Y02B 40/54؛ Y02B
40/55؛ Y02B 40/57؛ Y02B 40/58؛ Y02B 40/59؛ Y02B
40/60؛ Y02B 40/61؛ Y02B 40/62؛ Y02B 40/63؛ Y02B
40/64؛ Y02B 40/65؛ Y02B 40/66؛ Y02B 40/67؛ Y02B
40/68؛ Y02B 40/69؛ Y02B 40/70؛ Y02B 40/71؛ Y02B
40/72؛ Y02B 40/73؛ Y02B 40/74؛ Y02B 40/75؛ Y02B
40/76؛ Y02B 40/77؛ Y02B 40/78؛ Y02B 40/79؛ Y02B
40/80؛ Y02B 40/81؛ Y02B 40/82؛ Y02B 40/83؛ Y02B
40/84؛ Y02B 40/85؛ Y02B 40/86؛ Y02B 40/87؛ Y02B
40/88؛ Y02B 40/89؛ Y02B 40/90؛ Y02B 50/؛ Y02B
50/00؛ Y02B 50/01؛ Y02B 50/02؛ Y02B 50/03؛ Y02B
50/04؛ Y02B 50/05؛ Y02B 50/06؛ Y02B 50/07؛ Y02B
50/08؛ Y02B 50/09؛ Y02B 50/10؛ Y02B 50/11؛ Y02B
50/12؛ Y02B 50/13؛ Y02B 50/14؛ Y02B 50/15؛ Y02B
50/16؛ Y02B 50/17؛ Y02B 50/18؛ Y02B 50/19؛ Y02B
50/20؛ Y02B 50/21؛ Y02B 50/22؛ Y02B 50/23؛ Y02B
50/24؛ Y02B 60/؛ Y02B 60/00؛ Y02B 60/01؛ Y02B
60/02؛ Y02B 60/03؛ Y02B 60/04؛ Y02B 60/05؛ Y02B
60/06؛ Y02B 60/07؛ Y02B 60/08؛ Y02B60/09؛ Y02B
60/10؛ Y02B 60/11؛ Y02B 60/12؛ Y02B 60/13؛ Y02B
60/14؛ Y02B 60/15؛ Y02B 60/16؛ Y02B 60/17؛ Y02B
60/18؛ Y02B 60/19؛ Y02B 60/20؛ Y02B 60/21؛ Y02B
60/22؛ Y02B 60/23؛ Y02B 60/24؛ Y02B 60/25؛ Y02B
60/26؛ Y02B 60/27؛ Y02B 60/28؛ Y02B 60/29؛ Y02B
60/30؛ Y02B 60/31؛ Y02B 60/32؛ Y02B 60/33؛ Y02B
60/34؛ Y02B 60/35؛ Y02B 60/36؛ Y02B60/37؛ Y02B
60/38؛ Y02B 60/39؛ Y02B 60/40؛ Y02B 60/41؛ Y02B
60/42؛ Y02B 60/43؛ Y02B 60/44؛ Y02B 60/45؛ Y02B
60/46؛ Y02B 60/47؛ Y02B 60/48؛ Y02B 60/49؛ Y02B
.60/50؛ Y02B 70/؛ Y02B 7

صناعة السيارات

البراءات الخضراء

B60L 11؛ B60L 3؛ B60L 15؛ B60K 1؛ B60W 10/08؛
B60W 10/24؛ B60W 10/26؛ B60K 6؛ B60W 20؛ B60L
.7/01؛ B60L 7/20؛ B60W 10/28؛ B60L 11/18؛ H01M 8

البراءات الرمادية

F02M 3/02-05؛ F02M 23؛ F02M 25؛ F02D 41؛ F02B
.47/06؛ F02M 39 71

البراءات الملوِثة

.F02B؛ F02M؛ F02D؛ F02F؛ F02N؛ F02P

المنظمة العالمية للملكية الفكرية
34, chemin des Colombettes
P.O. Box 18
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

الهاتف: 11 91 338 22 41+
الفاكس: 28 54 733 22 41+

للاطلاع على تفاصيل الاتصال بمكاتب الويبو الخارجية، يُرجى زيارة الموقع التالي:
www.wipo.int/about-wipo/ar/offices

منشور الويبو رقم 944A/22
ISBN: 978-92-805-3389-7 (نسخة مطبوعة)
ISBN: 978-92-805-3390-3 (نسخة على الإنترنت)
ISSN: 2790-9883 (نسخة مطبوعة)
ISSN: 2790-9891 (نسخة على الإنترنت)