مكتبة
Telegram Network

مارتن فورد
MARTIN FORD

الذكاء الاصطناعي والروبوتات

وكيف ستغيّر كل شيء

RULE OF THE ROBOTS

HOW ARTIFICIAL INTELLIGENCE WILL TRANSFORM EVERYTHING

الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.

الذكاء الاصطناعي

والروبوتات

«مكتبة ♔ النخبة»

مارتن فورد

MARTIN FORD

الذكاء الاصطناعي

والروبوتات

وكيف ستغيّر كل شيء

RULR OF THE ROBOTS

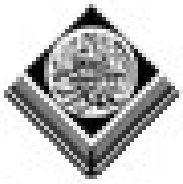
HOW ARTIFICIAL INTELLIGENCE WILL TRANSFORM EVERYTHING

ترجمة

ربيع هندي

مراجعة وتحرير

مركز التعريب والبرمجة



الدار العربية للعلوم ناشرون ش.م.ل
Arab Scientific Publishers, Inc. SAL

يتضمن هذا الكتاب ترجمة الأصل الإنكليزي

RULE OF THE ROBOTS

HOW ARTIFICIAL INTELLIGENCE WILL TRANSFORM EVERYTHING حقوق الترجمة العربية مرخّص بها قانونياً من الناشر

Basic Books, Hachette Book Group,

1290 Avenue of the Americas,

New York, NY 10104, USA بمقتضى الاتفاق الخطي الموقّع بينه وبين الدار العربية للعلوم ناشرون

Copyright © 2021 by Martin Ford All rights reserved Arabic Copyright © 2022 by Arab Scientific Publishers الطبعة الأولى: آذار/مارس 2022 م – 1443 هـ

ردمك 9786140268227

توزيع
الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.

ع الحقوق محفوظة

ار
ر العربية للعلوم ناشرون م م ح
الأعمال، مدينة الشارقة للنشر
طقة الحرة، الشارقة
ات العربية المتحدة
: 585597200 971+ - داخلي: 0585597200
: 786233 – 785108 – 785107 (1-961+)
د الإلكتروني: asp@asp.com.lb
قع على شبكة الإنترنت: http://www.asp.com.lb

ع نسخ أو استعمال أي جزء من هذا الكتاب بأية وسيلة تصويرية أو الكترونية
يكانيكية بما فيه التسجيل الفوتوغرافي والتسجيل على أشرطة أو أقراص مقروءة
ة وسيلة نشر أخرى بما فيها حفظ المعلومات، واسترجاعها من دون إذن خطي من الناشر.

ن الآراء الواردة في هذا الكتاب لا تعبر بالضرورة عن رأي الدار العربية للعلوم ناشرون

facebook.com/ASPArabic twitter.com/ASPArabic www.aspbooks.com aspa

التوزيع في المملكة العربية السعودية
دار إقـــراء للـنـشـــر

تصميم الغلاف: **علي القهوجي**

المحتويات

الفصل الأول: الاضطرابات الناشئة 7

الفصل الثاني: الذكاء الاصطناعي هو الكهرباء الجديدة 19

الفصل الثالث: ما وراء الضجة الإعلامية 41

الفصل الرابع: مهمة بناء آلات ذكية 113

الفصل الخامس: التعلم العميق ومستقبل الذكاء الاصطناعي 129

الفصل السادس: اختفاء الوظائف والعواقب الاقتصادية للذكاء الاصطناعي 183

الفصل السابع: الصين وصعود مراقبة الذكاء الاصطناعي 225

الفصل الثامن: خطر الذكاء الاصطناعي الآتي 257

خـــاتـمـــة: مستقبلان للذكاء الاصطناعي 289

الفصل الأول

الاضطرابات الناشئة

في 30 تشرين الثاني 2020، أعلنت شركة ديب مايند للذكاء الاصطناعي، مقرها لندن والمملوكة من قبل شركة ألفابت، الشركة الأم لغوغل، عن اكتشاف جديد، من المحتمل أن يشكّل ابتكاراً تاريخياً في علم الأحياء الحسابيِ، ابتكاراً قادراً على إحداث تغيير حقيقيّ في العلوم والطب. حيث نجحت الشركة في استخدام شبكات عصبية عميقة لتوقع كيفية تشكّل الشكل النهائي لجزيء البروتين بناءً على الشيفرة الجينية التي يتكون منها الجزيء في الخلايا. ويُعدّ هذا إنجازاً مهماً كلّلَ السعي العلميَ الذي دام خمسين عاماً وأنبأ بظهور تقنيةٍ جديدةٍ هيأت لبداية فهم غير مسبوق لبنية الحياة بحدِ ذاتها، بالإضافة إلى بداية عصر جديد من الابتكار الطبي والصيدلاني1.

إن جزيئات البروتين عبارة عن سلاسل طويلة، يحتوي كل رابط فيها على واحد من عشرين حمضاً أمينياً مختلفاً. تُحدِّد الجينات المشفرة في الحمض النووي التسلسل الدقيق أو بشكل أساسي مكونات الأحماض الأمينية التي تشكل جزيء البروتين. ومع ذلك، لا تحدد هذه الوصفة الجينية شكل الجزيء، وهو أمر بالغ الأهمية لِوظيفته. بدلاً من ذلك، ينتج الشكل من الطريقة

التي يُطوى بها الجزيء تلقائياً ليأخذ هيكله ثلاثي الأبعاد، وشديد التعقيد، في غضون أجزاء من الثانية من تصنيعه في الخلية2.

يُعد توقع التكوين الدقيق الذي سينطوي عليه جزيء البروتين أحد أكثر التحديات صعوبة في مجال العلوم. ويكاد يكون عدد الأشكال الممكنة لهذا الجزيء لانهائياً. فقد كرس العلماء حياتهم المهنية بأكملها لهذه المسألة، لكنّهم جميعاً لم يحققوا إلا نجاحاً متواضعاً. ويستخدم نظام ديب مايند تقنيات الذكاء الاصطناعي التي ابتكرتها الشركة في أنظمة ألفاغو وألفازيرو التي عُرف أنّها انتصرت على أفضل المنافسين البشريين في العالم في ألعاب الطاولة مثل لعبة غو ولعبة الشطرنج. لكن من الواضح أن عصر الذكاء الاصطناعي المرتبط بشكل أساسي بالبراعة في الألعاب يقترب من نهايته. كما أنّ قدرة ألفافولد على تنبّؤ شكل جزيئات البروتين بدقّة، والتي تجاري قياسات المختبرات المكلفة، والتي تحتاج الكثير من الوقت، وتستخدم تقنيات مثل تقنيات علم البلورات بالأشعة السّينية، تقدم دليلاً لا يمكن دحضه على أنّ البحث في أقصى ما انتهى إليه العلم في مجال الذكاء الاصطناعي قد أنتج أداة علمية عملية لا غنى عنها مع إمكانية تغيير العالم.

لقد وصلنا إلى زمن من المحتمل أن يكون فيه أيّ شخص على وجه الأرض قد قابل رسوماً توضيحيةً تعرض أسوأ وأشهر الأمثلة للكيفية التي يحدّد فيها الشكل ثلاثي الأبعاد لجزيء البروتين وظيفته. فعلى سبيل المثال، إنّ البروتين الشوكي لفيروس كورونا، ما هو إلا نوع من آليات الالتحام الجزيئي التي تتيح للفيروس الارتباط وتصيب مضيفها بالمرض، كما منحنا هذا التقدم الكبير الأمل في أننا سوف نكون أكثر استعداداً للوباء القادم، فقد يكون أحد أهم الاستخدامات لهذا النظام هو تفقد الأدوية الموجودة بسرعة للعثور على الأدوية الأكثر فعالية ضدّ فيروس ناشئ حديثاً، ووضع علاجات فعالة في أيدي الأطباء في المراحل الأولى من تفشي المرض. وأكثر من ذلك، فإنّ تقنية ديب مايند يمكنها أن تقودنا إلى مجموعة متنوّعة من التطورات والتقدم، بما في ذلك تصميم أدويةٍ جديدةٍ تماماً، وتحقيق فهم أفضل للطرق التي يمكن أن يخطئ بها البروتين، وهو أمر مرتبط بأمراض مثل مرض السكري وكذلك أمراض الزهايمر وباركنسون. كذلك يمكن لهذه التقنية أن تُستخدم ذات يوم في مجموعة من التطبيقات خارج الطّبّ. فعلى سبيل المثال، قد تستخدم للمساعدة في مجال هندسة الميكروبات التي تدرس إمكانية إفراز بروتينات قادرة على تحطيم الفضلات مثل البلاستيك أو الزيت3. بمعنى آخر، يعتبر هذا

الابتكار ذا قدرة على تسريع التقدم في جميع المجالات تقريباً، كالعلوم الكيميائية الحيوية والطبّ.

خلال العقد الماضي، حقق مجال الذكاء الاصطناعي قفزة ثورية إلى الأمام، وبدأ في تقديم عدد متزايد من التطبيقات العملية التي تعمل بالفعل على تغيير العالم من حولنا. وقد كان العامل الأساسي في تحقيق هذا التقدم هو «التعلم العميق»، وهو أسلوب للتعلُّم الآليّ يعتمد على استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية متعددة الطبقات من النوع الذي تستخدمه شركة ديب مايند. لقد فُهمت المبادئ الأساسية للشبكات العصبية العميقة لعقود من الزمن، لكن هذا التقدم الأخير الهائل تَفعّل من خلال التقاء توجهين دؤوبين في مجال تكنولوجيا المعلومات: أولاً، أتاح وصول حواسيب أكثر قوة، وللمرة الأولى، للشبكات العصبية أن تتحول إلى أدوات مفيدة بالفعل. ثانياً، يوفر الكم الهائل من البيانات التي تُنشأ وتُجمع عبر اقتصاد المعلومات مورداً بالغ الأهمية لتدريب هذه الشبكات على أداء مهام ّمفيدة. وفي الواقع، يمكننا القول إن توافر البيانات على نطاق لم يكن من الممكن تخيله في يوم من الأيام هو العامل الوحيد الأكثر أهمية الكامن وراء التقدم المذهل الذي شهدناه. كما تستهلك الشبكات العصبية العميقة وتستفيد من البيانات بشكل كبير بالطريقة ذاتها التي يتغذى بها الحوت الأزرق الضخم على عوالق الكريل الصغيرة، حيث يلتقط أعداداً كبيرة من هذه الكائنات الحيّة غير المهمة بحدّ ذاتها لتُستخدم طاقتها الجماعية من أجل تحريك مخلوق مذهل الحجم والقوة.

مع تطبيق الذّكاء الاصطناعي بنجاح في المزيد من المجالات، أصبح من الواضح أنّ هذا المجال أخذ يتطور إلى تقنية فريدة من نوعها، فعلى سبيل المثال، بدأت تطبيقات الذكاء الاصطناعي التشخيصية في بعض مجالات الطب تشابه بالفعل أداء أفضل الأطباء أو حتى تجاوزته. لا تكمن القوة الحقيقية لمثل هذا الابتكار في قدرته على التفوق على أي طبيب عالميّ فحسب، بل في سهولة الارتقاء في تجسيد الذكاء في التكنولوجيا. فيوماً ما، ليس ببعيد، ستُنشر أفضل الخبرات التشخيصية في جميع أنحاء العالم بتكلفة معقولة، وهذا ما سيجعلها متاحة في المناطق التي بالكاد يستطيع الناس الوصول فيها إلى أي طبيب أو حتى ممرضة، ناهيك عن الوصول إلى أحد أفضل الأخصائيين الأطباء في العالم.

تخيّل الآن ابتكاراً واحداً محدداً للغاية، أداة التشخيصي القائمة على الذكاء الاصطناعي أو ربما النجاح الكبير لشركة ديب مايند في التقدم في هيكلة البروتين، ومضاعفته بعدد غير محدود تقريباً من الاحتمالات في مجالات أخرى ابتداءً من الطب ووصولاً إلى العلوم والصناعة والنقل والطاقة

والحوكمة وكل مجال آخر من مجالات النشاط البشري. فإنّ ما ستتوصل إليه هو أداة مساعدة جديدة وقوية بشكل فريد. خلاصة القول، تكمن أهمية «الذكاء كالكهرباء» باعتباره مصدراً مرناً قد يمكننا، يوماً ما وبكبسة زر فقط، من تطبيق القدرة المعرفية من خلال العالم الافتراضي على أي مشكلة نواجهها تقريباً. وفي النهاية، ستوفر لنا هذه الأداة الجديدة القدرة، ليس على التحليل واتخاذ القرارات فقط، بل على توفّر القدرة على حل المشكلات المعقدة وإظهار الإبداع.

يهدف هذا الكتاب إلى استكشاف الآثار المستقبلية للذكاء الاصطناعي من خلال النظر إليه ليس بصفته ابتكاراً محدداً، بل باعتباره تقنية قابلة للتطوير بشكل فريد، ومن المحتمل أن تكون مدمرة في الوقت ذاته، وعلى أنّه أداةٌ جديدةٌ قوية جاهزة لتحقيق تحوّل سينافس يوماً ما تأثير الكهرباء. كما وتعتمد الحجج والتفسيرات التي سأقدمها لكم هنا بشكل كبير على ثلاث من خبراتي المهنية الخاصة.

أولاً، منذ نشر كتابي نهضة الروبوتات: تكنولوجيا وتهديد بمستقبل مليء بالعاطلين عن العمل عام 2015، دُعيت للتحدث عن تأثير الذكاء الاصطناعي والروبوتات في عشرات المؤتمرات التكنولوجية والقمم الإقليمية والفعاليات الأكاديمية والشركات، حيث سافرت إلى أكثر من ثلاثين دولة، وأتيحت لي الفرصة لزيارة مختبرات الأبحاث، ومشاهدة العروض التوضيحية للتكنولوجيا المتطورة، ومناقشة وإجراء حوارات حول الآثار المترتبة على ثورة الذكاء الاصطناعي الناشئة مع الخبراء التقنيين والاقتصاديين والمسؤولين التنفيذيين في مجال الأعمال التجارية، والمستثمرين، والسياسيين، بالإضافة إلى الأشخاص العاديين الذين يرون التغييرات التي تحدث من حولهم ويقلقون منها.

ثانياً، في عام 2017، بدأت العمل مع فريقٍ في بنك سوسيتيه جنرال الفرنسي لإنشاء مؤشر سوق للأسهم المملوكة من شأنه أن يوفر للمستثمرين طريقة للاستفادة بشكل مباشر من ثورة الذكاء الاصطناعي والروبوتات، وساعدت مواضيعي بصفتي خبيراً استشارياً في صياغة استراتيجية ذات وجهة نظر مستنيرة بأنّ الذكاء الاصطناعي أصبح أداة جديدة قوية، وأنه بالتالي سيولد قيمة جديدة ويغير الأعمال التجارية في مجموعة واسعة من الصناعات. وتجلّت النتيجة في تأسيس مؤشر «صعود الروبوتات» الخاص ببنك سوسيتيه جنرال ثم مؤشر ليكسور روبوتيكس وصندوق أي تي

أف4 للذكاء الاصطناعي (صندوق متداول في البورصة)، والذي يعتمد على المؤشر.

ثالثاً وطوال عام 2018، أتيحت لي الفرصة للجلوس وإجراء مناقشات واسعة مع ثلاثةٍ وعشرين من أبرز العلماء ورجال الأعمال في مجال أبحاث الذكاء الاصطناعي في العالم، وقد كان هؤلاء الرجال والنساء أشبه حقاً بآينشتاين في هذا المجال. ففي الواقع، فاز أربعة من الأشخاص الذين تحدثت معهم بجائزة تورنغ، وهي أشبه بجائزة نوبل في علوم الحاسوب. لقد قمتُ بتدوين هذه المحادثات التي بحثت فيها مستقبل الذكاء الاصطناعي وكذلك المخاطر والفرص التي سيحققها التقدم في هذا المجال، في كتابي الذي نشرته عام 2018، مهندسو الذكاء: الحقيقة حول الذكاء الاصطناعي من الأشخاص الذين يبنونه. لقد استفدت كثيراً من هذه الفرصة الفريدة للاحتكاك بأفضل ألمع العقول العاملة في مجال الذكاء الاصطناعي على الإطلاق، كما قدمت رؤاهم وتوقعاتهم بشكل مباشر معلومات أكثر مما هو موجود في هذا الكتاب.

إنّ النظر إلى الذكاء الاصطناعي على أنّه الكهرباء الجديدة يقدم نموذجاً مفيداً لنفكر في كيفية تطور التكنولوجيا وكيف أنّها ستمس في النهاية جميع مجالات الاقتصاد والمجتمع والثقافة تقريباً. ومع ذلك، هناك اختلاف وتحذير وحيد مهم وهو أنّه يُنظر عالمياً إلى الكهرباء على أنّها قوة إيجابية لا لبس فيها. إذا ما استثنينا أكثر الرهبان المخلصين للرهبنة والبعيدين عن التطور في العالم، قد يكون حينها من الصعب العثور على أي شخص يعيش في دولة متقدمة ويملك سبباً ليندم على اختراع الكهرباء، لكن الذكاء الاصطناعي مختلف: له جانب مظلم، ويقترن بمخاطر حقيقية على كل من الأفراد والمجتمع ككل.

لقد استمرّ الذكاء الاصطناعي بالتّقدّم، وامتلك القدرة على زعزعة كل من سوق العمل والاقتصاد العام بدرجة غير مسبوقة على الإطلاق. فقد أصبح بإمكانه جعل أي وظيفة روتينية بالعادة، والتنبؤ بطبيعتها افتراضياً؛ أي بعبارة أخرى، يقصد بهذه الوظائف أي وظيفة يواجه فيه العامل تحديات متشابهة مراراً وتكراراً من الممكن أن تُصبح آليةٍ بالكامل أو بشكل جزئي. وقد وجدت الدراسات أنّ ما يصل إلى نصف القوى العاملة الأميركية تعمل في مثل هذه الأنشطة التي يمكن توقّعها وأنّ عشرات الملايين من الوظائف يمكن أن تتبخر في نهاية المطاف في الولايات المتحدة وحدها5. لن يقتصر التأثير على العمال ذوي الأجور المتدنّية والعمال غير الكفوئين، فإنّ العديد من الأشخاص الذين

يرتدون القمصان البيضاء يؤدون مهامّ روتينية نوعاً ما. كما أنّ الأعمال الفكرية التي يمكن توقعها في خطر كبير حقاً، فهي معرضة لأن تصبح مؤتمتةٍ بما أنّه يمكن تنفيذها بواسطة البرامج، بينما في المقابل، تتطلب الأعمال اليدوية روبوتاتٍ باهظة الثمن.

لا يزال هناك نقاش محتدم حول تأثير الأتمتة والتشغيل الآلي على القوى العاملة في المستقبل، وهل سيتم إنشاء وظائف جديدة كافية غير قابلة للتشغيل الآلي لاستيعاب العمال الذين سيخسرون المزيد من الأعمال الروتينية؟ وإذا كان الأمر كذلك، هل سيتمتع هؤلاء العمال بالمهارات والقدرات والسمات الشخصية اللازمة للانتقال بنجاح إلى هذه الوظائف التي أنشئت حديثاً؟ فلربما يجب ألّا نفترض أنّه من الممكن أن يصبح معظم سائقي الشاحنات أو عمال الوجبات السريعة السابقين مهندسي روبوتات، أو في هذه الحالة، أن يعملوا في مجال الرعاية الشخصية لكبار السن. فمن وجهة نظري، وكما ناقشت في كتابي صعود الروبوتات، إنّ جزءاً كبيراً من قوتنا العاملة معرضة في النهاية لخطر التخلي عنها مع استمرار تقدم الذكاء الاصطناعي والروبوتات. وكما سنرى، هناك أسباب وجيهة جداً للاعتقاد بأن جائحة كورونا والتراجع الاقتصادي المرتبط بها سوف يسرعان من تأثير الذكاء الاصطناعي على سوق العمل.

وحتى لو وضعنا جانباً الإلغاء الكامل للوظائف بسبب التشغيل الآلي، فإنّ التكنولوجيا تؤثر بالفعل على سوق العمل بطرق أخرى يجب أن تثير قلقنا. فوظائف الطبقة الوسطى معرّضة لخطر فقدان المهارات، بذلك يمكن على العامل ذي الأجر المتدني ومع القليل من التدريب وتعزيز قدراته بالتكنولوجيا، أن يؤدي عملاً كان يحصل مؤديه في السابق على أجر أعلى، وقد بدأ الناس يعملون بشكل متزايد تحت سيطرة الخوارزميات التي تراقب عملهم أو تسرّعه، وفي الواقع أصبحوا يعاملونهم مثل الروبوتات الافتراضية، كما أنّ العديد من الفرص الجديدة التي تنشأ أصبحت موجودة في اقتصاد «العمل المؤقت»، وعادة ما يكون للعمال ساعات عمل ودخل لا يمكن توقعهما. يشير كل ما ذكرته سابقاً إلى زيادة حالة عدم المساواة وزيادة الظروف المهينة واللاإنسانية المحتملة والتي قد تكون مهينة لعدد كبير من القوى العاملة لدينا.

هنالك مجموعة متنوعة من المخاطر الأخرى التي ستصاحب التقدم المستمر للذكاء الاصطناعي، إلى جانب التأثير على الوظائف والاقتصاد، باعتباره أحد أكثر التهديدات المباشرة على أمننا العام. يشمل ذلك الهجمات الإلكترونية من خلال الذكاء الاصطناعي على البنية التحتية المادية والأنظمة

الحيوية التي تصبح متداخلة بشكل متزايد وتديرها الخوارزميات، فضلاً عن تهديد للعملية الديمقراطية والنسيج الاجتماعي. يعتبر التدخل الروسي في الانتخابات الرئاسية لعام 2016 نظرةً خجولةً نسبياً لما قد يكون قادماً، فبإمكان الذكاء الاصطناعي في نهاية المطاف أن يضع «أخباراً مزيفة» وينشطها بقوة من خلال تسهيل إنشاء صور فوتوغرافية وصوتيات وفيديوهات لا يمكن تمييزها فعلياً عن الواقع، في حين يمكن لجيوش الروبوتات المتقدمة حقاً أن تغزو وسائل التواصل الاجتماعي يوماً ما مسببةً الإرباك للمجتمع وتشويه الرأي العام بمهارة مرعبة.

كما يجري استخدام أنظمة المراقبة التي تَستخدم تقنية التعرف على الوجه وغيرها من التقنيات القائمة على الذكاء الاصطناعي في جميع أنحاء العالم، وخاصة في الصين، بطرق تعزز إلى حد كبير من قوة ونفوذ الحكومات الاستبدادية وتقضي على أي توقعات في ما يتعلق بالخصوصية الشخصية. فقد ثبت في الولايات المتحدة أنّ أنظمة التعرف إلى الوجه كانت متحيزة – في بعض الحالات – على أساس العرق أو الجنس، كما هو الحال مع الخوارزميات المستخدمة في تفقد السير الذاتية أو حتى في تقديم المشورة للقضاة الذين يعملون في إطار نظام العدالة الجنائية.

ربما يكون التهديد الأكثر رعباً على المدى القريب هو تطوير أسلحة مستقلة تماماً مع القدرة على إطلاق الرصاص والقتل من دون الحاجة إلى وجود بشري لإعطاء التصريح الخاص بذلك. لذا من الممكن أن تُستخدم هذه الأسلحة على نطاق واسع لاستهداف مجموعات سكانية بأكملها وسيكون الدفاع عن هذه المجموعات صعباً للغاية حينها، خاصةً إذا ما وقعت في أيدي الإرهابيين، لكن يحرص الكثير من الأشخاص في مجتمع أبحاث الذكاء الاصطناعي على منع مثل هذا التطور، كما انطلقت مبادرة في الأمم المتحدة لحظر مثل هذه الأسلحة.

قد نواجه في المستقبل البعيد خطراً أكبر. فهل من الممكن أن يشكّل الذكاء الاصطناعي تهديداً وجودياً للبشرية؟

هل يمكننا في يوم من الأيام أن نبني آلةً «فائقة الذكاء»، آلة ذات قدرات تفوق قدراتنا بشكل كبير لدرجة أنّها قد تتصرف، عن قصد أو غير قصد، بطرق تسبب لنا الأذى؟ إنّ مخاوفنا هذه مخاوف تخيلية لن تحدث إلّا إذا نجحنا يوماً ما في بناء آلةٍ ذكيةٍ حقاً، الأمر الذي لا يزال ضرباً من الخيال العلمي، ومع ذلك، فإنّ السعي إلى بناء مثل هذه الآلة حقيقي، ويُعد الذكاء الاصطناعي المماثل لذكاء الإنسان أكثر ما يتوق الباحثون في هذا المجال إلى الوصول

إليه. في الوقت ذاته، أخذ عدد من الأشخاص الأذكياء جداً القلق بهذا الشأن على محمل الجد، حيث حذّر أفراد بارزون في المجتمع العلمي، مثل الراحل ستيفن هوكينغ وإيلون ماسك، من إمكانية خروج الذكاء الاصطناعي عن السيطرة، فقد أطلق ماسك تحديداً هجمةً إعلاميةً عليه حيث أعلن أنّ أبحاث الذكاء الاصطناعي «تستدعي الشيطان» وأنّ «الذكاء الاصطناعي أكثر خطورة من الأسلحة النووية»6.

بالنظر إلى كل هذا، قد يتساءل المرء لماذا يتوجب علينا المغامرة بفتح صندوق باندورا؟ الجواب هو أنّ البشرية لا تستطيع تجاهل الفائدة التي ستصبح متاحة بين يديها من تطور الذكاء الاصطناعي، ونظراً إلى أن الذكاء الاصطناعي سيعمل على زيادة فكرنا وإبداعنا، فإنّه سوف يقود الابتكار في كل سعي من مساعي البشرية تقريباً، حيث سنتمكن من أن نكون سباقين في توقع العقاقير والعلاجات الطبية الجديدة، وفي إيجاد مصادر طاقة نظيفة أكثر كفاءة إضافة إلى العديد من الإنجازات المهمة الأخرى. من المؤكد أن الذكاء الاصطناعي سيقضي على العديد من الوظائف، لكنّه سيجعل في الوقت ذاته من المنتجات والخدمات التي ينتجها الاقتصاد أقل تكلفة ومتاحة بشكل أكبر، حيث يتوقع تحليلٌ كانت قد أجرته شركة الاستشارات برايس ووترهاوس كوبرز أن يضيف الذكاء الاصطناعي حوالى 15.7 تريليون دولار إلى الاقتصاد العالمي بحلول عام 2030، وهذا يعتبر أمراً بالغ الأهمية بما أننا نتطلع إلى التعافي من الأزمة الاقتصادية الهائلة التي أحدثتها جائحة فيروس كورونا7. ولعلّ الأهم من ذلك، أنّه سوف يتطور الذكاء الاصطناعي ليصبح أداة لا غنى عنها، وستكون حاسمة في التصدي لأكبر التحديات التي نواجهها، بما في ذلك تغير المناخ والتدهور البيئي والوباء القادم الذي لا مفرّ منه، بالإضافة إلى مشاكل الطاقة، وندرة المياه العذبة، والفقر، وعدم توفر فرص التعليم.

يجب أن يعتمد طريق التقدم على التبني الكامل لإمكانات الذكاء الاصطناعي، ولكن يجب القيام بذلك بيقظة وحذر، كما سيتوجب علينا التفكير في المخاطر ومعالجتها، حيث ستحتاج تطبيقات معينة من الذكاء الاصطناعي إلى التنظيم، وفي بعض الحالات، إلى الحظر. ويجب أن يحدث كل هذا الآن لأن المستقبل على وشك أن يصبح بين أيدينا، وقبل أن نستعدّ له بوقت طويل.

إنّ الادعاء بأنّ هذا الكتاب سيقدم «خارطة طريق» لمستقبل الذكاء الاصطناعي سيكون أشبه بالمبالغة، فلا أحد يعلم مدى سرعة تقدم الذكاء الاصطناعي، وما هي الطرق التي سنستفيد فيها منه تحديداً، وما الشركات

والصناعات الجديدة التي ستنشأ بسببه أو المخاطر الأكبر التي ستلوح في الأفق. ومن المحتمل أن يكون مستقبل الذكاء الاصطناعي غير متوقع بقدر ما هو مدمر، فلا توجد خارطة طريق واضحة له، لذلك سوف يتعيّن علينا التفكير في قرارات سريعة، وآمل أن يقدم هذا الكتاب طريقةً للتحضير لما هو آتٍ: دليل سنسترشد به للتفكير في الثورة الناشئة، ويفصل الضجة والقصص المثيرة المبالغ فيها عن الواقع، ويساعد في تحديد أفضل الطرق لكل من الأفراد والمجتمع ككل لتحقيق الازدهار في المستقبل الذي نبنيه.

الفصل الثاني

الذكاء الاصطناعي هو الكهرباء الجديدة

الكهرباء قوةٌ قُيمّت في ما مضى على أنّها مصدر ترفيه وتجارب تُمتّع الجماهير، وشكّلت من دون جدال الحضارة الحديثة وأرست أسسها، فمن السهل نسيان كم كانت رحلة وصول الكهرباء إلى الهيمنة شاقة وطويلة في عالم يُعتبر فيه الوصول المضمون إلى الشبكة الكهربائية أمراً مسلّماً به في كثير من الأحيان. فمنذ تجربة بنيامين فرانكلين للطائرة الورقية الشهيرة عام 1752، مرّ127 عاماً كاملاً قبل أن يصنع توماس إديسون مصباحه المتوهج في النهاية عام 1879، ومنذ تلك الحظة، تسارعت الأحداث بشكل كبير، ففي العام ذاته في المملكة المتحدة، أرسى قانون ليفربول للإضاءة الكهربائية الأساس لأول إنارة كهربائية للشوارع في البلاد، وبعد ثلاث سنوات فقط، بدأت كلٌّ من محطة بيرل ستريت للطاقة في مدينة نيويورك ومحطة يتصل بالطاقة بالعمل. ومع ذلك، بحلول عام 1925، كانت حوالى نصف منازل الولايات المتحدة فقط قادرة على الحصول على الطاقة الكهربائية، حيث استغرق الأمر عدة عقود أخرى، بالإضافة إلى قانون كهرباء الريف الذي أصدره فرانكلين روزفلت قبل أن تتطور الكهرباء لتصبح خدمة منتشرة في كل مكان كما نعرفها اليوم.

بالنسبة إلى البعض منا ممّن يعيشون في العالم المتقدم، لا يوجد شيء تقريباً لم يتأثر بوصول الطاقة الكهربائية أو يجعله ممكناً بالفعل. فالكهرباء هي

المثال الأفضل، وبالتأكيد الأكثر ديمومة، للتكنولوجيا ذات الأغراض العامة: بعبارة أخرى، تعتبر الكهرباء ابتكاراً يمتد عبر جميع أنحاء العالم، ويغير كل جانب من جوانب الاقتصاد والمجتمع. تتضمن الأمور التكنولوجيا الأخرى ذات الأغراض العامة الطاقة البخارية التي نتجت عنها الثورة الصناعية، ولكنّها أصبحت الآن محصورة في عدد قليل من التطبيقات مثل محطات الطاقة النووية، فقد كان محرك الاحتراق الداخلي نقطة تحول بكل تأكيد، ولكن من السهل الآن تصور مستقبل تُستبدل فيه محركات الغاز والديزل بالكامل تقريباً، ومن المرجح أن تُستبدل المحركات الكهربائية بها. فإذا ما وضعنا أكثر السيناريوهات الكارثية التي قد تخطر على البال جانباً، يكاد يكون من المستحيل أن نتخيل مستقبلاً من دون كهرباء.

وبالتالي، فإن الادعاء الجريء للغاية والاستثنائي هو أن الذكاء الاصطناعي سوف يتطور ليصبح إحدى تلك التكنولوجيا ذات الأغراض العامة من حيث الحجم والقوة والتي من الممكن مقارنتها بكل عقلانية بالكهرباء. وعلى الرغم من هذا، هناك أسباب وجيهة للاعتقاد بأنّ هذا المسار هو المسار الذي نسير عليه: فالذكاء الاصطناعي، مثله مثل الكهرباء، سيؤثر في النهاية ويغير كل شيء من حولنا تقريباً.

يؤثر الذكاء الاصطناعي بالفعل في كل قطاع من قطاعات الاقتصاد، بما في ذلك الزراعة والصناعة والرعاية الصحية والمالية وتجارة التجزئة وجميع الصناعات الأخرى تقريباً، كما بدأت التكنولوجيا في غزو المجالات التي نعتبرها مجالاتٍ إنسانيةً بحتةً، فقد بدأت روبوتات المحادثة المدعومة بالذكاء الاصطناعي بالفعل بتوفير الوصول إلى استشارات الصحة النفسية على مدار الساعة، كما يجري إنشاء أشكال جديدة من الفنون التصويرية والموسيقى باستخدام تقنية التعلم العميق، لكن لا ينبغي لأي من هذا أن يفاجئنا حقاً، ففي النهاية، كل شيء تقريباً ذي قيمة اخترعه البشر هو نتاج مباشر لذكائنا ولقدرتنا على التعلم والابتكار وإظهار الإبداع. فبينما يُضخم الذكاء الاصطناعي ذكاءنا أو يعززه، أو حتى يُشكل بديلاً عنه، فإنّه سيتطور حتماً ليصبح أقوى التقنيات التي نمتلكها وأكثرها قابلية للتطبيق على نطاق واسع. وفي الواقع، قد يثبت الذكاء الاصطناعي في النهاية أنّه إحدى أكثر الأدوات فعالية لدينا في الوقت الذي نتطلع فيه إلى التعافي من الأزمة التي سببها فيروس كورونا.

والأهم من ذلك، إنّ الرهان على أنّ الذكاء الاصطناعي سيهيمن بسرعة أكبر بكثير مما كان عليه الحال مع الكهرباء هو رهان رابح؛ والسبب في ذلك أنّ قسماً كبيراً من البنية التحتية اللازمة لنشر الذكاء الاصطناعي موجودة بالفعل، بما في ذلك الحواسيب والإنترنت وخدمات بيانات الهاتف

وبشكل خاص مرافق الحوسبة السحابية الضخمة والتي تديرها شركات مثل أمازون ومايكروسوفت وغوغل. فتخيل مدى السرعة التي يمكن أن تولد بها الكهرباء لو كانت معظم محطات الطاقة وخطوط النقل قد بُنيت بالفعل في الوقت الذي اخترع فيه أديسون المصباح الكهربائي، وبهذا نجد أنّ الذكاء الاصطناعي مهيأ لإعادة هيكلة عالمنا، وقد يحدث ذلك في وقت أقرب بكثير مما نتوقعه.

كهرباء الذكاء

إن تشبيه الذكاء الاصطناعي بالكهرباء هو تشبيه مناسب لأنّه ينقل إحساساً بأن الذكاء الاصطناعي سيكون منتشراً في كل مكان، ويمكن الوصول إليه عالمياً، وسيؤثر في نهاية المطاف في كل جانب من جوانب حضارتنا ويغيره تقريباً. ومع ذلك، هناك اختلافات جوهرية بين التقنيتين، فالكهرباء سلعة خام قابلة للاستبدال وثابتة في كل من المكان والزمان، بغض النظر عن موقعك أو الشركة التي توفر الطاقة الكهربائية لك، فإنّ المصدر الذي تصل إليه من خلال الشبكة الكهربائية هو نفسه بالأساس. وبالمثل، فإن الطاقة الكهربائية المقدمة اليوم لم تتغير كثيراً عما كانت عليه عام 1950، لكن في المقابل، يتسم الذكاء الاصطناعي بتجانس أقل بكثير وديناميكية أكبر إلى حد كبير، حيث سيوفر الذكاء الاصطناعي إمكانات وتطبيقات لا تُعد ولا تُحصى تتميز بأنّها متغيرة باستمرار، وقد تختلف بشكل كبير بناءً على من يقوم بتزويدنا بالتكنولوجيا بالتحديد. وكما سنرى في الفصل الخامس، سيستمر الذكاء الاصطناعي في التقدم بلا هوادة، حيث سيكتسب القدرة ويتقدم بقوة أكبر فأكبر إلى أن يصل إلى مستوى الذكاء البشري، وربما في يوم من الأيام سوف يصل إلى ما هو أبعد من ذلك، فبينما توفر الكهرباء القوة التي تمكن من تشغيل الابتكارات الأخرى، فإن الذكاء الاصطناعي يوفر الذكاء وقدراته بشكل مباشر، بما في ذلك القدرة على حل المشكلات واتخاذ القرارات، وعلى الأرجح سيوفر يوماً ما العقل للتفكير والابتكار وتصور أفكار جديدة.

قد تعمل الكهرباء على توليد الطاقة لآلة توفر العمالة والجهد، لكنّ الذكاء الاصطناعي بحدّ ذاته يُعتبر تقنية موفرة للجهد والعمالة، ومع انتشاره عبر اقتصادنا، سيكون له آثار هائلة على القوى العاملة البشرية وعلى هيكل الأعمال التجارية والمؤسسات.

مع استمرار تطور الذكاء الاصطناعي ليصبح أداة عالمية أكثر فأكثر، فإنّه سيشكل المستقبل بالطريقة ذاتها التي وفرت بها الكهرباء الأساس للحضارة الحديثة، فمثلما صُممت المباني والبنية التحتية الأخرى، وأنشئت

للاستفادة من الشبكة الكهربائية الحالية، ستُصمم البنية التحتية المستقبلية من الألف إلى الياء للاستفادة من قوة الذكاء الاصطناعي، وستتجاوز هذه الفكرة البنية المادية فقط، لتغير في النهاية من تصميم كل جانب من جوانب اقتصادنا ومجتمعنا تقريباً. ستنشأ أعمال وشركات أو مؤسسات جديدة للاستفادة من الذكاء الاصطناعي من منظورها، كما سيُصبح الذكاء الاصطناعي مكوناً مهماً في كل نموذج عمل مستقبلي، وستتطور مؤسساتنا السياسية والاجتماعية بالمثل لتدمج هذه الأداة الجديدة الشاملة وتعتمد عليها.

محصلة كل هذا، إنّ الذكاء الاصطناعي سيحقق في النهاية ما حققته الكهرباء بوصوله إلى جميع الناس، لكنّه لن يحظى بنفس الاستقرار أو القابلية على التنبؤ به، وسيبقى دائماً قوة أكثر ديناميكية وقدرة على التدمير إلى حد كبير مع إمكانية قلب أي شيء يمسه تقريباً رأساً على عقب. ففي النهاية، يُعد الذكاء المصدر المطلق، فهو القدرة الجوهرية التي يقوم عليها كل شيء ابتكره البشر على الإطلاق، فمن الصعب تخيل تحقيق تطورٍ أكثر أهميةً من تحويل ذلك المورد إلى أداة متاحة للعالم بأسره وبأسعار معقولة.

البنية التحتية الملموسة وغير الملموسة من أجهزة وبرامج للذكاء الاصطناعي

سيتطلب الذكاء الاصطناعي، حاله كحال أي خدمة، بنية تحتية قوية وملائمة، شبكة من القنوات التي تتيح ربط التكنولوجيا عالمياً، وبالتأكيد، يبدأ هذا بالبنية التحتية الهائلة للحوسبة الموجودة بالفعل، والتي تتضمن مئات الملايين من أجهزة الحاسوب المحمولة والمكتبية، بالإضافة إلى الخوادم في مراكز البيانات الضخمة، وعالم أجهزة الهواتف المحمولة ذات القدرات العالية أكثر من أي وقت مضى، والأخذ بالتوسع بشكل كبير. كما يجري تحسين فعالية منصة الحوسبة الموزعة هذه بشكل كبير باعتبارها أداة توصيل للذكاء الاصطناعي من خلال إدخال مجموعة من الأجهزة والبرامج المصممة خصيصاً لتحسين الشبكات العصبية العميقة.

بدأ هذا التطور الكبير عند اكتشاف أنّ هناك معالجات دقيقة للرسوم، التي تُستخدم أساساً لتحسين ألعاب الفيديو وجعل الحركة السريعة ممكنة فيها، شكّلت مُسرِّعاً قوياً لتطبيقات التعلم العميق، حيث صُممت وحدات معالجة الرسوم في الأساس – أو ما ندعوها اختصاراً بـ جي بي يو– لتسرع من العمليات الحسابية المطلوبة لتقديم رسوم عالية الدقة بشكل فوري تقريباً. ومنذ بداية التسعينات، كانت رقائق الحاسوب المتخصصة هذه مهمة بشكل خاص في أجهزة ألعاب الفيديو المتطورة؛ في أجهزة ألعاب مثل سوني بلاي

ستيشن ومايكروسوفت إكس بوكس. كما جرى تطوير وتحسين وحدات معالجة الرسومات لتؤدي عدداً كبيراً من العمليات الحسابية بسرعة وفي الوقت نفسه. في حين أنّ شريحة المعالجة المركزية الخاصة بجهاز الحاسوب المحمول الخاص بك قد تحتوي على «نواتين» أو ربما أربع «نوى» حسابية، فقد تحتوي وحدة معالجة الرسوم المتطورة الحديثة على آلاف النوى المتخصصة والتي يمكنها معاً معالجة الأرقام بسرعة عالية وفي وقت واحد، وبمجرد أن اكتشف الباحثون أن الحسابات التي تتطلبها تطبيقات التعلم العميق مشابهة إلى حدّ كبير لتلك المطلوبة لعمل الرسوم، بدأوا في التحول جميعهم إلى استخدام وحدات معالجة الرسوم، والتي تطورت بسرعة لتصبح منصة الأجهزة الأساسية للذكاء الاصطناعي.

في الواقع، شكّل هذا التحول عاملاً أساسياً رئيسياً لتمكين ثورة التعلم العميق التي بدأت عام 2012، فقد وضع، في شهر أيلول من العام ذاته، فريقٌ من الباحثين في مجال الذكاء الاصطناعي من جامعة تورنتو التعلم العميق على خارطة صناعة التكنولوجيا بعد أن لمعوا في تحدي التعرف البصري للصور على نطاق واسع، وهو حدث سنوي مهم يركز على الرؤية الآلية. كان من المستبعد أن يقدم الفريق الفائز أداءً جيداً بما يكفي خلال مشاركته في هذه المسابقة لولا اعتماده على رقائق وحدات معالجة الرسوم ليسرع من أداء شبكته العصبية العميقة. وسوف نتعمق أكثر في تاريخ التعلم العميق في الفصل الرابع.

استخدم فريق جامعة تورنتو وحدات معالجة الرسوم التي تصنعها شركة أنفيديا، وهي شركة تأسست عام 1993 تركز في أعمالها حصرياً على تصميم وتصنيع أحدث شرائح الرسوم. على أثر ايمدجنت في عام 2012 وما تلاها من اعتراف كبير بالارتباط القوي بين التعلم العميق ووحدات معالجة الرسوم، حوّل مسار الشركة بشكل كبير، فقد أصبحت واحدةً من أبرز شركات التكنولوجيا المرتبطة بنهضة الذكاء الاصطناعي. وقد كان ارتفاع القيمة السوقية للشركة أكبر دليل مباشر على نجاح ثورة التعلم العميق؛ حيث ارتفعت قيمة أسهم أنفيديا بين شهري كانون الثاني 2012 وكانون الثاني 2020، بنسبة تفوق 1500 بالمئة.

مع انتقال مشاريع التعلم العميق إلى وحدات معالجة الرسوم، بدأ باحثو الذكاء الاصطناعي في شركات التكنولوجيا الرائدة في تطوير أدوات برمجية مصممة للبدء في تنفيذ الشبكات العصبية العميقة، حيث أصدرت كل من غوغل وفيسبوك وبايدو برامج مفتوحة المصدر ومجانية للمستخدمين الآخرين للتحميل والاستخدام والتحديث، وهي برامج موجهة نحو التعلم

العميق، وكانت المنصة الأبرز والأكثر استخداماً هي منصة تنسرفلو من غوغل، التي انطلقت عام 2015، وهي منصة برمجية شاملة للتعلم العميق تزود الباحثين والمهندسين العاملين في التطبيقات العملية بشيفرات مُحسَّنة لتنفيذ الشبكات العصبية العميقة، بالإضافة إلى مجموعة من الأدوات لتطوير تطبيقات محددة أكثر كفاءة. إنّ منصاتٍ مثل تنسرفلو وباي تورش، وهي منصة تطوير منافسة من فيسبوك، تحرّر الباحثين من الحاجة لكتابة واختبار الشيفرة البرمجية للتعامل مع التفاصيل المعقدة وتتيح لهم بدلاً من ذلك النظر بمنظور ذي مستوى أعلى أثناء قيامهم ببناء الأنظمة.

أقدمت شركة أنفيديا بالإضافة إلى عدد من الشركات المنافسة، مع تقدم ثورة التعلم العميق، على تطوير شرائح معالجات دقيقة أكثر قوة، جرى تحسينها خصيصاً من أجل تطبيقات التعلم العميق، كما تعمل كل من شركات إنتل، وآي بي أم، وآبل، وتسلا في الوقت الحالي على تصميم شرائح حواسيب مزودة بدوائر مصممة لتسريع العمليات الحسابية التي تتطلبها الشبكات العصبية العميقة. تجد الآن الشرائح الخاصة بالتعلم العميق طريقها إلى عدد لا يحصى من التطبيقات بما في ذلك الهواتف الذكية، والسيارات ذاتية القيادة، والروبوتات، بالإضافة إلى خوادم الحواسيب المتطورة. والنتيجة هي شبكة دائمة التوسع من الأجهزة المصممة بشكل كامل ومن الصفر من أجل توفير الذكاء الاصطناعي. كما أعلنت غوغل عام 2016 عن شريحة مخصصة خاصة بها، تسمى وحدة معالجة تنسور أو تي بي يو، حيث صُممت وحدات معالجة تنسور خصيصاً لتحسين تطبيقات التعلم العميق التي أُنشئت باستخدام منصة برامج تنسرفلو الخاصة بشركة غوغل التي نشرت في البداية الرقائق الجديدة في مراكز البيانات الخاصة بها فقط، لكن بدءاً من العام 2018 أُدخلت وحدات تي بي يو إلى الخوادم التي تدعم مرافق الحوسبة السحابية للشركة، ما جعل من إمكانيات التعلم العميق الحديث سهلة الوصول للزبائن الذين يستخدمون خدمة الحوسبة السحابية، ومن شأن هذا التطور الكبير أن يساهم في سيطرة ما قد أصبح القناة الوحيدة والأكثر أهمية لنشر قدرات الذكاء الاصطناعي على نطاق واسع.

أدت المنافسة بين صانعي شرائح المعالجات الدقيقة الأساسيين، بالإضافة إلى مجموعة جديدة من الشركات الناشئة على حصة من سوق الذكاء الاصطناعي، والآخذة بالنمو بسرعة، إلى ضخ قوة حيوية من الابتكار والطاقة في الصناعة. ويوجه بعض الباحثين اليوم تصاميم الشرائح نحو اتجاهات جديدة كلياً. فقد جرى تحسين شرائح التعلم العميق المتخصصة والتي تطورت من وحدات معالجة الرسوم لتسريع العمليات الحسابية

المعقدة التي تؤديها البرمجيات الخاصة بالشبكات العصبية العميقة، كما تقترب فئة جديدة من الشرائح المطورة من محاكاة الدماغ البشري، حيث تستغني إلى حد كبير عن مجموعة البرامج التي تتطلب الكثير من الموارد، بالإضافة إلى أنّها تقدم أنظمة عصبية في أجهزتها. تُصمم هذه الشرائح «الافتراضية العصبية» الجديدة نسخاً ملموسة مشابهة للخلايا العصبية مباشرة في السيليكون، وقد استثمرت كل من شركتي آي بي أم وإنتل استثمارات كبيرة في البحث في مجال الحوسبة الافتراضية العصبية. فعلى سبيل المثال، تُزود شرائح لويهي التجريبية من إنتل 130 ألف جهاز خلية عصبية، يمكن لكل منها الاتصال بآلاف الأجهزة الأخرى1. كما تعتبر كفاءة استهلاك الطاقة واحدة من أهم المزايا المطلوبة لإلغاء متطلبات حسابات البرامج على نطاق واسع.

إنّ الدماغ البشري، الذي يتمتع بقدرة تفوق بكثير أي جهاز حاسوب موجود في العالم، يستهلك حوالى عشرين واطاً من الكهرباء فقط، أي أقل من متوسط استهلاك المصباح الكهربائي المتوهج بكثير، بينما تتطلب أنظمة التعلم العميق التي تعمل على وحدات معالجة الرسوم، في المقابل، كمية هائلة من الكهرباء. وكما سنرى في الفصل الخامس، فإنّ توسيع قدرات هذه الأنظمة لتستهلك المزيد من الموارد يعد أمراً غير مستدام، لذلك نجد أنّ الشرائح الافتراضية العصبية، ذات التصميم المستلهم من الشبكة العصبية للدماغ، أقل شراهة بكثير للطاقة الكهربائية. تدعي شركة إنتل أنّ بنية شرائح لويهي الخاصة بها ذات كفاءة أكبر في استخدام الطاقة تصل إلى 10 آلاف مرة شرائح المعالجات الدقيقة التقليدية في بعض التطبيقات، فبمجرد دخول تصميمات مثل لويهي إلى العالم التجاري، فمن المحتمل أن تُدمج بسرعة في الأجهزة المحمولة والتطبيقات الأخرى بما أنّ كفاءة الطاقة تشكل مصدرَ قلق كبيراً للمستخدمين والشركات، كما يمضي بعض خبراء الذكاء الاصطناعي في توقعاتهم إلى أبعد من ذلك بكثير، حيث يتوقعون أن تشكل الشرائح الافتراضية العصبية مستقبل الذكاء الاصطناعي.

على سبيل المثال، يتوقع أحد التحليلات التي أجرتها شركة الأبحاث غارتنر أنّه بحلول عام 2025 سوف تحل التصميمات الافتراضية العصبية مكان وحدات معالجة الرسوم إلى حد كبير كمنصة الأجهزة الأساسية للذكاء الاصطناعي2.

الحوسبة السحابية باعتبارها البنية التحتية الأساسية للذكاء الاصطناعي

كانت بداية ما يُطلق عليه اليوم مسمى صناعة الحوسبة السحابية في العام 2006 بإطلاق خدمات أمازون ويب أو المعروفة باختصار أي دبليو أس، حيث تمثلت استراتيجية أمازون في الاستفادة من خبرتها في بناء وإدارة مراكز البيانات الضخمة التي تدعم خدمة التسوق عبر الإنترنت من خلال بيع إمكانية الوصول المرن إلى الموارد الحاسوبية التي تستضيفها مرافق مماثلة إلى مجموعة واسعة من الزبائن. واعتباراً من العام 2018، شغّلت خدمات أمازون ويب أكثر من مئة مركز بيانات في تسعة بلدان في جميع أنحاء العالم[3]. كان نمو الخدمات السحابية التي تقدمها أمازون ومنافسوها مذهلاً، ووفقاً لإحدى الدراسات التي أُجريت مؤخراً، تستخدم الآن نسبة أربعة وتسعين بالمئة كاملة من المؤسسات، بدءاً من الشركات متعددة الجنسيات إلى الشركات الصغيرة ومتوسطة الحجم، الحوسبة السحابية[4]. وبحلول عام 2016، نمت خدمات أمازون للويب بسرعة كبيرة إلى درجة أنّه كانت موارد الحوسبة الجديدة التي توجب على أمازون إضافتها كل يوم إلى نظامها، تعادل تقريباً كل ما كان لدى الشركة من موارد في نهاية عام 2005 [5].

أما قبل ظهور مزودي الخدمات السحابية، فقد توجب على الشركات والمؤسسات شراء وصيانة خوادم وبرامج الحاسوب الخاصة بها وتوظيف فريق من التقنيين ذوي الأجور المرتفعة لصيانة الأنظمة وترقيتها باستمرار، لكن مع الحوسبة السحابية، جرى الاستعانة بمصادر خارجية لمزودي خدمات مثل أمازون القادرة على تحقيق مستوى عالٍ من الكفاءة وذلك من خلال الاستفادة من وفورات الأحجام، فعادةً ما تكون المرافق التي تستضيف خوادم الحوسبة السحابية ضخمة وتضم مئات الآلاف من الأقدام المربعة في هياكل تكلف ما يزيد على مليار دولار وتحتوي على أكثر من 50 ألف خادم قوي، وغالباً ما تُوفّر موارد الحوسبة السحابية كخدمة عند الطلب، والتي يستخدم فيها الزبائن طاقة الحوسبة والتخزين وتطبيقات البرامج المطلوبة في وقت محدد ويدفعون ثمنها فقط.

على الرغم من أنّ المرافق التي تَستضيف الخوادم السحابية فعلياً ذات حجم هائل، إلّا أنّها تعتمد بشكل كبير على الأتمتة إلى درجة أنها، وبشكل لافت، غالباً ما تحتاج إلى وجود عدد قليل من الموظفين، كما تُوفر الخوارزميات المتطورة التي تُنشر لإدارة كل ما يحدث داخل هذه الهياكل تقريباً مستوى عالياً من الدقة قد يكون من المستحيل أن يُوفّر تحت السيطرة البشرية المباشرة. تُجرى، بين الحين والآخر، تحسينات على عوامل وعناصر عديدة في هذه المرافق، مثل الكميات الهائلة من الطاقة الكهربائية التي

تستهلكها المرافق والحاجة إلى توفير التبريد لتعويض الكميات الهائلة من الحرارة الناتجة عن عشرات الآلاف من الخوادم. وفي الواقع، كان من أوائل التطبيقات العملية لأبحاث الذكاء الاصطناعي في ديب مايند هو نظام تعلم عميق بإمكانه تحسين أنظمة التبريد في مراكز البيانات الخاصة بشركة غوغل، حيث تدّعي شركة ديب مايند أنّ شبكتها العصبية، التي اعتمدت على مجموعة من البيانات التي جُمعت من أجهزة الاستشعار الموزعة في جميع أنحاء مرافق الخوادم الخاصة بشركة غوغل، كانت قادرة على خفض الطاقة المستخدمة للتبريد بنسبة تصل إلى 40 بالمئة[6].

نتج عن الإدارة الخوارزمية فوائد حقيقية، حيث وجدت دراسة نُشرت في شهر شباط من عام 2020 أنّه «في حين أنّ كمية الحوسبة التي تحدث في مراكز البيانات زادت بنحو 550 بالمئة بين عامي 2010 و2018، فإنّ كمية الطاقة التي تستهلكها مراكز البيانات زادت بنسبة 6 بالمئة فقط خلال الفترة الزمنية ذاتها»[7]. وبالطبع، فإنّ لعملية الأتمتة الكبيرة هذه تأثير في العمالة، ومن المحتمل أنّه قد ساهم الانتقال إلى الحوسبة السحابية وما نتج عنه من اختفاء أعداد هائلة من الوظائف التي شغلها الخبراء الفنيون الذين كانوا يديرون في السابق موارد الحوسبة التي تحتفظ بها الآلاف من المنظمات بشكل كبير، في تراجع ازدهار الوظائف التكنولوجية الذي حدث في أواخر التسعينيات.

يعتبر نموذج أعمال الحوسبة السحابية مربحاً للغاية بسبب المنافسة بين كبار المزودين. أي دبليو أس هي الجزء الأكثر ربحية لعمليات أمازون، حيث تتجاوز هوامشها بكثير أنشطة التجارة الإلكترونية للشركة. في عام 2019، نمت عائدات أي دبليو أس بنسبة 37 بالمئة لتصل إلى 8.2 مليار دولار، وشكّلت الخدمة السحابية حوالى 13 بالمئة من إجمالي أرباح الشركة[8]. لا تزال أي دبليو أس من أمازون هي القوة المهيمنة، وهي تستحوذ على ثلث سوق الحوسبة السحابية الإجمالية. تتمتع خدمة آزور من مايكروسوفت، التي تأسست عام 2008، وغوغل كلاود بلاتفورم، التي تم إطلاقها في عام 2010، بحصص كبيرة في السوق. وبالمقابل، تُعدّ شركة آي بي أم، وعملاق التجارة الإلكترونية الصيني علي بابا وأوراكل من أهم الشركات المنافسة.

تعتمد الحكومات والشركات الآن اعتماداً كبيراً على الحوسبة السحابية، ففي العام 2019، تم إلقاء الضوء على التعقيدات والتوترات الحزبية

المتأصلة في هذا الاعتماد عندما تحول مشروع البنية التحتية المشتركة للدفاع المؤسسي التابع للبنتاغون إلى كرة قدم سياسية، وهو عقد مدته عشر سنوات بقيمة 10 مليارات دولار لتلقي كميات هائلة من البيانات ولتوفير البرمجيات وقدرات الذكاء الاصطناعي لوزارة الدفاع الأميركية. حدث الخلاف الأول في غوغل، عندما اعترض موظفوها – الذين يميلون إلى أن تكون لهم وجهات نظر في أقصى اليسار إلى حد بعيد في الطيف السياسي – على خطط الشركة لتقديم عطاءات للحصول على العقد المتعلق بالدفاع. وأدت احتجاجات الموظفين في النهاية إلى قيام غوغل بإخراج نفسها من السباق، فقد انسحبت الشركة قبل ثلاثة أيام فقط من موعد تقديم العطاءات على عقد مشروع البنية التحتية المشتركة للدفاع المؤسسي.

في النهاية، منح البنتاغون المشروع لشركة مايكروسوفت آزور، لكن أمازون، التي كان يُنظر إليها على أنها الفائز الأكثر ترجيحاً بسبب ريادتها في هذا القطاع، ادّعت على الفور أن القرار كان ذا دوافع سياسية، ورفعت دعوى قضائية في كانون الأول عام 2019 مدعية أن القرار كان متحيزاً بشكل غير صحيح بسبب العداء العلني للرئيس دونالد ترامب تجاه الرئيس التنفيذي لشركة أمازون جيف بيزوس الذي يمتلك أيضاً صحيفة واشنطن بوست التي كانت شديدة الانتقاد لإدارة ترامب. وبعد شهر، أي في شباط عام 2020، أصدر قاضٍ فيدرالي أمراً قضائياً يمنع فيه مؤقتاً منح العقد لشركة مايكروسوفت[10]، وقد صرّحت وزارة الدفاع أنها ستعيد النظر في قرارها[11].

يقدم استثمار مايكروسوفت البالغة قيمته 2.019 مليار دولار في شركة أوبن آي إي لأبحاث الذكاء الاصطناعي– والتي تعتبر جنباً إلى جنب مع ديب مايند من غوغل، رائدة في دفع حدود التعلم العميق – دراسة حالة في التآزر الطبيعي بين الحوسبة السحابية والذكاء الاصطناعي. وستكون أوبن آي إي قادرة على الاستفادة من الموارد الحسابية الضخمة التي تستضيفها خدمة آزور من مايكروسوفت، وهو أمر ضروري نظراً لتركيزها على بناء شبكات عصبية أكبر من أي وقت مضى. يمكن للحوسبة السحابية فقط توفير قوة الحوسبة على النطاق الذي تتطلبه أوبن آي إي لأبحاثها، وبدورها ستحصل مايكروسوفت على إمكانية الوصول إلى الابتكارات العملية التي نتجت عن سعي أوبن آي إي المستمر للذكاء الاصطناعي العام، ومن المحتمل أن يؤدي هذا إلى تطبيقات وإمكانيات يمكن دمجها في خدمات آزور السحابية. ولربما بالقدر نفسه من الأهمية، ستستفيد علامة آزور التجارية من ارتباطها بإحدى منظمات أبحاث الذكاء الاصطناعي الرائدة في العالم ووضع مايكروسوفت

في وضع أفضل للتنافس مع غوغل، التي تتمتع بسمعة قوية لقيادة الذكاء الاصطناعي، ويرجع ذلك جزئياً إلى ملكيتها لـديب مايند.[14]

يمتد هذا التآزر إلى ما هو أبعد من هذا المثال الفردي. وكل مبادرة مهمة تقريباً في مجال الذكاء الاصطناعي، بدءاً من مختبرات الأبحاث الجامعية، إلى الشركات الناشئة في مجال الذكاء الاصطناعي، إلى تطبيقات التعلم الآلي العملية التي يتم تطويرها في الشركات الكبيرة، تعتمد بشكل متزايد على هذا المورد العالمي تقريباً. ويمكن القول إن الحوسبة السحابية هي أهم عامل تمكين لتطور الذكاء الاصطناعي إلى أداة تستعد لأن تصبح يوماً ما في كل مكان مثل الكهرباء. حصلت في في لي المهندسة في مجموعة بيانات إيمدجنت والمنافسة التي أصبحت حافزاً لثورة التعلم العميق، على إجازة من منصبها الحالي في ستانفورد لتعمل كرئيسة للعلوم بشركة غوغل كلاود من عام 2016 حتى عام 2018. وهي تضع الأمر على هذا النحو: «إذا كنت تفكر في نشر تكنولوجيا مثل الذكاء الاصطناعي، فإن أفضل وأكبر منصة هي السحابة، لأنه لا توجد حوسبة أخرى على أي منصة ابتكرتها البشرية تصل إلى أكبر عدد ممكن من الناس. تعمل غوغل كلاود وحدها، في أي لحظة، على تمكين أو مساعدة أو خدمة مليارات الأشخاص»[15].

الأدوات، والتدريب، وإضفاء الطابع الديمقراطي على الذكاء الاصطناعي

يتم تسريع تطور الذكاء الاصطناعي المستند إلى السحابة إلى أداة عامة من خلال ظهور أدوات جديدة تجعل التكنولوجيا في متناول مجموعة واسعة من الأشخاص الذين ليس لديهم بالضرورة خلفيات تقنية عالية. تعمل المنصات مثل تنسرفلو وباي تورش على تسهيل بناء أنظمة التعلم العميق، لكنها لا تزال تستخدم إلى حد كبير من قبل خبراء مدربين تدريباً عالياً، وغالباً ما يكونون حاصلين على درجة الدكتوراه في علوم الحاسوب. تعمل الأدوات الجديدة مثل أوتو أم أل من غوغل، والتي تم تقديمها في كانون الثاني 2018، على أتمتة العديد من التفاصيل الفنية وتقليل حواجز الدخول، ما يتيح لعدد أكبر بكثير من الأشخاص فرصة الإستفادة من التعلم العميق لحل المشكلات العملية. يرقى أوتو أم أل أساساً إلى نشر الذكاء الاصطناعي لخلق المزيد من الذكاء الاصطناعي وهو جزء من الاتجاه الذي تسميه في في لي «إضفاء الطابع الديمقراطي على الذكاء الاصطناعي». كما هو الحال دائماً، تعد

المنافسة بين مزودي الخدمات السحابية محركاً قوياً للابتكار، كما أصبحت أدوات التعلم العميق من أمازون لمنصة أي دبليو أس أسهل في الاستخدام.

إلى جانب أدوات التطوير، تقدم جميع الخدمات السحابية مكونات تعلم عميق مُعدة مسبقاً وجاهزة للاستخدام خارج الصندوق ودمجها في التطبيقات. تقدم أمازون، على سبيل المثال، حزماً للتعرف إلى الكلام ومعالجة اللغة الطبيعية و«محرك توصيات» يمكنه تقديم اقتراحات بنفس الطريقة التي يعرض بها المتسوقون عبر الإنترنت أو مراقبو الأفلام البدائل التي يحتمل أن تكون محل اهتمام16. المثال الأكثر إثارة للجدل من هذا النوع من القدرات المعبأة مسبقاً هي خدمة أي دبليو أس ريكوجينيشن، والتي تسهل على المطورين نشر تقنية التعرف إلى الوجه. لقد تعرضت أمازون لانتقادات كثيرة لإتاحة ريكوجينيشن لوكالات إنفاذ القانون، بالنظر إلى أن بعض الاختبارات أشارت إلى أن الحزمة يمكن أن تكون عرضة للتحيز العنصري أو الجنساني، وهي قضية أخلاقية سنبحثها عن كثب في الفصلين السابع والثامن17.

الاتجاه الثاني الحاسم هو وصول منصات التدريب عبر الإنترنت التي تتيح لأي شخص لديه مبادرة كافية وقدرة رياضية لتحقيق الكفاءة الأساسية في التعلم العميق. تشمل الأمثلة ديب ليرننغ. الذكاء الاصطناعي الذي يُقدم من خلال منصة التعليم عبر الإنترنت كورسيرا، fast.ai، الذي يقدم دورات مجانية عبر الإنترنت وأدوات برمجية تجعل التعلم العميق أكثر سهولة18. في مشهد التوظيف، حيث الطريق إلى الطبقة المتوسطة العليا، يتطلب الأمر دائماً أوراق اعتماد رسمية يتم الحصول عليها من خلال استثمارات ضخمة للوقت والمال، ومن النادر أن تصبح ممارساً للتعلم العميق، على الأقل في البيئة الحالية، حيث يفوق الطلب على العمال العرض كثيراً. إنّ أي شخص يمكنه إكمال عمل الدورة التدريبية عبر الإنترنت بنجاح وإثبات الكفاءة في العمل مع الشبكات العصبية العميقة لديه فرصة جيدة لبدء مهنة مربحة ومجزية.

مع تحسن كل من التدريب والأدوات، ومع بدء المزيد من المطورين ورجال الأعمال في نشر تطبيقات الذكاء الاصطناعي، فمن المحتمل أن نشهد نوعاً من الانفجار الكمبري [1] حيث يتم تطبيق التكنولوجيا بعدد لا يحصى من الطرق المختلفة. وقد حدث شيء مشابه على منصات الحوسبة الرئيسية الأخرى، فقد كنت أدير شركة برمجيات صغيرة في وادي السيليكون في

التسعينيات عندما ظهر مايكروسوفت ويندوز كمنصة مهيمنة لأجهزة الحاسوب الشخصية. في البداية، كان تطوير تطبيقات ويندوز شأناً تقنياً للغاية يتضمن لغة برمجة C وأدلة من ألف صفحة مليئة بالتفاصيل الغامضة. لقد أدى ظهور أدوات أسهل في الاستخدام، بما في ذلك بيئات التطوير التي يسهل الوصول إليها بشكل كبير مثل فيجول بيسك من مايكروسوفت، إلى زيادة عدد الأشخاص الذين يمكنهم المشاركة في برمجة ويندوز وسرعان ما أدى إلى انفجار في التطبيقات.

اتبعت حوسبة الأجهزة المحمولة مساراً مشابهاً، ويقدم كل من متجر تطبيقات آبل ومتجر غوغل الآن عدداً لا نهائياً على ما يبدو من التطبيقات لتلبية أي احتياجات يمكن تصورها تقريباً. ومن المحتمل أن يصل نفس النوع من الانفجار إلى الذكاء الاصطناعي، وبشكل أكثر تحديداً للتعلم العميق. إن ظهور الذكاء الاصطناعي باعتباره الكهرباء الجديدة، في المستقبل المنظور، سيكون مدفوعاً بطيف دائم التوسع من تطبيقات محددة بدلاً من أي ذكاء آلي أكثر عمومية.

عالم مترابط وإنترنت الأشياء

الجزء الأخير من لغز «الذكاء الاصطناعي مثل الكهرباء الجديدة» هو الاتصال المحسن إلى حدّ كبير. من المحتمل أن يكون الدافع الأكثر أهمية لهذا هو طرح خدمة الجيل الخامس اللاسلكية (أو 5G) في السنوات القادمة. ومن المتوقع أن تعزز شبكة 5G سرعات البيانات المتنقلة بعشر مرات على الأقل – وربما تصل إلى مئة – مع زيادة سعة الشبكة بحيث يتم القضاء على الاختناقات إلى حد كبير وبشكل شبه فوري. يمكننا أن نتخيل أن كل شيء تقريباً – بما في ذلك الأجهزة والمركبات والآلات الصناعية والعديد من عناصر البنية التحتية المادية – ستكون جميعها مترابطة وغالباً ما تتم مراقبتها والتحكم فيها بواسطة خوارزميات ذكية تعمل في السحابة. أُطلق على هذه الرؤية للمستقبل اسم «إنترنت الأشياء» وهي مهيأة للدخول في عالم حيث تكتشف المستشعرات الموجودة في ثلاجتك أو في أي مكان آخر في مطبخك، على سبيل المثال، أنك تنفد من عنصر معين، ثم ترحل هذه المعلومات إلى خوارزمية تنبهك أو ربما تضع تلقائياً الطلبات الضرورية عبر الإنترنت. إذا كانت الثلاجة لا تعمل بالشكل الأمثل، فغالباً ما تكون خوارزمية أخرى قادرة على تحقيق دقة تلقائية أو عن بُعد، وسيتم تحديد الجزء الذي على وشك الفشل ووضع علامة عليه للاستبدال.

من المرجح أن يؤدي توسيع نطاق هذا النموذج عبر اقتصادنا ومجتمعنا بالكامل إلى تحقيق مكاسب هائلة في الكفاءة حيث تقوم الآلات والأنظمة والبنية التحتية تلقائياً بتشخيص المشكلات وحلها في كثير من الأحيان فور ظهورها. ستكون إنترنت الأشياء، من نواحٍ عديدة، مثل إطلاق العنان للخوارزميات التي تشغل حالياً مراكز البيانات السحابية بمستوى عالٍ من الكفاءة الفائقة لإدارة العالم الأوسع. ومع ذلك، فإن كل هذا سيجلب معه بعض المخاطر الحقيقية للغاية، لا سيما في مجالات الأمن والخصوصية، وسنركز على هذه القضايا الحرجة في الفصل الثامن.

سيتطور هذا العالم المترابط أكثر من أي وقت مضى إلى منصة قوية لتقديم الذكاء الاصطناعي. وفي المستقبل المنظور، ستتركز أهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في السحابة. مع ذلك، وبمرور الوقت، سيصبح الذكاء الآلي أكثر توزيعاً بشكل تدريجي، وستصبح الأجهزة والآلات والبنية التحتية أكثر ذكاءً لأنها تتضمن أحدث شرائح الذكاء الاصطناعي المتخصصة. هذا هو المكان الذي من المرجح أن يكون للابتكارات مثل الحوسبة العصبية تأثير كبير. والنتيجة النهائية لكل هذا هي أداة مساعدة جديدة قوية تحمل القدرة على تقديم ذكاء آلي عند الطلب في كل مكان تقريباً.

القيمة في البيانات

نظراً إلى أن مزودي الخدمات السحابية الرئيسيين يتنافسون في ما بينهم على أساسين رئيسيين هما السعر وقدراتهم التقنية، يبدو أنّ تكلفة الوصول إلى الأجهزة والبرامج التي تشغّل الذكاء الاصطناعي ستنخفض بالتأكيد. في الوقت نفسه، سوف تشهد خدمات الذكاء الاصطناعي المتاحة عبر السحابة تحسناً مستمراً حيث يسعى عمالقة التكنولوجيا للحصول على ميزة تنافسية من خلال دمج أحدث الابتكارات التي أنشأها الباحثون العاملون في هذا المجال، ومع تقدم كل هذا، ستصبح تقنيات الذكاء الاصطناعي كلها، حتى التقنيات الأكثر تقدماً منها، أشبه بسلعة بشكل متزايد وستكون متاحة بتكلفة قليلة أو من دون تكاليف إضافية عما يدفعه زبائن الحوسبة السحابية لاستضافة بياناتهم. في الحقيقة، هناك بالفعل دليل على ذلك، حيث أصدرت شركات مثل غوغل وفيسبوك وبايدو برامج التعلم العميق الخاصة بها على هيئة برامج مفتوحة المصدر، بعبارة أخرى، مَنحت المستفيدين هذه البرامج مجاناً. وينطبق هذا أيضاً على أكثر الأبحاث تقدماً والتي أجرتها منظمات مثل ديب مايند وأوبن ايه آي، فكلتاهما تنشران أبحاثهما بشكل علني في المجلات العلمية الرائدة وتجعلان تفاصيل أنظمة التعلم العميق متاحة للجميع.

ومع ذلك، يبقى شيء واحد لا تقدمه أي شركة مجاناً: هو بياناتها، وهذا يعني أن الترابط القوي بين تقنية الذكاء الاصطناعي والكميات الهائلة من البيانات التي تستهلكها سينحرف حتماً في اتجاه واحد، وسوف يُستولى على كامل القيمة الناتجة تقريباً من قبل مَن يمتلك البيانات، وغالباً ما سيؤدي هذا الواقع الذي يُعمل به على نطاق واسع إلى الافتراض أنّ عمالقة التكنولوجيا سيسيطرون بشكل كامل على أي مجال يتداخل مع البيانات الضخمة أو الذكاء الاصطناعي. ومع ذلك، فإنّ هذا يتجاهل حقيقة أنّ ملكية البيانات تعود إلى قطاع الصناعة والاقتصاد، فبالطبع تتحكم شركات مثل غوغل، وفيسبوك، وأمازون في عدد هائل لا يمكن تصوره من البيانات. بيد أنّ البيانات التي لديها تقتصر عموماً على تلك المتعلقة بالبحث عبر شبكة الإنترنت وتفاعلات الوسائط الاجتماعية ومعاملات التسوق عبر الإنترنت، ومن المرجح أن تظل الشركات القائمة مهيمنة في هذه المجالات، لكن هناك الكثير من البيانات المختلفة تماماً، والكامنة في جميع نواحي الاقتصاد والمجتمع، تحت سيطرة الحكومات والمنظمات والأعمال التجارية في الصناعات الأخرى.

عادةً ما يُقال إنّ البيانات هي النفط الجديد، وإذا ما تبنينا هذا التشبيه، سيكون من المنصف القول إنّ شركات التكنولوجيا تؤدي دوراً مشابهاً لدور شركة هاليبرتون لخدمات الطاقة من نواح كثيرة بما أنّها تقدم التكنولوجيا والمعرفة اللازمة لاستخراج القيمة والبيانات من المورد، وبالتأكيد يتحكم عمالقة التكنولوجيا أيضاً في احتياطات ضخمة من البيانات الخاصة بهم. ولكن لا يزال الجزء الأكبر من مصدر البيانات العالمي هذا الآخذ بالنمو في أيدي آخرين، حيث تتحكم الشركات مثل شركات التأمين الصحي، وشبكات المستشفيات، وبالطبع الخدمات الصحية الوطنية التي تديرها الحكومة في البيانات ذات القيمة الكبيرة، ولا بد أنّها ستستخدم أحدث تقنيات الذكاء الاصطناعي التي طورتها شركات التكنولوجيا الكبرى والمقدمة عبر السحابة لخدمتها، لكنّهم سيحتفظون بشكل كبير بالقيمة المستخرجة من البيانات التي لديهم، كما وينطبق الأمر ذاته على الكمية الهائلة من البيانات الناتجة عن المعاملات المالية، وحجوزات السفر، والمراجعات عبر الإنترنت، وحركات الزبائن داخل متاجر البيع بالتجزئة، والبيانات التشغيلية التي أنشأتها أعداد لا تُحصى من أجهزة الاستشعار المدمجة في المركبات والآلات الصناعية، وسوف تطبق الفائدة الجديدة والشاملة لذكاء الآلة، في كل حالة، على أنواع معينة من البيانات المملوكة من قبل هيئات من جميع قطاعات الاقتصاد.

يتمثل أحد أهم الآثار المترتبة عن ذلك في أنّه سوف تستحوذ هيئات أخرى، تختبئ خلف تلك المجموعات المرشحة ظاهرياً للسيطرة داخل قطاع التكنولوجيا، على الكثير من القيمة المستمدة من تطبيق الذكاء الاصطناعي،

وسوف توزع الفوائد الهائلة التي ستكسبها من الذكاء الاصطناعي على نطاق واسع. ومرة أخرى، نجد أنّ تشبيه الذكاء الاصطناعي بالكهرباء مناسب هنا، فمن يحقق أكبر استفادة من الكهرباء وينتج الكثير من القيمة من خلالها؟ هل المرافق الكهربائية هي الجواب؟ أم صناعة الطاقة النووية؟ كلا، لا هذا ولا ذاك، إنّ شركات مثل غوغل وفيسبوك هي التي تستهلك كميات هائلة من الكهرباء وهي من اكتشفت طرقاً لتحويل هذه السلعة واسعة الانتشار إلى قيمة عظيمة. إنّ التشبيه ليس مثالياً بالطبع، وسوف تستقر، من دون أدنى شك، قيمة وقوة هائلتان في تلك الشركات التي تبدع في أحدث ما وصل إليه العلم في مجال الذكاء الاصطناعي وتوفر هذا المصدر المتطور باستمرار.

لكن من المرجح أن تعود معظم الفوائد التي نشأت عن تطبيق الذكاء الاصطناعي إلى مكان آخر، خصوصاً أنّه يصبح أشبه بأداة سلعية أكثر فأكثر. على الرغم من أنّ القيمة التي نشأت من خلال الذكاء الاصطناعي سوف توزع على نطاق واسع عبر القطاعات الاقتصادية المختلفة، فقد يكون العكس صحيحاً في صناعة معينة، فمن المرجح أن تحصل الشركات الرائدة في مجال التكنولوجيا، في ما يتعلق بالاستفادة من تقنيات الذكاء الاصطناعي ضمن إطار نماذج أعمالها التجارية الخاصة بها، على الميزة الكبرى لكونها المحرك الأول له، ومن الممكن أن يؤدي ذلك إلى الوصول إلى حالة «الفائز يظفر بكل شيء»، بما أنّ الشركات التي تملك استراتيجيات فعّالة في الحصول على البيانات الكبيرة واستخدام الذكاء الاصطناعي تحظى بميزة تنافسية كبيرة بسبب هذا.

ونظراً إلى أنّ البيانات تحتل مرتبة بالغة الأهمية في التطبيق الفعّال للذكاء الاصطناعي، فإنّ الخطوة الأولى نحو امتلاك استراتيجية ذكاء اصطناعي فعالة دائماً ما تكون في امتلاك خطة بيانات ناجحة، وهذا يعني أنّه من المهم بالنسبة للشركات والمؤسسات أن تركز على بناء أنظمة فعالة لجمع البيانات وإدارتها كتمهيد لنشر الذكاء الاصطناعي، كما سيتطلب ذلك، في بعض الحالات، معالجة الاعتبارات الأخلاقية المهمة، مثل الاعتبارات المتعلقة بقضايا الخصوصية للموظفين والزبائن. ومع ذلك، فمن المرجح أن تتأخر تلك المنظمات التي تفشل في التحرك بقوة عن باقي المنظمات. نحن نتحرك بسرعة نحو واقعٍ حيث ترتكب أي شركةٍ أو حكومة أو منظمة، لا تستغل إمكانيات الذكاء الاصطناعي المتاحة، خطأً فادحاً بإمكاننا أن نشبهه بالانفصال عن الشبكة الكهربائية.

بما أنّ الذكاء الاصطناعي يتطور ليصبح خدمة عالمية بالفعل، يصل إلى جميع الأعمال التجارية والمنظمات وإلى كل الأسر، فإنّ ذلك سيؤدي بكل

تأكيد إلى تغيير في اقتصاداتنا ومجتمعاتنا على حد سواء، هذا الأمر الذي سيحدث في النهاية خلال سنين وعقود، ولن يكون تأثيره موحداً، فمن المحتمل أن يُحدث الذكاء الاصطناعي، في بعض المناطق، تغييراً في حياة هذه المناطق خلال السنوات القليلة المقبلة، بينما قد يستغرق في حالات أخرى وقتاً أطول للوصول. يتناول الفصل التالي بعض الآثار العملية للذكاء الاصطناعي كتكنولوجيا منهجية، ويحاول أن يفصل الضجة الإعلامية المتشكلة حول الذكاء الاصطناعي ويتعمق أكثر في التداخل بين هذه التكنولوجيا سريعة التقدم والوباء الذي قلب حياتنا بالكامل رأساً على عقب.

الفصل الثالث

ما وراء الضجة الإعلامية

وجهة نظر واقعية عن الذكاء الاصطناعي باعتبارها أداة ذات منفعة

أقامت شركة تسلا حدثاً أطلقت عليه «يوم التحكم الذاتي» في 22 نيسان 2019، وكان الهدف من هذا الحدث هو تسليط الضوء على تقنية القيادة الذاتية التي تضيفها الشركة إلى كل سيارة من سيارات تسلا، حيث تضمن الحدث عروضاً تقديمية قدمها الرئيس التنفيذي للشركة إيلون ماسك وغيره من كبار المديرين التنفيذيين والمهندسين، وقد صرّح ماسك في هذا الحدث قائلاً: «أشعر بثقة كبيرة بصحة توقعي أنّنا سنرى سيارة أجرة ذاتية التحكم من بين سيارات تسلا العام المقبل»، وتابع حديثه مشيراً إلى أنّه سوف تنتج تسلا مليون سيارة ذاتية القيادة لتعمل على الطرق العامة بحلول نهاية عام 2020.[1] وبقوله «سيارة أجرة ذاتية التحكم»، كان ماسك يعني سيارات ذاتية القيادة، قادرة على العمل والحركة لوحدها، من دون وجود أي شخص بداخلها، وقادرة على إيصال الركاب إلى وجهاتهم العشوائية، بمعنى آخر، نسخة آلية حقاً عن خدمة أوبر أو خدمة ليفت.

كان هذا التوقع مذهلاً: فهو بعيد تماماً عن توقعات أي خبير آخر قد تحدثت إليه، لكنني ظهرت عبر شاشة بلومبيرغ بعد بضعة أيام وقلت إنني «ذهلت حقاً» بتوقعات ماسك وإنني اعتقد أنّها «متفائلة للغاية وأكثر من اللازم وربما متهورة بعض الشيء». قلت ما قلته لأنّه ستنتج عن هذا التوقع الرهيب، من دون أدنى شك، ضغوط في السوق على شركة تسلا لتفي بوعدها، أضف إلى هذا قدرة الشركة على توفير ميزات جديدة لمالكي سيارات تسلا عبر البرامج التي ينزلونها عبر الإنترنت والتي من الممكن أن تكون خطيرة للغاية إذا ما وصل برنامج غير مصرح به، يهدف إلى توفير قدرة التحكم الذاتية بالكامل في السيارة، بصورة مفاجئة إلى أيدي السائقين. فعلى الرغم من أنّه قد يكون من الجيد أن تسمح شركة ما لعملائها باختبار الإصدارات التجريبية من لعبة فيديو جديدة أو تطبيق وسائط اجتماعية جديدة، إلّا أن هذه ليست باستراتيجية مقبولة بالنسبة للبرامج التي قد ينتج عنها إصابة أو وفاة بكل بساطة. [2] 2 في الواقع، حدثت بالفعل حوادث مميتة بسبب خاصية السائق الآلي في تسلا، والتي توجه السيارة أو تسرعها أو تكبحها للبقاء ضمن مسارها بينما لا تزال تتطلب إشراف السائق، بالإضافة إلى ذلك، بدا واضحاً بالنسبة إليّ أنّه حتى في حال كانت الشركة قادرة على إتقان مثل هذه التكنولوجيا خلال عام أو نحو ذلك، فإنّ اختبار هذه السيارات بشكل مناسب والحصول على الموافقات التنظيمية اللازمة قد يستغرق وقتاً أطول من ذلك بكثير. لذا، فإنّ تشغيل تسلا لما يقارب مليون سيارة أجرة ذاتية القيادة بحلول نهاية عام 2020 لن يحدث، بل حتى أكثر من ذلك، فسيكون إطلاق سيارةٍ واحدةٍ ذاتية التحكم فعلاً على الطرق العامة خلال هذه الفترة الزمنية أمراً مدهشاً.

خصّص جزء كبير من حدث «يوم التحكم الذاتي» لمناقشة أمر شريحة معالج دقيق ذاتية القيادة جديدة يجري العمل على تطويرها بواسطة تسلا، فقد استخدمت الشركة في السابق شرائح مُحسَّنة للشبكات العصبية العميقة مصنّعة بواسطة شركة أنفيديا.

ادّعت شركة تسلا أنّ شرائحها الإلكترونية الجديدة توفر قوة غير مسبوقة، لكن سرعان ما ردّ المسؤولون التنفيذيون في أنفيديا على هذا، مشيرين إلى أنّ أحدث إصدارات رقائق الذكاء الاصطناعي الخاصة بهم مكافئة أو حتى أسرع من تلك الشرائح قيد التطوير لدى تسلا3. ومع ذلك، أصبحت على يقين – عندما حضرت الكشف عن برنامج كما هو الحال غالباً في مجال الذكاء الاصطناعي، فقد جُهزت كل سيارة من سيارات تسلا بثماني

كاميرات تعمل بشكل مستمر، وتلتقط الصور من الطريق والبيئة المحيطة بالسيارة، كما تستطيع أجهزة الحاسوب الموجودة على السيارات أن تُقيم هذه الصور وتحدد الصور التي يحتمل أن تهم الشركة ثم تقوم بتحميلها تلقائياً على شكل صيغ مضغوطة إلى شبكة تسلا، ولا ننسى أنّ هنالك أكثر من400 ألف سيارة من هذه السيارات المجهزة بكاميرات تسير على الطرق في جميع أنحاء العالم، ويتزايد هذا العدد بسرعة. بعبارة أخرى، تتمتع شركة تسلا بإمكانية الوصول إلى مجموعة هائلة من بيانات الصور في العالم الحقيقي ولا يمكن لأيٍّ من منافسيها الاقتراب من مجاراتها في هذا المجال.تسلا الجديد في حدث يوم التحكم الذاتي – أنّ شركة تسلا تتمتع بالفعل بميزة تنافسية مذهلة، الأمر الذي يمكن أن يسمح لها في النهاية بالتفوق على منافسيها، وأن تكون أول شركة تنشر سيارات ذاتية القيادة بالكامل، إنّ هذه الميزة لا تكمن في شريحة حاسوب خاصة أو حتى خوارزمية، بل تكمن في البيانات التي تسيطر عليها تسلا.

شرح أندرج كارباثي، مدير تقنية الذكاء الاصطناعي في تسلا، كيف يمكن للشركة أن تطلب أنواعاً محددةً من الصور من «أسطول» سياراتها المجهزة بكاميرات. فعلى سبيل المثال، إذا أراد مهندسو تسلا تدريب نظام تسلا للقيادة الذاتية للتعامل مع المواقف التي تحدث عادةً على الطرق، يمكنها استدعاء الآلاف من صور العالم الحقيقي لمواقع البناء ثم استخدام تلك الصور لتدريب برنامج القيادة الذاتية الخاص بها في محاكاة حاسوبية. في حين أنّ جميع مبادرات السيارات ذاتية القيادة تستخدم المحاكاة بكثافة، فإنّ قدرة تسلا على دمج كميات هائلة من بيانات العالم الحقيقي تعد ميزة تخريبية محتملة، وكما يقال عادةً، إنّ الحقيقة أغرب من الخيال، فلا يمكن لأيّ مهندس أن يصمم محاكاة تقترب من استنساخ الواقع المفصل، والغريب في الكثير من الأحيان، ما تلتقطه الكاميرات على أسطول سيارات تسلا الآخذ في التوسع باستمرار.

يوضّح هذا المثال كيف أنّه غالباً ما تكون الأخبار المتعلقة بالتقدم المستمر في مجال الذكاء الاصطناعي مزيجاً مبتذلاً من الضجة الإعلامية والإثارة منسوجاً في سرد ينقل في فحواه معلومات مهمة أيضاً، وكما ذكرت، سيصبح الذكاء الاصطناعي أداةً منتشرةً في كل مكان، أداةً من شأنها أن تؤثر، في نهاية المطاف، على كل شيء تقريباً، ومع ذلك، لن يكون هذا التقدم منتظماً: بعض المشكلات الفنية يصعب حلها أكثر من غيرها، وبالتحديد سنجد أنّه من المرجح أن يكون أداء بعض التطبيقات الأكثر شهرة وانتشاراً للذكاء الاصطناعي ضعيفاً مقارنةً بتوقعاتنا، بينما سيفاجئنا التقدم الكبير في مجالات

أخرى، والتي غالباً ما ستكون أقل شهرةً. سيقدم هذا الفصل بعض الأمثلة والإرشادات التي ستقدم لكم لمحة عن المجالات التي أعتقد أنّه من المحتمل أن يؤدي فيها الذكاء الاصطناعي نسبيّاً إلى بعض الاضطرابات في المستقبل القريب، وعن المجالات التي من المحتمل أن يستغرق حدوث هذا وقتاً أطول بكثير.

أُجِّلت عملية تسليم الروبوت المنزلي الخاص بك

إن الوعد بوجود روبوت شخصي للمنزل – وهو آلة قادرة على تنظيف المنزل وغسل الملابس تقف مستعدةً لتعمل مثل خادم شخصي لا يكل ولا يمل – قد استحوذ على خيالنا جميعاً منذ أن بدأ بعض مؤلفي الخيال العلمي الأوائل في التكهن حول وجودها في المستقبل، فما هي احتمالات وجود مثل هذه الآلة؟ ضع جانباً للحظة الأشكال الخيالية المتطورة حقاً والتي يعرفها معظمنا، مثل روبوت روزي من فيلم ذا جيتسنز أو آلة تشبه البشر مثل شخصية C– 3PO من سلسلة حرب النجوم، وفكر في شيء أقل خيالاً وطموحاً، مثل روبوت وظيفي يملك إمكانيات مفيدة، حتى لو كانت محدودة نوعاً ما، كأن يكون قادراً على ترتيب الغرفة، وأداء مجموعة متنوعة من مهام التنظيف المنزلية الأساسية، وحتى أن يُحضر لنا شراباً من الثلاجة عندما نطلب منه ذلك. ويبقى السؤال: متى يجب أن نتوقع رؤية روبوت شخصي بسعرٍ معقول والذي قد نجده مفيداً للغاية، بل لا غنى عنه، والذي سيرغب به جماهير من المستهلكين الذين يدركون قيمته وسيدفعون ثمنه؟

الحقيقة المؤسفة هي أنّه على الأرجح لن نرى مثل هذه الآلة إلّا في المستقبل البعيد جداً. وفي الواقع، تكمن مشكلة الروبوتات الشخصية التي جُرّبت حتى الآن بأنّها، وبكل بساطة، لا تستطيع أن تنجز الكثير، حيث أنّ تطبيق الحد الأدنى من الشروط اللازمة للحصول على آلة مفيدة حقاً، بالإضافة إلى الإدراك البصري، كالتنقل والبراعة اللازمة للعمل في بيئة لا يمكن توقعها مثل المنزل، يُعتبر بين أكبر التحديات في مجال الروبوتات. ولم تبدأ الشركات التي حاولت إنتاج الروبوتات للمستهلكين من أجل طرحها في السوق حتى الآن في التغلب على هذه التحديات بشكل فعلي، بل أنتجت بدلاً من ذلك آلات محدودة القدرات للغاية لدرجة أن القيمة الناتجة عنها مشكوك بها بالنسبة إلى معظم الناس.

من الأمثلة التي توضح هذه التحديات هو الروبوت جيبو، وهو آلة سُوّق لها على أنّها أول «روبوت اجتماعي».

صُمم جيبو على يد سينثيا براسيل، الأستاذة في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، وهي واحدة من أفضل الخبراء في العالم في مجال الروبوتات التي لديها القدرة على التفاعل مع الناس على المستوى الاجتماعي، وقُدّم للعامة في خريف عام 2017. جيبو روبوت من البلاستيك يُوضع على سطح الطاولة ويبلغ طوله حوالى 31 سم، ليس له أذرع أو أرجل أو عجلات، لكنّه يملك القدرة على إمالة رأسه وتدويره والقدرة على إيهامك بأنّه يستطيع إنشاء علاقة أثناء تواصله مع مالكه تشبه على الأقل التواصل البشري، كما أنّه قادر على الانخراط في محادثات بدائية، والقيام بعدد من الأمور العملية التي تدور حول استرجاع المعلومات، بالإضافة إلى القدرة على البحث عن الأشياء عبر شبكة الإنترنت والحصول على تقارير الطقس، وحركة المرور، وتشغيل الموسيقى وما إلى ذلك. بتعبير آخر، يقدم روبوت جيبو مجموعة من الإمكانات التي تشبه إلى حدّ كبير إمكانات مساعد أمازون الافتراضي أليكسا المستخدمة في مكبرات صوت أمازون إيكو الذكية، وبالطبع لا يمكن لمكبرات صوت إيكو التحرك على الإطلاق، ولكن بدعم من البنية التحتية الضخمة للحوسبة السحابية من أمازون، وبوجود فريق كبير جداً من مطوري الذكاء الاصطناعي الذين يتقاضون أجوراً عاليةً، فمن المحتمل أن تزيد حينها إمكانات استرجاع المعلومات واللغة الطبيعية، ومن المؤكد أنها ستزيد أكثر حتى مع مرور الوقت.

لكن المشكلة الأكبر في روبوت جيبو هي سعره البالغ 900 دولار أميركي تقريباً، حيث اتضح أنّه على الرغم من أنّه تبين أن قدرة الروبوت على تقليد إيماءات رأس الإنسان والرقص مع الموسيقى التي يشغلها لطيفة ومحببة، إلا أن هذه القدرة لم تكن تستحق الثمن الذي يدفع مقابلها. فبالنسبة إلى معظم المستهلكين، أن يدفعوا 800 دولار إضافية أو ما يقارب ذلك، مكلف للغاية، ولذلك أُغلقت الشركة الناشئة التي صنعت جيبو في تشرين الثاني عام 2018 بعد أن أنفقت 70 مليون دولار على تمويل المشاريع[4]. ويقال إنّ أمازون تعمل على روبوت منزلي خاص بها.

لقد وصفت الآلة التي تحمل الاسم الرمزي فيستا، بأنها أشبه بـ «سماعات إيكو على عجلات»، حيث تملك القدرة على التنقل في أرجاء منزلك والوصول عند الطلب[5]. ومع ذلك، لم أرَ أي تقارير تفيد بأن أمازون تخطط لإضافة ذراع إلى الروبوت أو أنّه سيكون لديه أي قدرة على التلاعب

في البيئة المحيطة به بشكل مادي، وفي غياب مثل هذه الميزات، يُترك المرء مرة أخرى ليتساءل عن القيمة المحتملة له، فنظراً إلى أنّ سعرَ أرخص إصدارات إيكو يبلغ 50 دولاراً أو أقل، فلماذا قد يفضل أحدهم أن يشتري مكبرات صوت إيكو المتنقلة باهظة الثمن – والتي من المحتمل أن تكون بطيئةً جدا– بدلاً من نشر مجموعة من الإصدارات الثابتة والرخيصة في جميع أنحاء المنزل؟ هذه الأسئلة هي عينة من الأسئلة التي تطارد صناعة الروبوتات الشخصية، فمن غير الواضح إذا ما ستكون أمازون قادرة على إطلاق منتج تجاري ناجح في أي وقت قريب.

لتحصل على رؤية واضحة لحجم وضخامة العقبات التي تواجه إنتاج الروبوتات المنزلية الوظيفية الحقيقية، فكّر في مهمة واحدة محتملة فقط: مثل القدرة على إحضار مشروب معلب من الثلاجة، وإذا افترضنا مثلاً أنّه لا يوجد أي عوائق كبيرة، مثل درج أو باب مغلق، فمن المرجح حينها أن يكون الوصول إلى الثلاجة هو الجزء السهل. هناك تكنولوجيا مستخدمة حقاً للروبوتات التي تتنقل داخل البيئات المألوفة، حيث تظهر هذه التكنولوجيا، على سبيل المثال، في روبوت رومبا وهو مكنسة كهربائية روبوتية.

مع ذلك، سيحتاج الروبوت بمجرد وصوله إلى أن يفتح باب الثلاجة قوة– جرّب هذا بنفسك ولاحظ القوة المطلوبة لذلك – لكنّها ليست مجرد مسألة قوة استثنائية، فبإمكانك أن تفتح الباب بسهولة لأنّك على الأرجح تزن أكثر من مئة رطل. فلتتأمل القضية الفيزيائية للموقف، وستجد أنّه لن يكون الروبوت الذي سينجح في فتح باب الثلاجة مجرد لعبة بلاستيكية، وليس أشبه بمكبر صوت أمازون إيكو يتحرك على عجلات، لأنّه يجب على الآلة التي ستفعل أي شيء يتجاوز التنقل هنا وهناك أن تكون ثقيلة للغاية، كما يجب على هذه الآلة، لتتمكن من تغيير شيء في بيئة مصممة للبشر أو العمل فيها، أن تقترب بشكلها بنسبة معقولة من شكل البشر، ولذلك ستكون هذه الآلة باهظة الثمن. وحتى لو تمكنا من إيجاد طريقة رخيصة لنوفر ثقل الموازنة المطلوب، ربما من خلال ملء الروبوت البلاستيكي بالماء مثلاً، لا يزال يحتاج هذا الوزن إلى محرك قوي وعجلات متينة لدفع الروبوت وتحريكه.

والآن، وبمجرد فتح الباب، سيحتاج الروبوت إلى تحديد مكان الشراب. فماذا لو كانت علبة الشراب مخبأة خلف أوعية الطعام الجاهزة المتبقية من عشاء الليلة الماضية؟ ماذا لو كانت علب الشراب مغلفة بغلاف بلاستيكي يحتوي ست عبوات؟ فهل سيتمكن الروبوت من إخراج العلبة من الثلاجة بنجاح؟ ولنفكر كيف ستختلف طريقة فعل ذلك تماماً اعتماداً على عدد علب الشراب المتبقية، فهل بقيت مجموعة كاملة مكونة من ست عبوات أم لا يزال

هناك علبة واحدة معلقة بالغلاف البلاستيكي؟ يجب أن يكون الروبوت الذي سيتمكن من فعل هذا الأمر البسيط ماهراً بشكل استثنائي، ومن المحتمل أن يحتاج إلى ذراعين آليتين باهظتي الثمن، بدلاً من ذراع واحدة فقط.

بالطبع، من السهل تخيل عدة طرق للالتفاف على بعض هذه المشاكل، فربما يجب أن تضع علبة الشراب في المكان الصحيح تماماً داخل الثلاجة، وتستغني عن المجموعة المكونة من ست علب، ويجب إخراج العلب من أي تغليف، وربما يجب تزويد كل منها ببطاقة شعار لتحديد الهوية بموجات الراديو حتى لا يعتمد الروبوت على الإدراك البصري فقط للعثور على العلبة، ومن المحتمل، يوماً ما، أن تأتي علب الشراب في نوع من العبوات المستقبلية المصممة خصيصاً لتسهيل إحضارها من الثلاجة من قبل الروبوتات.

لكن في الوقت الحالي، فمن شأن هذه المتطلبات الكثيرة أن تزعجك، وبالتالي سوف تقلل من حماسك لإنفاق مبلغ كبير من المال للحصول على مثل هذا الروبوت، وحتى لا نخطئ بهذا الأمر، سوف يتطلب الحصول على أي روبوت منزلي وظيفي دفع استثمار مالي كبير، حيث لا تخضع المكونات الإلكترونية مثل المحركات الكهربائية والأذرع الروبوتية وأنواع المستشعرات المختلفة التي نحتاجها في صنع الروبوت لإعطائه القدرة على التصور البصري والتوجيه المكاني وعلى امتلاك ردود فعل لمسية تتعلق بقانون مور للانخفاض في التكلفة. هذا القانون الذي ميّز صناعة أشباه الموصلات، وجعل الحصول على قوة الحوسبة ممكناً أكثر من أي وقت مضى. تتمثل المشكلة الأساسية في الروبوت المنزلي في أنّه يحتاج على الأقل إلى الاقتراب بقدراته من قدراتنا على المناورة، وذلك ليقدم قيمة حقيقية للمستهلكين، وقد اتضح أنّ البشر هم روبوتات بيولوجية فعالة بشكل مذهل.

تخيل وجود شيئين على الطاولة أمامك، محمل توازن فولاذي صلب، قطره حوالى 8 سم ويزن حوالى 2 كيلوغرام على اليسار بينما يوجد على اليمين بيضة، فأنت ستستطيع التقاط أيٍّ من هذين الشيئين بكل سهولة، ثم تخيل حجم القوة التي تحتاجها عضلات يدك لتطبيقها بينما تمسك بكل جسم ثم البدء في رفعه، وضع في اعتبارك العواقب التي قد تنتج إذا خلطت بطريقة ما بين هذه الأشياء، وطبقت القوة الخاطئة على جسم بدل الآخر، لكنني أراهن على أنك سوف تنجح في التقاط كلا الجسمين بأمان حتى لو كنت معصوب العينين، معتمداً على ردود فعلك اللمسية وحدها، أما بالنسبة إلى الروبوت، فستكون المحركات وأجهزة الاستشعار المطلوبة لتطبيق هذه القوة

بشكل مماثل في يده باهظة الثمن، حتى لو وجدت برامج التحكم المطلوبة لجعل ذلك ممكناً.

الحقيقة هي أنّه حتى بعد عقود من العمل على الأيدي الروبوتية والخوارزميات المطلوبة لتحريكها، فإنّ مهارتها لم تقترب بعد من المستوى البشري. يوضح العالم رودني بروكس هذا الأمر، وهو أحد أبرز علماء الروبوتات في العالم، وأحد مؤسسي شركة آي روبوت، وصانع روبوت رومبا بالإضافة إلى بعض الروبوتات العسكرية الأكثر تطوراً في العالم، بالإشارة إلى أدوات الالتقاط البلاستيكية طويلة المدى (المقبض) والتي غالباً ما نراها تُستخدم لالتقاط القمامة، ويقول:

يُمكن لهذا (المقبض) البدائي حقاً التلاعب بعمله بشكل رائع يتجاوز ما يمكن لأي روبوت أن يفعله حالياً، لكنّه قطعة بدائية مذهلة من خردة بلاستيكية... هذا هو الحد الفاصل: فنحن من يقوم بالتلاعب. فستشاهد، في كثير من الأحيان، مقاطع فيديو ليدٍ روبوتية جديدة صممها باحث ما، وهي مقاطع فيديو لشخص يمسك يد الروبوت ويحركها لتنجز مهمة ما، فبإمكانهما أداء المهمة نفسها بلعبة المقبض البلاستيكية الصغيرة هذه، ولكن في الواقع، فإنّ الإنسان هو من يؤدي المهمة. وإن كان الأمر بهذه البساطة، فيمكننا حينها وصل هذا المقبض بنهاية ذراع الروبوت وجعله يؤدي المهمة، فإن كان الإنسان يستطيع أداء المهمة بواسطة هذا المقبض المتصل بنهاية ذراعه، فلماذا لا يستطيع الروبوت القيام بها؟ هناك شيء أساسي مفقود هنا 6.

حتى لو كان الروبوت المكلف بترتيب المنزل سيحقق المستوى المطلوب من البراعة في عمله بيده، فإنّه لا يزال يواجه تحدياً في التعرف إلى آلاف الأشياء المختلفة التي قد يصادفها، ثم عليه معرفة ما يجب عليه أن يفعله بها. فما هي الأشياء التي يجب إعادتها إلى مكانها المناسب بعنايةٍ؟ وما هي الأشياء التي يجب أن يتخلّص منها؟ والسؤال هنا، ما هو معدل الخطأ الذي قد تكون مستعداً لتحمله لو أطلقنا روبوت غير خاضع للإشراف ليتحرك بحرية على مستوى غرفة واحدة فقط في منزلك؟

لا يعني أي من هذا الكلام أنّك لن تحصل على روبوتك المنزلي الخاص بك أبداً. فقد أُحرز بالفعل تقدم كبير باتجاه التغلب على العديد من هذه العقبات، فعلى سبيل المثال، يبدو من الممكن أن تتمكن الروبوتات المستقبلية من التعرف إلى الأشياء التي تصادفها من خلال التفاعل مع السحابة، ويمكنك بالفعل أن ترى تطبيقاً مثيراً للإعجاب على هذا الأمر من خلال خدمة عدسة غوغل، والتي تتيح لك معرفة هوية أي شيء تقريباً بشكل

تلقائي من خلال توجيه هاتفك المحمول عليه، بالإضافة إلى معلومات وصفية وأمثلة لأشياء مماثلة.

نظراً إلى أنّ العالم أصبح أكثر ارتباطاً، ولاكتساب إنترنت الأشياء شعبية كبيرة، ستنتشر أجهزة الاستشعار من النوع المستخدم في الروبوتات على نطاق واسع لتُستخدم في مجموعة متنوعة من التطبيقات. ومع تزايد الطلب على هذه الأجهزة، يجب أن تؤدي وفورات الإنتاج إلى خفض في التكاليف، ومن المحتمل أن يحدث الشيء نفسه في النهاية مع المكونات الأخرى للروبوت، حيث ستنتشر الروبوتات بشكل متزايد في القطاع التجاري.

بالمقابل، يوظف الباحثون تقنية التعلم العميق بنجاح، بالإضافة إلى تقنيات أخرى بهدف صنع أيدٍ آلية أكثر إتقاناً.

جاء واحد من أبرز العروض التوضيحية على هذا الأمر من شركة أوبن آي إي، عندما أعلنت في شهر تشرين الأول عام 2019، أنّها أنشأت نظاماً يتكون من شبكتين عصبيتين متكاملتين عميقتين مكنتا يداً آلية من حل مكعب روبيك[7]. جرى تدريب النظام باستخدام محاكاة عالية السرعة ولن ينجح إلا بعد ما يعادل حوالى 10 آلاف عام بالنسبة لهذه المحاكاة من التعليم المعزز. إنّ حل مكعب روبيك بيد واحدة ليس بالأمر السهل على الإطلاق حتى بالنسبة إلى البشر، وعلى الرغم من ادعاء الشركة أنها حققت إنجازاً لقدرةٍ صناعية «قريبة من البراعة البشرية»، فقد اتضح أنه لم يكن سهلاً أيضاً بالنسبة لنظام أوبن آي إي: حيث أسقطت اليد الروبوتية المكعب في ثماني محاولات من أصل عشر[8]. مع ذلك، تُعد مثل هذه المبادرات تقدماً حقيقياً. وكما سنرى، في العديد من البيئات الصناعية والتجارية، فسوف يبدأ تطوير وتحسين البراعة الروبوتية في امتلاك أثر كبير على حياتنا في السنوات القليلة المقبلة، ومن المرجح أن تظل فكرة وجود روبوت منزلي مفيد ومنخفض التكلفة بعيدة المنال، وذلك إلى أن يصبح الذكاء الاصطناعي اللازم لتحريك الروبوتات في بيئات لا يمكن توقعها أبداً أفضل بكثير مما هي الآن، وتصبح المكونات الضرورية لصناعته أرخص بشكل كبير.

المستودعات والمصانع نقطة البداية لثورة الروبوت

إذا فرضت القيود التقنية والوضع الاقتصادي أن يحتاج وجود الروبوت المنزلي حر الحركة والمنتج وقتاً طويلاً ليصبح واقعياً، فالعكس صحيح في العديد من الأوساط الصناعية والتجارية، فيمكن استبعاد – أو على الأقل

تخفيض – جزء كبير من الفوضى وعدم القدرة على توقع ما يدور حولنا؛ الأمران اللذان يؤثران على العالم الخارجي ضمن المساحة المغلقة لمصنع أو مستودع.

وهذا يشمل، في كثير من الأحيان، إعادة تنظيم التفاعل، والأشخاص، والآلات، والمواد داخل المنشأة للاستفادة من قدرات الروبوت، بينما يعمل ضمن حدوده.

إنّ القيمة المقترحة التي توفرها المتطلبات الصارمة لوضع علبة الشراب في مكان محدد، وبإحداثيات دقيقة في كل مرة، أو لوضع أي غرض آخر داخل ثلاجتك لضمان إحضاره بشكل آلي موثوق به، قد لا يبدو مقنعاً، لكن في البيئات التجارية ذات الحجم الكبير، يمكن أن تؤدي زيادة طفيفة فقط في الفاعلية إلى عائد مالي هائل، فالحسابات مختلفةً تماماً هنا.

لا يوجد دليل قاطع على صحة هذا الكلام، فأفضل طريقة هي العمل داخل مراكز التوزيع التي تديرها أمازون وتجار التجزئة الآخرون عبر الإنترنت، حيث يجري العمل على تحقيق ثورة الروبوت بالفعل خلف جدران هذه المنشآت الضخمة المثالية، هذه الثورة ستتسارع من دون شك، فمنذ أقل من عقد من الزمان، كانت المستودعات من هذا النوع مفعمةً بالحيوية بشكل دائم، ومليئة بمئات العمال الذين يجوبون الممرات باستمرار بين الرفوف الطويلة التي تحتوي على الآلاف من المواد المخزنة المختلفة، حيث كان العمال يقسمون بشكل عام إلى مجموعتين: «عمالُ التخزين» المكلفون بأخذ المخزون الذي وصل حديثاً وتخزينه في الأماكن المناسبة على الرفوف، و«عمال الالتقاط» الذين يجوبون هذه الأماكن نفسها لإحضار المواد من أجل تلبية طلبات الزبائن، كان لهذه النشاطات داخل المستودع أن تكون عبارة عن تدافع جنوني مستمر، وربما يشبه وكر نمل أصابه الاضطراب، حيث يمكن للعامل العادي أن يقطع عشرة كيلومترات أو أكثر خلال وردية العمل الواحدة، فيتنقل مسرعاً، ذهاباً وإياباً، بين المواقع وقد يتحتم عليه صعود السلالم إلى الرفوف العلوية في كثير من الأحيان.

لكن هذه الحركة الصاخبة داخل مراكز التوزيع والأكثر حداثة في أمازون تحولت إلى حركة معاكسة لها تقريباً، حيث يبقى العمال في أماكنهم، بينما تتحرك رفوف المخازن بسرعة حولهم، حيث تسرع بين الوجهات المختلفة على ظهور الروبوتات ذاتية التحكم بالكامل، حيث بدأت عملية إعادة تنظيم عملية البيع هذه باستحواذ شركة أمازون على شركة أنظمة كيفا الناشئة الخاصة بروبوتات المستودعات بصفقة بلغت قيمتها 775 مليون دولار في العام 2012. تتجول الروبوتات، التي تبدو إلى حد ما أشبه بكرات هوكي

برتقالية ضخمة وتزن أكثر من 140 كيلوغراماً، داخل منطقة مسيجة مصممة لاستبعاد أي خطر محتمل قد ينتج عن اصطدام هذه الروبوتات بالعمال البشر، وتتنقل متبعةً الرموز الشريطية الملحقة بالأرضية، حيث تعمل الروبوتات تحت مراقبة خوارزمية، وتُسلم رفوفاً محملة بالبضائع إلى المنصات التي يجلس عندها العمال الذين يكلفون بعد ذلك إما بتخزين المواد في مكان متاح، أو استرداد منتج معين لتلبية طلب الزبون.

تُشغّل أمازون أكثر من مئتي ألف من هذه الروبوتات في مراكز التوزيع الخاصة بها في جميع أنحاء العالم، كانت النتيجة زيادة بمقدار ثلاثة إلى أربعة أضعاف في عدد المواد التي يمكن التقاطها بواسطة روبوت ملتقط نموذجي على مدار ساعة[9]. لكن حتى الآن، لم تحلَّ الروبوتات، في معظم الأحيان، مكان العمال، بل في الواقع، ازدادت عملية التوظيف في مستودعات أمازون بشكل كبير، وهذا ما عوّض إلى حدٍّ ما من فقدان الوظائف في أماكن البيع بالتجزئة التقليدية بسبب اكتساب التسوق عبر الإنترنت شعبية كبيرة. تتنقل الروبوتات بسرعة في طوابق سهلة التحرك وخالية من العوائق وهي تحمل ما يزيد عن 300 كيلوغرام من البضائع، بينما يبقى العمال في أماكنهم ويؤدون المهام التي تحتاج إلى الإدراك البصري والبراعة التي – حتى الآن على الأقل – تتجاوز قدرة أي روبوت.[10] إنّ هذا الترابط بين العمال والآلات كان مفيداً للغاية في تمكين أمازون من رفع مستوى الخدمة التي تقدمها لعملائها باستمرار، فعلى سبيل المثال، كانت خدمة التوصيل خلال يوم واحد الخاصة بزبائن خدمة أمازون برايم، والتي قدمتها أمازون في العام 2019، أمراً مستحيلاً من دون هذا الاستثمار الضخم في الروبوتات، وبالمثل، كان اعتماد أمازون على التشغيل الآلي أمراً حاسماً على الأرجح، بينما عملت جاهدةً على مواكبة الطلب المتزايد مع انتشار أزمة فيروس كورونا، حتى مع مرض العديد من عمال مستودعاتها.

في الوقت الذي ينتج عن هذا التعاون بين العمال والروبوتات، وبأساليب تضمن الاستفادة من القوة النسبية لكل منهما، مكاسب تتجلى في زيادة الفعالية التي لا يمكن إنكارها، إلا أن هذا التعاون يغير من طبيعة هذه الوظائف بطرق يمكن أن تكون إيجابية وسلبية في الوقت ذاته، ففي ظل نظام العمل الجديد، جرى استبدال عملية السير المرهقة عبر ممرات المستودعات الكبيرة بطريقة تسليم مذهلة، حيث يقف العمال الآن في أماكنهم ليرتبوا البضائع أو يختاروا الأشياء من الرفوف القادمة إليهم والتي

تصل بالتتالي. ووفقاً لأحد التحليلات، إن الإصابات في مستودعات أمازون هي ضعف مثيلاتها في مستودعات الشركات الأخرى، ويعزى هذا الأمر إلى أنه ومع استخدام الروبوتات الجديدة أصبحت الحركة أكثر صعوبة وأصبح وصول البضائع الثقيلة أسرع بواسطة الرفوف.[11]

كما قال مارك ولفرات، وهو مستشار صناعي معروف، لمراسل قناة فوكس جايسون دل ري: «إنّ السير لأكثر من عشرة كيلومترات يومياً على أرضية خرسانية لاختيار هذه الطلبات وإحضارها، سيجعل منك، إذا لم يكن عمرك عشرين عاماً، شخصاً منهكاً في نهاية الأسبوع... ولكن عند امتلاكك لسير مطاطي، حيث تأتي البضائع إليك لوحدها، يُعد أكثر إنتاجية بثلاث مرات من النهج التقليدي وأكثر إنسانية أيضاً... لكن العمل بسرعة أكبر بثلاث مرات قد ينطوي على كثير من الأضرار بسبب الحركة المتكررة والعمل على رفع المنتجات والتعامل معها بشكل أسرع».[12]

تكمن الحقيقة، في أنه داخل مثل هذه المنشآت، قد يفقد العمال قوتهم تدريجياً، ويتحولون بعملهم بشكل أساسي إلى ما يشبه عمل الشبكات العصبية البيولوجية التي تملأ الفجوات في عملية أصبحت آلية إلى حد كبير، وذلك من خلال تقديمهم للقدرات التي لا تزال حتى الآن، بعيدةً عن متناول ذكاء الآلة. إحدى نتائج هذا الأمر حصول احتجاجات في مراكز التوزيع في كل من الولايات المتحدة وأوروبا، حيث اشتكى المحتجون أن البشر يعاملون كما لو أنهم روبوتات، وأنّ العمال مجبورون باستمرار على تلبية التوقعات التي تتجاوز حدود المنطق تحت إشراف خوارزميات أكثر صعوبة حتى.[13] يبدو لي أنّه إذا نُظر إلى هذه الوظائف على أنّها غير إنسانية أو خطيرة بشكل متزايد، حيث يُدفع بالعمال للعمل بأقصى طاقتهم الجسدية والنفسية، فسيصبح من المنطقي حتماً التخلص منهم بمجرد وصول التكنولوجيا التي تسمح بذلك.

في الواقع، من الممكن أن تتقدم سلسلة التشغيل الآلي إلى الأمام باستمرار ضمن هذا النوع من البيئات المغلقة والمسيطر عليها نسبياً، وتدفع العمليات تدريجياً لتصبح أقل حاجة إلى العمالة. في الحقيقة، تسعى أمازون بقوة لأتمتة المزيد من جوانب نشاطات المستودعات الخاصة بها، حيث كشفت رويترز في أحد التقارير التي كتبها الصحفي جيفري داستن في شهر أيار من العام 2019 أنّ أمازون تقدم آلات متقدمة قادرة على تولي عملية التعبئة النهائية للمنتجات في صناديق جاهزة لتُشحن إلى الزبائن، ولكن بالنظر

إلى أن الروبوتات لا تزال تفتقر إلى البراعة اللازمة لالتقاط منتجات متنوعة للغاية بشكل موثوق ووضعها في صناديق، فإن الآلات تعمل بدلاً من ذلك على بناء صناديق بأحجام مناسبة – على الفور تقريباً – أثناء انتقال المنتج على طول سير النقل. بإمكان الآلات أن تعبئ حوالى 600 إلى 700 منتج في الساعة، أي ما يصل إلى خمسة أضعاف قدرة العامل البشري، كما قال شخصان شاركا في المشروع في أمازون لداستن إنّ هذا قد يؤدي في النهاية إلى إلغاء ما يقارب 1300 وظيفة في خمسة وخمسين مستودعاً في مناطق متفرقة من الولايات المتحدة.[14]

كذلك، أدخلت أمازون روبوتات تبدو وكأنها نسخ مصغرة من روبوتات كيفا التي تشبه قرص الهوكي إلى مراكز الفرز، حيث تنقل الشركة الحزم إلى شاحنات متجهة إلى وجهات مختلفة. فبدلاً من حمل رفوف من المنتجات، تنقل روبوتات أصغر حجماً حزمة واحدة في كل مرة إلى موقع محدد في أرضية مركز الفرز، وهي تعمل وفقاً لنظام الرمز البريدي، حيث تنزلق الحزمة بعد ذلك في حفرة في الأرض، وتُرسل في طريقها إلى شاحنة تنتظر في الأسفل.[15] بالطبع، يقدم كل هذا خياراً آخر حول كيفية تصميم بيئة عمل كاملة، وإعادة هيكلتها من الصفر لزيادة قدرات التشغيل الآلي إلى أقصى حدّ ممكن، حتى وإن كانت محدودة. بما أنّ الروبوتات تتطور وتصبح أكثر تنوعاً ومهارة، فمن المؤكد أنّه استعاد هيكلة هذه البيئات دورياً للاستفادة من الإمكانات الجديدة للروبوتات وزيادة الإنتاجية.

كما ستكشف المرحلة النهائية للتشغيل الآلي داخل المستودعات والمصانع، بمجرد أن تقترب كفاءة الروبوتات من كفاءة المستوى البشري من حيث قدرتها على التقاط الأشياء ونقلها، أنه ستصبح فكرة وجود مستودع مؤتمت بالكامل، حيث يقتصر التوظيف على عدد صغير نسبياً من العمال الذين يشرفون على الآلات ويعملون على صيانتها، أمراً واقعياً. من الواضح، أنّ أمازون أبدت اهتماماً كبيراً بتحقيق ذلك، حيث نظّمت الشركة عدداً من المسابقات السنوية التي حظيت بشهرة واسعة، وتنافست فيها فرق هندسية من جامعات من شتى أنحاء العالم لبناء روبوتات تستطيع أداء المهام التي يقوم بها العمال الآن، الذين يختارون المنتجات من الرفوف في مستودعاتها.[16] في الوقت الذي تبين فيه أن بناء يد آلية قادرة على التقاط المنتجات المختلفة بشكل موثوق به، من مختلف الأحجام، والأوزان، والأشكال، والخامات، وتنسيق العبوات المختلفة، يُشكّل تحدياً قوياً، لذا، فإنّ إحراز تقدم في هذا

المجال أمر لا مفر منه. في حزيران عام 2019، قال جيف بيزوس، الرئيس التنفيذي لشركة أمازون، في أحد المؤتمرات: «أعتقد أنّه ستحل مشكلة انتقاء والتقاط المنتجات في السنوات العشر القادمة»، على الرغم من أننا ظننا «أنّها مشكلة بالغة الصعوبة، تبين أنها أقل صعوبة، لأنّنا بدأنا في حلها من خلال الرؤية الآلية، لذا، كان لا بد من أن نحصل على الرؤية الآلية أولاً».[17] بعبارة أخرى، يمكننا القول إنّ الآلاف من العاملين حالياً في مجال التخزين والتقاط المنتجات، أي غالبية القوى العاملة في المستودعات في شركة أمازون، يسلكون مساراً واضحاً جداً سيجعل منهم عدداً فائضاً عن الحاجة خلال عقد أو نحو ذلك.

مع ذلك، يُرجح أن يبدأ ظهور تأثير التوجه نحو التشغيل الآلي الكامل على الوظائف قبل ذلك بوقت طويل، ومرة أخرى، إنّ العامل الرئيسي المساعد هنا هو البيئة الخاضعة للرقابة، والتي يمكن التوقع بها نسبياً داخل المستودعات، إذ يبدو لي أنّه ليس من الضروري أن يكون الروبوت قريباً من الكمال إطلاقاً في بيئة كهذه ليقدم إسهاماً كبيراً فيها. في الواقع، يمكن للروبوت الذي يستطيع تولي أمر خمسين بالمئة تقريباً من الأصناف المخزنة في مستودع نموذجي بموثوقية أن يزيد الإنتاجية بشكل هائل، طالما يفشل الروبوت باستمرار بشكل يمكن التوقع به، ولا ننسى أنّ أمازون تمتلك جداول هائلة من البيانات يمكنها أن تستخدمها لتتوقع بالتحديد المكان الذي يُحتمل أن ينجح فيه الروبوت المستوفى الشروط وبالمكان الذي قد يفشل فيه، فالشركة تعلم، من اللحظة التي يقدم فيها الزبون طلباً عبر الإنترنت، المواد المعنية بالضبط، لذلك يجب ألّا تواجه صعوبة في توقع إن كان هذا الطلب مرشحاً ليُنفذ بشكل آلي بالكامل أو إن كان يُفترض أن يوجه إلى عامل بشري بدلاً من ذلك. بعبارة أخرى، يمكن لأمازون الاستفادة بكل بساطة من الروبوتات ذات القدرات المحدودة عن طريق إدارة العمل داخل مراكز توزيعها بشكل فعال.

إن هذه القدرة على التوقع تتيح التشغيل الآلي بشكل موثوق، وتتيح التغلب على الفشل؛ هي في الحقيقة الحد الذي يميز بين بيئة المستودعات الخاضعة للرقابة، حيث يُرجح أن تزدهر الروبوتات في المستقبل القريب نسبياً، وبين العالم الخارجي الأكثر فوضوية بكثير، حيث يرجح أن تواجه تقنيات مثل السيارات ذاتية القيادة تحديات أكثر صعوبة، فروبوت المستودع الذي يستطيع تولي أمر نصف المنتجات التي قد يواجهها، بشكل يمكن التوقع بها، سيكون مفيداً للغاية، أما السيارة ذاتية القيادة التي تسير بشكل موثوق في تسعة وتسعين بالمئة من المواقف التي تواجهها على الطرق العامة، يُحتمل

أن تكون أسوأ من الروبوتات عديمة الفائدة، لأنه حتى مع نسبة منخفضة جداً تبلغ واحداً في المئة قد تحدث كوارث لا يحمد عقباها.

لذا، يُحتمل أنّ يصبح الروبوت القادر على التنفيذ بشكل جزئي أكثر قيمة بسبب حقيقة أنّ مبيعات أمازون محكومة بطريقة التوزيع طويل الأمد، حيث تشكل نسبة صغيرة نسبياً من المنتجات المخزنة في المستودعات نسبة كبيرة من المنتجات التي يميل الزبائن إلى طلبها. لذا، فالروبوت الذي يتمتع بالقدرة على التقاط نسبة كبيرة من هذه المواد كبيرة الحجم والرائجة، والتعامل معها ونقلها باستمرار، سيكون وسيلة فعالة لتحقيق مكاسب إنتاجية. بالطبع، لن يكون أي روبوت موثوقاً به تماماً، حتى عند تكليفه بتنفيذ الأوامر التي من المتوقع أن يتمكن من التعامل معها فقط، أما بالنسبة إلى التعامل مع حالات الفشل النادرة نسبياً، فمن السهل تخيل وجود عامل بشري واحد يشرف على تشغيل العديد من الروبوتات المستوفية للشروط، والذي لا يتدخل إلّا عند حدوث مشكلة، وخلاصة القول، أنّه بدلاً من التشغيل الآلي الكامل للمستودعات بشكل جماعي بعد اختراع روبوتات تتمتع بقدرات مماثلة لقدرات الإنسان، يُرجح أن يحدث هذا الأمر بشكل تدريجي، وقد تتطلب كل مرحلة من العملية إعادة تنظيم كبير لسير العمل داخل المستودعات.

خارج أمازون والسعي إلى إيجاد الروبوتات فائقة الكفاءة

بينما تجذب مبادرات أمازون في مجال الروبوتات قدراً كبيراً من الاهتمام، نظراً لحجم الشركة وتأثيرها الكبيرين، فإنّ الأمر مماثل، إلى حد كبير، في المرافق التي يديرها منافسوها عبر الإنترنت، بالإضافة إلى مجموعة متنوعة من سلاسل البيع بالتجزئة التقليدية المتنوعة الموجودة على أرض الواقع، حيث تتجه متاجر البقالة في كل من أمريكا الشمالية وأوروبا، على وجه الخصوص، بقوة نحو تطبيق التشغيل الآلي في مراكز التوزيع كطريقة لزيادة الكفاءة والانخراط في عمليات البيع عبر الإنترنت جزئياً تحسباً لاضطراب أمازون الذي يلوح في الأفق في سوق البقالة في أعقاب استحواذها على شركة هول فودز في حزيران عام 2017.

إحدى الشركات الرائدة في هذا المجال هي مجموعة أوكادو، مقرها المملكة المتحدة، والتي تدير خدمة البقالة الخاصة بها عبر الإنترنت كما تُسوق لتكنولوجيا أتمتة المستودعات لسلاسل المتاجر الكبرى في جميع أنحاء العالم، حيث يعمل في مركز التوزيع التابع للشركة في مدينة أندوفر بإنكلترا أكثر من ألف روبوت، تتجول على عجلات بشكل منسق في هيكل شبكي مرتفع يشبه لوحة الشطرنج الضخمة، وهذا ما يتيح تخزين ما يصل إلى 250 ألف صندوق

في المستودع، حيث يحوي كل منها على صنف بقالة معين، وذلك في أماكن محددة مقابلة للمربعات الموجودة على اللوحة.

تنتقل الروبوتات على السكك الحديدية، وتلتقط الصناديق ثم تسحبها لتضعها داخل ما يشبه الصندوق لتحملها بعد ذلك إلى محطات حيث يجري التقاط المنتجات الفردية وتعبئة طلبات الزبائن. في الحقيقة، تعمل الروبوتات خلال هذه العملية بشكل مستقل وتتواصل وتجد طريقها في المكان عبر شبكة بيانات متنقلة، ثم تعود بشكل دوري إلى محطات التحميل لتشحن بطارياتها.[18] هناك أيضاً روبوتات توصيل متخصصة تتقدم للعمل في حال تعطل أحد الروبوتات الحاملة للصناديق. إنّ منشأة أندوفر تستطيع معالجة نحو 65 ألف طلب بقالة عبر الإنترنت كل أسبوع، وتحتوي على ثلاثة ملايين ونصف المليون من الأصناف.[19]

كما هو الحال في مستودعات أمازون، يركّز عمل الروبوتات على الخدمات اللوجستية المتعلقة بالمواد سريعة الحركة، في حين أن الدور الأساسي للبشر في عملية التشغيل الآلي هذه هو التقاط وتعبئة المنتجات، الأمر الذي لا يزال يتطلب مهارة بشرية. تُمثل المجموعة الواسعة من الأصناف الموجودة في القائمة النموذجية للبقالة، بدءاً من البضائع المعلبة، إلى المواد المعبأة في علب، وحتى المنتجات الطازجة، تحدياً خاصاً بالنسبة إلى العمل الآلي، حيث يشير جيمس فنسنت، الصحفي في مجال التكنولوجيا، إلى ذلك قائلاً: «لا شيء يربك الروبوت مثل كيس من البرتقال». حيث تكمن الصعوبة في أنّ «الكيس يتحرك بطرق غريبة جداً ومتعددة ولا توجد أطراف واضحة للإمساك به، وإذا ما ضغطت عليه بشدة فسوف ينتهي الأمر بحصولك على عصير برتقال بدلاً من البرتقال».[20] ومع ذلك، تعمل شركة أوكادو بالفعل على تجربة الروبوتات التي تحاول التغلب على هذه التحديات، حيث تستخدم الشركة أذرع التقاط آلية تستخدم أكواب شفط لرفع الأشياء ذات الأسطح المناسبة مثل العلب، كما تستخدم أزرع روبوتية مطاطية ناعمة ستتمكن، في يوم من الأيام، من الإمساك بالمنتجات الأكثر هشاشة بنجاح.

لقد أصبح السعي لصنع روبوت بارع حقاً في العمل أحد محاور الاهتمام الرئيسية للشركات ذات رؤوس الأموال الاستثمارية في منطقة وادي السيليكون، كما ظهرت مجموعة من الشركات الناشئة الممولة تمويلاً جيداً، والتي تتبنى نهجاً مختلفاً أثناء ابتكارها وعملها على أقصى ما يمكن أن يصل

إليه البحث العلمي. تُعد شركة كوفاريانت إحدى أبرز الشركات الناشئة في هذا المجال، وقد تأسست عام 2017، ولكنها خرجت للعلن بعد أن كانت مختبئة في أوائل عام 2020 فقط، حيث يعتقد الباحثون في هذه الشركة أنّ «التعلم المعزز» أو التعلم من خلال التجربة والخطأ بشكل أساسي، هو الطريقة الأكثر فاعلية للتقدم، كما تدعي الشركة أنها تبني نظاماً يعتمد على شبكة عصبية عميقة ضخمة تدعوه نظام «الذكاء الاصطناعي العالمي الخاص بالروبوتات»، وتتوقع أن يُشغل هذا النظام مجموعة متنوعة من الآلات التي ستتمكن من «رؤية العالم من حولها وإدراكه والتصرف فيه، بالإضافة إلى إكمال المهام المتنوعة والمعقدة للغاية بالنسبة إلى الروبوتات التقليدية المبرمجة».[21] حصلت الشركة، التي أسسها باحثون من جامعة كاليفورنيا في بيركيلي بالإضافة إلى شركة أوبن إيه آي، على استثمارات وشهرة إعلامية من بعض أنبغ العقول في عالم التعلم العميق، بما في ذلك الفائزان بجائزة تورينغ جيفري هينتون ويان ليغون بالإضافة إلى جيف دين من غوغل ومؤسسة ايمدجنت فيفي لي.[22] كما تغلبت شركة كوفاريانت على تسع عشرة شركة أخرى في مسابقة نظمتها شركة صناعة الروبوتات الصناعية السويسرية إيه بي بي في العام،2019 وذلك من خلال عرضها للنظام الوحيد القادر على التعرف إلى مجموعة متنوعة من المواد والتعامل معها دون الحاجة إلى تدخل بشري.[23] كما ستعمل شركة كوفاريانت مع شركة إيه بي بي بالإضافة إلى شركات كبرى أخرى لتشريب الروبوتات الصناعية المنتشرة في المستودعات والمصانع الذكاء الاصطناعي الذي تعتقد الشركة أنّه سوف يضاهي أو يتجاوز الإدراك والبراعة البشريين في النهاية.

يعتقد العديد من الباحثين الجامعيين الذين يعملون في هذا المجال، مثل كوفاريانت، أن الاستراتيجية القائمة على الشبكات العصبية العميقة والتعلم المعزز تشكل أفضل طريقة لدفع التقدم الذي يهدف إلى الحصول على روبوتات أكثر براعة وإتقاناً.

إن أحد الاستثناءات الملحوظة بين هذه الشركات هي شركة فيكاروس، وهي شركة ذكاء اصطناعي صغيرة يقع مقرها في منطقة خليج سان فرانسيسكو، تأسست في العام 2010، قبل عامين من ايمدجنت التي وضعت التعلم العميق في الصدارة في العام 2012، ويتمثل هدف فيكاروس طويل المدى في تحقيق ذكاء يحاكي المستوى البشري أو ذكاء عام اصطناعي، بعبارة أخرى، تتنافس الشركة بشكل مباشر مع مبادرات رفيعة المستوى وممولة بشكل أفضل مثل تلك الخاصة في ديب مايند واوبن إيه أي.

وسوف نتعمق أكثر في المسارات التي وضعتها هاتان الشركتان وفي السعي العام نحو الذكاء الاصطناعي الذي يماثل المستوى البشري في الفصل الخامس.

يتجلى أحد أهداف فيكاروس الرئيسية في بناء تطبيقات أكثر مرونة، أو كما يقول باحثو الذكاء الاصطناعي، أقل «هشاشة» من أنظمة التعلم العميق التقليدية، ويعد هذا النوع من القدرة على التكيف مطلباً حاسماً لأي روبوت من المتوقع أن يتعامل مع مجموعة متنوعة من المهام التي يقوم بها البشر حالياً. يعتقد ديليب جورج، الشريك التقني المؤسس لشركة فيكاروس، والذي قاد أبحاث الذكاء الاصطناعي في الشركة، أنّ بناء روبوتات قادرة على فهم بيئتها والتعامل معها يشكل نقطة انطلاق أساسية على طريق تحقيق المزيد من الذكاء العام. في أوائل العام 2020، كشفت الشركة عن أنّ تطوير الروبوتات متعددة الاستخدامات والموجهة نحو الخدمات اللوجستية والتصنيع، سيشكل استراتيجية الأعمال الأساسية التي ستتبعها على المدى القريب.

على الرغم من تحفظها في ما يخص التفاصيل، إلا أنّ فيكاروس تدّعي أنها طورت نظاماً مبتكراً للتعلم الآلي، مستوحى من وظيفة الدماغ البشري والذي تطلق عليه «الشبكة القشرية ذاتية الاستدعاء».[24] تنشر الشركة نظامها لتحريك الروبوتات التي وضعت في الإنتاج لعملائها الأوائل بالفعل، من بينهم قسم اللوجيستيات في شركة بيتني بووز وشركة مستحضرات التجميل سيفورا، حيث تتمتع روبوتات فيكاروس بقدرة رائعة على التطور خلال أدائها للمهام الموكلة إليها لتصبح أفضل بشكل ملحوظ في غضون ساعات من عملها الأولي.[25] إنّ الهدف من هذا هو إنشاء روبوتات قادرة، ليس فقط على انتقاء المواد من رفوف المخزون أو الصناديق، ولكن أيضاً على أداء مهام تتجاوز تلك وإنشاء آلات بقدرة كبيرة على التلاعب والتعامل مع ما حولها وذات استخدامات متعددة، حيث تتضمن قدراتها أداء مهام مثل فرز المواد وتعبئتها واستبدال العمال الذين يعتنون بآلات المصنع من خلال أجزاء تغذية داخلية وخارجية بالإضافة إلى تنفيذ أعمال التجميع الدقيقة. لقد جمعت فيكاروس تمويلاً لمشاريعها لا يقل عن 150 مليون دولار، كما تدعمها بعض الأسماء البارزة في وادي السيليكون، بما في ذلك إيلون ماسك، ومارك زوكربيرغ وبيتر ثيل، وكما أعتقد أنّك توقعت، جيف بيزوس.

كما تسعى فيكاروس أيضاً، بالتوازي مع التقدم الذي أحرزته في مجال الذكاء الاصطناعي، إلى اتباع نموذج الأعمال المبتكر «الروبوتات كخدمة»، والذي يثبت في النهاية أنّه كان مدمراً في مجموعة من الصناعات، فبدلاً من

بناء أو بيع الروبوتات الخاصة بها، تشتري فيكاروس الروبوتات الصناعية من شركات مثل إيه بي بي، وتدخل لها برنامج الذكاء الاصطناعي الخاص بها، ثم تؤجر هذه الروبوتات للشركات بطريقة مشابهة إلى حد ما من الطريقة التي توظف بها وكالة توظيف مؤقتة البشر، وبالنتيجة، لا يتعين على الشركات المتعاملة معها وضع استثمار مالي مقدماً والالتزام لمدة طويلة، والذي عادة ما يكون مرتبطاً بالروبوتات الصناعية، وبذلك، يعالج هذا بشكل مباشر أحد أكبر عيوب استخدام الروبوتات: وهو ارتفاع ثمن الآلات والتركيب والبرمجة، وبالتالي يستغرق الاستثمار وقتاً طويلاً ليحقق أرباحاً، ومع ذلك، تفتقر الروبوتات الصناعية التقليدية إلى المرونة والقدرة على التكيف مع القوى البشرية العاملة، عندما تتغير العمليات داخل المصنع أو المستودع، والذي قد يحدث غالباً، وأحياناً في غضون بضعة أشهر، عندها، يلزم إعادة برمجة الروبوتات باهظة الثمن، الأمر الذي يستغرق وقتاً طويلاً، وهذا أحد العوامل الأساسية التي تعوق نشر الروبوتات على نطاق واسع في هذه البيئات. لذلك، يعد اتباع نهج الروبوتات كخدمة مقترناً مع القدرة على تدريب الروبوتات بسرعة على أداء المهام الجديدة، دليلاً واضحاً على أننا نقترب من المستقبل حيث ستكون الروبوتات قابلة للتكيف بشكل كامل حالها كحال العمال البشر، ومن المرجح أن يغير ذلك من قواعد اللعبة في مجموعة متنوعة من الصناعات.

كما أنّ فيكاروس ليست الشركة الوحيدة التي أدركت مزايا نموذج العمل التجاري هذا، حيث تتبع شركة ناب الأسترالية لتكنولوجيا التشغيل الآلي نهجاً مماثلاً، مستخدمةً روبوتات تعمل ببرامج من شركة كوفاريانت. أخبر بيتر بوتشوين، المدير التنفيذي لشركة ناب، في كانون الثاني عام 2020 صحيفة نيويورك تايمز أن استراتيجية الشركة تتمثل في إعادة تقييم ثمن روبوتاتها باستمرار لتكون أقل كلفة من العمال البشر، فعلى سبيل المثال: «إذا دفعت شركة ما 40 ألف دولار أمريكي سنوياً للعامل، فستتقاضى شركة ناب قرابة 30 ألف دولار أمريكي مقابل تأجير الروبوت»، كما قال بوتشوين لصحيفة التايمز: «نحن نخفض السعر، وهذا في الأساس النظام الذي تسير عليه الأعمال التجارية، وبذلك لن يكون اتخاذ القرار صعباً جداً بالنسبة إلى الزبون». 26 بالطبع يضاف إلى التكلفة المنخفضة، حقيقة أن الروبوتات لا تأخذ إجازات ولا تمرض أبداً ولا تتأخر عن العمل إطلاقاً، وبشكل عام لا تعاني من أي من مشكلات مع الإدارة أو أي مضايقات مثل التي تحدث باستمرار مع العمال البشر.

رغم أنّ الروبوتات تصبح أكثر براعة إلى حدّ كبير، وتبدأ في الاقتراب بقدراتها من مستويات القدرات البشرية، فمن المحتمل أن يمر وقت طويل قبل أن تصبح هذه الآلات منتجات يمكن شراؤها لاستخدامها كمنتجات استهلاكية في المنازل، لكن بما أنّ الأمور أكثر قابلية للتوقع في بيئات مثل المصانع والمستودعات، فسيؤثر منطق الربحية والكفاءة بكل تأكيد على التوازن بين العمال والآلات، ومن المرجح أن يحدث الاضطراب في وقت أقرب بكثير مما كنا نتوقع، فكما رأينا، لم تصبح الروبوتات أكثر براعة في التلاعب المادي بما حولها فقط، ولكنّها أصبحت أيضاً أكثر مرونة وقابلية للتكيف، وهذا ما سوف يجعلها أكثر قابلية للنشر حتى في مجالات مثل التجميع الإلكتروني، حيث القدرة على تحويل الإنتاج لإنتاج سريع بهدف استيعاب الطلب على المنتجات الجديدة، وهو أمر بالغ الأهمية، ومن المرجح أن يكون كل هذا فصلاً مهماً من فصول تطور الذكاء الاصطناعي ليصبح أشبه بالكهرباء بفائدته ويتغلغل في كل جانب من جوانب الاقتصاد تقريباً.

في نهاية المطاف، ستصبح آثار الذكاء الاصطناعي المترتبة على التوظيف كبيرة، لا سيما وأنّ المستودعات ومراكز التوزيع كانت مركزاً مهماً نسبياً لإيجاد فرص العمل في السنوات الأخيرة عندما استمر التسوق عبر الإنترنت في تعطيل قطاع التجزئة التقليدي. يمكن أن يكون لكل هذا عواقب وخيمة وخصوصاً عندما يتزامن مع الفترة التي يحاول فيها المجتمع التعافي من التراجع الاقتصادي الذي بدأ يظهر. وبالمثل، طالما بقي هنالك أثار وعدوى بفيروس كورونا، أو خوف مستمر من الوباء القادم، واستمرت هذه الأمور كعاملٍ مؤثر أيضاً، فسيقدم الإنتاج الآلي حلولاً مغرية للمشاكل التي تنشأ بسببٍ مطالب التباعد الاجتماعي أو العمال الذين يتعرضون للمرض. سوف نستكشف ونتكلم عن التأثير المحتمل للذكاء الاصطناعي والروبوتات على الوظائف والاقتصاد بشكل كامل في الفصل السادس.

ثورة الذكاء الاصطناعي القادمة في محال التجارة بالتجزئة التقليدية والطعام السريع

في 3 كانون الأول من العام 2019، نشرت بلومبيرغ مقالاً بعنوان «الروبوتات في الممر الثاني»، والذي عرض لازدهار الذكاء الاصطناعي والروبوتات والتشغيل الآلي لدى تجار التجزئة في الولايات المتحدة، حيث أشار المقال، الذي كتبه المتخصص بالأعمال التجارية ماثيو بويل، إلى أنّ سلاسل البقالة الرئيسية كانت مهتمة بشكل خاص باعتماد تقنية جديدة من أجل تجنب ما اعتبرته تهديداً وجودياً محتملاً لها بسبب دخول أمازون الوشيك

إلى أسواقها. فقطاع البقالة الضخم، الذي قام بإدخال ماسحات الركوز الشريطية في أواخر السبعينات، يختبر آخر الابتكارات الرئيسية التي أدخلت إليه. وبشكل سريع، تعدّ «روبوتات مسح الرفوف، وبرامج التسعير الديناميكية، والعربات الذكية، وأنظمة الدفع عبر الهاتف المحمول، والمستودعات الصغيرة المشغلة آلياً الموجودة في أفنية المتاجر» من بين التقنيات الأخرى التي تركز على الذكاء الاصطناعي.[27]

مع ذلك، بدا القول الذي اقتبسه الكاتب من أحد المتخصصين في قطاع الصناعة ونشره في المقال، رسالة موجزة وواضحة لهم، حيث قال الرئيس التنفيذي لشركة تارجت: «لن ترى روبوتات في شركة تارجت في أي وقت قريب، فإنّ اللمسة الإنسانية للعمل لا تزال مهمة حقاً».[28] ولكن قبل يومين تقريباً من نشر المقال على موقع بلومبيرغ، ظهرت أول حالة موثقة لفيروس كورونا، كوفيد–19، في ووهان في الصين. وبالطبع توجب علينا أن نعيد النظر في جميع حساباتنا المتعلقة بالقيمة المتصورة «للمسة البشرية» على مدار الأشهر القليلة المقبلة، وإعادة تقييمها بسرعة لم نكن لنتخيلها في يوم من الأيام، ومن دون أدنى شك، سرّعت جائحة كورونا من عملية الدفع نحو التشغيل الآلي بشكل كبير في أي بيئة يتعامل فيها العمال البشر بشكل مباشر مع الزبائن تقريباً. في الحقيقة، سيكون هذا التوجه صحيحاً، ليس فقط بسبب المخاوف المتعلقة بالتباعد الاجتماعي والنظافة، ولكن نتيجةً لزيادة التركيز الحتمي على الكفاءة في أعقاب التراجع الاقتصادي الذي أحدثه الفيروس، وحتى بعد مرور وقت طويل على انتهاء الأزمة الحالية، ورغم أنّها قد تصبح من الماضي، فمن المؤكد تقريباً أنّه لن تنتهي أزمة الفيروس حتى يصبح اللقاح أو العلاج الفعّال متاحاً عالمياً، كما يبدو أنه من المحتمل جداً أن يتبين أنّ هذا التوجه نحو التشغيل الآلي لا رجعة فيه.

بدأ تجار التجزئة الذين تتراوح أحجام متاجرهم من متاجر البقالة المحلية الصغيرة إلى السلاسل الكبيرة الوطنية والإقليمية، يتحركون بقوة نحو نشر الروبوتات القادرة على أداء المهام المتخصصة. فعلى سبيل المثال، شهدت شركة برين، الشركة المصنعة للروبوتات ذاتية التحكم المتخصصة بتنظيف الأرضيات، قفزة كبيرة في المبيعات حيث ركّزت أزمة كورونا بشكل كبير وعاجل على الحاجة إلى تنظيف المتاجر بشكل جيد، وتوقعت سلسلة متاجر وول مارت للبيع بالتجزئة وضع آلات في أكثر من 1800 متجر في

الولايات المتحدة بحلول نهاية عام 2020 [29]. تستفيد سلسلة متاجر البيع بالتجزئة العملاقة هذه أيضاً من آلات الفرز التي تساعد في تنظيم منتجات التخزين لديها والتي تصل حديثاً حسب القسم أثناء تحميلها من الشاحنات. وبالمثل، يستثمر تجار التجزئة في روبوتات المسح الضوئي للبضائع التي تجوب ممرات المتجر، فقد خططت شركة وول مارت إلى إدخال هذه الآلات التي يبلغ ارتفاعها ست أقدام ومجهزة بخمسة عشر كاميرا لتفحص الرفوف بشكل ذاتي ومسح الرموز الشريطية للمنتجات، في ما لا يقل عن ألف متجر بحلول صيف عام 2020 [30]. حيث تُنقل البيانات التي تجمعها الروبوتات إلى خوارزميات تتعقب مخزون المتجر وتنبه العمال على الفور إلى الحاجة إلى إعادة تخزين مواد معينة، فقد أظهرت التحليلات التجارية أنّ المواد غير المتوفرة بالمخزون ترتبط ارتباطاً مباشراً بانخفاض المبيعات في المتجر، لذلك تتيح روبوتات المخازن زيادة فورية للأرباح مع توفير تجربة أفضل للزبائن. في الواقع، تستخدم خوارزميات التعلم الآلي لإدارة كل شيء داخل المتجر من مستويات المخزون إلى اختيار المنتج ووضع أصناف معينة داخل المتاجر. تسمح هذه التقنيات لتجار التجزئة الفعليين بالبدء في الاستفادة من الذكاء الاصطناعي الذي تستخدمه أمازون بشكل فعّال للغاية في أعمال التسوق عبر الإنترنت.

من بين أكثر الاتجاهات الحديثة إثارة هو إدخال ما يسمى «بمراكز تلبية الطلبات المصغرة» في الجزء الخلفي من متاجر البقالة التقليدية إلى السوق، حيث توفر هذه المرافق، التي أنشئت بواسطة عدد من الشركات الناشئة، بما في ذلك شركة تيك أوف تيكنولوجيز وشركة فابريك، إمكانات تنفيذ من قبل الروبوتات يمكن مقارنتها من نواح كثيرة بما هو موجود في مراكز التوزيع الأكبر بكثير من التي بنتها شركات مثل أوكادو، حيث تتيح مراكز تلبية الطلبات المصغرة لمحلات البقالة التعامل بكفاءة مع عمليات التسليم عبر الإنترنت، فمن الممكن أن تُجهز ما يصل إلى 4 آلاف طلب في الأسبوع.[31] ومن خلال فصل العمليات عبر الإنترنت عن المتجر الرئيسي، تتيح هذه التقنية لبائعي البقالة بتجنب إرسال موظفي المتجر إلى الممرات التي يحتمل أن تكون مزدحمة لانتقاء البضائع مع تقليل الضغط على البضائع في مناطق الزبائن بالمتجر والتي قد تكون بدأت بالنفاد بالفعل في عصر فيروس كورونا والهلع لشراء ورق الحمام، وعلى الرغم من افتقار مراكز تلبية الطلبات الصغيرة إلى وفورات الكميات التي تكسب المستودعات المستقلة الأكبر حجماً ميزة في

التكلفة، تتقلص النفقات وحجم رأس المال المطلوب دفعه مقدماً بالإضافة إلى الوقت اللازم لإدخال هذه التقنيات في المتاجر الحالية، وهي ميزات مهمة للسلاسل الصغيرة أو المتاجر المستقلة.

بشكل عام، توفر الروبوتات التي نُشرت في محلات البيع بالتجزئة نقاط القوة والقيود ذاتها التي نراها في المستودعات الكبيرة أو المصانع، حيث تنقل الآلات المواد بكفاءة في الجزء الخلفي من المتجر وتفرزها، كما تتنقل في الممرات وتنظف الأرضيات، وحتى إنها تمسح الرموز الشريطية للمنتجات، لكن ما لا يمكن لهذه الروبوتات فعله في الوقت الحالي هو تخزين الرفوف. إنّ القيد الحقيقي الذي يعيق انطلاق ثورة روبوتية أكثر انتشاراً، هو البراعة، فكما لا تستطيع الروبوتات حتى الآن اختيار مجموعة متنوعة من الأصناف من الرفوف في المستودعات، فهي لا ترقى أيضاً إلى تنفيذ المهام الأكثر دقة والمتمثلة في وضع المنتجات على رفوف البيع بالتجزئة، وبالطبع، من المحتم أن يتغير هذا عندما تظهر الروبوتات الماهرة حقاً.

لاحظ أيضاً، أن النموذج الشامل لأعمال البيع بالتجزئة يتغير، حيث تتعرض معظم المتاجر التقليدية لضغوط مستمرة من قبل شركة أمازون وتجار التجزئة الآخرين عبر الإنترنت أيضاً، لذلك يبدو أنّه من المحتوم أن تستمر المبيعات في التحول تدريجياً بعيداً عن بيئات البيع بالتجزئة التقليدية نحو مراكز التوزيع الضخمة والمشغلة آلياً التي يديرها مزودو التجارة الإلكترونية، وحتى في قطاع البقالة، تزداد شعبية الطلب والتسليم عبر الإنترنت، وقد تسارعت بشكل كبير بسبب حاجة الجميع تقريباً إلى البقاء في المنزل خلال ذروة أزمة فيروس كورونا. ومع مضي الوقت، سنرى ما إذا كان هذا التحول في تفضيلات المستهلكين للطلب عبر الإنترنت ثابتاً، لكن نُرجح أن يكون هذا التحول دائماً إلى حدّ ما بمجرد اعتياد الزبائن على الراحة الناتجة عن توصيل البقالة إلى عتبات منازلهم، وهذا يمكنه أن يؤدي إلى إعادة هيكلة عامة لمحلات البيع بالتجزئة الخاصة بالبقالة، فستصبح العمليات الآلية في الجزء الخلفي من المتجر أكثر أهمية نسبياً، وستتقلص مساحة ممرات التسوق الخاصة بالزبائن، وأيضاً كمية المنتجات فيها. في النهاية، قد نشهد ظهور متاجر بقالة على هيئة مستودعات كبيرة تؤمن توصيلاً فورياً لعملية التوصيل أو اختيار المنتجات، وقد يحدث هذا في الأجزاء الصغيرة حيث يستطيع الزبائن تفقد المنتجات المعروضة قبل الطلب من خلال نافذة مخصصة أو جهاز محمول.

أحد التوجهات المهمة في مجال التشغيل الآلي لمحال البيع بالتجزئة، والذي لا يتطلب أي مهارة متقنة من الروبوت، أو لا يتطلب حتى أي أجزاء

روبوتية متحركة على الإطلاق، هو المتاجر الخالية من أمناء الصندوق حيث يدخل المتسوقون إليها ببساطة، ويختارون المنتجات من الرفوف، ثم يغادرون من دون أن يضطروا للوقوف في طابور الدفع، أو الذهاب لأمين صندوق، ومن دون وجود آلية دفع واضحة. لقد ظهر هذا المفهوم للمرة الأولى مع انتشار متاجر أمازون غو في العام 2018، حيث يدخل الزبائن إلى هذه المتاجر التي تبلغ مساحة الواحد منها 200 متر مربع عن طريق تفعيل تطبيق على هواتفهم الذكية أولاً، ثم مسحه ضوئياً أثناء مرورهم عبر محطة مرور فرعية بالباب الدوار بمجرد وصولهم إلى المتجر، ثم يختارون البضائع من الرفوف ويضعونها في حقيبة التسوق الخاصة بهم مباشرةً. لقد تطبق هذا الأمر، وحقق نجاحاً بفضل تركيبةٍ رائعةٍ ومتكاملةٍ من أجهزة الاستشعار والكاميرات المتجمعة في السقف والمنتشرة في جميع أنحاء المتجر، وعلى الرغم من أنّ أمازون تتكتم بشأن التفاصيل، إلّا أن كاميراتها تملك القدرة على تتبع البضائع بدقة في الوقت الذي يلتقطها المتسوقون من الرفوف، كما تُعالج البيانات التي تصل من الكاميرات بواسطة أنظمة التعلم العميق التي تستخدم قدرة التعرف إلى الصورة لتسجيل مشتريات كل زبون في المتجر بشكل موثوق أثناء تنقله عبر الممرات لاختيار المواد.

إن التكنولوجيا ليست مثالية، فقد تحدث بعض الخسائر بالفعل، لكن يلاحظ أنّه من الصعب خداع النظام عمداً، فعلى سبيل المثال، يمكن للزبون أخذ منتج ما ثم وضعه مرة أخرى على الرف، ربما في مكان مختلف، ثم أخذه مرة أخرى، وسيظل هذا المنتج الذي اشتراه الزبون مجدولاً بشكل صحيح، كما أنّه نادراً ما تنجح محاولات السرقة العلنية، مثل حجب صنف قبل إخراجه من الرف أو وضعه بسرعة في الجيب بدلاً من حقيبة التسوق، فبمجرد أن يغادر المتسوق المتجر، ويخرج مرة أخرى من الباب الدوار المنظم للدخول، يجري تحميل المشتريات تلقائياً على حساب أمازون الخاص بالزبون.[32]

أنشأت أمازون متاجر غو الصغيرة للبقالة في ستة وعشرين موقعاً في المدن الأميركية الكبرى، وبحسب أحد التقارير تدرس أمازون إمكانية فتح ما يصل إلى ثلاثة آلاف متجر في جميع أنحاء الولايات المتحدة في نهاية المطاف.[33] وقد أعلنت الشركة عن أول متجر بقالة من الحجم الكبير ومن دون صندوق محاسبة في شهر شباط عام 2020، يقع هذا المتجر الكبير في ضاحية كابيتول هيل في سياتل، وتزيد مساحته عن 950 متراً مربعاً، ويحتوي على أكثر من خمسة آلاف منتج، وعلى الرغم من أن أمازون تعتبر، كالعادة، اللاعب الأكثر شهرة في هذا القطاع، إلا أن عدداً من الشركات الناشئة

تتسابق لإدخال هذه التقنيات إلى السوق، على سبيل المثال شركة إكسيل روبوتيكس التي تلقت مبلغ 30 مليون دولار من رأس المال الاستثماري من أجل تمويل تقنيتها «التقط واذهب» في كانون الأول عام 2019، ومن بين الشركات الناشئة الأخرى شركات مثل: تريغو، وستاندرد كوغنيشن، وغرابانغو، وقد جمعت جميعها ما لا يقل عن 10 ملايين دولار من المستثمرين.[34] وبحسب ما يقال، رخّصت أمازون تقنيتها لتجار التجزئة الآخرين.[35] بعبارة أخرى، نحن على وشك أن نشهد سوقاً نابضة بالحياة وذات قدرة تنافسية عالية للتكنولوجيا التي تشغل المتاجر من دون محاسبين أو ممرات تحقق، وفي ضوء هذا، من الواضح أن مجموعة متنوعة من تجار التجزئة الحاليين سيتوجهون نحو اعتماد النموذج الجديد.

إذا اكتسبت المتاجر التي تعمل من دون أمناء صناديق شعبية، فستمتلك القدرة حينها على إطلاق العنان لاضطراب كبير في قطاع الصناعة، الأمر الذي سيعرض في النهاية وظائف أكثر من ثلاثة ملايين ونصف المليون من أمناء الصناديق في الولايات المتحدة وحدها لخطر كبير. إلى جانب تأمين المزيد من الراحة والوقت الذي توفره هذه العملية نتيجة عدم الوقوف في طوابير المحاسبة، قد تكون هذه المتاجر خياراً مناسباً للمستقبل بعد فيروس كورونا بشكل خاص، لأنّها توفر طريقة دفع من دون لمس ومن دون الحاجة إلى الاقتراب من أي عامل بشري. المفارقة هنا، أن أمازون أغلقت مؤقتاً معظم متاجر غو التابعة لها مع انتشار فيروس كورونا، غالباً لأن المتاجر تحظى بشعبية كبيرة لدرجة أنها تجتذب صفوفاً طويلة من المتسوقين، ومع ذلك، تبدو هذه التكنولوجيا مناسبة جداً، على المدى الطويل لعالم يكون فيه للتباعد الاجتماعي أهمية عظيمة، لبعض الوقت على الأقل.

هناك قطاع آخر أعتقد أنه سيكون للتشغيل الآلي من خلال الروبوتات فيه أثر كبير في المستقبل القريب نسبياً، وهو صناعة الوجبات السريعة، فعلى سبيل المثال، تبذل ماكدونالدز جهداً كبيراً لتثبيت أكشاك الطلب عبر الشاشات التي تعمل باللمس في مطاعمها في جميع أنحاء العالم. وبحسب المعلومات الواردة، لقد أنفقت الشركة قرابة مليار دولار على هذه الأجهزة عام 2019 ومن المتوقع تثبيتها في جميع مواقعها في الولايات المتحدة تقريباً.[36] إن الأكشاك الآلية موجودة بالفعل في جميع مطاعم ماكدونالدز الأوروبية.

يُحتمل أيضاَ أن تشهد الوظائف التي يؤديها الموظفون في الجزء الخلفي من المطعم، كوظائف طهو الطعام وتحضيره، زيادة في التشغيل الآلي في المستقبل القريب، فقد أصبحت هذه الوظائف، بشكل كبير، دون مستوى الكفاءة أساساً، وقُسمت إلى سلسلة من المهام الروتينية جداً، وهو جزء من الاستراتيجية الصناعية للإبقاء على الأجور منخفضة والتكيف مع معدلات دوران الموظفين التي كانت تصل إلى 150 بالمئة عام 2019. [37] كما أنّ الطبيعة الميكانيكية لهذه الوظائف تتيح إلى حدّ كبير الاستعاضة عن العمال تدريجياً بالآلات.

من أكثر الأمثلة التي حققت نجاحاً حتى الآن هي شركة كرييتور الربحية مقرها مدينة سان فرانسيسكو، حيث يستطيع الروبوت المتطور والمصمم بشكل جميل في أول مطعم للشركة في المدينة بمنطقة ساوث أوف ماركت إعداد شطيرة هامبرغر عالية الجودة كل ثلاثين ثانية، حيث يحدد الزبائن شطيرة البرغر التي يريدونها ويطلبونها من خلال تطبيق على الهاتف المحمول، بعد ذلك، ينتج الروبوت الهامبرغر بشكل آلي بالكامل من البداية إلى النهاية، فلا يلمس أي إنسان الطعام أثناء عملية الإنتاج على الإطلاق، كما يضيف الروبوت بعض الميزات التي قد لا تجدها في المطاعم الراقية والتي يعمل بها طهاة بشريون، فاللحم مطحون حديثاً، والجبن مبشور طازجاً لكل قطعة برغر، كما يطحن الكعك ويُقطّع الخضروات حسب الطلب. في النهاية، تبيع شركة كرييتور البرغر الخاص بها مقابل ستة دولارات فقط، أي بنصف سعر ما تتوقع أن تدفعه مقابل الجودة المماثلة في مطاعمها. لا تتمثل إستراتيجية الشركة في صنع هامبرغر آلي رخيص الثمن، بل تتمثل في تقليل تكاليف العمالة كوسيلة لزيادة الاستثمار في جودة الغذاء، حيث تخصص شركة كرييتور أربعين بالمئة من التكاليف على جودة الطعام، بينما قد ينفق مطعم نموذجي ثلاثين بالمئة فقط.[38]

اتضح أنّ تطوير وصنع روبوت قادراً على إنتاج الهامبرغر عالي الجودة بشكل آلي بالكامل ليس بالمهمة التافهة، تأسست شركة كرييتورعام 2012، وقد كتبتُ عن الشركة التي كانت تسمى حينها مومنتم ماشينز في كتابي نهضة الروبوتات الذي صدر عام 2015، حيث استغرق تجهيز هذا الروبوت أكثر من ست سنوات من العمل في هندسة الأجهزة، والبرمجيات، والتصميم، والاختبار ليدخل في النهاية في عملية الإنتاج، وتفتتح في حزيران عام 2018 مقرها في سان فرانسيسكو، ومع ذلك، فإن الشركة، التي تلقت تمويلاً من

شركة غوغل فينشرز وغيرها من كبرى شركات رأس المال الاستثماري في وادي السيليكون، قد تكون مستعدة للتوسع بسرعة، ويمكنها أن تعمل على ترخيص تقنيتها هذه للعمل في مطاعم أخرى.

يحتمل أن تنضم شركة كرييتور، باستراتيجيتها المتمثلة في الاستفادة من التشغيل الآلي لإنتاج الهامبرغر عالي الجودة، إلى مجموعة متنوعة من الشركات الناشئة الأخرى التي تعمل بدلاً من ذلك على تطوير روبوتات لإنتاج هامبرغر سلعي رخيص، ففي النهاية، أعتقد أنّ بدء سلاسل الوجبات السريعة الكبيرة والمطاعم المستقلة الأصغر في إدخال هذه التقنيات أمر محتوم، فبمجرد أن يشرع أحد اللاعبين الرئيسيين في هذا القطاع بذلك، ويتمكن من الاستفادة من التكنولوجيا، ستضمن العملية التنافسية فعلياً إدخال التشغيل الآلي على نطاق واسع.

لن يقتصر تأثير التشغيل الآلي على صناعة الهامبرغر فقط، حيث سيجد رواد الأعمال أساليب فعّالة لنشر التوجه نحو استخدام الروبوتات في صناعة كل شيء من البيتزا إلى سندويشات التاكو، وحتى إلى مشروب القهوة المفضل لديك، بالطبع، قد تنعكس المقولة التقليدية القائلة إن الزبائن يميلون إلى تفضيل التفاعل مع الموظفين البشريين على التعامل مع الروبوتات إلى حد ما رأساً على عقب في مثل هذا النوع من البيئات في أعقاب أزمة فيروس كورونا، حيث يوفر، بشكل مفاجئ، روبوت يمكنه صنع طعام جاهز بالكامل مع غياب تام للتواصل البشري مزايا تسويقية كبيرة، وبينما أكتب هذا، تعتمد العديد من المطاعم في جميع أنحاء العالم إلى حد كبير على خدمة الطلبات الخارجية، وفي حال استمرت جائحة كورونا في التوسع، قد تتحول تفضيلات المستهلكين نحو الطلبات الخارجية بدلاً من تناول الطعام في المطاعم، وهذا سيؤدي إلى تقليل المزايا التي يوفرها التفاعل البشري وتغيير نماذج الأعمال وهيكلية التكاليف في المطاعم، وربما تسريع عملية الانتقال إلى التشغيل الآلي في هذا المجال بالكامل.

الذكاء الاصطناعي في قطاع الرعاية الصحية

على مدى نصف القرن بين عامي 1970 و2019، تضاعفت نسبة الإنفاق على الرعاية الصحية كنسبة من الناتج المحلي الإجمالي في الولايات المتحدة أكثر من الضعف، حيث تضاعف الإنفاق من نسبة سبعة بالمئة إلى ثمانية عشر بالمئة تقريباً.[39] ورغم أنّ المنحنى التصاعدي للرسم البياني لنفقات الرعاية الصحية في البلدان المتقدمة الأخرى ليس شديداً، وأرقام الإنفاق الحالي لديها أقل مما هي عليه في الولايات المتحدة، لكنّ القصة هي نفسها إلى حدّ كبير.

فعلى سبيل المثال، هناك دول تضاعف فيها الإنفاق على الرعاية الصحية مثل ألمانيا، وسويسرا، والمملكة المتحدة، واعتُبر هذا الإنفاق جزءاً من الناتج المحلي الإجمالي على الأقل خلال الفترة ذاتها.[40] كان الدافع الرئيسي لهذا التوجه العالمي هو ما يُعرف باسم «مرض التكلفة» أو تأثير بومول، وهي ظاهرة بحثها الاقتصاديان ويليام بومول ووليام بوين، اللذان وصفا هذه الظاهرة في كتاب صدر عام 1966 ركزا فيه على مرض التكلفة في قطاع الفنون.[41]

تكمن الفكرة الرئيسية وراء مرض التكلفة في أن قطاعات معينة من الاقتصاد، أبرزها الرعاية الصحية والتعليم العالي، تتطلب جهوداً غير اعتيادية كبيرة وغير قابلة للتطور من العمال ذوي المهارات العالية، ونتيجة لذلك، لم تشهد هذه القطاعات زيادات في الإنتاجية المتجسدة في الاقتصاد بإطاره الأوسع. فعلى سبيل المثال، تضاعفت جهود عامل التصنيع الفردي بشكل كبير مع تقدم التشغيل الآلي المستمر في المصانع، كما ينطبق الأمر ذاته على قطاعات مثل البيع بالتجزئة والوجبات السريعة، حيث أدى إدخال التكنولوجيا الجديدة، بالإضافة إلى اتباع أساليب تنظيم أماكن العمل الأكثر فعالية وتقنيات الإدارة ونماذج الأعمال، بما في ذلك ظهور المتاجر «العملاقة» والتسوق عبر الإنترنت، إلى تعزيز الإنتاجية أيضاً. وعلى الرغم من ذلك، لا يزال المرضى في مجال الرعاية الصحية بحاجة إلى اهتمام فردي وخاص من قبل الأطباء والممرضات وغيرهم من العاملين ذوي المهارات العالية. من المؤكد أنّه قد زادت المعارف والتكنولوجيا الجديدة من جودة الرعاية الصحية، وأدت إلى نتائج أفضل بكثير للمرضى، ولكن ذلك لم يؤدِ حتى الآن، إلى مضاعفة جهود العاملين في مجال الرعاية الصحية بالطريقة التي تضاعفت فيها جهود عمال المصانع، ومع ذلك، كان لا بد من ارتفاع الأجور في قطاع الرعاية الصحية لمواكبة ما يكسبه العاملون في الصناعات الأكثر إنتاجية، فقد كان من المرجح أن يتخلى الأطباء والممرضون عن وظائفهم من دون تلك الزيادة لصالح فرص أكثر إغراءً في أماكن أخرى. والنتيجة، أنّ تكاليف الرعاية الصحية أصبحت تهيمن على جزء أكبر من الاقتصاد.[42]

إن واحداً من أعظم الفرص والتحديات بالنسبة إلى الذكاء الاصطناعي هو إيجاد علاج لمرض تكلفة الرعاية الصحية، فهل سيشكل الذكاء الاصطناعي التكنولوجيا التي ستؤدي أخيراً إلى تسطيح منحنى الإنفاق على الرعاية الصحية، وذلك من خلال زيادة الإنتاجية في جميع أنحاء هذه الصناعة؟ صحيح

أنّ ذلك لم يحدث بعد، لكن وبكل تأكيد هناك أسباب وجيهة تدعونا للتفاؤل بأنّه سيكون للذكاء الاصطناعي تأثير كبير على المدى الطويل.

بالفعل، حققت الروبوتات نجاحات كبيرة في المستشفيات، لكنّها تخضع للقيود الأساسية ذاتها التي شهدناها وتكلمنا عنها في ما يخص بيئات المستودعات ومحال البيع بالتجزئة، فعلى سبيل المثال، تتزايد شعبية روبوتات التعقيم بسرعة، فبإمكان هذه الآلات إنشاء خريطة افتراضية لغرفة في مستشفى، والتنقل فيها بشكل ذاتي وتوجيه الأشعة فوق البنفسجية على كل سطح، ثم التأكد من أنّها عقمت جميع الأسطح، فعلى عكس العامل البشري، لا تفوت الروبوت أي مكان من دون أن يعقمه، حيث تدمر الأشعة فوق البنفسجية الحمض النووي الريبي للفيروسات والبكتيريا، وهذا ما يتيح تعقيماً شاملاً لغرفة عادية في غضون خمسة عشر دقيقة أو ما يقارب ذلك، وقد ثبت أنّ هذا الإجراء أكثر فعالية بكثير من استخدام المعقمات السائلة، خاصة وأنّ بعض «الجراثيم القوية» الأكثر خطورة تطورت لتتمكن من مقاومة هذه المواد الكيميائية. وقد شهدت إحدى الشركات المصنعة لهذه الروبوتات، وهي شركة زينيكس التي يقع مقرها في مدينة سان أنطونيو، زيادة في الطلب على روبوتات التعقيم بلغت نسبتها 400 في المئة خلال الأشهر الثلاثة الأولى لجائحة كورونا.[43]

تنتقل روبوتات زينيكس بشكل ذاتي في ممرات ومصاعد المستشفيات لتوصل الأدوية والبياضات والمستلزمات الطبية للمرضى، كما تستطيع الروبوتات حمل الأحمال الثقيلة والعودة بشكل دوري إلى محطات الشحن لتعبئة بطارياتها. وبالمثل، زادت روبوتات الصيدليات الضخمة، التي تعد آلاف الوصفات الطبية وتوزعها بدقة واحترافية، من الكفاءة، وقللت من الأخطاء المتعلقة بالدواء في المستشفيات الكبرى، حيث تعمل هذه الروبوتات على إتمام المهمة بشكل آلي بالكامل. من اللحظة التي يُدخل بها الطبيب الطلب في نظام الحاسوب الخاص بالمستشفى إلى تسليم الطلب، فلا يلمس أي إنسان الدواء، إلا بعد أن تعبئ الروبوتات الدواء، وتضع عليه ملصق رمز شريطي للتتبع، كما يتحقق النظام أيضاً من مخزون الصيدلية، ويرسل بشكل تلقائي أمر طلبات للأدوية الجديدة بشكل يومي.[44]

تعتبر هذه تطورات مهمة، ولكن مجدداً تقتصر هذه التطورات على أكثر جوانب العمل الروتينية التي يجب أداؤها في بيئات الرعاية الصحية، فليس هناك روبوتات يمكنها أداء التدخلات عالية المهارة المطلوبة من الأطباء

والممرضات. صحيح أنّ الروبوتات الجراحية الشبيهة بنظام دافنشي أصبحت شائعة للغاية، ويمكنها أن تزيد من قدرات الجراحين، لكنّها ليست ذاتية التحكم، بل يتحكم بها الطبيب الذي كان يجري العملية يدوياً، وبذلك تكون النتيجة أفضل بالنسبة إلى المريض، لكن الوقت المطلوب من الجراح والفريق الطبي المرافق لم يختصر بشكل كبير، كما يمثل التحكم الذي يقوم به الأطباء والممرضون تحدياً غير عادياً بالنسبة إلى الذكاء الاصطناعي بما أنّه يتطلب مهارة شديدة مصحوبة بمهارات حل المشكلات والتعامل مع الآخرين، فضلاً عن القدرة على التعامل مع بيئة لا يمكن توقعها، بما أن كل مريض يختلف عن الآخر، وكل حالة تختلف عن الأخرى، وبقدر ما تثير الروبوتات التي تعمل في مجال الرعاية الصحية القلق، فإنّ تأثير زيادة الإنتاجية الذي شهدناه في المصانع أو المستودعات غالباً ما سنراه في قطاع الرعاية الصحية، لكن في المستقبل البعيد، فهو لا يتطلب تحسين مهارة الروبوتات بشكل كبير، بل يتطلب ذكاءً عاماً اصطناعياً أو شيئاً شبيهاً به إلى حدّ كبير.

نظراً لمحدودية الروبوتات المتحركة، يرجح ألا يظهر أي تأثير كبير للذكاء الاصطناعي على المدى القريب على الرعاية الصحية في الأنشطة التي لا تتطلب أجزاء متحركة، بمعنى آخر، سيكون للذكاء الاصطناعي بصمته في معالجة المعلومات وفي المساعي الفكرية البحتة، مثل التشخيص أو تطوير خطط العلاج، كما يعد مجال تفسير الصور الطبية باستخدام تقنيات الرؤية الآلية مجالاً واعداً بشكل خاص، وقد أظهرت عدة دراسات أنّ أنظمة التعلم العميق قادرة، في كثير من الحالات، على مماثلة أو تجاوز قدرات أخصائيي الأشعة البشر. فعلى سبيل المثال، أظهرت دراسة نشرها فريق من الباحثين من غوغل، والعديد من كليات الطب في العام 2019 أن نظام التعليم العميق قد تمكن من التغلب على أطباء الأشعة في تشخيص سرطان الرئة من خلال تحليل الأشعة المقطعية، كما كان نظام غوغل دقيقاً بنسبة 94.4 بالمئة، وتفوق في الأداء على جميع أطباء الأشعة الستة المسؤولين في الحالات التي لم يُجرَ فيها فحص مسبق بالأشعة المقطعية للمريض لمقارنته بها، وعندما كان هنالك صور أشعة مسابقة متاحة للمقارنة «تساوت الروبوتات بقدراتها مع أطباء الأشعة ذاتهم». 45 بالمثل، جرى استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي الإشعاعي على أساس طارئ في بعض الحالات عندما كانت المستشفيات تعاني من الضغط الشديد بسبب فيروس كورونا، وسط نقص في اختبارات كوفيد–19، وأصبحت صور الأشعة السينية للصدر التي تُظهر دليلاً على الالتهاب الرئوي الذي غالباً ما كان سببه الفيروس تقنية بديلة مهمة للتشخيص، وواجهت بعض المستشفيات تراكماً للأعمال غير المنجزة وهذا ما

أخر ظهور النتائج لما يزيد عن ست ساعات أو أكثر، كما كافح أطباء الأشعة لتحليل الصور، لذلك تمكنت شركتا تصنيع أدوات تشخيص الذكاء الاصطناعي، كيور إيه إي التي يقع مقرها في مدينة مومباي والشركة الكورية لونيت، من إعادة معايرة أنظمتهما بسرعة للتركيز على فيروس كورونا.

وجدت إحدى الدراسات أن نظام كيور.إيه إي كان دقيقاً بنسبة 95 بالمئة في التمييز بين كوفيد–19 والحالات الأخرى التي تسبب الالتهاب الرئوي.[46] لذلك قادت نتائج كهذه إلى زيادة الحماس بشأن هذه التقنيات والذي يمكن أن يتحول أحياناً إلى ضجيج إعلامي، كما يُنظر غالباً إلى أنظمة الذكاء الاصطناعي هذه بمن فيهم بعض خبراء التعلم العميق، على أنّها هبة ستحل محل أطباء الأشعة البشريين تماماً في المستقبل القريب نسبياً، حيث قال جوفري هينتون الحائز على جائزة تورنغ، والذي يمكننا القول عنه أنه أبرز مناصري التعلم العميق، في عام 2016: «يجب أن نتوقف عن تدريب أخصائيي الأشعة الآن» وذلك لأنّه «من البديهي أنّه في غضون خمس سنوات، سيصبح التعلم العميق أفضل من أطباء الأشعة في هذا المجال». وقارن هينتون أيضاً الأطباء بـنقار الخشب وايل إي كايوت وهو شخصية كرتونية مشهورة لأنه كثيراً ما كان يجد نفسه «على حافة الهاوية» قبل أن ينظر إلى الأسفل ثم يسقط في الهاوية.[47] لكن في الوقت الذي أكتب فيه هذا الكتاب، أي بعد أربع سنوات من تصريح هينتون، لا أجد دليلاً على البطالة المزعومة لأطباء الأشعة والتي كانت تلوح في الأفق بحسب ما صرح به هينتون. في الحقيقة، يرفض الأطباء الذين يمارسون هذه المهنة بقوة الكلام القائل إنّ مهنتهم ستختفي قريباً، ففي شهر أيلول عام 2019، نشر أليكس برات، وهو طبيب في قسم الأشعة في كلية الطب بجامعة ستانفورد، تعليقاً بعنوان: «لماذا لا يخاف أطباء الأشعة من التعلم العميق؟» حيث أوضح أن أنظمة الأشعة التي تعتمد على التعلم العميق، تفتقر إلى المرونة ومنطق الشمولية، وتقتصر بشكل عام على الحالات البسيطة، حيث كتب: «لا تمتلك هذه الأنظمة القدرة على دمج المعلومات بدءاً من الملاحظات السريرية، والقيم المختبرية، والصور السابقة وما شابه ذلك، ونتيجة لذلك، لم تتفوق هذه التكنولوجيا سوى في تشخيص الأشياء التي يمكن اكتشافها بدقة عالية وحساسية باستخدام صورة واحدة فقط – أو عدة صور متجاورة – من دون الوصول إلى المعلومات السريرية أو الدراسات السابقة».[48] بالنسبة إليّ أعتقد أنّ جيف هينتون أراد القول إنّه سيجري التغلب على هذه القيود بكل تأكيد، كما أعتقد أنّه من المرجح جداً أن يكون محقاً على

المدى الطويل، لكنني أعتقد أنّ هذه العملية ستجري بشكل تدريجي وليس بشكل صادم يسبب اضطراباً.

هناك حقيقة أخرى، وهي أنّ هناك مجموعة متنوعة من العقبات التي تتجاوز قدرة التكنولوجيا نفسها على حلها، والتي يُحتمل أن تجعل وضع أخصائيي الأشعة، أو أي أخصائيين آخرين، على قائمة البطالة في أي وقت قريب أمراً صعباً للغاية. فكل جانب تقريباً من جوانب الرعاية الصحية، يخضع لتنظيم شديد، من قبل كيانات متعددة ذات سلطة متداخلة في بعض الأحيان، ولذلك إنّ إخراج الأطباء المرخصين من هذه الحلقة بشكل كامل لن يتحقق بسهولة، حيث تمنح المنظمات مثل الجمعية الطبية الأمريكية الأطباء قدرة على التحكم في مصيرهم أكبر بكثير مما لدى معظم العمال الآخرين في المجالات الأخرى، ويجب ألا ننسى المسائل المهمة الأخرى المتعلقة بالمسؤولية، فمن الممكن أن ينتج عن خطأ يعود بنتيجة سيئة على المريض رفع دعوى قضائية بحجة سوء الممارسة بكل بساطة، حالياً، تتوزع هذه المسؤولية على آلاف الأطباء.

من شأن إنجاز العمل بواسطة جهاز أو خوارزمية جرى تطويرها والتسويق لها من قبل شركة غنية، أن يركز المسؤولية، الأمر الذي قد يحفز لرفع الكثير من الدعاوى القضائية، لكن يمكن القول إنّه من الممكن حل هذه القضايا على المدى الطويل، لكنّني لا أعتقد أنّ السؤال الذي يجب أن نطرحه في المستقبل القريب هل سيحل الذكاء الاصطناعي محل أخصائيي الأشعة، بل إنّ السؤال هو هل يمكن زيادة إنتاجيته بشكل كبير؟ وإذا سمح التعلم العميق لأخصائيي الأشعة بتحليل المزيد من الصور بشكل كبير خلال فترة زمنية محددة بينما يوفر رأي ثانٍ فوري الأمر الذي يقلل من معدل الخطأ، فإنّ ذلك سيزيد من جهود الأطباء، وقد يؤدي بمرور الوقت إلى اختيار طلاب الطب تخصصاً مختلفاً استجابةً لطلب السوق الطبيعي لخدماتهم.

من المؤكد، أن الصور المرئية لا تُعد الشكل الوحيد للمعلومات المتاحة لخوارزميات التعلم العميق، فقد أدى الانتقال إلى العمل بالسجلات الطبية الإلكترونية إلى توليد كم هائل من البيانات التي تناسب، من نواح كثيرة، وبشكل مثالي، تطبيق الذكاء الاصطناعي. لذلك، قد تؤدي الاستفادة من هذه الموارد، بأساليب تهدف إلى تحسين الكفاءة وخفض التكاليف إلى نتائج أفضل للمرضى، إنها الفرصة الوحيدة الواعدة على المدى القريب للذكاء الاصطناعي في مجال الرعاية الصحية، وحسب بعض الروايات، تعد الأخطاء الطبية السبب الرئيسي الثالث للوفاة في الولايات المتحدة، ولا يتفوق عليها

سوى السرطان وأمراض القلب، فعدد الأميركيين الذين يموتون نتيجة أخطاء طبية يمكن تفاديها يبلغ 400 ألف شخص[49]. وقد انتشرت بشكل خاص الحوادث المؤسفة الناتجة عن إعطاء دواء غير ملائم أو جرعة خاطئة، ففي دراسة أجريت عام 2019، أطلقت شركة ميدآوير الناشئة تطبيقاً للذكاء الاصطناعي بناءً على قاعدة بيانات ضخمة تضم ما يقارب 750 ألفاً من حالات التداخلات الدوائية للمرضى التي حدثت في مستشفى بريغهام ومستشفى النساء في بوسطن خلال عامي 2012 و2013، وقد وضع النظام علامة على ما يقرب أحد عشر ألف خطأ، وأظهر تحليل النتائج أن برنامج ميدآوير كان دقيقاً بنسبة اثنين وتسعين بالمئة في الكشف عن الأخطاء التي قد تحدث، وأنّ قرابة ثمانين بالمئة من التنبيهات تمت على أساس معلومات سريرية قيمة وأكثر من ثلثي هذه الحوادث لم يكن اكتشافها ممكناً من خلال الأنظمة الحالية المستخدمة في المستشفى، ناهيكم عن تحسين نتائج المرضى والإنقاذ المحتمل للأرواح، وجدت الدراسة أن كلاً من مستشفى بريغهام ومستشفى النساء كانا سيوفران حوالى 1.3 مليون دولار من تكاليف العلاج التي تسببت بها هذه الأخطاء بشكل مباشر.[50]

كما شهدنا أحد أهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي القائم على بيانات المرضى في عام 2016، وذلك عندما أبرمت شركة ديب مايند اتفاقية لمشاركة البيانات مدتها خمس سنوات مع خدمة الصحة الوطنية في المملكة المتحدة، حيث أتاحت هيئة الخدمات الصحية الوطنية لديب مايند الوصول إلى معلومات أكثر من مليون مريض، ومن بين التطبيقات التجريبية التي جرى تطويرها نظام يمكنه تحليل سجلات المرضى، ونتائج الاختبارات، ثم تنبيه موظفي هيئة الخدمات الصحية الوطنية على الفور عندما يكون المريض عرضةً لخطر التعرض لإصابة حادة في الكلى، بالإضافة إلى نظام ذكاء اصطناعي أثبت أنّه قادر على تشخيص أمراض العيون من خلال الفحوصات الطبية والتي فاقت بدقتها في بعض الحالات دقة الأطباء. وعلى الرغم من أنّ هذا التقدم في مجال الرعاية الصحية كان واعداً، إلا أن الترتيبات المتعلقة بهذا النشاط أثارت جدلاً كبيراً عام 2019 عندما نُقلت ملكية البرنامج إلى الشركة الأم لـديب مايند، غوغل، فقد كان هناك رد فعل عنيف وفوري من احتمال وصول عملاق التكنولوجيا إلى بيانات مرضى هيئة الخدمات الصحية البريطانية على الرغم من أنّ غوغل ادعت أنّ سياسات الخصوصية الصارمة لديها كانت مطبقة وأنّ البيانات محمية جيداً.[51] وهذا مثال آخر، يوضح كيف أنّه يمكن

لعوامل تتجاوز تطوير التكنولوجيا نفسها، وقد كان العامل هنا هو خوف أصحاب البيانات من احتمال انتهاك خصوصية بياناتهم، أن تعمل بشكل كبير على إبطاء نشر الذكاء الاصطناعي في مجال الرعاية الصحية.

إن أكثر نجاحات الذكاء الاصطناعي التي تثير الدهشة في قطاع الرعاية الصحية يتجلى في مجال الصحة النفسية، حيث طوّرت مختبرات ويبوت، وهي شركة ناشئة في وادي السيليكون تأسست في العام 2017، روبوت محادثة وزودته بتقنية معالجة اللغة الطبيعية؛ وهي تقنية مشابهة لما تستخدمه شركتا أمازون وآبل في المساعدين الذكيين الافتراضيين أليكسا وسيري، مقترنة مع عناصر المحادثة المكتوبة بعناية والتي طورها علماء النفس، حيث تتوجه شركة ويبوت في الأساس في نهجها نحو نقل العلاج السلوكي المعرفي، أو ما يدعى اختصاراً سي بي تي، إلى التشغيل الآلي، وهي تقنية مثبتة لمساعدة الأشخاص المصابين بالاكتئاب أو القلق، حيث تحدث أكثر من 50 ألف شخص مع التطبيق خلال أسبوع واحد منذ أن أُطلق برنامج روبوتات الدردشة الآلية هذه.

وكما يشير أليسون دارسي بصفته المؤسس والرئيس التنفيذي للشركة قائلاً: «يمكن أن يتواجد ويبوت لأجلك عند الساعة الثانية بعد منتصف الليل إن كنت تعاني من نوبة هلع، وذلك في الوقت الذي لا يمكن لأي معالج أن يكون متاحاً».[52] في الواقع، إنّ خدمة روبوتات الدردشة غير المحدودة هذه متاحة على مدار الساعة، وهي خدمة مجانية في الوقت الحالي، وهذا يعد أمراً جديداً تماماً في العلاج النفسي، حيث يملأ هذا التطبيق بالفعل حيزاً بالغ الأهمية في المجال الطبي، فحتى العمال الذين يتمتعون بتغطية تأمين صحي في الولايات المتحدة غالباً ما يكون حصولهم على خدمات الصحة النفسية محدوداً، كما أن الحال أسوأ بكثير في العديد من البلدان النامية ذات أنظمة الرعاية الصحية المتدنية، ففي المناطق التي تكافح فيها الحكومات لتزويد السكان بالرعاية الطبية الأساسية، يعتبر الوصول إلى أخصائي الصحة النفسية أمراً شبه مستحيل بالنسبة إلى معظم المواطنين. يتحدث ويبوت بانتظام مع أشخاص من أكثر من 130 دولة، ويتواصل العديد منهم معه باستخدام أدوات الترجمة التي تعمل بالذكاء الاصطناعي لكي يتمكنوا من التفاعل مع خدمة روبوت الدردشة المتوفرة فقط باللغة الإنكليزية.[53] ففي عالم أصبحت فيه أزمات الصحة النفسية ظاهرة، ويحتمل أن تتفاقم بشكل كبير بسبب التوتر والقلق الإضافي الناجمين عن جائحة كورونا، تقدم أدوات مثل هذه ما قد يُعتبر، بالنسبة إلى العديد من الناس، الحل الوحيد القابل للتطبيق. أعتقد أنّه

أمر مثير للسخرية إلى حد ما أن يكون مجال الرعاية الصحية الذي قد نعتبره بطبيعة الحال أكثر المجالات التي تحتاج إلى تفاعل بشري هو أيضاً المجال الأول للاستفادة من هذا النوع من تحسينات الإنتاجية القابلة للتطوير التي يشغلها الذكاء الاصطناعي، والتي نأمل أن تُحدِث تغييراً في مجال الصناعة ككل في يوم من الأيام.

قد يتبين أن أهم اختراق حقيقي يمكن توقعه في مجال الذكاء الاصطناعي الطبي هو ظهور نظام شامل وموثوق موجه نحو التشخيص والعلاج العام، بعبارة أخرى، هو «طبيب في صندوق». فلن يكون الهدف منه استبدال الأطباء، بل زيادة أعدادهم بطريقة توفر مهارة وخبرة أفضل الأطباء للناس ككل، فمن السهل تخيل مستقبل يعمل فيه نظام الذكاء الاصطناعي التشخيصي القوي على زيادة إنتاجية الأطباء بشكل كبير، وإيجاد بيئة ينجح فيها حتى الطبيب عديم الخبرة أو متوسط الخبرة في لقاءات المريض مع ما يعتبر فريقاً افتراضياً من نخبة المتخصصين الذين يخففون عن المريض قلقه من خلال طريق المشورة الدائمة.

من المؤكد أننا لم نصل بعد إلى تلك المرحلة، حيث تعتبر إحدى المحاولات الأولى للمضي قدماً في هذا المسار تحذيراً لنا، فبعد انتصار نظام واتسون الحاسوبي مباشرةً في تحدي جيوباردي في العام 2011، تحركت شركة آي بي أم من أجل الاستفادة من التكنولوجيا في مجال الرعاية الصحية والصناعات الأخرى، وأنشأت وحدة أعمال جديدة بقيمة مليار دولار خاصة بنظام حاسوب واتسون، فقد تصورت شركة آي بي أم أنّ واتسون سيستوعب المعرفة من مجموعة متنوعة من المصادر، أي أنّه سيتلقى سيلاً من المعلومات من الكتب المدرسية، والملاحظات السريرية، ونتائج الاختبارات التشخيصية والجينية، والأوراق العلمية، ثم يستفيد من قدراته الخارقة لربط النقاط بطرق تستعصي على أكثر الخبراء قدرة. لقد أمِلت آي بي أن أن يكون لهذه التكنولوجيا فوائد ملموسة في تطبيقات مثل تطوير خطط العلاج المخصصة للأمراض المعقدة مثل السرطان، ولكن على الرغم من الضجة الإعلامية المبالغ فيها والمقالات الإعلامية اللامعة التي أعلنت أن نظام واتسون الحاسوبي «سيتجه نحو كلية الطب» ويستعد «لمواجهة السرطان»[54]كما لوكان ذاهباً إلى مسابقة جيوباردي القادمة، كانت النتائج، حتى الآن على الأقل، مخيبة.

ففي عام 2017، أوقف مركز أندرسون الطبي للسرطان في جامعة تكساس، وهو أحد أشهر المراكز الشريكة لآي بي أم في مجال الرعاية الصحية، العمل بنظام واتسون، وذلك عندما لم يجد المركز فوائد حقيقية من التكنولوجيا.55 مع ذلك، لا تزال آي بي أم تمحض الفكرة ثقتها وتستثمر فيها، كما يفعل عدد متزايد من الشركات الأخرى من بينها الشركات الناشئة وعمالقة التكنولوجيا مثل غوغل، وستبقى المنافسة في هذا المجال محتدمة بما أنّه يمكن لعائد الاستثمار الذي قد ينتج عن الوصول إلى تكنولوجيا ناجحة أكثر من مذهل. وأنا أعتقد أنه لا مفر من تحقيق النجاح في النهاية، على الرغم من أن الأمر قد يتطلب تقنيات ذكاء اصطناعي تتجاوز تلك المتبعة حالياً في التعلم العميق، أو بعبارة أخرى، قد يتطلب تحقيق هذا النجاح إنجازات كبيرة في مجال الذكاء العام التي يسعى إليها أكبر الباحثين في مجال التكنولوجيا. سوف نتكلم عن العمل الذي يجري في أحدث تقنيات الذكاء الاصطناعي في الفصل الخامس.

في نهاية المطاف، إذا تمكن الباحثون من إنشاء أنظمة مؤهلة وقوية حقاً، فقد يفتحون الباب أمام ظهور أشخاص يدرسون تخصصاً جديداً في مجال الطب، ويحتمل أن يكونوا من الأشخاص الحائزين على إجازة جامعية أو درجة الماجستير، والذين تدربوا للتفاعل مع المرضى ونظام الذكاء الاصطناعي الطبي المعتمد والمنظم. صحيح أنّ هؤلاء المتخصصين منخفضي الكلفة لن يحلوا محل الأطباء بشكل مباشر، لكنهم قد يعملون تحت إشرافهم، وقد يستطيعون التعامل مع مزيد من الحالات الروتينية الاعتيادية.

فعلى سبيل المثال، ينشغل أطباء الأسرة في الولايات المتحدة، بأعداد كبيرة من المرضى الذين يعانون من الحالات المزمنة ذاتها، ومن أبرزها السمنة، وارتفاع ضغط الدم، والسكري، فمن المرجح أن تخفف فئة جديدة من الممارسين لهذه المهنة الذين يعملون جنباً إلى جنب مع الذكاء الاصطناعي هذا العبء، ويوسع هؤلاء الأخصائيون من نطاق التغطية الصحية من الناحية الجغرافية أيضاً، بما أنّ العديد من مناطق الريف في الولايات المتحدة تعاني بالفعل من نقص خطير في أعداد الأطباء، الأمر الذي سيزداد سوءاً مع تقدم سكاننا في السن، لذلك أعتقد أنّه لن يكون لدينا خيار سوى الاعتماد على ذكاء الآلة الطبية بشكل أكبر من أجل معالجة هذه المشكلات، وتحقيق الزيادات المطلوبة في الإنتاجية في النهاية، تلك الزيادات التي ستسيطر على مرض تكلفة الرعاية الصحية.

السيارات والشاحنات ذاتية القيادة: انتظار أكثر من المتوقع

إنّ وعد إيلون ماسك بتوفير مليون سيارة أجرة آلية على الطرق بحلول نهاية عام 2020 ما هو إلا أحدث مثال على الحماسة المفرطة في مجال صناعة السيارات ذاتية القيادة، ربما بسبب الأهمية الكبيرة للسيارة في حياتنا، خاصة في الولايات المتحدة، فلم يحصل أي تطبيق من تطبيقات الذكاء الاصطناعي على القدر نفسه من الضجة الإعلامية والحماسة المفرطة مثلما حصل عليه تطبيق السيارة ذاتية القيادة، فقد حققت التكنولوجيا تقدماً مذهلاً منذ ظهور صناعة السيارة الذاتية في أعقاب المسابقات الكبرى لوكالة مشاريع البحوث الدفاعية المتقدمة (داربا) في عامي 2004 و2005، بينما في الوقت نفسه لم تكن ترقى دائماً إلى مستوى التوقعات المبالغ فيها. وفي عام 2015، توقع المطلعون أصحاب الخبرة الكبيرة في الصناعة أنّنا سوف نرى سيارات ذاتية القيادة على طرقاتنا في غضون خمس سنوات. فقد توقع كريس أورمسون، وهو أحد رواد هذا المجال، والذي سبق له أن عمل كبيراً لمسؤولي التكنولوجيا في الشركة الفرعية للسيارات ذاتية القيادة من غوغل، وايمو، وهو الآن الرئيس التنفيذي ومؤسس شركة أورورا الناشئة للقيادة الذاتية، أنّ ابنه الذي كان يبلغ أحد عشر عاماً وقتها قد لا يحتاج إلى الحصول على رخصة قيادة عندما يبلغ السادسة عشرة من عمره، كما وعدت كبرى الشركات المصنعة، بما في ذلك تويوتا ونيسان، بتوفير سيارات ذاتية القيادة بحلول عام 2020. [56] كل هذه التوقعات قد تراجعت الآن، لكن أورمسون لا يزال واثقاً من توقعه، فقد قال في العام 2019 إنّه يتوقع نشر «مئات» على الأقل من السيارات ذاتية التحكم على الطرق العامة في غضون خمس سنوات.[57] وأنّه قد ينتشر أكثر من عشرة آلاف من هذه السيارات في غضون عشر سنوات.[58] أعتقد أنّه قد يتضح أنّ تلك التوقعات كانت متفائلة بعض الشيء، وكنت لأقول أنّ هناك خطراً حقيقياً من أنّ السيارات ذاتية التحكم كلياً ستحتاج إلى أكثر من خمس سنوات في المستقبل بل ستحتاج لفترة أطول.

الحقيقة هي أنّه قد حلت مشاكل التشغيل الروتيني للسيارات ذاتية القيادة على الطرق السريعة وفي البيئات المتطورة بشكل كبير، بعبارة أخرى، في تلك المواقف التي قد تحدث فيها الأمور كما هو متوقع أو غير متوقع، ولو كانت الطرق العامة تشبه بأي شكل مستودعات أمازون من حيث المستوى العام للتوقع، لكنا رأينا السيارات ذاتية القيادة منتشرة على نطاق واسع بالفعل.

تكمن المشكلة هنا بالطبع في ما يسمى بحالات الحافة، في العدد اللامتناهي تقريباً من التفاعلات غير الاعتيادية والمواقف التي يصعب أو يستحيل على السيارة ذاتية القيادة التوقع بها بدقة، أو تفسيرها بشكل صحيح في كثير من الحالات، حيث تعتمد معظم مبادرات السيارات ذاتية القيادة على رسم خرائط متقدمة عالية الدقة للشوارع التي تسير فيها، لذلك، يمكن أن يؤدي إغلاق الطرق غير المتوقع، أو حوادث البناء، أو حوادث المرور إلى حدوث مشكلات، كما أنّه قد ينتج عن الطقس العاصف، وخاصة الأمطار الغزيرة أو الثلوج، عوائق كبيرة. ولكن التحدي الأكبر هنا يكمن في التفاعل بأمان مع بيئة يوجد فيها مشاة، وراكبو دراجات، وسائقون لا يمكن توقع تصرفاتهم، فليس من الغريب أن تصادف مشاة مشتتين أو مخمورين في مدن مثل مدينة سان فرانسيسكو، فحتى أولئك الأشخاص الذين يقودون سياراتهم في حالة تأهب، غالباً ما يتصرفون بطرق يصعب تفسيرها، حيث يخرجون مؤقتاً عن المسار في بعض الحالات، وقد يحدث أكثر من ذلك بكثير في حالات أخرى.

ففي المناطق المكتظة بالسكان، يعتمد قدر كبير من التنسيق بين السائقين والمشاة على التفاعلات الاجتماعية التي يصعب على السيارة ذاتية القيادة فهمها أو استنتاجها، حيث يشكّل التواصل البصري أو التلويح باليد والتوقف في منتصف الطريق لانتظار إشارة من سائق آخر والعديد من السلوكيات الدقيقة الأخرى، نوعاً من اللغة غير المنطوقة التي يفهمها بطريقة ما كل من يشارك الطريق تقريباً، وأعتقد أنّه يمكن أن يتبين أن التفاوض على هذه الأنواع من التفاعلات بين من هم على الطريق يتجاوز ببساطة قدرات أنظمة التعلم العميق اليوم. بعبارة أخرى، قد تتطلب السيارات ذاتية القيادة كلياً تقنية أكبر وأكثر تطوراً وأبعد منالاً من ذلك بكثير على طول الطريق نحو تحقيق الذكاء العام للآلة، وقد يحتاج هذا الأمر وقتاً طويلاً جداً.

يعتقد العديد من المحللين أنه بسبب الصعوبات التي تواجهها السيارات ذاتية القيادة في المدن، فإن شاحنات النقل لمسافات طويلة قد تكون أول مركبات عملية فعلية من دون سائق تظهر على طرقنا. ففي نهاية المطاف، جرى حل مشكلة القيادة على الطرق السريعة بالفعل إلى حد كبير من خلال أنظمة مثل نظام الملاح الآلي التابع لشركة تسلا، ورغم أنّه من المؤكد أنّ احتمال وقوع حادث لا يمكن توقعه على الطريق السريع يُعد أقل من احتمالية وقوعه في تقاطعات المدن المزدحمة، فإنّ عواقب الخطأ تتعاظم بهذه الحالة إلى حد كبير بسبب السرعات الكبيرة وحقيقة أن الشاحنات تحمّل بالكامل عادةً وتنطلق بطاقة حركية يصعب التحكم بها. بالطبع، على الرغم من استثمارات إيلون ماسك الكبيرة، فإنّ نظام تسلا الآلي غير مؤهل للعمل بأي

حال من الأحوال دون وجود سائق يقظ خلف عجلة القيادة، ولهذه الأسباب، أعتقد أنّه سيمر وقت طويل قبل أن نرى شاحنات من دون سائق بالفعل تسير بشكل اعتيادي على الطرق السريعة العامة.

هذه التحديات التي تواجهها شركة صغيرة واحدة يمكنها أن تحتوي على بعض الرؤى المهمة للقطاع ككل، فقد دُعيت في أوائل عام 2017 لزيارة شركة ناشئة مقرها سان فرانسيسكو تدعى ستارسكي روبوتيكس، كانت رؤية الشركة، كما أوضح لي الرئيس التنفيذي والمؤسس المشارك، ستيفان سيلتز–أكسماخر، بناء نظام قادر على القيادة بشكل ذاتي على الطرق السريعة لمسافات طويلة، لكن مع مراقبة وإشراف على هذه السيارات من قبل عمال بشريين عن طريق التحكم عن بعد، فعندما تغادر السيارات أو تقترب من نقاط الوصول على طريقها، أو حتى عندما تواجه مواقف أكثر تعقيداً، فإن المتحكم بها عن بعد، وغالباً ما يكون سائقاً أُعيد تدريبه، هو من سيقود الشاحنة عبر اتصال خلوي من وحدة تحكم تشبه ألعاب الفيديو في مقر الشركة، وقد أخبرني سيلتز–أكسماخر أن الشركة ستمتلك شاحنات ذاتية القيادة بالكامل بدون سائق على الطرق الأميركية خلال السنوات القليلة المقبلة. وعلى الرغم من إعجابي الشديد بفريق ستارسكي والتكنولوجيا التي أطلعت عليها لديهم، إلا أنني لا أظن أنهم سيستطيعون تحقيق ذلك وتحديداً إذا ما نظرنا إلى العقبات التنظيمية التي سيحتاجون إلى التغلب عليها. ومع ذلك، تخطى سيلتز–أكسماخر وفريقه توقعاتي، فقد نجحت الشركة في تشغيل شاحنة ذاتية القيادة على طريق مغلق في العام 2018، وأصبحت في العام 2019 أول شركة سيارات ذاتية القيادة تختبر شاحنة مؤتمتة بالكامل، من دون سائق للتأكد من الأمان على متنها، وتسير على طريق سريع عام.

تبنى فريق ستارسكي أيضاً نموذج عمل مبتكراً للغاية، فبدلاً من التنافس بشكل مباشر مع العدد المتزايد من الشركات الناشئة جيدة التمويل والتي تأمل في تطوير التكنولوجيا وترخيصها لإتاحة تقنية القيادة الذاتية، قرر الدخول مباشرة في أعمال النقل بالشاحنات واستخدام نظامه للحصول على ميزة تنافسية، حيث اعتقدت إدارة الشركة أنها تستطيع النجاح على المدى القريب من خلال الدمج الكامل لتطور التكنولوجيا في العمليات اليومية لشركات الشاحنات ومن خلال الاستفادة من المرونة لنشر النظام المتطور في الحالات التي تبدو منطقية فقط.

للأسف، في نهاية المطاف، لم يقتنع المستثمرون بهذه الرؤية وأغلقوا الشركة في أوائل عام 2020 بعد فشلها في الوصول للزيادة المطلوبة لرأس المال الاستثماري في الجولة التالية، كما أشار سيلتز–أكسماخر في سلسلة

منشورات له على مدونته بعد توقف الشركة، إلى قيود التعلم العميق كأحد التحديات الأساسية التي تعرقل التقدم في الصناعة، حيث كتب: «إنّ التعلم الآلي الخاضع للإشراف لا يرقى إلى مستوى الضجة الإعلامية، إنه ليس ذكاءً اصطناعياً فعلياً» بل بالأحرى «أداة متطورة مطابقة للنمط». 59 بعبارة أخرى، قد يكون النظام الذي يتمتع بالمرونة الكافية لتوفير تقنية قيادةٍ ذاتية التحكم كلياً في ظل جميع الظروف، دون الحاجة إلى إشراف بشري عن بعد، قد يتجاوز قدرة أنظمة التعلم العميق الحالية ولا يُرجح أن نراه على أرض الواقع في المستقبل القريب، كما تعتقد شركة سيلتز–أكسماخر أن التحديات التي تواجه الصناعة لم تُقدر بالكامل حتى الآن، وأن المستثمرين فوتوا الفرصة لوضع أسطول من الشاحنات ذاتية القيادة بأمان على الطرق السريعة في المستقبل القريب، ويرجع ذلك في جزء منه إلى أنهم ركزوا على الأرجح على الوعد بالتشغيل الآلي بالكامل، وعلى الميزات الأكثر تقدماً التي كثيراً ما جرى عرضها من خلال الشركات الناشئة المنافسة، ولكنها لم تكن جاهزة للنشر في العالم الحقيقي.

إن تطوير تكنولوجيا مؤهلة بما يكفي أمر يلوح في الأفق باعتباره التحدي الأكبر لصناعة السيارات ذاتية القيادة، لكنني أعتقد أن هناك أيضاً بعض الأسئلة الحقيقية المتعلقة بنماذج الأعمال المحتملة لمثل هذه السيارات، وعلى العموم، من المفترض أن يكون المكان الطبيعي لنشر السيارات ذاتية القيادة هو خدمات التوصيل، حيث تدعم شركة أوبر ومنافسوها تكلفة كل رحلة من خلال الاعتماد على رأس المال الذي حصلت عليه من خلال تمويل المشاريع، أو مؤخراً من خلال الـ أي بي أوه وهو اختصار للاكتتابات العامة الأولية.60 وبما أن هذا الأمر غير مستدام، يُنظر إلى السيارات ذاتية القيادة على أنها الحل طويل الأمد، ولذلك، وبمجرد خروج السائق، الذي يحصل عموماً على سبعين إلى ثمانين بالمئة من الأجرة، من الصورة، ستملك الشركات مساراً سلساً لتحقيق الربحية، وهذا هو السبب الرئيسي الذي يجعل شركة أوبر تنظر إلى شركات السيارات ذاتية القيادة، ولا سيما شركة وايمو، على أنها تُشكل تهديداً لوجودها، واختارت الاستثمار بكثافة في برنامج قيادة ذاتي منذ بدايته عام 2016.

تكمن المشكلة في افتراض أنّ تقنية القيادة الذاتية ستنقذ شركتي أوبر وليفت لأن أعمالهما المزهرة تعتمد على الإنترنت – ويتم تقييمهما وفقاً لذلك – لأنهما تعملان في المقام الأول وسيطين رقميين، وتحصدان ربحاً من

كل عملية مقابل توفير الكثير من البرامج التي تُطابق تلقائياً بين الركاب والسائقين، حيث يتيح ذلك للشركتين تلافي الجوانب التي قد تبدو خطرة وغير سارة من أعمال سيارات الأجرة بشكل كامل؛ جوانب مثل امتلاك، وتمويل، وصيانة، وتأمين المركبات حيث تُترك كل تلك الأمور على عاتق السائقين. بذلك لا تهتم أوبر أو ليفت بأمور تغيير الزيت، أو غسل السيارة، أو انثقاب الإطارات، فقد ظلت الشركتان بعيدتين إلى حد كبير عن هذه الصعوبات، وتجنيان أرباحاً نظيفة من خدمة الإنترنت الخاصة بهما، ومع ذلك، فإن التخلص من السائقين يعني أيضاً التخلص من الأشخاص الذين يمتلكون السيارات ويعملون على صيانتها بشكل ملائم إلى حدّ ما، وبمجرد أن تصبح السيارات ذاتية القيادة، ستجد الشركات نفسها تعمل في مجال امتلاك أساطيل ضخمة منها، وبالتالي ستكون مسؤولة عن جميع المتاعب والنفقات التي تنتج عن ذلك. في الواقع، ستبدو أوبر إلى حدّ كبير مثل شركة هرتز أو آفيس، إذ لن تُعد أي من هذه الشركات «شركة تكنولوجيا». علاوة على ذلك، ستكون السيارات المملوكة لصالح شركات النقل هذه أغلى بكثير نظراً للمعدات المتخصصة التي تستخدمها، مثل أنظمة الليدار لتحديد المدى عن طريق الضوء أو الليزر، التي ستحتاج إليها. قد نجد توجهاً وتركيزاً أكبر بكثير على تنظيف السيارات وتعقيمها بشكل مناسب وبصورة متكررة في أعقاب جائحة كورونا وهذا، مرة أخرى، أمر يقع في الوقت الراهن على عاتق السائقين.

أعتقد أنه من الرائع مشاهدة تطور السيارات ذاتية القيادة خلال السنوات القادمة من حيث التكنولوجيا ونماذج الأعمال التي سنراها على أرض الواقع في نهاية المطاف، فهناك عدد كبير من الشركات الناشئة في وادي السيليكون التي تركّز على تطوير وترخيص تكنولوجيا القيادة الذاتية، فضلاً أنّ هنالك استثمارات بدرجات متفاوتة في هذا المجال من كبرى شركات تصنيع السيارات، ويمكن أن ينتج عن أي من هذه المبادرات إنجاز كبير، لكنني أعتقد أن واحدة من أكثر الروايات إثارة للاهتمام ستركز على اتساع الهوة بين الاستراتيجيات التي تتبعها شركة وايمو وشركة تيسلا، وكيفية بدء المنافسة بين هاتين الشركتين بمرور الوقت.

تتمتع شركة وايمو، وهي السليل المباشر لبرنامج غوغل للسيارة ذاتية القيادة الذي بدأ عام 2009، بخبرة أكثر من غيرها في هذا المجال، وتعتبر بشكل عام رائدة فيه. إنّ وايمو هي الشركة الوحيدة التي تقدم خدمة سيارات ذاتية القيادة بالفعل ومن دون سائق، هذه الخدمة، المسماة وايمو ون، متاحة حالياً لطرق محددة فقط في منطقة مدروسة بعناية، أو «مسيجة جغرافياً» في إحدى ضواحي فينيكس، حيث الطرق واسعة، والطقس مستقر، ويمكن التوقع به ولا تشهد ازدحاماً بالمشاة. بعبارة أخرى، الخدمة بعيدة كل البعد عن

طلب سيارة أوبر والذهاب إلى أي مكان تريده في سان فرانسيسكو أو مانهاتن. مع ذلك، تعتبر خدمة وايمو ون إنجازاً يستحق الإعجاب، وأعتقد أنّها تصف ما قد تبدو عليه خدمة السيارات ذاتية القيادة في المستقبل القريب أي أنّها ستكون أشبه إلى حد ما: بطرق محددة مع نقاط توقف محددة في مناطق منظمة بعناية لا تشكل تحدياً كبيراً. وبالطبع، يطرح هذا الأمر السؤال التالي مرة أخرى: كيف يمكن لمثل هذه العملية المحدودة أن تصبح مربحة؟ وكم يجب أن تكون تكلفة الركوب الآلي بالكامل (في سيارة باهظة الثمن) منخفضة لتجعل الزبون يختارها أكثر من خدمة النقل من الباب إلى الباب الأكثر مرونة التي تقدمها أوبر أو ليفت والتي يقودها الإنسان؟

في الوقت التي تتقدم وايمو فيه بحذر جدير بالثناء، تتجاوز تيسلا حدود الممكن باستمرار، وغالباً ما تتجاوز الحدود التي يشعر كثيرون ممن في هذه الصناعة بأنّها حدود التهور، حيث أخبرت الشركة عملاءها الحاليين أن سياراتهم لديها جميع الأجهزة اللازمة لدعم القيادة الذاتية بالكامل، وأنّه سيجري تمكين وتفعيل الميزة في النهاية من خلال تحديث البرنامج، وهذا وعد طموح للغاية، كما ابتعدت تيسلا أيضاً عن وايمو وتجاوزت أي شركة أخرى في الصناعة تقريباً من خلال التخلي عن تقنية الليدار، وهي الأنظمة التي تتعقب الأشياء حول السيارة عن طريق إطلاق الليزر ثم اكتشاف الضوء المنعكس. إنّ نظام الليدار باهظ الثمن ومزعج على الأقل في حالته الحالية، حيث تعتقد تيسلا بشكل استثنائي أنّه يمكنها تحقيق عملية التشغيل الآلي الكامل من خلال الاعتماد على الكاميرات والرادار فقط، وكما أشرتُ مسبقاً، تتمتع شركة تيسلا بميزة كبيرة بفضل البيانات التي تجمعها الكاميرات المتعددة المتواجدة على سياراتها، حيث تمتلك شركة وايمو أسطولاً يتألف من حوالى 600 سيارة ذاتية القيادة، بينما تمتلك تيسلا أسطولاً أكبر بكثير يضم أكثر من 400 ألف سيارة على الطريق تجمع البيانات. قطعت سيارات وايمو ملايين الأميال على طرق فعلية ومليارات الأميال على طرق المحاكات.[61] بينما قطعت سيارات تيسلا مليارات الأميال في العالم الحقيقي بينما كانت تعمل وفق نظام الملاح الآلي الخاص بها. لذلك تُعد جميع هذه البيانات التي جرى جمعها على الطرق الفعلية ميزة واضحة، لكن في النهاية، سيعتمد النجاح على الذكاء الاصطناعي الذي يتمتع بالقوة الكافية للاستفادة من هذه الموارد، وأعتقد أن هناك تساؤلات حقيقية حول تكنولوجيا التعلم العميق اليوم، وهل ستكون على مستوى هذه المهمة.

هناك سؤال مهم آخر منتشر في هذه الصناعة يرتبط بمستوى التحكم الذاتي الذي سيتوفر في النهاية، حيث تنقسم أنظمة القيادة الذاتية إلى خمس مستويات، وتحدد المستويات من 1 إلى 3 الأنظمة المساعدة بطبيعتها، بحيث يمكن للسيارة أن تقود نفسها بنفسها في ظروف محدودة، على سبيل المثال، القيادة على طريق سريع، ولكن يجب أن يبقى السائق في حالة تأهب واستعداد للسيطرة على السيارة في أي لحظة، ويركز معظم مصنعي السيارات، بما في ذلك تيسلا، على زيادة الكفاءة في هذا المجال، حيث إنّ هناك مشكلة أساسية في هذه المستويات ظهرت نظراً إلى أنّ النظام سوف يعمل افتراضياً بشكل صحيح طوال الوقت، الأمر الذي سيقود السائقين إلى حالة من عدم الانتباه بكل تأكيد. فعلى سبيل المثال، أخبرني عدد من سائقي سيارات تيسلا، أنّهم يردون وبشكل روتيني على البريد الإلكتروني على هواتفهم أثناء استخدامهم لنظام الملاح الآلي الخاص بسياراتهم في ممرات السيارات المشتركة في الطرق السريعة في وادي السيليكون، وقد أدى هذا النوع من السلوك إلى حوادث مميتة بالفعل، ومن غير الواضح كيف يمكن للسيارة أن تنجح في فرض انتباه السائق خلال فترات القيادة الطويلة المعتادة، كما أنّ أقوى مرغبات بيع أنظمة القيادة الذاتية هو الوعد بأنّها ستقلل يوماً ما من عدد الوفيات الهائل، حيث تودي حوادث المرور بحياة أكثر من 1.3 مليون شخص على مستوى العالم.[62] وبذلك إذا استمرت الأنظمة المساعدة هذه بتشكيل مخاطر ناتجة عنها، فقد لا نستفيد شيئاً منها، ولن تكون كافية لإحداث تأثير حقيقي في أرقام وفيات حوادث المرور هذه.

لهذا السبب، اتخذت شركة وايمو، جنباً إلى جنب مع العديد من الشركات الناشئة الصغيرة الأخرى في هذا المجال، قراراً بالتركيز حصرياً على المستويين 4 و5 من أنظمة القيادة الذاتية، حيث يشير هذان المستويان إلى وجود سيارة ذاتية القيادة يمكنك النوم فيها، ففي الواقع، قد لا تحتوي على دواسة فرامل أو عجلة قيادة، وها هنا مرة أخرى، تعد تيسلا بإنجازات أكبر بشكل مثير، فهي تدعي أنها تستطيع سد الفجوة بين هاتين الرؤيتين، من خلال برنامج محدث سيؤدي على الفور إلى تحديث سياراتها من المستوى 2 إلى المستوى 4، الأمر الذي لا نستطيع أن نقول عنه سوى إنّه، على أقل تقدير، أمر رائع، فقد يقول كثيرون إنّه وعد تجاوز الحدود تماماً وأكثر من برنامج وهمي، وأنا سأندهش إذا تمكنت شركة تيسلا من تحقيق ذلك في أي وقت قريب، ولكن إذا تمكنت الشركة من تحقيق ذلك حقاً، فستنصب نفسها، على ما أعتقد، شركة رائدة وقائدة من دون أدنى شك في هذه الصناعة، في

الواقع، قد يكون هذا التوقع قد أدى دوراً إلى حد ما بالفعل في زيادة قيمة أسهم الشركة.

من الواضح أن إيلون ماسك وسائر الفريق الإداري في تيسلا فكروا كثيراً في احتمالات التحكم الذاتي الكامل، وبصرف النظر عن التكنولوجيا، طوّروا حلاً محتملاً لمشكلة نماذج العمل، فقد وصف ماسك، خلال احتفالية يوم التحكم الذاتي في العام 2019، مخططاً يوضح كيف سيتمكن مالكو تيسلا من جعل سياراتهم جزءاً من خدمة سيارة الأجرة الروبوتية الخاصة بالشركة، وستحصل شركة تيسلا على أرباح من رسوم «مشاركة الركوب» بالطريقة ذاتها التي تحقق فيها شركة آبل إيرادات من متجر التطبيقات الخاص بها. ومن الأمور المثيرة للاهتمام حول هذا الاقتراح أنّه يحل مشاكل الملكية والصيانة التي قد تواجهها في النهاية شركات مثل أوبر وليفت، وبذلك ربما تكون تيسلا قد وجدت طريقة للدخول في هذا المجال بدور وسيط الإنترنت الخالص، مع تجنب الحاجة لامتلاك أسطول من السيارات، مع أنه يُحتمل ألّا يرغب معظم مالكي تيسلا في مشاركة سياراتهم مع الغرباء، لكن إذا ثبت أنّ الخطة قابلة للتطبيق، فمن المفترض أن يشتري العديد من الزبائن سيارات تيسلا للاستثمار التجاري، وليس لاستخدامها شخصياً.

ما من شك في أنّ السيارات ذاتية القيادة ستصبح من أكثر المظاهر الملموسة للثورة في مجال الذكاء الاصطناعي في يوم من الأيام، فإنّ لهذه التكنولوجيا القدرة على إعادة تشكيل وهيكلة مدننا وأساليب حياتنا على حدٍّ سواء بينما تقوم بإنقاذ الآلاف من الأرواح، ومع ذلك، أعتقد أننا سننتظر عقداً أو أكثر قبل وصول التكنولوجيا وانتشارها فعلاً. فقد يظهر دليل قوي على ثورة الذكاء الاصطناعي في نواحٍ أخرى أولاً، مثل المستودعات والمكاتب ومتاجر البيع بالتجزئة، حيث تكون التحديات التقنية أكثر قابلية للإدارة والبيئة وأكثر قابلية للتحكم والتكنولوجيا، وأقل خضوعاً للتنظيم الحكومي والعواقب التي قد تنتج عن الخطأ، وأقل خطورة بكثير، ومع ذلك، فمن الشيق للغاية أن نتخيل أنّ تحديثاً برمجياً واحداً من تيسلا قد يُثبت أنني مخطئ.

الخروج بقوة من مرحلة الركود في الابتكار: البحث الطبي والعلمي

من بين أولئك الذين يمكن وصفهم بـالمتفائلين التقنيين، هناك من يعتبرون أنّنا نعيش في عصر التسارع التكنولوجي المذهل ويسلمون بذلك، فقد قيل لنا إنّ وتيرة الابتكار الآن غير مسبوقة ومتسارعة، فها نحن نجد أكثر مؤيدي التسارع حماساً، وهم غالباً من أتباع راي كورزويل، الذي دوّن هذه الأفكار في كتابه «قانون العوائد المتسارعة»، واثقين في أنّنا سنرى خلال

المئة عام القادمة، وفقاً للمعايير التاريخية، ما يعادل «أكثر من 20 ألف عام من التقدم».[63]

مع ذلك، يكشف الفحص والبحث الدقيق أنّه وبالرغم من أنّ هذا التسارع الذي يتكلمون عنه جقيقي، إلا أنّ هذا التقدم الاستثنائي، اقتصر بشكل شبه حصري، على مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، فقد رأينا التوجه المتسارع جلياً في قصة قانون مور والبرامج ذات القدرات الكبيرة التي جعلها ممكنةً، أما خارج هذا القطاع، وفي العالم المكون من ذرات بدلاً من بايتات وأرقام برمجية، كان الأمر مختلفاً تماماً على مدى نصف القرن الماضي أو نحو ذلك، فلم تكن وتيرة الابتكار في مجالات مثل النقل، والطاقة، والإسكان، والبنية التحتية العامة المادية، والزراعة فقط دون المستوى المطلوب للتسارع، بل قد يكون من الأفضل وصفها بالراكدة.

إذا أردت أن تتخيل حياة تحددها ابتكارات مستمرة من دون توقف وتسيطر عليها، يجب أن تفكر وتتخيل حياة شخص ولد في أواخر القرن التاسع عشر وعاش بعد ذلك فترة الخمسينيات أو الستينيات، فقد شهد مثل هذا الشخص تحولات منهجية في جميع أنحاء المجتمع وقطاعات الحياة على نطاق لا يمكن تصوره تقريباً مثل:

البنى التحتية لإيصال مياه الشرب إلى السكان، وإدارة الصرف الصحي في المدن، بالإضافة إلى السيارات والطائرات والمحركات النفاثة، ثم ظهور عصر الفضاء، والكهرباء، والراديو، والتلفزيون، وما نتج عنها من أجهزة منزلية لاحقاً، والمضادات الحيوية وإنتاج اللقاحات بحجم ضخم وزيادة متوسط العمر المتوقع للسكان في الولايات المتحدة من أقل من 50 عاماً إلى ما يقارب 70 عاماً. على النقيض من ذلك، فإنّ مَن ولد في ستينيات القرن الماضي شهد ظهور الحاسوب الشخصي ثم الإنترنت لاحقاً، ولكن نجد أنّ حركة الابتكارات الأخرى تقريباً، والتي سببت تحولاً كبيراً في المجتمع خلال العقود السابقة، شهدت في أحسن الأحوال تقدماً تدريجياً ليس بكبير، فببساطة، لا يقارن الفرق بين السيارة التي تقودها اليوم والسيارة التي كانت متوفرة عام 1950 بالفرق بين سيارات عام 1950 ووسائل النقل التي تواجدت في عام 1890، وينطبق الأمر ذاته على عدد لا يحصى من التقنيات الأخرى في كل جانب تقريباً من جوانب الحياة الحديثة.

تُسلط مقولة بيتر ثيل الهزلية الشهيرة الضوء على حقيقة أنّ كل هذا التقدم الملحوظ في الحوسبة والإنترنت لا يرقى، في حدّ ذاته، إلى التوقعات التي تتكلم عن استمرار هذا النوع من التقدم واسع النطاق الذي شهدناه في

العقود السابقة بقوة وبشكل مستمر، فقد قال ثيل: «لقد وعدونا بالسيارات الطائرة، لكننا حصلنا بدلاً من ذلك على 140 حرفاً». إن النقاش الحاصل بأننا نعيش في عصر ركود نسبي، حتى مع استمرار تسارع تطور تكنولوجيا المعلومات، قد وضحت بشكل كبير من قبل الاقتصاديين تايلر كوين، الذي نشر كتابه الركود العظيم في العام 2011.[64] وروبرت جوردون، الذي رسم مستقبلاً متشائماً للغاية للولايات المتحدة في كتاب نهوض النمو الأميركي وهبوطه الذي صدر عام 2016.[65] وقد كانت الحجة الرئيسية في الكتابين أنّ ثمار الابتكارات التكنولوجية المنخفضة إلى حدّ كبير قد حصلت بحلول سبعينيات القرن الماضي تقريباً، والنتيجة هي أننا الآن في فترة ركود تكنولوجي يحددها الصراع المستمر للوصول إلى الفروع العليا لشجرة الابتكار. رغم تفاؤل كوين بأننا سنتحرر في النهاية من ركود التكنولوجيا، لكنّ جوردون أقل تفاؤلاً من ذلك بكثير، وهذا ما يشير إلى أن الفروع العليا لشجرة الابتكار هذه قد تكون مكشوفة وأنّ أعظم اختراعاتنا قد أصبحت خلفنا ومن الماضي.

رغم أنّني أعتقد أنّ جوردون متشائم للغاية، إلا أن هناك كثيراً من الأدلة التي تشير إلى أن ركوداً واسع النطاق في توليد الأفكار الجديدة أمر محتم تماماً، فقد وجدت ورقة بحثية أكاديمية نُشرت في شهر نيسان عام 2020 من قبل فريق من الاقتصاديين من جامعة ستانفورد ومعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا أن إنتاجية البحث تراجعت بشكل حاد في مجموعة متنوعة من الصناعات، فقد توصل تحليلهم إلى نتائج مفادها أنّ الكفاءة التي يحقق بها الباحثون الأميركيون الابتكارات «تنخفض بمقدار النصف كل 13 عاماً»، أو بعبارة أخرى «لمجرد الحفاظ على النمو المستمر في الناتج المحلي الإجمالي للفرد، يجب على الولايات المتحدة مضاعفة مقدار الجهد البحثي الخاص بها كل 13 عاماً من أجل تعويض الصعوبة المتزايدة في العثور على أفكار جديدة».[66] وقد كتب الاقتصاديون: «وجدنا أنّه تزداد صعوبة العثور على الأفكار والنمو المتسارع الذي ينتج عنها، في كل مكان ننظر إليه».[67]

ويجدر بنا القول إن هذا الركود يمتد حتى إلى المجال الوحيد الذي استمر في تحقيق تقدم متسارع ثابت، فقد وجد الباحثون أن «عدد الباحثين المطلوب اليوم من أجل تحقيق المضاعفة الشهيرة لكثافة رقائق الحاسوب» المنصوص عليها في قانون مور «هو أكثر بـ 18 مرة من العدد الذي كان مطلوباً في أوائل السبعينيات».[68] لذلك إنّ أحد التفسيرات المحتملة لهذا

يكمن في أنه وقبل المضي قدماً والوصول إلى أقصى حدود البحث، ينبغي فهم الحالة الفنية، حيث يتطلب كل مجال علمي تقريباً، استيعاب وجمع قدر أكبر بكثير من المعرفة مما كان يستوعبه سابقاً، وبالنتيجة سيتطلب الابتكار الآن فرقاً من الباحثين أكبر من أي وقت مضى تتألف من باحثين ذوي خلفيات عالية التخصص، كما تنسيق جهودهم، بحدّ ذاته، أصعب مما قد يكون عليه الحال مع مجموعة أصغر، ومن المؤكد أنّ هناك عوامل عديدة أخرى مهمة قد تساهم في تباطؤ الابتكار، حيث تملي قوانين الفيزياء بألا توزع الابتكارات التي يمكن الوصول إليها بشكل متجانس عبر المجالات. فمثلاً، ليس هناك قانون مور يتعلق بمجال هندسة الطيران، فقد يتطلب الوصول إلى المجموعة التالية من ثمار الابتكار، في العديد من المجالات، قفزة هائلة لا يمكن تصورها، ومن المؤكد أن التنظيم الحكومي المفرط أو غير الفعّال يؤدي دوراً أيضاً، كما هو الحال بالنسبة إلى السياسة قصيرة الأمد السائدة الآن في عالم الشركات. غالباً لا تتوافق الاستثمارات طويلة الأمد في البحث والتطوير مع التركيز المفرط على تقارير الأرباح الفصلية أو الجمع بين أداء الأسهم قصيرة الأمد والتعويضات التنفيذية. ومع ذلك، بقدر ما تؤدي الحاجة إلى تجاوز التعقيد المتزايد وتسارع المعرفة إلى إعاقة وتيرة الابتكار، فقد يُثبت الذكاء الاصطناعي أنّه الأداة الأقوى التي يمكننا الاستفادة منها للهروب من الركود التكنولوجي. لذلك، أعتقد أنّ هذه هي الفرصة الأكبر للذكاء الاصطناعي بينما يستمر في التطور ليصبح مُستخدماً في كل مكان. وعلى المدى الطويل، وفي ما يتعلق بتحقيق ازدهار مستدام في حياتنا، بالإضافة إلى قدرتنا على التصدي للتحديات المعروفة وغير المتوقعة التي تواجهنا على حد سواء، ليس هنالك ما هو أهم من توسيع قدرتنا الجماعية على الابتكار وتصور أفكار جديدة.

قد يكون لتطبيق الذكاء الاصطناعي على المدى القريب، وخاصة التعلم العميق في مجال البحث العلمي، نتائج واعدة في ما يخص اكتشاف مركبات كيميائية جديدة، تماماً كما يواجه نظام آلفا غو التابع لشركة ديب مايند مساحة لعب لانهائية تقريباً، حيث يتجاوز عدد الترتيبات المحتملة للوحة غو عدد الذرات في الكون، «الفضاء الكيميائي» الذي يشمل كل ترتيب جزيئي يمكن تصوره، وهو يعد بذلك فضاءً لانهائياً بالنسبة إلى الأغراض العملية. إنّ البحث عن جزيئات مفيدة داخل هذا الفضاء يتطلب بحثاً متعدد الأبعاد بتعقيد مذهل، حيث تشمل العوامل التي يجب مراعاتها الحجم والشكل ثلاثي الأبعاد للهيكل الجزيئي، بالإضافة إلى العديد من المعايير الأخرى ذات الصلة مثل

القطبية والذوبان والسمية.[69] بالنسبة للكيميائي أو عالم المواد، فإن البحث عن البدائل يعدّ عملية تحتاج كثيراً من العمل ومن التجارب والأخطاء، فقد يستهلك إيجاد مادة كيميائية جديدة مفيدة حقاً كثيراً من مسيرة العمل بكل سهولة، فعلى سبيل المثال، ظهرت بطاريات الليثيوم أيون الموجودة في كل مكان من أجهزة الهواتف التي نحملها وسياراتنا الكهربائية اليوم نتيجة بحث بدأ في سبعينيات القرن الماضي، لكن نتج عنه تقنية ما كنا نستطيع إيجادها في الأسواق إلا في التسعينيات. يقدم الذكاء الاصطناعي وعداً بتسريع العملية إلى حدّ كبير، حيث يُعد البحث عن جزيئات جديدة في كثير من النواحي، مناسباً بشكل مثالي للتعلم العميق، ومن الممكن تدريب الخوارزميات على خصائص الجزئيات المعروف أنّها مفيدة، أو في بعض الحالات على القواعد التي تحكم التكوين الجزيئي والتفاعل.[70] فللوهلة الأولى، قد يبدو هذا تطبيقاً محدوداً نسبياً.

أياً يكن الأمر، إنّ السعي لإيجاد مواد كيميائية جديدة ومفيدة يؤثر بشكل فعلي على كل مجال من مجالات الابتكار، كما أنّ تسريع هذه العملية يَعد بتوفير مواد مبتكرة مضغوطة لاستخدامها في الآلات والبنية التحتية، ومواد تفاعلية لتُستخدم في أفضل البطاريات والخلايا الكهروضوئية أو المرشحات أو المواد الماصة التي قد تقلل من التلوث، بالإضافة إلى مجموعة من الأدوية الجديدة التي يمكن أن تحدث ثورة في الطب.

لقد لجأت مختبرات الأبحاث الجامعية وعدد متزايد من الشركات الناشئة إلى تكنولوجيا التعلم الآلي بحماسة، كما تستخدم بالفعل مناهج قوية قائمة على الذكاء الاصطناعي لتحقيق إنجازات مهمة، ففي تشرين الأول عام 2019، أعلن العلماء في جامعة دلفت للتكنولوجيا في هولندا أنّهم يستطيعون تصميم مادة جديدة تماماً بالاعتماد على خوارزمية التعلم الآلي حصرياً، من دون الحاجة إلى إجراء تجارب مخبرية فعلية. إنّ هذه المادة الجديدة قوية ومتينة، ولكنها شديدة الانضغاط أيضاً إذا ما طُبّق عليها قوة تتجاوز عتبة معينة، ما يعني أنه يمكن ضغط المادة بشكل ناجح في جزء صغير من حجمها الأصلي، ووفقاً لميغيل بيسا، وهو أحد الباحثين الرئيسيين في المشروع، قد يعني وجود مواد مستقبلية بهذه الخصائص يوماً ما «أنّك قد تتمكن من طي الأدوات ذات الاستخدام اليومي مثل الدراجات وطاولات العشاء والمظلات ووضعها في جيبك».[71]

في العادة، تتطلب مثل هذه المبادرات أن يكون لدى الباحثين خلفية تقنية قوية في مجال الذكاء الاصطناعي، كما أنّ هناك فرقاً جامعية أخرى تعمل على تطوير أدوات قائمة على الذكاء الاصطناعي يسهل الوصول إليها أكثر وتستعد لبدء اكتشاف مركبات كيميائية جديدة. فعلى سبيل المثال، يعمل الباحثون في جامعة كورنيل، على مشروع يدعى أس إيه آر إيه SARA، وهو اختصار لعامل الاستبدال الذاتي العلمي، حيث يأمل الفريق أن «يسرّع بشكل كبير، حسب الحجم، من اكتشاف المواد الجديدة وتطويرها»،[72] وفي الوقت ذاته، يطور باحثون من جامعة تكساس إيه آند أم منصة برمجية مصممة للبحث بشكل آلي عن مواد غير معروفة سابقاً.[73] تمول وزارة الدفاع الأميركية جزءاً من المشروعين، والتي تُعتبر الزبون المتلهف والمهتم بشكل خاص بأي ابتكارات قد تظهر، فبينما تعمل أدوات التعلم العميق القائمة على السحابة التي تقدمها شركتا أمازون وغوغل على إضفاء الطابع الديمقراطي على نشر التعلم الآلي في العديد من تطبيقات الأعمال، تستعد أدوات كهذه لأن تفعل الشيء ذاته للعديد من مجالات البحث العلمي المتخصص، وهذا ما يتيح للعلماء الحاصلين على تدريب في مجالات مثل الكيمياء أو علم المواد بنشر قوة الذكاء الاصطناعي من دون الحاجة إلى أن يصبحوا خبراء في التعلم الآلي أولاً. بمعنى آخر، يتطور الذكاء الاصطناعي إلى أداة يسهل الوصول إليها، ويمكن استخدامها بطرق أكثر إبداعاً واستهدافاً، كما أنّ هنالك نهجاً أكثر طموحاً ينطوي على دمج البرامج القائمة على الذكاء الاصطناعي والموجهة نحو اكتشاف المواد الكيميائية مع الروبوتات التي يمكنها أن تجري تجارب فيزيائية عملية. إنّ إحدى الشركات الصغيرة التي تدفع نحو هذا الاتجاه هي شركة كيبوتكس ومقرها في كامبريدج، ماساتشوستس، إنها شركة ناشئة انفصلت عن مختبر علوم مواد رائد في جامعة هارفارد، وطورت بدورها ما تسميه «أول مختبر ذاتي التحكم لاكتشاف المواد في العالم». تستطيع روبوتات الشركة إجراء التجارب بشكل آلي مستخدمةً المعدات المخبرية مثل الماصات لنقل السوائل ودمجها بالإضافة إلى إمكانية وصولها إلى آلات التحليل الكيميائي، ليجري بعد ذلك تحليل النتائج التجريبية عن طريق خوارزميات الذكاء الاصطناعي، والتي بدورها تتوقع أفضل مسار للعمل لتبدأ بعد ذلك المزيد من التجارب. والنتيجة عملية تكرارية ذاتية التطوير، تدعي الشركة أنّها ستسرع من اكتشاف جزيئات جديدة مفيدة بشكل كبير.[74]

تَكمن العديد من الفرص والتجارب المثيرة للاهتمام، والممولة بشكل كبير في هذا المجال، في المكان الذي تتقاطع فيه الكيمياء مع الذكاء الاصطناعي من أجل اكتشاف الأدوية الجديدة وتطويرها، واستناداً إلى أحد المصادر، هناك ما لا يقل عن 330 شركة ناشئة تركز على استخدام الذكاء الاصطناعي للحصول على أدوية جديدة اعتباراً من نيسان 2020.[75] ومن أشهر الأسماء في هذا المجال دافني كولر، الأستاذة في جامعة ستانفورد والمؤسس المشارك لشركة التعليم عبر الإنترنت كورسيرا، وهي واحدة من أفضل الخبراء في العالم في تطبيق التعلم الآلي على علم الأحياء والكيمياء الحيوية.

بالإضافة إلى أنّها المؤسس والرئيس التنفيذي لشركة إنسترو، وهي شركة ناشئة في وادي السيليكون، تأسست عام 2018، قد جمعت أكثر من مئة مليون دولار لمتابعة الأبحاث على الأدوية الجديدة باستخدام التعلم الآلي. يمكن القول إنّ التباطؤ الكبير في الابتكار التكنولوجي الذي ابتلي به الاقتصاد الأميركي ككل واضح بشكل خاص في صناعة الأدوية، وهذا ما أخبرتني به كولر عندما قالت لي:

تكمن المشكلة في أنّ تطوير عقاقير جديدة يصبح أكثر صعوبة بشكل مستمر، حيث تقترب معدلات نجاح التجارب السريرية من مجال متوسط برقم صغير، وتُقدر تكلفة البحث والتطوير قبل الضرائب لتطوير دواء جديد – مع أخذ حالات الفشل بالحسبان – بأكثر من مليارين ونصف مليار دولار، كما يتناقص معدل العائد على الاستثمار في تطوير الأدوية بشكل خطي عاماً بعد عام، حيث تُقدر بعض التحليلات أنّه سيصل إلى الصفر قبل عام 2020. ومن التفسيرات الطروحة أن تطوير الأدوية أصبح الآن أكثر صعوبة في جوهره، كما جرى اكتشاف العديد – ربما معظم – «الأدوية سهلة التحضير والمنتشرة». بعبارة أخرى، جرى اكتشاف الكثير من الأدوية التي لها تأثير على عدد كبير من السكان. إن كان الأمر كذلك، فإنّ المرحلة التالية من تطوير الدواء ستحتاج إلى التركيز على الأدوية الأكثر تخصصاً، والتي قد تكون ذات آثار محددة وتنطبق على مجموعة محددة من المرضى فقط.[76]

تتمثل رؤية إنسترو ومنافسيها في استخدام الذكاء الاصطناعي لعزل الأدوية الواعدة بسرعة، وخفض تكاليف التطوير بشكل كبير، وهي تقول إنّ اكتشاف الأدوية «رحلة طويلة تحوي على مفترقات طرق عديدة، وإنّ تسعة وتسعين بالمئة من هذه الطرق ستوصلك إلى طريق مسدود»، فإذا استطاع

الذكاء الاصطناعي توفير «بوصلة دقيقة إلى حدّ ما، فلنفكر حينها في ما قد يضيف ذلك على احتمالية نجاح العملية».[77]

إنّ مناهج مثل هذه تؤتي بثمارها بالفعل، ففي شباط عام 2020، أعلن باحثون في معهد أم آي تي – ماساتشوستس – للتكنولوجيا أنّهم اكتشفوا مضاداً حيوياً جديداً فعالاً باستخدام التعلم العميق، فقد تمكن نظام الذكاء الاصطناعي الذي أنشأه الباحثون من فحص وتفقد أكثر من مئة مليون مركب كيميائي محتمل في غضون أيام قليلة، كما ثبت أنّ المضاد الحيوي الجديد، الذي أطلق عليه العلماء اسم «هالسين» – على اسم «هال» – وهو نظام الذكاء الاصطناعي من الفيلم الشهير 2001: ملحمة الفضاء، أنّه مميت لكل نوع من أنواع البكتيريا التي أُختبر ضدها تقريباً، بما في ذلك السلالات المقاومة للأدوية الموجودة بالفعل.[78] وهذا أمر في غاية الأهمية بما أنّ المجتمع الطبي حذّر من أزمة تلوح في الأفق بما يتعلق بالبكتيريا المقاومة للأدوية، مثل «الجراثيم الخارقة» التي ابتليت بها العديد من المستشفيات بالفعل، وبما أنّ الكائنات الحية تتكيف مع الأدوية الموجودة وتقاومها. كما نجد أنّ هناك عدداً قليلاً من المضادات الحيوية الجديدة قيد التطوير بسبب تكاليف تطوير الأدوية المرتفعة والأرباح المنخفضة نسبياً، فحتى الأدوية الجديدة التي نجحت في اجتياز الاختبارات الصارمة والمكلفة وعمليات الموافقة الروتينية تميل إلى أن تكون أشكالاً متنوعة من مضادات حيوية موجودة. بالمقابل، يبدو أنّ دواء هالسين يهاجم البكتيريا بطريقة جديدة تماماً، وتشير التجارب إلى أنّ الآلية التي يتبعها قد تكون مقاومة بشكل خاص للطفرات التي تجعل المضادات الحيوية أقل فعالية بمرور الوقت. بعبارة أخرى، خرج الذكاء الاصطناعي بحل يعتمد على نوع من الاستكشاف يمكن وصفه «بالخارج عن المألوف» فهو اكتشاف بالغ الأهمية للابتكار الهادف المفيد.

كما أُعلن عن حدث آخر مهم أيضاً في أوائل عام 2020، من قبل شركة إكسينتيا التي تتخذ من المملكة المتحدة مقراً لها، فقد استخدمت التعلم الآلي لاكتشاف دواء جديد لعلاج اضطراب الوسواس القهري، وتفيد الشركة أنّ التطوير الأولي للمشروع استغرق عاماً واحداً فقط، أي حوالى خُمس الوقت النموذجي الذي تحتاج إليه التقنيات التقليدية عادةً، وتزعم أنّه أول عقار جرى اكتشافه بواسطة الذكاء الاصطناعي يدخل التجارب السريرية.[79]

كما رأينا في الفصل الأول من الكتاب إنجازاً مميزاً ملحوظاً في تطبيق الذكاء الاصطناعي على الأبحاث الكيميائية الحيوية، وهو إنجاز ديب مايند لثني البروتين الذي أُعلن عنه في شهر شباط عام 2020، فبدلاً من محاولة اكتشاف دواء معين، وضعت ديب مايند تقنيتها في العمل من أجل الحصول على فهم أكثر عمقاً، ففي أواخر عام 2018، أدخلت ديب مايند صيغة سابقة من نظام ألفا فولد الخاص بها في مسابقة عالمية تُعرف بالتقدير التوقعي لهيكل البروتين أو CASP (سي إيه إس بي) حيث استخدمت الفرق من جميع أنحاء العالم مجموعة متنوعة من التقنيات القائمة على كل من الحساب والحدس البشري من أجل محاولة توقع الطريقة التي تنثني بها البروتينات. فاز نظام ألفا فولد بهذه المسابقة عام 2018 بفارق كبير، ولكن حتى أثناء انتصاره، كان قادراً على تقديم أفضل توقع لخمسة وعشرين تسلسلاً فقط من تسلسلات البروتينات الثلاثة والأربعين بشكل صحيح. بعبارة أخرى، لم يكن الإصدار الأولي هذا من نظام ألفا فولد دقيقاً بما يكفي ليعتمد أداة بحث مفيدة حقاً.[80] إنّ حقيقة قدرة ديب مايند على صقل تقنيتها إلى الحدّ الذي أعلن فيه عدد من العلماء أنّه قد «جرى حل» مشكلة ثني البروتين بعد عامين فقط هي، على ما أعتقد، مؤشر واضح حقاً على السرعة الكبيرة التي يمكن لتطبيقات محددة للذكاء الاصطناعي أن تستمر بالتقدم وفقها، وبصرف النظر عن استخدام التعلم الآلي لاكتشاف عقاقير جديدة، ومركبات كيميائية أخرى، قد نجد التطبيق العام الأكثر أهمية للذكاء الاصطناعي في مجال البحث العلمي في استيعاب وفهم الأبحاث المنشورة المتزايد بشكل كبير ومستمر، فقد نُشرت أكثر من ثلاثة ملايين ورقة علمية في أكثر من أربعين ألف مجلة مستقلة عام 2018 وحده.[81] وإنّ فهم واستيعاب معلومات بهذا الحجم يتجاوز قدرة أي عقل بشري فردي بكثير، ويمكن القول إنّ الذكاء الاصطناعي هو الأداة الوحيدة المتاحة لنا والتي يمكن أن تؤدي إلى الفهم الشامل الذي نسعى إليه.

يجري الآن نشر واستخدام أنظمة طبيعية لمعالجة اللغة قائمة على أحدث التطورات في مجال التعلم العميق لاستخلاص المعلومات وتحديد الأنماط غير الواضحة في الدراسات البحثية، وإقامة روابط نظرية عامة ما كانت لتبصر النور لولا ذلك، حيث لا تزال تقنية واتسون الخاصة بشركة آي بي أم تؤدي دوراً مهماً في هذا المجال، كما بدأ تطوير مشروع آخر للذكاء الاصطناعي عام 2015، وهو سيمانتك سكولر، من قبل معهد ألين الذي يقع مقره في سياتل، حيث يُوفر نظام سيمانتك سكولر إمكانية بحث واستخراج

المعلومات باستخدام الذكاء الاصطناعي عبر أكثر من 186 مليون ورقة بحثية منشورة في كل مجال من مجالات الدراسة العلمية تقريباً.[82]

في آذار عام 2020، انضم معهد ألين إلى مجموعة من المنظمات الأخرى منها مايكروسوفت، والمكتبة الوطنية للطب، ومكتب البيت الأبيض للعلوم والتكنولوجيا، وقسم خدمات أمازون ويب التي تقدمها شركة أمازون، وغيرها من المنظمات لإنشاء مجموعة بيانات البحوث المفتوحة الخاصة بفيروس كورونا، كوفيد–19، وهي قاعدة بيانات خاصة بالبحث عن الأوراق العلمية المتعلقة بجائحة كورونا،[83] حيث تتيح التكنولوجيا للعلماء ومقدمي الرعاية الصحية الوصول إلى إجاباتٍ عن أسئلةٍ محددة بسرعة في مجموعة واسعة من المجالات العلمية، بما في ذلك الكيمياء الحيوية للفيروس والنماذج الوبائية وعلاج المرض. وقد احتوت قاعدة البيانات هذه، اعتباراً من شهر نيسان عام 2021، على أكثر من 280 ألف ورقة علمية يستخدمها العلماء والأطباء بكثرة.[84] حيث تمتلك مبادرات كهذه إمكانات هائلة لتشكل أدوات حاسمة في تسريع توليد الأفكار الجديدة، ومع ذلك، لا تزال التكنولوجيا في هذا المجال في مراحلها الأولى، ويرجح أن يتطلب الوصول إلى التقدم الحقيقي المأمول، التغلب على بعض العقبات في الطريق إلى ذكاء آلي أكثر عمومية وشمولية على الأقل، وهو ما سوف نتعمق فيه في الفصل الخامس. فمن السهل أن نتخيل وجود نظام فعّال حقاً يؤدي دوراً مساعداً كمساعد ذكي في عمليات البحث للعلماء، وهذا يوفر القدرة على المشاركة في محادثة حقيقية، والتلاعب بالأفكار، واقتراح طرق جديدة للاستكشاف.

مع ذلك، أعتقد أنّه من المهم أن نحافظ على تصور مدروس وواقعي لما يمكن تحقيقه في النهاية. فلا يشير أي من هذا إلى أنّ الذكاء الاصطناعي سيكون حلاً سحرياً لابتكار الشحن التوربيني السريع، أو أنّنا يجب أن نتوقع تحقيق نتائج مميزة باستمرار خلال إطار زمني متسارع.

في نهاية المطاف، يتعلق العلم أساساً بالتجربة، فإنّ إجراء وتقييم نتائج التجارب يستغرق وقتاً، ومن الممكن أن نسرّع الأساليب العلمية بشكل ملموس في بعض الحالات، وقد نتمكن من تحقيق ذلك من خلال استخدام الروبوتات المختبرية، أو حتى عن طريق إجراء بعض التجارب بسرعة عالية في بيئات محاكاة مناسبة.

مع ذلك، غالباً ما يجب إجراء التجارب على الكائنات الحية في مجالات مثل الطب والبيولوجيا، وهنا تكونِ إمكانية تسريع العملية بشكل كبير محدودة

للغاية، ويسلّط السعي الناجح بشأن لقاحات كوفيد–19 الضوء على هذا الواقع، حيث استطاع العلماء صياغة لقاحات مرشحة للنجاح في غضون أسابيع من الحصول على الشفرة الوراثية للفيروس، لكن الانتظار للحصول على لقاحات صالحة للاستخدام كان طويلاً، الأمر الذي يرجع إلى الحاجة إلى اختبارات مكثفة على كل من الحيوانات والبشر، إلى جانب الحاجة إلى زيادة القدرة التصنيعية لإنتاج مليارات الجرعات المطلوبة، فالحقيقة هي أنّه حتى لو استطعنا الوصول إلى ذكاء اصطناعي متقدم حقاً بالمستوى الذي تعرضه أفلام الخيال العلمي، فإنّه ليس من الواضح على الإطلاق ما إن كانت ستتمكن التكنولوجيا من تقديم لقاح فعال في إطار زمني أقصر بشكل كبير، وهذا هو أحد الأسباب التي تجعلني مشككاً في ادعاءات كورزويليان بأنّ الذكاء الاصطناعي سيؤدي قريباً إلى إطالة عمر الإنسان بشكل كبير، فحتى لو ساعد الذكاء الاصطناعي في توليد أفكار جديدة فعّالة في هذا المجال، فكيف سنختبر أي علاجات ناتجة عنه من حيث السلامة والفعالية من دون الانتظار لسنوات عديدة أو حتى عقود للحصول على نتائج نهائية؟

من المؤكد أنّ هناك فرصاً عديدة للإصلاح التنظيمي التي قد تسهل عملية الموافقة على الأدوية والعلاجات الجديدة، لكن في النهاية، حتى أكثر العلماء ذكاءً وإبداعاً يجب أن ينتظروا النتائج التجريبية التي تؤكد صحة أفكارهم.

إن الغرض من هذا الفصل هو تقديم عرض موجز بشأن بعض أكثر تطبيقات الذكاء الاصطناعي إثارة للاهتمام، مترابطة ترابطاً منطقياً مع تسليط الضوء على المجالات التي يبدو الذكاء الاصطناعي فيها معلقاً ومعطلاً على المدى القريب، وحيث قد يتوجب علينا الانتظار لفترة أطول لتحقيق الإنجازات، فقائمة هذه المجالات بعيدة من أن تكون شاملة.

في النهاية، سيؤثر الذكاء الاصطناعي على كل شيء ويغيره تقريباً. إن حجة أنّ الذكاء الاصطناعي يتطور بسرعة إلى أداة شبيهة بالكهرباء تمتلك إمكانية الوصول الفعال إلى الجميع والطبيعة التحويلية للتكنولوجيا، ومع ذلك، ومقارنةً بالكهرباء، نجد أنّ الذكاء الاصطناعي تقنية أكثر تعقيداً وديناميكية إلى حد كبير، والتي ستتحسن باستمرار مع توفير عدد غير محدود تقريباً من القدرات المتغيرة بشكل مستمر. ولذلك، من أجل فهم الإمكانات الحقيقية لهذه الأداة الجديدة، نحتاج إلى الخوض في علم وتاريخ الذكاء الاصطناعي ونرى كيف يتطور المجال والتحديات التي تنتظرنا، والأفكار المتنافسة التي ستشكل هيكل التكنولوجيا بينما تستمر بالتقدم، وستكون كل هذه الأمور هي المواضيع التي سنتكلم عنها في الفصلين القادمين.

الفصل الرابع

مهمة بناء آلات ذكية

بشكل عام، تعتبر جائزة تورينغ بمنزلة جائزة نوبل للحوسبة، وسميت الجائزة على اسم عالم الرياضيات وعالم الحاسوب الأسطوري آلان تورينغ وتمنحها سنوياً جمعية آلات الحوسبة، وهي تمثل ذروة الإنجاز لأولئك الذين كرسوا حياتهم المهنية للنهوض بهذا المجال. ومثل جائزة نوبل، تترافق جائزة تورينغ مع جائزة مالية قدرها مليون دولار، تمولها غوغل بشكل أساسي.

في حزيران 2019، مُنحت جائزة تورينغ لعام 2018 لثلاثة رجال – جيفري هينتون، ويان ليكون ويوشوا بنغيو – تقديراً لمساهماتهم طويلة الأمد في تطوير الشبكات العصبية العميقة. لقد أحدثت هذه التكنولوجيا والمعروفة أيضاً باسم التعلم العميق، على مدار العقد الماضي، ثورة في مجال الذكاء الاصطناعي، وأنتجت تطورات اعتبرت منذ فترة قصيرة خيالاً علمياً.

يسمح سائقو سيارات تيسلا بشكل روتيني لسياراتهم بالتنقل على الطرق السريعة بشكل مستقل، وينتج مترجم غوغل على الفور نصاً صالحاً للاستخدام، حتى في اللغات الغامضة التي سمع عنها القليل منا، وقد عرضت شركات مثل مايكروسوفت ترجمة آلية في الوقت الحالي تترجم اللغة الصينية المنطوقة إلى الإنكليزية. ينشأ الأطفال في عالم من المعتاد التحدث فيه مع أليكسا من شركة أمازون، ويقلق الآباء بشأن ما إذا كانت هذه التفاعلات

صحية أم لا. كل هذه التطورات – والعديد من التطورات الأخرى – مدعومة من الشبكات العصبية العميقة.

كانت الفكرة الأساسية الكامنة وراء التعلم العميق موجودة منذ عقود. ففي أواخر خمسينيات القرن الماضي، ابتكر فرانك روزنبلات، عالم النفس في جامعة كورنيل، البيرسبترون، وهو جهاز إلكتروني يعمل على مبادئ مشابهة لتلك الموجودة في الخلايا العصبية البيولوجية في الدماغ. أظهر روزنبلات أن الشبكات البسيطة المكونة من أجهزة استشعار يمكن تدريبها لأداء مهام التعرف إلى الأنماط الأساسية، مثل فك رموز الصور الرقمية.

ولَّد عمل روزنبلات الأولي على الشبكات العصبية الحماسة، ولكن مع فشل التقدم الملحوظ في التحقق، تم إبعاد التقنية في النهاية بواسطة مناهج أخرى. استمرت مجموعة صغيرة فقط من الباحثين، بما في ذلك الفائزون الثلاثة بجائزة تورينغ لعام 2018، في التركيز على الشبكات العصبية. بين علماء الحاسوب، كان يُنظر إلى التكنولوجيا على أنها ركيزة بحثية، ومن المحتمل أن تكون طريقاً مسدوداً.

تغير كل شيء عام 2012 عندما دخل فريق من مختبر أبحاث جيف هينتون من جامعة تورنتو في تحدي التعرف المرئي على نطاق واسع على ايمدجنت. في هذا الحدث السنوي، تنافست فرق من العديد من الجامعات والشركات الرائدة في العالم لتصميم خوارزمية يمكنها تصنيف الصور المختارة من قاعدة بيانات ضخمة للصور الفوتوغرافية بشكل صحيح. بينما استخدمت الفرق الأخرى تقنيات برمجة الحاسوب التقليدية، أطلق فريق هينتون العنان لشبكة عصبية عميقة – أو متعددة الطبقات – دُربت على آلاف من الصور النموذجية. فجّر فريق جامعة تورنتو أبواب المنافسة، واستيقظ العالم على قوة التعلم العميق.

في السنوات التي تلت ذلك، قامت كل شركة تقنية كبرى تقريباً باستثمارات ضخمة في التعلم العميق. جعلت غوغل وفيسبوك وأمازون ومايكروسوفت، بالإضافة إلى رواد التكنولوجيا الصينيين بايدو، وتينسنت، وعلي بابا، الشبكات العصبية العميقة تقنية محورية لمنتجاتهم وعملياتهم ونماذج أعمالهم. تشهد صناعة أجهزة الحاسوب أيضاً تحولاً، حيث تتنافس شركتا أنفيديا وأنتل لتطوير رقائق الحاسوب التي تعمل على تحسين أداء الشبكات العصبية. يتحكم الخبراء في التعلم العميق بحزم تعويضات مكونة من سبعة أرقام حيث يعاملون مثل نجوم الرياضة حيث تتنافس الشركات على مجموعة محدودة من المواهب.

على الرغم من أن التقدم في الذكاء الاصطناعي خلال العقد الماضي كان استثنائياً وغير مسبوق، إلا أن هذا التقدم كان مدفوعاً إلى حدّ كبير بالارتقاء إلى مجموعات أكبر من البيانات، والتي تلتهمها خوارزميات التعلم العصبي التي تعمل على أجهزة حاسوب أسرع وأسرع. هناك شعور متزايد بين خبراء الذكاء الاصطناعي بأن هذا النهج غير دائم وأنه يجب إدخال أفكار جديدة إلى التكنولوجيا من أجل الاستمرار في المضي قدماً. قبل الخوض في المستقبل المحتمل للذكاء الاصطناعي، دعونا نلقِ نظرة سريعة على كيفية بدء كل شيء، وعلى المسار الذي تتبعه المجال حتى الآن، وكيفية عمل أنظمة التعلم العميق التي أنتجت مثل هذا التقدم الثوري خلال السنوات القليلة الماضية. كما سنرى، منذ الأيام الأولى، تميز البحث في الذكاء الاصطناعي بالمنافسة بين نهجين مختلفين تماماً لبناء آلات ذكية. يأتي التوتر بين هاتين المدرستين في المقدمة مرة أخرى، وقد يكون على استعداد لتشكيل الطريقة التي يتقدم بها المجال في السنوات والعقود القادمة.

هل يمكن للآلات أن تفكر؟

سكنت الآلات التي لديها القدرة على التفكير والتصرف مثل البشر الخيال قبل فترة طويلة من اختراع الحاسوب الأول، ففي عام 1863، كتب المؤلف الإنكليزي صموئيل بتلر رسالة إلى محرر الصحيفة المحلية في كرايستشيرش، نيوزيلندا، وعنون الرسالة «داروين بين الآلات»، وشرح في الرسالة الآلات الحية التي قد تتطور يوماً لتلائم البشر وربما تحل محلهم. دعا بتلر إلى التصدي الفوري لهذا النوع الميكانيكي الناشئ، وأعلن أنه «يجب تدمير كل آلة من هذا النوع»، وهو قلق يبدو سابقاً لأوانه بعض الشيء، نظراً للحالة التي كانت عليها تكنولوجيا المعلومات في العام 1863، ولكنه رسم وصفاً له تكرر مراراً وتكراراً في أفلام مثل ذا تيرمينيتور وذا ماتريكس. ولا تقتصر مخاوف بتلر على الخيال العلمي فحسب، فقد دفعت التطورات الأخيرة في الذكاء الاصطناعي شخصيات بارزة مثل إيلون ماسك والراحل ستيفن هوكينغ إلى التحذير من سيناريوهات مشابهة بشكل ملحوظ لما كان بتلر قلقاً بشأنه منذ أكثر من 150 عاماً.

تختلف الآراء حول الوقت الذي أصبح فيه الذكاء الاصطناعي مجالاً جاداً للدراسة. أود أن أشير إلى أنه في العام 1950. نشر عالم الرياضيات اللامع آلان تورينغ ورقة علمية بعنوان ماكينات الحوسبة والذكاء وطرح فيها السؤال التالي: «هل يمكن للآلات أن تفكر؟»[2] في ورقته البحثية هذه، اخترع تورينغ اختباراً، بناءً على لعبة كانت شائعة في الحفلات، والتي لا تزال الطريقة الأكثر

شيوعاً لتحديد ما إذا كان يمكن اعتبار الآلة ذكية حقاً. قام تورينغ، المولود في لندن عام 1912، بعمل رائد في نظرية الحساب وطبيعة الخوارزميات، وهو يُعتبر بشكل عام الأب المؤسس لعلوم الحاسوب. حصلت أهم إنجازات تورينغ عام 1936، بعد عامين فقط من تخرجه من جامعة كامبريدج، عندما وضع المبادئ الرياضية لما يسمى اليوم «آلة تورينغ العالمية»؛ وهي أساساً المخطط المفاهيمي لكل حاسوب في العالم الحقيقي من أي وقت مضى. أدرك تورينغ بوضوح في بداية عصر الحاسوب أن ذكاء الآلة كان امتداداً منطقياً وربما لا مفر منه للحساب الإلكتروني.

صاغ جون مكارثي عبارة «الذكاء الاصطناعي»، عندما كان أستاذاً شاباً للرياضيات في كلية دارتموث. في صيف العام 1956، ساعد مكارثي في ترتيب مشروع بحث دارتموث الصيفي حول الذكاء الاصطناعي في حرم كلية نيو هامبشاير. استمر هذا المؤتمر شهرين، ودُعي إليه رواد المجال الناشئ حديثاً، وكانت الأهداف طموحة ومتفائلة. أعلن البيان الختامي للمؤتمر أنه «ستبذل محاولة لإيجاد كيفية جعل الآلات تستخدم اللغة، وتشكل التجريدات والمفاهيم، وتحل أنواعاً من المشاكل التي يحلها البشر الآن، وتحسن أنفسها»، ووعد المنظمون بأن «تقدماً كبيراً يمكن أن يحصل في واحدة أو أكثر من هذه المشكلات إذا عملت مجموعة مختارة بعناية من العلماء على حلها معاً في فصل الصيف».3 صاغ كلود شانون، وهو مهندس كهربائي أسطوري في مختبر الذكاء الاصطناعي في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا مبادئ نظرية المعلومات التي تكمن وراء الاتصال الإلكتروني وتجعل الإنترنت ممكنة. مع ذلك، كان آلان تورينغ ألمع عقل غائب بشكل ملحوظ عن مؤتمر دارتموث. لأنه انتحر قبل ذلك بعامين، فقد اتهم تورينغ بتهمة العلاقة الجنسية المثلية بموجب قوانين «الفحش» التي كانت سارية في بريطانيا آنذاك، وخُير تورينغ بين السجن أو الإخصاء الكيميائي من خلال الحقن القسري لهرمون الأستروجين. بعد اختياره الخيار الثاني، اكتأب، وانتحر عام 1954. وكان ذلك خسارة كبيرة بالنسبة إلى المجالات الناشئة لعلوم الحاسوب والذكاء الاصطناعي. كان تورينغ يبلغ من العمر واحداً وأربعين عاماً عندما انتحر. في عالم أكثر عدلاً، من شبه المؤكد أنه كان سيعيش ليرى ظهور الحاسوب الشخصي، وربما ظهور الإنترنت، وربما حتى العديد من الابتكارات التي تلت ذلك. لا أحد يستطيع القول ما هي المساهمات التي كان تورينغ سيقدمها على مدى تلك العقود، أو إلى أي مدى قد يكون هناك المزيد من التقدم في مجال الذكاء الاصطناعي

الآن، لكن الخسارة الفكرية لهذا المجال، وللبشرية جمعاء، من المرجح أن تكون مذهلة.

حقق مجال الذكاء الاصطناعي تقدماً سريعاً في السنوات التي أعقبت مؤتمر دارتموث. فالحواسيب أصبحت أكثر قدرة، وحصلت اختراقات مهمة، وطوّرت خوارزميات يمكنها حل مجموعة متزايدة من المشكلات، وأصبح الذكاء الاصطناعي مجالاً للدراسة في الجامعات في جميع أنحاء الولايات المتحدة، وأنشئت عدة مختبرات لأبحاث الذكاء الصناعي.

أحد أهم عوامل التمكين لهذا التقدم هو الاستثمار الضخم من الحكومة الأميركية، وخاصة البنتاغون. لقد وجهت الكثير من هذه المشاريع من خلال وكالة مشاريع الأبحاث المتقدمة، أو ARPA. كان معهد ستانفورد للأبحاث أحد المراكز المهمة بشكل خاص للبحوث الممولة من وكالة مشاريع الأبحاث المتقدمة، والذي انفصل لاحقاً عن جامعة ستانفورد ليصبح معهد ستانفورد للأبحاث الدولية. قام مركز الذكاء الاصطناعي التابع لمعهد ستانفورد للأبحاث الدولية، والذي تأسس عام 1966، بعمل رائد في مجالات مثل الترجمة والتعرف إلى الكلام. ابتكر المختبر أيضاً أول روبوت مستقل حقاً، وهو آلة قادرة على تحويل التفكير المدعوم بالذكاء الاصطناعي إلى تفاعل مادي مع البيئة. بعد نصف قرن من تأسيسه، انفصل مركز الذكاء الاصطناعي التابع لمعهد ستانفورد للأبحاث وأصبح شركة ناشئة بمساعد شخصي جديد يسمى سيري ستحصل عليه آبل في العام 2010.

ومع ذلك، سرعان ما أدى التقدم إلى فرط النشاط والوعود الضخمة والتوقعات غير الواقعية. ففي العام 1970، نشرت مجلة لايف مقالاً عن الروبوت الذي تم تطويره في معهد ستانفورد للأبحاث، واصفة إياه بأنه أول «شخص إلكتروني» في العالم. صرّح مارفن مينسكي، الذي كان حينها باحثاً بارزاً في مجال الذكاء الاصطناعي في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، لمؤلف المقال، براد داراش:

بدا مؤكَّداً أنه في غضون ثلاث إلى ثماني سنوات، سيكون لدينا آلة تتمتع بذكاء عام كالإنسان العادي. أعني أن الآلة ستكون قادرة على قراءة شكسبير، وطلاء سيارة، وتفعيل السياسات المكتبية، وقول نكتة، وخوض معركة. عند هذه النقطة ستبدأ الآلة في تثقيف نفسها بسرعة مذهلة. وفي

غضون بضعة أشهر ستكون قد بلغت مستوى العبقرية، وبعد بضعة أشهر ستصبح صلاحياتها لا تُحصى[4].

راجع داراش هذا البيان مع باحثين آخرين في الذكاء الاصطناعي وقيل له إن الإطار الزمني الذي يتراوح بين ثلاث وثماني سنوات كان متفائلاً بعض الشيء. قالوا إن الأمر قد يستغرق خمسة عشر عاماً، لكن الجميع اتفقوا على أنه سيكون هناك مثل هذه الآلة وأنها يمكن أن تعجل بالثورة الصناعية الثالثة، وتقضي على الحرب والفقر، وتدفع عجلة النمو في العلوم، والتعليم، والفنون لقرون عديدة[5].

عندما أصبح من الواضح أن مثل هذه التوقعات كانت بعيدة كل البعد عن الواقع، وأن بناء أنظمة ذكاء اصطناعي قادرة على أداء مهام أقل طموحاً كان أكثر صعوبة بكثير مما كان متوقعاً، بدأ الحماس في التلاشي. بحلول عام 1974، حلت خيبة الأمل بين المستثمرين، وخاصة بين الوكالات الحكومية التي أدت دوراً تمويلياً ضخماً في هذا المجال؛ وعلى الآفاق الوظيفية للعديد من باحثي الذكاء الاصطناعي. على مدار تاريخه، عانى مجال الذكاء الاصطناعي نوعاً من الاضطراب ثنائي القطب الجماعي، مع فترات من الوفرة العالية والتقدم السريع تتخللها أحياناً فترات طويلة من خيبة الأمل واستثمارات منخفضة أصبحت تسمى «فصول الشتاء للذكاء الاصطناعي».

يحتمل أن يكون الانغماس الدوري للمجال في فصول الشتاء للذكاء الاصطناعي ناتجاً جزئياً عن عدم تقدير مدى صعوبة المشكلات التي يهدف الذكاء الاصطناعي إلى حلها حقاً. ومع ذلك، كان هناك عامل حاسم آخر، وهو مدى بطء أجهزة الحاسوب قبل التسعينيات. كان سيستغرق الأمر عقوداً من التقدم في ظل النظام الصارم لقانون مور لتقديم الأجهزة التي من شأنها أن تضع أحلام المشاركين في مؤتمر دارتموث عام 1956 في متناول اليد.

أدى وصول أجهزة الحاسوب الأسرع إلى بعض التطورات الهائلة في أواخر التسعينيات. ففي أيار عام 1997، هزم حاسوب ديب بلو من شركة آي بي أم بفارق ضئيل بطل الشطرنج العالمي، غاري كاسباروف، في منافسة من ست جولات. على الرغم من أن هذا كان متوقعاً عموماً باعتباره انتصاراً للذكاء الاصطناعي، إلا أنه في الواقع كان إنجازاً تحقق بشكل أساسي من خلال الاستفادة من قوة الحساب. تمكنت الخوارزميات المتخصصة التي تعمل على جهاز ديب بلو المصمم خصيصاً بحجم ثلاجة من التطلع إلى الأمام، حيث فحص العديد من الحركات المحتملة بسرعة وبطريقة كانت مستحيلة حتى بالنسبة إلى العقل البشري الأكثر قدرة.

في عام 2011، انتصرت شركة آي بي أم مرة أخرى مع ظهور واتسون، وهي الآلة التي هزمت – وبسهولة – أفضل المتسابقين في العالم في برنامج الألعاب التلفزيونية جيوباردي. من نواح كثيرة، كان هذا إنجازاً أكثر إثارة للإعجاب لأنه يتطلب فهماً للّغة الطبيعية بما في ذلك القدرة على التنقل بين النكات والتلاعب في الكلمات. على عكس ديب بلو، كان واتسون نظاماً يمكنه تجاوز حدود لوحة لعبة بقواعد محددة بشكل صارم والتعامل مع مجموعة غير محدودة من المعلومات. لقد فاز واتسون في لعبة جيوباردي من خلال نشر حزمةمن الخوارزميات الذكية في وقت واحد عبر رزم من البيانات، غالباً ما تكون مستمدة من مقالات ويكيبيديا، لتحديد الاستجابات الصحيحة أثناء اللعب.

بشّر واتسون بعصر جديد وآلات من شأنها أن تبدأ أخيراً في تحليل اللغة والانخراط حقاً مع البشر، لكن عام 2011 شكّل أيضاً بداية تحول جذري في التكنولوجيا الأساسية للذكاء الاصطناعي. اعتمد واطسون على خوارزميات التعلم الآلي التي استخدمت التقنيات الإحصائية لفهم المعلومات، ولكن خلال السنوات القليلة التالية، ظهر نوع آخر من التعلم الآلي – الذي يعتمد بشكل مباشر على المدرك الذي ابتكره فرانك روزنبلات قبل أكثر من نصف قرن – ليعاود الارتقاء إلى الصدارة بسرعة ليهيمن على مجال الذكاء الاصطناعي.

الارتباطية مقابل الذكاء الاصطناعي الرمزي وصعود التعلم العميق

حتى في الوقت الذي اتبع فيه المجال العام للذكاء الاصطناعي مسار الطفرة والانهيار على مدى عقود، تأرجح تركيز البحث بين فلسفتين عامتين شددتا على المناهج المتناقضة لبناء آلات أكثر ذكاءً. نشأت إحدى المدارس الفكرية من عمل روزنبلات على الشبكات العصبية في خمسينيات القرن الماضي. ويعتقد أتباعها أن النظام الذكي يجب أن يصاغ على أساس البنية الأساسية للدماغ، وأنه يجب أن يستخدم مكونات شديدة الترابط تعتمد بشكل فضفاض على الخلايا العصبية البيولوجية. هذا النهج، الذي أطلق عليه اسم «الارتباطية»، شدد على التعلم باعتباره القدرة المركزية للذكاء، وجادل بأنه إذا كان من الممكن صنع آلة للتعلم بكفاءة من البيانات، فإن القدرات الأخرى التي يعرضها الدماغ البشري قد تظهر في النهاية أيضاً. بعد كل هذا، كان هناك دليل قوي على فعالية هذا النموذج: كان من المعروف أن الدماغ البشري نفسه يتكون بالكامل من نظام معقد بشكل غير مفهوم من الخلايا العصبية البيولوجية المترابطة.

تألف المعسكر المتنافس من باحثين تبنوا مقاربة «رمزية» ركّزت على تطبيق المنطق والاستدلال. بالنسبة إلى الرموز، لم يكن التعلم مهماً جداً، وبدلاً من ذلك، كان مفتاح الذكاء هو القدرة على الاستفادة من المعرفة من خلال التفكير واتخاذ القرار والعمل. وبدلاً من تصميم الخوارزميات التي يمكن أن تتعلم من تلقاء نفسها، شفروا المعلومات يدوياً مباشرةً في الأنظمة التي أنشأوها، وهي ممارسة أدت إلى مجال يُعرف باسم «هندسة المعرفة».

كان الذكاء الإصطناعي سيمبوليك هو المحرك الذي شغّل جميع التطبيقات العملية المبكرة للذكاء الاصطناعي تقريباً. كان مهندسو المعرفة، الذين يعملون مع الأطباء، على سبيل المثال، قادرين على بناء أنظمة تحاول تشخيص الأمراض باستخدام الخوارزميات التي تستخدم أشجار القرار. أنتجت مثل هذه الأنظمة الطبية الخبيرة نتائج مختلطة، وثبت في كثير من الأحيان أنها غير مرنة وغير موثوقة. ومع ذلك، ففي العديد من التطبيقات الأخرى، مثل أنظمة الطيار الآلي المستخدمة في الطائرات النفاثة، أصبحت التقنيات التي تم تطويرها من خلال البحث في الأنظمة الخبيرة تدريجياً مكونات روتينية لتصميم البرامج، ولم تعد تسمى «الذكاء الاصطناعي».

تعود أصول الارتباطية إلى البحث الذي يهدف إلى فهم وظيفة الدماغ البشري. في الأربعينيات من القرن الماضي، قدّم وارن ماكولوتش ووالتر بيتس فكرة الشبكة العصبية الاصطناعية كنوع من التقريب الحسابي للطريقة التي تعمل بها الخلايا العصبية البيولوجية في الدماغ.6 فرانك روزنبلات، الذي كان طبيب نفس محاضراً في قسم علم النفس في جامعة كورنيل، دمج في وقت لاحق هذه الأفكار.

كان المستشعر قادراً على القيام بمهام التعرف إلى الأنماط الأولية مثل التعرف إلى الأحرف المطبوعة عبر الكاميرا التي تم توصيلها بالجهاز. التقى المخترع والمؤلف راي كورزويل، وهو الآن مدير هندسي في غوغل، مع روزنبلات في معمله في كورنيل عام 1962. وقال: «أخبرني كورزويل أنه أحضر عينات لتجربتها على جهاز الاستشعار، وأن الآلة تعمل بشكل مثالي طالما أن الشخصيات تمت طباعتها بوضوح بالخط المناسب». أخبر روزنبلات كورزويل الشاب الذي كان على وشك التسجيل في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، أنه واثق من إمكانية الحصول على نتائج أفضل بكثير إذا تم تسلسل الإدراك الحسي إلى مستويات متعددة، مع تغذية ناتج مستوى واحد في مدخلات المستوى التالي، ولكنه، توفي في حادث قارب عام 1971، بعد أن بنى تطبيقاً متعدد الطبقات.

بحلول أواخر الستينيات، بدأ الحماس الأولي للشبكات العصبية الاصطناعية يتلاشى. كان أحد أهم دوافع هذا التراجع هو نشر كتاب الإدراك عام 1969، الذي شارك في تأليفه مارفن مينسكي. في الوقت الذي كان فيه مينسكي واثقاً بشكل غير عادي من آفاق الذكاء الاصطناعي ككل، كان متشائماً للغاية بشأن النهج المحدد الذي سيؤدي في يوم من الأيام إلى تقدم غير مسبوق. في الكتاب، قدّم مينسكي والمؤلف المشارك سيمور بابيرت البراهين الرياضية الرسمية التي سلّطت الضوء على قيود الشبكات العصبية واقترحا أن التكنولوجيا ستثبت عجزها عن حل المشكلات العملية المعقدة.[8]

عندما بدأ علماء الحاسوب وطلاب الدراسات العليا في الابتعاد عن العمل على الشبكات العصبية، سيطر النهج الرمزي للذكاء الاصطناعي الذي يشار إليه غالباً باسم «الذكاء الاصطناعي الكلاسيكي». وقد شهدت الشبكات العصبية انبعاثاً قصيراً في الثمانينيات ومرة أخرى في التسعينيات، ولكن لعقود من الزمان سادت المدرسة الرمزية، حتى مع دوران الحماس في مجال الذكاء الاصطناعي ككل بين الطرفين.

خلال السبعينيات وأوائل الثمانينيات، أخبرني يان ليغا، الذي يُعتبر الآن أحد المهندسين الأساسيين للتعلم العميق، أنه خلال هذه الفترة، كان البحث في الشبكات العصبية «أسوأ من التهميش» وأنه «لا يمكنك نشر ورقة بحث حتى عن عبارة «الشبكات العصبية» لأنها سترفض على الفور»[9] مع ذلك، حافظ عدد قليل من الباحثين على الثقة في الرؤية. العديد من هؤلاء الأفراد ليس لديهم خلفيات في علوم الحاسوب، بل في علم النفس أو الإدراك البشري، وكان اهتمامهم مدفوعاً بالرغبة في إنشاء نموذج رياضي لوظيفة الدماغ. في أوائل ثمانينيات القرن الماضي، ابتكر ديفيد روميلهارت، أستاذ علم النفس في جامعة كاليفورنيا، سان دييغو، تقنية «الانتشار العكسي» الذي لا يزال خوارزمية التعلم الأساسية المستخدمة في الشبكات العصبية متعددة الطبقات حتى يومنا هذا. وصف روميلهارت، عالم الحاسوب في جامعة نورث إيسترن – بالإضافة إلى رونالد ويليامز – وجيفري هينتون، الذي كان يعمل حينها في كارنيغي ميلون، إمكانية استخدام الخوارزمية في ما يعتبر الآن أحد أهم الأوراق العلمية في الذكاء الاصطناعي، المنشورة في مجلة نيتشر في تشرين الأول 1986، حيث يمثل «الانتشار العكسي» الاختراق المفاهيمي الأساسي الذي سيؤدي في يوم من الأيام إلى التعلم العميق للسيطرة على مجال الذكاء الاصطناعي، ولكن الأمر سيستغرق عقوداً قبل أن تصبح أجهزة

الحاسوب سريعة بما يكفي للاستفادة من هذا النهج حقاً. جيفري هينتون، الذي كان باحثاً شاباً في مرحلة ما بعد الدكتوراه عمل مع روميلهارت في جامعة كاليفورنيا في سان دييغو عام 1981، وأصبح الشخصية الأبرز في ثورة التعلم العميق.

بحلول نهاية الثمانينيات، بدأت التطبيقات العملية للشبكات العصبية في الظهور. استخدم يان لوكن، الذي كان حينها باحثاً في مختبرات «بيل» التابعة لشركة أي تي أند تي، خوارزمية الانتشار العكسي في بنية جديدة تسمى «الشبكة العصبية التلافيفية». في الشبكات التلافيفية، ترتبط الخلايا العصبية الاصطناعية بطريقة مستوحاة من القشرة البصرية في أدمغة الثدييات، وقد تم تصميم هذه الشبكات لتكون فعّالة بشكل خاص في التعرف إلى الصور. يمكن لنظام لوكن التعرف إلى الأرقام المكتوبة بخط اليد، وبحلول أواخر التسعينيات، كانت الشبكات العصبية التلافيفية تسمح لأجهزة الصراف الآلي تمييز الأرقام المكتوبة على الشيكات المصرفية.

شهد العقد الأول من القرن الحادي والعشرين ظهور «البيانات الضخمة». كانت المنظمات والحكومات حينها تجمع وتحاول تحليل المعلومات بما كان – قبل وقت قصير فقط – على نطاق لا يمكن تصوره، وأصبح من الواضح أن الحجم الإجمالي للبيانات المولدة عالمياً سيستمر في النمو بوتيرة متسارعة. وقد تقاطعت أداة تدفق البيانات هذه مع أحدث خوارزميات التعلم الآلي لتحدث ثورة في الذكاء الاصطناعي.

نتجت إحدى أهم مجموعات البيانات الجديدة عن جهود أستاذ علوم الحاسوب الشاب في جامعة برينستون. أدركت «في في لي»، التي تركز عملها على رؤية الحاسوب، أن تعليم الآلات لتشكل صورة مرئية للعالم الحقيقي يتطلب مورداً تعليمياً شاملاً بأمثلة مُصنفة بشكل صحيح تُظهر العديد من الاختلافات لدى الأشخاص، والحيوانات، والمباني، والمركبات والأشياء، أو عن أي شيء قد يواجهه المرء. على مدار عامين ونصف العام، شرعت في منح عناوين لأكثر من ثلاثة ملايين صورة عبر أكثر من 5000 فئة. كان يجب القيام بهذا العمل يدوياً؛ يمكن فقط للإنسان أن يقيّم العلاقة الصحيحة بين الصورة والتسمية الوصفية. نظراً إلى أن تكلفة توظيف الطلاب الجامعيين لتولي مثل هذه المهمة الضخمة كانت باهظة، فقد لجأ فريق لي إلى أمازون ميكانيكل ترك، وهي منصة تم تطويرها حديثاً تعيد المهام الموجِهة للمعلومات إلى العاملين عن بُعد؛ يحدث ذلك غالباً في البلدان منخفضة الأجور[12]. نُشر مشروِع لي، المعروف باسم إيمدجنت، في العام 2009، وسرعان ما أصبح

مورداً لا غنى عنه للبحث في الرؤية الآلية. ابتداءً من عام 2010، نظم لي مسابقة سنوية حوّلت فيها فرق من الجامعات ومختبرات أبحاث الشركات الخوارزميات الخاصة بهم وحاولوا تصنيف الصور المستمدة من مجموعة البيانات الضخمة. يمكن القول إن مسابقة التعرف المرئي إلى نطاق واسع على إيمدجنت التي عقدت بعد ذلك بعامين، في أيلول 2012، تمثل نقطة انعطاف لتقنية التعلم العميق. لقد تفوقت شبكة عصبية تلافيفية متعددة الطبقات بشكل كبير على الخوارزميات المتنافسة، وقدمت أدلة لا شك فيها على أن الشبكات العصبية العميقة قد تطورت أخيراً إلى تقنية عملية حقاً. لاقى انتصار فريق هينتون صدى واسعاً داخل مجتمع أبحاث الذكاء الاصطناعي، وألقى الضوء على الاقتران المثمر لمجموعات البيانات الضخمة مع الخوارزميات العصبية القوية؛ وهو تعايش من شأنه أن ينتج عنه قريباً تطورات كانت منذ بضع سنوات مجرد خيال في مجال العلوم.

تمثل القصة التي رسمتها هنا تقريباً ما يمكن أن تسميه «التاريخ القياسي» للتعلم العميق. في هذه القصة، غالباً ما يشار إلى الحاصلين على جائزة تورينغ لعام 2018 جيف هينتون، ويان ليكون ويوشوا بينغو، الأستاذ في جامعة مونتريال، بأنهم «عرابو التعلم العميق». (يُطلق عليهم أحياناً اسم «عرابي الذكاء الاصطناعي»، وهو دليل حي على المدى الذي وصل إليه التعلم العميق في السيطرة الكاملة على المجال، وهذا ما أزاح جانباً التركيز السابق على المناهج الرمزية). مع ذلك، هناك إصدارات أخرى من هذا التاريخ. وكما هو الحال مع معظم المجالات العلمية، فإن المنافسة على الاعتراف قوية؛ وربما تكون مدفوعة إلى أقصى الحدود بالشعور المتزايد بأن التقدم في الذكاء الاصطناعي قد تجاوز العتبات التي ستؤدي حتماً إلى تحولات تاريخية حقيقية لكل من المجتمع والاقتصاد.

ومن أكثر المؤيدين للتاريخ البديل هو يورغن شميدهوبر، الذي شارك في إدارة معهد «Dalle Molle» لأبحاث الذكاء الاصطناعي في لوغانو، سويسرا. ففي التسعينيات، طور شميدهوبر وطلابه نوعاً خاصاً من الشبكات العصبية التي طبقت «الذاكرة طويلة المدى» أو LSTM. باستخدام الذاكرة طويلة المدى، تكون الشبكات قادرة على «تذكر» البيانات من الماضي ودمجها في التحليل الحالي. لقد ثبت أن هذا له أهمية حاسمة في مجالات مثل التعرف إلى الكلام وترجمة اللغة، حيث يكون للسياق الذي تم إنشاؤه بواسطة الكلمات التي جاءت سابقاً تأثير كبير على الدقة. تعتمد جميع الشركات مثل غوغل وأمازون وفيس بوك اعتماداً كبيراً على الذاكرة طويلة المدى، ويشعر

شميدهوبر أن عمل فريقه – وليس عمل الباحثين الأكثر شهرة في أميركا الشمالية – هو الذي يكمن وراء الكثير من التقدم الذي أحرزه الذكاء الاصطناعي مؤخراً.

في رسالة بريد إلكتروني أرسلها إليّ بعد فترة وجيزة من نشر كتابي مهندسو الذكاء – الذي ضمنت فيه ملخصاً قصيراً للتاريخ القياسي للتعلم العميق – أخبرني شميدهوبر أن «العديد من الأشياء التي كتبتها مضللة تماماً، كان ذلك، محبط للغاية! قال إن أول خوارزميات التعلم للشبكات العصبية متعددة الطبقات وصفها الباحث الأوكراني أليكسي غريغوريفيتش إيفاخنينكو في عام 1965، بينما نُشرت خوارزمية الانتشار العكسي في عام 1970 – قبل عقد ونصف من الورقة الشهيرة التي كتبها روميلهارت – للطالب الفنلندي سيبو لينينما. من الواضح أن شميدهوبر شعر بالإحباط بسبب عدم الاعتراف بأبحاثه الخاصة، وهو معروف بمقاطعة العروض التقديمية في مؤتمرات الذكاء الاصطناعي وإلقاء الاتهامات «بمؤامرة» لإعادة كتابة تاريخ التعلم العميق، خاصة من جانب هينتون، وولوكن، ووبنغيو.[15] من جانبهم، يقاوم هؤلاء الباحثون المشهورون بقوة. أخبر لوكن مراسل نيويورك تايمز أن «يورغن مهووس بالتقدير ويواصل ادعاء الفضل الذي لا يستحقه».[16]

في مسابقة ايمدجنت لعام 2012، استحوذت التقنية بسرعة على مجال الذكاء الاصطناعي، وعلى معظم شركات صناعة التكنولوجيا الكبرى. أدركت شركات التكنولوجيا الأميركية العملاقة مثل غوغل، وأمازون، وفيسبوك، وآبل وكذلك الشركات الصينية بايدو، وتنسنت، وعلي بابا على الفور إمكانات الشبكات العصبية العميقة، وبدأت في بناء فرق بحثية ودمج التكنولوجيا في منتجاتها وعملياتها. استخدمت غوغل هينتون، وأصبح لوكن مديراً لمختبر أبحاث الذكاء الاصطناعي الجديد على فيسبوك، وبدأت الصناعة بأكملها في شن حرب مواهب كاملة دفعت الرواتب وخيارات الأسهم لكل من طلاب الدراسات العليا حديثي التخرج وذوي الخبرة في التعلم العميق للدخول في الجو نفسه. في عام 2017، أعلن الرئيس التنفيذي سوندار بيتشاي أن غوغل أصبحت الآن «شركة الذكاء الاصطناعي الأولى» وقال إن الذكاء الاصطناعي سيكون أحد أهم الأبعاد التي ستتنافس الشركة على طولها مع عمالقة التكنولوجيا الآخرين.[17] في فيسبوك وغوغل، تم اعتبار التكنولوجيا مهمة جداً لدرجة أن باحثي التعلم العميق كانت مكاتبهم على مقربة مباشرة من الرئيس

التنفيذي، 18 وبحلول نهاية العقد، كانت الشبكات العصبية قد هيمنت تماماً على المجال لدرجة أن وسائل الإعلام غالباً ما تعاملت مع مصطلحي «التعلم العميق» و«الذكاء الاصطناعي» كمرادف.

الفصل الخامس

التعلم العميق ومستقبل الذكاء الاصطناعي

ذروة التعلم العميق كانت لدى شركات التكنولوجيا، إلى جانب وصول تطبيقات المستهلك والأعمال الأكثر إقناعاً والتي تستفيد من قوة الشبكات العصبية، لا تترك مجالاً للشك في أن التكنولوجيا موجودة لتبقى وتستمر. ومع ذلك، هناك شعور متزايد بأن معدل التقدم ليس دائماً، وأن التطورات المستقبلية ستتطلب ابتكارات جديدة مهمة. كما سنرى، سيكون أحد أهم الأسئلة في المستقبل هو سيبقى بندول الذكاء الاصطناعي يتأرجح نحو الأساليب التي تؤكد على الذكاء الاصطناعي الرمزي، وإذا كان الأمر كذلك، كيف يمكن دمج هذه الأفكار بنجاح مع الشبكات العصبية. قبل الخوض في مستقبل الذكاء الاصطناعي، دعونا نلقِ نظرة موجزة ومفصلة حول كيفية عمل نظام التعلم العميق بالفعل، وكيف يتم تدريب هذه الشبكات لأداء مهام مفيدة.

كيف تعمل الشبكات العصبية العميقة

يمكن أن يؤدي هذا بسهولة إلى مفاهيم خاطئة حول مدى قرب تصميم الشبكات العصبية المستخدمة في الذكاء الاصطناعي من نظيراتها البيولوجية. يمكن القول إن الدماغ البشري هو أكثر الأنظمة تعقيداً في الكون المعروف، مع ما يقرب من مئة مليار خلية عصبية ومئات التريليونات من الترابطات. لكن هذا المستوى المذهل من التعقيد لا ينشأ ببساطة من الاتصال على نطاق واسع؛ بل يمتد إلى عمل الخلايا العصبية نفسها، وطريقة نقل الإشارات والتكيف مع المعلومات الجديدة بمرور الوقت.

تتكون الخلية العصبية البيولوجية من ثلاثة أجزاء رئيسية: جسم الخلية، حيث توجد النواة؛ العديد من الخيوط المعروفة باسم «التشعبات» التي تحمل الإشارات الكهربائية الواردة؛ وخيط واحد، طويل ودقيق يسمى «محور عصبي»، والذي ينقل العصبون على طوله إشارة صادرة إلى عصبونات أخرى. في العادة، تتفرع كل من التشعبات والمحور العصبي على نطاق واسع، حيث تتلقى التشعبات أحياناً تحفيزاً كهربائياً من عشرات الآلاف من الخلايا العصبية الأخرى. عندما تثير الإشارات الجماعية التي تصل من خلال التشعبات إلى الخلايا العصبية، فإنها توصل بدورها شحنة كهربائية صادرة، تُعرف باسم جهد الفعل، عبر المحور العصبي. ومع ذلك، فإن وصلات الدماغ ليست مبرمجة كهربائياً. وبدلاً من ذلك، ينقل المحوار من إحدى الخلايا العصبية إشارة كيميائية إلى تغصن آخر عبر تقاطع يُعرف باسم «المشبك». هذه الوظائف الكهروكيميائية ضرورية لعمل الدماغ وقدرته على التعلم والتكيف، ولكنها، في كثير من الحالات، غير مفهومة جيداً. الدوبامين الكيميائي، على سبيل المثال، المرتبط بالمتعة أو المكافأة، هو ناقل عصبي يعمل داخل الفجوة المشبكية.

تضع الشبكة العصبية الاصطناعية جانباً كل هذه التفاصيل تقريباً، وتحاول إنشاء مخطط رياضي تقريبي للطريقة التي تعمل بها الخلايا العصبية وتتصل بها. إذا كان الدماغ هو الموناليزا، فإن الهياكل المستخدمة في أنظمة التعلم العميق قد تكون، في أحسن الأحوال، شبيهة بلوسي من بيناتس [3]. تم وضع الخطة الأساسية للخلايا العصبية الاصطناعية في الأربعينيات، وفي العقود التي تلت ذلك، تم فصل العمل على هذه الأنظمة إلى حدّ كبير عن علم الدماغ. تم تطوير الخوارزميات التي تدعم أنظمة التعلم العميق بشكل مستقل، غالباً من خلال التجريب ومن دون أي محاولة محددة لمحاكاة ما قد يحدث بالفعل في الدماغ البشري.

لتتصور خلية عصبية اصطناعية، تخيل حاوية بها ثلاثة أنابيب واردة أو أكثر، كل منها يسلم تياراً من الماء. تتوافق هذه الأنابيب تقريباً مع التشعبات

في الخلايا العصبية البيولوجية. يوجد أيضاً أنبوب محوار لحمل تيار المياه الخارج. إذا وصل مستوى الماء الذي تنقله الأنابيب الواردة إلى عتبة معينة، فإن العصبون «يطلق» ثم يرسل تياراً صادراً من الماء عبر أنبوب المحاور.

الميزة الرئيسية التي تحول هذه الأداة البسيطة إلى جهاز حسابي مفيد هي صمام يتم تركيبه على كل من الأنابيب الواردة، بحيث يمكن التحكم في تدفق المياه عبر الأنبوب. من خلال ضبط هذه الصمامات، يمكن تنظيم تأثير الخلايا العصبية المتصلة الأخرى بشكل مباشر على هذه الخلايا العصبية. إن عملية تدريب الشبكة العصبية لأداء بعض المهام المفيدة هي في الأساس مسألة ضبط هذه الصمامات – تسمى «الأوزان» – حتى تتمكن الشبكة من تحديد الأنماط بشكل صحيح.

في شبكة عصبية عميقة، سيتم ترتيب محاكاة برمجية للخلايا العصبية الاصطناعية التي تعمل بشكل أو بآخر مثل هذه الحاويات في سلسلة من الطبقات، بحيث يتم توصيل الناتج من طبقة من الخلايا العصبية بمدخلات الخلايا العصبية في الطبقة التالية. غالباً ما يتم تعيين الروابط بين الخلايا العصبية في الطبقات المجاورة بشكل عشوائي؛ بدلاً من ذلك، في بنية عصبية معينة، مثل الشبكة التلافيفية المصممة للتعرف إلى الصور، توصل الخلايا العصبية وفقاً لخطة أكثر تعمقاً. يمكن أن تحتوي الشبكات العصبية المتطورة على أكثر من مئة طبقة وملايين من الخلايا العصبية الاصطناعية الفردية. بمجرد تكوين هذه الشبكة، يمكن بعد ذلك تدريبها على أداء مهام محددة، مثل التعرف إلى الصور أو ترجمة اللغة.

على سبيل المثال، ومن أجل تدريب شبكة عصبية للتعرف إلى الأرقام المكتوبة بخط اليد، ستصبح وحدات البكسل الفردية من صورة رقم مكتوب مدخلات للطبقة الأولى من الخلايا العصبية. ستصل الإجابة – أو بعبارة أخرى الوحدة الرقمية المقابلة للرقم المكتوب – إلى مخرجات الطبقة الأخيرة من الخلايا العصبية الاصطناعية. تدريب الشبكة لتوليد الإجابة الصحيحة هو عملية إدخال أمثلة تدريبية، ثم تعديل جميع الأوزان في الشبكة بحيث تتقارب تدريجياً إلى الإجابة الصحيحة. بمجرد أن يتم تحسين الأوزان بهذه الطريقة، يمكن نشر الشبكة على أمثلة جديدة غير مدرجة في مجموعة التدريب. حيث تأتي خوارزمية الانتشار العكسي الشهيرة لضبط الأوزان حتى تنجح الشبكة في النهاية في التقارب على الإجابة الصحيحة في كل مرة تقريباً. قد يحتوي نظام التعلم العميق المعقد على مليار أو أكثر من الروابط بين الخلايا العصبية، ولكل منها وزن يحتاج إلى أن يكون الأمثل. يسمح الانتشار العكسي بشكل

أساسي بتعديل جميع الأوزان في الشبكة بشكل جماعي، بدلاً من تعديل واحد في كل مرة، مما يوفر دفعة هائلة للكفاءة الحسابية.[1] أثناء عملية التدريب، تتم مقارنة الإخراج من الشبكة بالإجابة الصحيحة، والمعلومات مما يسمح بتعديل كل وزن ووفقاً لذلك التعديل تنتشر الإشارة مرة أخرى عبر طبقات الخلايا العصبية. بدون الانتشار العكسي، لم تكن ثورة التعلم العميق ممكنة.

في حين أن كل هذا يرسم الآليات الأساسية لتكوين شبكة عصبية وتدريبها بحيث تنتج نتائج مفيدة، إلا أنها لا تزال تترك السؤال الأساسي دون إجابة: ما الذي يحدث بالفعل داخل أحد هذه الأنظمة أثناء قيامه بإخراج البيانات وتقديم إجابات باستخدام دقة غالباً ما تكون فوق طاقة البشر؟

التفسير المختصر هو أنه، داخل الشبكة العصبية، يتم إنشاء تمثيل للمعرفة، ويزداد مستوى التجريد لهذه المعرفة في الطبقات اللاحقة للشبكة. هذا أسهل للفهم بالنسبة إلى شبكة تم تكوينها للتعرف إلى الصور المرئية. يبدأ فهم الشبكة للصورة على مستوى البكسل. في الطبقات العصبية اللاحقة، يتم إدراك الميزات المرئية مثل الحواف، والمنحنيات، والقوام. وكلما تعمقنا داخل النظام، ستظهر تمثيلات أكثر تعقيداً. في النهاية، يكون فهم النظام للصورة نهائياً لدرجة أنه يلتقط الجوهر الكامل بطريقة تسمح للشبكة بالتعرف إليها — حتى لو واجهت عدداً كبيراً من البدائل.

مع ذلك، فإن الإجابة الأكثر اكتمالاً على السؤال تعترف بأننا لا نعرف حقاً ما يحدث بالضبط – أو على الأقل لا يمكننا وصفه بسهولة. لا يوجد مبرمج يحدد المستويات المختلفة لتجريد الفكرة أو الطريقة التي يتم بها تمثيل المعرفة داخل الشبكة. ينشأ كل هذا بشكل عضوي، ويتم توزيع التمثيل عبر ملايين الخلايا العصبية الاصطناعية المترابطة التي تطلَق في جميع أنحاء النظام. نحن نعلم أن الشبكة تفهم الصورة إلى حد ما، ومع ذلك فمن الصعب للغاية، أو حتى من المستحيل، وصف ما يحدث بدقة داخل خلاياها العصبية – ويصبح هذا هو الحال كلما تقدمنا بشكل أعمق في طبقات الشبكة، أو إذا فحصنا الأنظمة التي تعمل على أنواع البيانات التي لا يمكن تصورها بسهولة. هذا التعتيم النسبي يسبب قلقاً من أن الشبكات العصبية العميقة هي في الواقع «صناديق سوداء» (هي واحدة من أهم الاهتمامات التي سنعود إليها في الفصل 8).

يتم تدريب الغالبية العظمى من أنظمة التعلم العميق للقيام بمهام مفيدة من خلال تقديم شبكة بمجموعة بيانات ضخمة تم تصنيفها بعناية. على سبيل المثال، قد يتم تدريب شبكة عصبية عميقة على تحديد الحيوانات بشكل

صحيح في الصور من خلال تزويدها بآلاف أو ربما ملايين الصور، كل منها يحمل اسم الحيوان المصور بشكل صحيح. يمكن أن يستغرق نظام التدريب هذا، المعروف باسم «التعلم الخاضع للإشراف»، عدة ساعات حتى عند استخدام أجهزة عالية الأداء.

التعلم الخاضع للإشراف هو طريقة التدريب المستخدمة ربما في خمسة وتسعين بالمئة من تطبيقات التعلم الآلي العملية. تعمل هذه التقنية على تشغيل أنظمة الأشعة بالذكاء الاصطناعي (المدربة على عدد كبير من الصور الطبية المسماة إما «السرطان» أو «لا يوجد سرطان»)، وترجمة اللغة (مدربة بملايين الوثائق المترجمة مسبقاً إلى لغات مختلفة) وعدد غير محدود تقريباً من التطبيقات الأخرى التي تنطوي بشكل أساسي على مقارنة وتصنيف أشكال مختلفة من المعلومات. يتطلب التعلم الخاضع للإشراف عادةً كميات هائلة من البيانات المصنفة، ولكن النتائج يمكن أن تكون رائعة للغاية – مما يؤدي بشكل روتيني إلى أنظمة ذات قدرة خارقة على التعرف على الأنماط. بعد خمس سنوات من مسابقة ايمدجنت لعام 2012 التي شكلت بداية انفجار التعلم العميق، أصبحت خوارزميات التعرف إلى الصور بارعة للغاية بحيث تم إعادة توجيه المنافسة السنوية نحو تحد جديد يتضمن التعرف إلى الأشياء ثلاثية الأبعاد في العالم الحقيقي.2

في الحالات التي تتطلب فيها تسمية كل هذه البيانات نوع التفسير الذي لا يمكن إلا للإنسان أن يقدمه، كما هو الحال في إرفاق التعليقات الوصفية بالصور الفوتوغرافية، تكون العملية مكلفة ومرهقة. أحد الحلول الشائعة هو نسخ النهج الذي تستخدمه في في لي لمجموعة بيانات ايمدجنت والتحول إلى التعهيد الجماعي. تتيح المنصات مثل ميكانيكل ترك إمكانية دفع القليل من البنسات لفريق للقيام بهذا العمل. أدت فرصة تبسيط هذه العملية إلى ظهور عدد من الشركات الناشئة التي تركز بشكل خاص على إيجاد طرق فعالة للتعليق على البيانات استعداداً للتعلم الخاضع للإشراف. تتجلى الأهمية الحاسمة لوضع العلامات الدقيقة لمجموعات البيانات الضخمة – خاصةً بالنسبة إلى التطبيقات التي تتضمن فهم المعلومات المرئية – بشكل خاص من خلال الصعود النيزكي لسكال آل، الذي أسسها ألكسندر وانغ البالغ من العمر تسعة عشر عاماً في عام 2016. تتعاقد سكال آل مع أكثر من 30 ألف عامل من عمال التعهيد الجماعي الذين يصنفون البيانات للزبائن بما في ذلك أوبر، ووليفت، وايربي أن بي وقسم السيارات ذاتية القيادة في ألفابيت،

ويامو. تلقت الشركة أكثر من 100 مليون دولار من رأس المال الاستثماري، وهي مصنفة الآن على أنها «يونيكورن» في وادي السيليكون – وهي شركة ناشئة تزيد قيمتها على مليار دولار.[3]

في العديد من الحالات الأخرى، يتم إنشاء كميات غير مفهومة تقريباً من البيانات المصنفة بشكل جميل على ما يبدو تلقائياً – وبالنسبة إلى الشركات التي تمتلكها، مجاناً تقريباً. يعد سيل البيانات الهائل الذي تم إنشاؤه بواسطة منصات مثل فيسبوك أو غوغل أو تويتر ذا قيمة إلى حد كبير لأنه يتم شرحه بعناية من قبل الأشخاص الذين يستخدمون الأنظمة الأساسية. في كل مرة «تعجب» أو «تعيد تغريد» منشور ما، في كل مرة تشاهد فيها صفحة ويب أو تقوم بالتمرير لأسفل، وكل مقطع فيديو تشاهده (ومقدار الوقت الذي تقضيه في مشاهدته) وفي كل مرة تقوم فيها بعدد لا يحصى من الإجراءات الأخرى عبر الإنترنت، تقوم في الواقع بإرفاق تسمية لبعض عناصر البيانات المعينة. أنت – جنباً إلى جنب مع الملايين من الأشخاص الآخرين الذين يستخدمون إحدى المنصات الرئيسية – تتدخل بشكل أساسي في مكان كل هؤلاء العمال الذين يتم تعينهم من قبل شركات مثل سكيل آي إي. ليس من قبيل الصدفة بالطبع أن ترتبط معظم مبادرات أبحاث الذكاء الاصطناعي بشركات الإنترنت الكبيرة. غالباً ما يتم ملاحظة التعاون بين الذكاء الاصطناعي وملكية مجموعات ضخمة من البيانات، ولكن العامل الحاسم الكامن وراء هذا التعاون هو امتلاك آلة ضخمة للتعليق على كل تلك البيانات بتكلفة قليلة أو بدون تكلفة، لذلك يمكن أن تصبح بعد ذلك علفاً لنظام التعلم الخاضع للإشراف على شبكة عصبية قوية.

في الوقت الذي تهيمن يه تقنية التعلم الخاضع للإشراف، يتم استخدام تقنية أخرى مهمة – «التعلم المعزز» – في تطبيقات معينة. التعلم المعزز يبني الكفاءة من خلال الممارسة المتكررة أو التجربة والخطأ. عندما تنجح الخوارزمية في النهاية في تحقيق هدف محدد، فإنها تتلقى مكافأة رقمية. هذه هي الطريقة التي يتم بها تدريب الكلب. قد يكون سلوك الحيوان عشوائياً في البداية، ولكن عندما يتمكن من الجلوس استجابة للأمر المناسب، فإنه يحصل على مكافأة. كرر هذه العملية مرات كافية وسيتعلم الكلب الجلوس بشكل موثوق.

الشركة الرائدة في التعلم المعزز هي شركة «ديب مايند» التي تتخذ من لندن مقراً لها، وهي مملوكة الآن لشركة ألفابيت، الشركة الأم لشركة غوغل. قامت شركة ديب مايند باستثمارات ضخمة في الأبحاث القائمة على التقنية، ودمجها مع الشبكات العصبية التلافيفية القوية لتطوير ما تسميه

الشركة «التعلم المعزز العميق». بدأت ديب مايند العمل على تطبيق التعلم المعزز لبناء أنظمة ذكاء اصطناعي يمكنها لعب ألعاب الفيديو وذلك بعد وقت قصير من تأسيسها في عام 2010. في كانون الأول 2013، أعلنت الشركة أنها أنشأت نظاماً يسمى «دي كيو أن» القادر على لعب ألعاب أتاري الكلاسيكية، بما في ذلك سبيس إنفيدرس، بونغ آند بريك آوت. كان نظام ديب مايند قادراً على تعليم نفسه ممارسة الألعاب باستخدام وحدات البكسل الأولية فقط ونتائج اللعبة كمدخلات التعلم. بعد شحذ أسلوبها في عدة آلاف من الألعاب المحاكاة، تمكن «دي كيو أن» من تحقيق أفضل النتائج التي حققها جهاز حاسوب على الإطلاق في ست من الألعاب، وتمكن من هزيمة أفضل اللاعبين البشريين في ثلاث مباريات. أعلنت تسع ألعاب أتاري وديب مايند أنها طورت أول نظام ذكاء اصطناعي يسد الفجوة بين المدخلات والإجراءات الحسية عالية الأبعاد وأن «دي كيو أن» قادر على التفوق في تعلم مجموعة متنوعة من المهام الصعبة. جذبت هذه الإنجازات انتباه عمالقة سيليكون فالي، بما في ذلك مؤسس غوغل لاري بيج بشكل خاص، وفي عام 2014 تجاهلت غوغل عرضاً منافساً من فيسبوك واستحوذت على ديب مايند مقابل 400 مليون دولار.

جاء أبرز إنجازات التعلم المعزز العميق في آذار 2016، عندما هزم نظام ألفا غو، وهو – نظام طورته ديب مايند للعب لعبة غو القديمة – لي سيدول – الذي كان وقتها أحد أفضل اللاعبين في العالم – في مباراة من خمس مباريات في سيول، كوريا الجنوبية. تحظى الكفاءة في لعبة غو بتقدير كبير للغاية في آسيا، حيث لعبت اللعبة منذ آلاف السنين. تشير كتابات كونفوشيوس إلى اللعبة، وقد تمتد أصولها إلى ما يقرب من فجر الحضارة الصينية. وفقاً لإحدى النظريات، تم اختراع غو في عهد الإمبراطور ياو، في وقت ما قبل عام 2000 قبل الميلاد.6 وقد اعتبرت القدرة على لعب غو، جنباً إلى جنب مع الخبرة في الخط والرسم ولعب آلة موسيقية وترية، كانت هذه اللعبة واحدة من الفنون الأربعة الأساسية التي ميزت المنح الدراسية الصينية القديمة.

على عكس الشطرنج، فإن لعبة غو معقدة للغاية بحيث تكون محصنة ضد هجوم خوارزميات القوة الغاشمة. أثناء سير اللعبة، تمتلئ اللوحة، التي تتكون من شبكة من 19 × 19، إلى حد كبير بقطع لعبة بالأبيض والأسود تسمى «الحجارة». وكما يحب ديميس هاسابيس الرئيس التنفيذي لشركة ديب مايند أن يقول غالباً عندما يناقش إنجاز ألفا غو، فإن عدد الترتيبات الممكنة للأحجار على السبورة يتجاوز العدد المقدر للذرات في الكون المعروف. على مدى

آلاف السنين التي لعبت فيها اللعبة، من غير المحتمل – بشكل غير عادي بالفعل – أن تكون أي مباراتين قد لعبت بطريقة متطابقة. بعبارة أخرى، فإن أي محاولة للتطلع إلى الأمام وتفسير النطاق الكامل للحركات المستقبلية المحتملة، كما قد يتم القيام به في لعبة ذات قواعد أكثر تقييداً، هو أمر بعيد المنال من الناحية الحسابية – حتى بالنسبة لأقوى الأجهزة.

بصرف النظر عن هذا المستوى الهائل من التعقيد، يبدو من الواضح أن لعبة غو تعتمد بشكل كبير على ما يمكن أن يسمى الحدس البشري. غالباً ما يكون أفضل اللاعبين في حيرة من أمرهم عندما يُطلب منهم شرح سبب اختيارهم لاستراتيجية معينة بالضبط. بدلاً من ذلك، قد يصفون «شعوراً» قادهم إلى وضع حجر في نقطة معينة على السبورة. هذا هو بالضبط نوع التعهد الذي يبدو كما لو أنه يجب أن يكون خارج قدرة الحاسوب ويمكن اعتباره أمراً يمكننا أن نتوقع بحق أن نكون في مأمن من تهديد الأتمتة فيه، على الأقل في المستقبل القريب. ومع ذلك، سقطت لعبة غو على يد الآلات قبل عقد من الزمان على الأقل قبل أن يعتقد معظم علماء الحاسوب أن مثل هذا العمل الفذ سيكون ممكناً.

بدأ فريق ديب مايند باستخدام أسلوب التعلم الخاضع للإشراف لتدريب شبكات ألفا غو العصبية على ثلاثين مليون حركة مستخرجة من السجلات التفصيلية للألعاب التي لعبها أفضل اللاعبين البشر. ثم تحول بعد ذلك إلى التعلم المعزز، مما أدى بشكل أساسي إلى جعل النظام مفككاً للعب ضد نفسه. على مدار الآلاف من ألعاب التدريب المحاكية، وتحت ضغط كبير فيه من دافع قائم التحسين عن طريق المكافأة، تقدمت شبكات ألفا غو العصبية العميقة تدريجياً نحو الكفاءة الخارقة.[7] انتصار ألفا غو على لي سيدول في عام 2016، بعد مرور عام، انتصر مجدداً على اللاعب الأعلى تصنيفاً في العالم. أرسل كي جيه موجات الصدمة مرة أخرى عبر مجتمع أبحاث الذكاء الاصطناعي. قد تكون الإنجازات قد أدت أيضاً إلى ما أطلق عليه الرأسمالي المغامر والمؤلف كاي فو لي «لحظة سبوتنيك» في الصين – وفي أعقاب ذلك تحركت الحكومة بسرعة لوضع البلاد في مكانة رائدة في مجال الذكاء الاصطناعي.[8]

أثناء الإشراف يعتمد التعلم على كميات هائلة من البيانات المصنفة، ويتطلب التعلم المعزز عدداً كبيراً من التدريبات العملية، ينتهي معظمها بفشل ذريع. يعد التعلم المعزز مناسباً بشكل خاص للألعاب – حيث يمكن للخوارزمية أن تتخبط بسرعة وبشكل أكبر من المباريات التي يمكن أن يلعبها الإنسان في

حياته. يمكن أيضاً تطبيق النهج على أنشطة العالم الحقيقي التي يمكن محاكاتها بسرعة عالية. أهم تطبيق عملي للتعلم المعزز حالياً هو تدريب السيارات ذاتية القيادة. قبل أن ترى أنظمة القيادة المستقلة التي تستخدمها تيسلا أو وايمو سيارة حقيقية أو طريقاً حقيقياً، يتم تدريبها بسرعة عالية على أجهزة حاسوب قوية، والتي من خلالها تتعلم السيارات المحاكاة تدريجياً بعد تعرضها لحوادث كارثية آلاف المرات. بمجرد تدريب الخوارزميات ووقوع الأعطال في الماضي، يمكن بعد ذلك نقل البرنامج إلى سيارات حقيقية. على الرغم من أن هذا النهج فعال بشكل عام، إلا أنه لا يوجد طالب يبلغ من العمر ستة عشر عاماً يحتاج إلى التصادم ألف مرة قبل معرفة كيفية القيادة. هذا التناقض الصارخ بين كيفية عمل التعلم في الآلات وكيف يعمل مع بيانات أقل بكثير في الدماغ البشري يسلط الضوء على كل من قيود أنظمة الذكاء الاصطناعي الحالية والإمكانات الهائلة للتكنولوجيا لتحسين المستقبل.

العلامات التحذيرية

يمكن القول إن العقد الأول من القرن الحادي والعشرين هو العقد الأكثر إثارة وتأثيراً في تاريخ الذكاء الاصطناعي. على الرغم من وجود تحسينات مفاهيمية بالتأكيد في الخوارزميات المستخدمة في الذكاء الاصطناعي، فإن المحرك الأساسي لكل هذا التقدم كان ببساطة نشر شبكات عصبية عميقة أكثر اتساعاً على أجهزة حاسوب أسرع من أي وقت مضى حيث يمكنهم جمع كميات أكبر وأكبر من بيانات التدريب. كانت استراتيجية «التوسع» هذه واضحة منذ مسابقة ايمدجنت لعام 2012 التي أطلقت ثورة التعلم العميق. في تشرين الثاني من ذلك العام، كان مقال نيويورك تايمز على الصفحة الأولى مفيدة في نشر الوعي بتكنولوجيا التعلم العميق في المجال العام الأوسع. وينتهي المقال، الذي كتبه المراسل جون ماركوف، باقتباس من جيف هينتون: «الهدف من هذا النهج هو أنه يتسع بشكل جميل. في الأساس، تحتاج فقط إلى الاستمرار في جعله أكبر وأسرع، وسيتحسن. ليس هناك نظرة إلى الوراء الآن»[9].

مع ذلك، هناك أدلة متزايدة على أن هذا المحرك الأساسي للتقدم بدأ يتلاشى. وفقاً لأحد التحليلات التي أجرتها منظمة الأبحاث أوبن آي إي، فإن الموارد الحسابية المطلوبة لمشاريع الذكاء الاصطناعي المتطورة «تزداد أضعافاً مضاعفة» وتتضاعف كل 3.4 شهراً.[10] اقترح أنه حتى بالنسبة لشركة

لديها جيوب مليئة مثل فيسبوك، فإن هذا سيكون غير مستدام من الناحية المالية:

عندما تقوم بتوسيع نطاق التعلم العميق، فإنها تميل إلى التصرف بشكل أفضل وتكون قادرة على حل مهمة أوسع بطريقة أفضل. لذلك، هناك ميزة للتوسع. لكن من الواضح أن معدل التقدم غير مستدام. إذا ألقيت نظرة على أفضل التجارب، ستجد أن التكلفة تزداد عشرة أضعاف كل عام. في الوقت الحالي، قد تكون التجربة في سبعة أرقام، لكنها لن تصل إلى تسعة أو عشرة أرقام، وهذا غير ممكن، ولا أحد يستطيع تحمل ذلك.[11]

يواصل بيسنت تقديم تحذير صارخ حول إمكانية استمرار التوسع في كونه المحرك الأساسي للتقدم المحرك: «في مرحلة ما سنصطدم بالجدار في نواح كثيرة». بالإضافة إلى الحدود المالية للتوسع في الشبكات العصبية الأكبر حجماً، هناك أيضاً اعتبارات بيئية مهمة. وجد تحليل أجراه باحثون في جامعة ماساتشوستس، أمهيرست في عام 2019، أن تدريب نظام تعليم عميق كبير جداً يمكن أن ينبعث منه ما يعادل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مثل خمس سيارات على مدار حياتها التشغيلية الكاملة.[12]

ربما من خلال تطوير أجهزة أو برمجيات أكثر كفاءة إلى حد كبير – وقد لا تكون استراتيجية التوسع ببساطة كافية لتحقيق تقدم مستدام. أنتجت الاستثمارات المتزايدة باستمرار في الحساب أنظمة ذات كفاءة غير عادية في المجالات الضيقة، ولكن أصبح من الواضح أن الشبكات العصبية العميقة تخضع لقيود الموثوقية التي قد تجعل التكنولوجيا غير مناسبة للعديد من التطبيقات المهمة ما لم يتم تحقيق انفراجات مفاهيمية ضرورية. جاء أحد أبرز مظاهر ضعف التكنولوجيا عندما أجرى مجموعة من الباحثين في فايكايروس؛ الشركة الصغيرة التي تركز على بناء روبوتات ماهرة (وردت في الفصل 3) – تحليلاً للشبكة العصبية المستخدمة في ديب مايند «دي كيو أن» النظام الذي تعلم السيطرة على ألعاب الفيديو أتاري.[13] تم إجراء اختبار واحد على بريك آوت، وهي لعبة يتعين على اللاعب فيها التلاعب بمحذاف لاعتراض كرة سريعة الحركة. عندما تم إزاحة المضرب لأعلى بضع بكسلات فقط على الشاشة – وهو تغيير قد لا يلاحظه أحد حتى من قبل لاعب بشري – أخذ أداء النظام الخارق سابقاً في الهبوط على الفور. لا يمتلك برنامج ديب مايند القدرة على التكيف حتى مع هذا التغيير الصغير. كانت الطريقة الوحيدة

للعودة إلى مستوى الأداء العالي هي البدء من نقطة الصفر وإعادة تدريب النظام بالكامل بناءً على تكوين الشاشة الجديد.

ما يخبرنا به هذا هو أنه على الرغم من أن الشبكات العصبية القوية لديب مايند تقوم بعمل تمثيل لشاشة بريك آوت، إلا أن هذا التمثيل يظل مرتبطاً بقوة بالبكسل الخام حتى في المستويات المتقدمة في أعماق الشبكة. من الواضح أن المجذاف لم يفهمه النظام ككائن حقيقي يمكن تحريكه. بكلمات أخرى، النظام لم يقترب من الفهم البشري للأشياء المادية – والتي تمثلها وحدات البكسل على الشاشة – أو الفيزيائية التي تحكم حركتها. إنها مجرد وحدات بكسل. في حين أن بعض باحثي الذكاء الاصطناعي قد يستمرون في الاعتقاد بأن فهماً أكثر شمولاً قد يظهر في النهاية إذا كانت هناك طبقات أكثر من الخلايا العصبية الاصطناعية، تعمل على أجهزة أسرع وتستهلك مزيداً من البيانات، أعتقد أن هذا غير مرجح للغاية. ستكون هناك حاجة إلى مزيد من الابتكارات الأساسية قبل أن نبدأ في رؤية آلات ذات تصور أكثر شبهاً بالإنسان للعالم.

هذا النوع العام من المشاكل، حيث يكون نظام الذكاء الاصطناعي غير مرن وغير قادر على التكيف حتى مع التغييرات الصغيرة غير المتوقعة في بيانات الإدخال، يشار إليه، بين الباحثين، على أنه «هشاشة». قد لا يمثل تطبيق الذكاء الاصطناعي الهش مشكلة كبيرة إذا نتج عنه قيام روبوت المستودع أحياناً بتعبئة العنصر الخطأ في صندوق. ومع ذلك، في تطبيقات أخرى، يمكن أن يكون النقص التقني نفسه كارثياً. وهذا يفسر، على سبيل المثال، لماذا لم يصل التقدم نحو سيارات ذاتية القيادة بالكامل إلى مستوى بعض التوقعات المبكرة.

في وسائل الإعلام التقنية وعلى وسائل التواصل الاجتماعي، عادت إحدى العبارات المرعبة في مجال الذكاء الاصطناعي – «شتاء الذكاء الاصطناعي» – إلى الظهور مرة أخرى. في مقابلة مع بي بي سي في كانون الأول 2020، قال يوشوا بنجيو إن «قدرات الذكاء الاصطناعي مبالغ فيها إلى حد ما... من قبل بعض الشركات المهتمة بالقيام بذلك».[14]

جاء جزء كبير من هذا القلق ليؤثر على الصناعة التي كانت – كما رأينا في الفصل 3 – في القمة المطلقة لكل الضجيج المتراكم: السيارات ذاتية القيادة. أصبح من الواضح أنه على الرغم من التوقعات المتفائلة في وقت مبكر من العقد، فإن المركبات ذاتية القيادة حقاً، القادرة على التنقل في

مجموعة واسعة من الظروف، لا تزال غير قريبة من الواقع. وضعت شركات مثل وايمو وأوبر وتيسلا مركبات ذاتية القيادة على الطرق العامة، ولكن خارج بعض التجارب المقيدة للغاية، كان هناك دائماً سائق بشري – وكان عليه أن يتحكم في السيارة في كثير من الأحيان. حتى مع وجود سائق للإشراف على تشغيل السيارة، فقد شوه عدد من الحوادث المميتة سمعة الصناعة. في مدونة تمت مشاركتها على نطاق واسع في 2018 بعنوان «شتاء الذكاء الاصطناعي في الطريق حقاً»، أشار الباحث في التعلم الآلي، فيليب بيكنيفسكي، إلى أن السجلات المطلوبة من قبل ولاية كاليفورنيا أظهرت أن إحدى السيارات التي يتم اختبارها «لا يمكنها القيادة فعلياً لمسافة عشرة أميال» من دون نظام فك الارتباط الذي تطلب من السائق البشري أن يتولى زمام الأمور.[15]

على الرغم من أن المخاوف بشأن تباطؤ التقدم لها ما يبررها، إلا أنه يظل صحيحاً أنه خلال السنوات القليلة الماضية تم دمج الذكاء الاصطناعي بعمق في البنية التحتية ونماذج الأعمال لأكبر شركات التكنولوجيا. شهدت هذه الشركات عوائد كبيرة على استثماراتها الضخمة في موارد الحوسبة ومواهب الذكاء الاصطناعي، وهي الآن تنظر إلى الذكاء الاصطناعي على أنه أمر بالغ الأهمية لقدرتها على المنافسة في السوق. وبالمثل، فإن كل شركة تقنية ناشئة تقريباً تستثمر الآن، إلى حد ما، في الذكاء الاصطناعي، وبدأت الشركات الكبيرة والصغيرة في الصناعات الأخرى في نشر التكنولوجيا. يعد هذا الاندماج الناجح في المجال التجاري أكثر أهمية بكثير من أي شيء كان موجوداً في فصول الشتاء السابقة للذكاء الاصطناعي، ونتيجة لذلك، يستفيد المجال من جيش من المدافعين في جميع أنحاء عالم الشركات ولديه زخم عام يعمل على تخفيف أي تراجع.

هناك أيضاً شعور بأن سقوط قابلية التوسع كمحرك أساسي للتقدم قد يكون له جانب مشرق. سيكون هناك حافز أقل بكثير للاستثمار في العمل الأصعب وهو الابتكار الحقيقي عندما يكون هناك اعتقاد شائع بأن مجرد إلقاء المزيد من موارد الحوسبة في مشكلة ما سيؤدي إلى تحقيق تقدم مهم. كان هذا هو الحال، على سبيل المثال، مع قانون مور. عندما كانت هناك ثقة شبه مطلقة بأن سرعات الحاسوب ستتضاعف كل عامين تقريباً، كانت صناعة أشباه الموصلات تميل إلى التركيز على إطلاق إصدارات أسرع من نفس تصميمات المعالجات الدقيقة من شركات مثل أنتل وموتورولا. في السنوات الأخيرة، أصبح تسارع سرعات الحاسوب الخام أقل موثوقية، ويقترب تعريفنا التقليدي لقانون مور من نهايته حيث تتقلص أبعاد الدوائر المطبوعة على

الرقائق إلى الحجم الذري تقريباً. وقد أجبر هذا المهندسين على التفكير «خارج الصندوق»، مما أدى إلى ابتكارات مثل البرامج المصممة للحوسبة المتوازية على نطاق واسع وبنيات الرقائق الجديدة تماماً – تم تحسين العديد منها للحسابات المعقدة التي تتطلبها الشبكات العصبية العميقة. أعتقد أننا يمكن أن نتوقع حدوث نفس النوع من انفجار الأفكار في التعلم العميق، والذكاء الاصطناعي على نطاق أوسع، حيث أن عكاز الشبكات العصبية الأكبر (التوسع) يصبح مساراً أقل قابلية للتطبيق من أجا التقدم.

البحث عن المزيد من الذكاء الآلي العام

سيتطلب التغلب على القيود الحالية لأنظمة التعلم العميق والابتكارات التي تقرب الذكاء الآلي بشكل كبير من قدرات الدماغ البشري. هناك العديد من العقبات المهمة على طول هذا المسار، لكنها ستتوج بما كان دائماً الكأس المقدسة للذكاء الاصطناعي: (آلة يمكنها التواصل والتفكير وتصور الأفكار الجديدة على مستوى الإنسان أو ما بعده). غالباً ما يشير الباحثون إلى هذا على أنه «الذكاء العام الاصطناعي» أو AGI. لا يوجد شيء قريب من الذكاء الصناعي العام حالياً في العالم الحقيقي، ولكن هناك العديد من الأمثلة من الخيال العلمي – بما في ذلك HAL التي تعود للعام 2001: آوديسا الفضاء والحاسوب الرئيسي للمؤسسة والسيد داتا من ستار ترك وبالطبع التقنيات البائسة التي تم تصويرها في التيرمينيتور والماتريكس. يمكن للمرء أن يقدم حجة قوية مفادها أن تطوير ذكاء آلي عام بقدرة خارقة سيكون أكثر ابتكارات تبعية في تاريخ البشرية: مثل هذه التكنولوجيا ستصبح الأداة الفكرية النهائية، مما يسرع بشكل كبير معدل التقدم في مجالات لا حصر لها. بين خبراء الذكاء الاصطناعي، تختلف الآراء على نطاق واسع حول المدة التي قد يستغرقها تحقيق الذكاء الاصطناعي العام. عدد قليل من الباحثين متفائلون للغاية، مما يشير إلى أن هذا الاختراق يمكن أن يحدث في غضون خمس إلى عشر سنوات. البعض الآخر أكثر حذراً ويعتقدون أن الأمر قد يستغرق مئة عام أو أكثر.

بالنسبة للمستقبل المنظور، لا تركز معظم الأبحاث كثيراً على الإنجاز الفعلي للذكاء الاصطناعي على المستوى البشري، بل تركز بالأحرى على الرحلة نحوها والعديد من الابتكارات المهمة التي ستكون مطلوبة لتجاوز العقبات بنجاح على طول الطريق. إن السعي لبناء آلة تفكير حقيقية ليس مجرد مشروع علمي تأملي؛ بدلاً من ذلك، فهو يمثل نوعاً من خارطة الطريق

نحو بناء أنظمة ذكاء اصطناعي تتغلب على القيود الحالية وتُظهر قدرات جديدة. من شبه المؤكد أن التقدم على هذا المسار سيولد ثروة من التطبيقات العملية ذات القيمة التجارية والعلمية الهائلة.

يتضح هذا الاقتران بين الابتكار العملي على المدى القريب والسعي لتحقيق ذكاء آلي حقيقي على المستوى البشري من خلال فلسفات البحث للفرق المختلفة التي تعمل على الذكاء الاصطناعي في غوغل. يقول جيف دين – المدير العام للذكاء الاصطناعي في غوغل – أنه في حين أن ديب مايند، الشركة المستقلة التي استحوذت عليها غوغل في عام 2014، موجهة بشكل خاص نحو الذكاء الآلي العام مع «خطة منظمة» لحل مشكلات محددة على أمل تحقيق الذكاء الاصطناعي العام، تتخذ المجموعات البحثية في غوغل نهجاً «أكثر حيوية»، مع التركيز على القيام بأشياء «علم أنها مهمة ولكن لا يمكننا فعلها بعد، وبمجرد حل هذه المشكلات، نكتشف المجموعة التالية من المشكلات التي نريد حلها». يقول إن جميع مجموعات أبحاث الذكاء الاصطناعي في غوغل «تعمل معاً لمحاولة بناء أنظمة ذكاء اصطناعي مرنة وذكية حقاً» أكثر نجاحاً، ولكن كلا المسارين سيولدان على الأرجح أفكاراً جديدة مهمة مع تطبيقات فورية.

يقود التقدم على طول هذه المسارات فرق ذات فلسفات بحثية متنوعة والعديد من الاستراتيجيات المختلفة لمواجهة التحديات التي تنتظرنا. ما يجمعهم جميعاً هو أن أهدافهم النهائية مصممة على أساس القدرات الحصرية للإدراك البشري، على الأقل حتى الآن.

أحد الأساليب المهمة هو النظر مباشرة إلى الأعمال الداخلية للدماغ البشري للحصول على الإلهام. يعتقد هؤلاء الباحثون أن الذكاء الاصطناعي يجب أن يتم اطلاعه بشكل مباشر على علم الأعصاب. الرائد في هذا المجال هو ديب مايند. مؤسس الشركة ومديرها التنفيذي، ديميس هاسابيس – بشكل غير معتاد بالنسبة لباحث في الذكاء الاصطناعي – تلقى تدريبه بعد التخرج في علم الأعصاب، بدلاً من الحوسبة، وهو حاصل على درجة الدكتوراه في هذا المجال من جامعة كوليدج، لندن. أخبرني هاسابيس أن أكبر مجموعة بحثية في ديب مايند. تتكون من علماء أعصاب يركزون على إيجاد طرق لتطبيق أحدث الأفكار من علم الدماغ إلى الذكاء الاصطناعي.[17]

هدفهم ليس تكرار الطريقة التي يعمل بها الدماغ بأي معنى مفصل، بل الاستلهام من المبادئ الأساسية التي تكمن وراء تشغيله. غالباً ما يشرح خبراء الذكاء الاصطناعي هذا النهج من خلال استخدام تشبيه لتحقيق رحلة تعمل

بالطاقة والتطور اللاحق لتصميمات الطائرات الحديثة. بينما من الواضح أن الطائرات مستوحاة من الطيور، فإنها بالطبع لا ترفرف بأجنحتها أو تحاول بطريقة أخرى محاكاة طيران الطيور بشكل مباشر. بدلاً من ذلك، بمجرد أن فهم المهندسون علم الديناميكا الهوائية، أصبح من الممكن بناء آلات تعمل وفقاً لنفس المبادئ الأساسية التي تسمح للطيور بالطيران، ولكنها في معظم النواحي أكثر قدرة بكثير من نظيراتها البيولوجية. يعتقد هاسابيس والفريق في ديب مايند أنه قد يكون هناك نوع من «الديناميكية الهوائية للذكاء» وهي نظرية أساسية تقوم على أساس الذكاء البشري وربما الآلي.

قدم فريق ديب مايند متعدد التخصصات بعض الأدلة المقنعة على أن مثل هذه المجموعة العامة من المبادئ قد تكون موجودة بالفعل عندما نشرت الشركة بحثاً في مايو 2018. قبل أربع سنوات، مُنحت جائزة نوبل في علم وظائف الأعضاء والطب لثلاثة علماء أعصاب، جون أوكيف، مايو بريت موسر وإدوارد موسر، لاكتشافهم نوعاً خاصاً من الخلايا العصبية التي تتيح التنقل المكاني في الحيوانات. هذه الخلايا العصبية، التي تسمى الخلايا الشبكية، تنطلق في نمط سداسي منتظم داخل الدماغ بينما يستكشف الحيوان بيئته. يُعتقد أن خلايا الشبكة تشكل نوعاً من «نظام تحديد المواقع العالمي الداخلي»، وهو تمثيل عصبي لنظام رسم الخرائط الذي يسمح للحيوانات بالبقاء موجهة لأنها تجد طريقها عبر بيئات معقدة وغير متوقعة.

أجرى ديب مايند تجربة حسابية قام فيها باحثو الشركة بتدريب شبكة عصبية قوية على البيانات التي تحاكي نوع المعلومات المستندة إلى الحركة التي قد يعتمد عليها حيوان يبحث عن الطعام في الظلام. وجد الباحثون أن الهياكل الشبيهة بخلايا الشبكة ظهرت تلقائياً داخل الشبكة مما يوفر تقارباً مذهلاً مع أنماط النشاط العصبي التي لوحظت في البحث عن الثدييات. يبدو أن بنية التنقل الأساسية نفسها تنشأ بشكل طبيعي في ركيزتين مختلفتين تماماً، أحدهما بيولوجي والآخر رقمي. يقول هاسابيس أنه يعتبر هذا أحد أهم اختراقات الشركة وأن البحث قد يشير إلى أن النظام الداخلي الذي يستخدم الخلايا الشبكية قد يكون الطريقة الأكثر فاعلية من الناحية الحسابية لتمثيل معلومات التنقل في أي نظام، بغض النظر عن تفاصيله. 19 ورقة ديب مايند العلمية التي تصف البحث – المنشورة في مجلة ناتشر– لاقت صدى على نطاق واسع في مجال علم الأعصاب، وتشير رؤى مثل هذه إلى أن نهج الشركة متعدد التخصصات من المرجح أن يكون طريقاً ذا اتجاهين، مع عدم

وجود أبحاث في الذكاء الاصطناعي والاعتماد فقط على الدروس المستفادة من الدماغ والمساهِمة في فهمه.

قدمت ديب مايند مرة أخرى مساهمة مهمة في علم الأعصاب عندما استفادت الشركة من خبرتها في التعلم المعزز في أوائل عام 2020 من خلال استكشاف عمل دوبامين الخلايا العصبية في الدماغ. منذ تسعينيات القرن الماضي، أدرك علماء الأعصاب أن هذه الخلايا العصبية الخاصة تتنبأ بالمكافأة المحتملة التي ستنجم عندما يتخذ الحيوان إجراءً محدداً. إذا اتضح أن المكافأة التي تحققت بالفعل أكبر من المتوقع، فسيتم إطلاق المزيد من الدوبامين نسبياً. إذا كان أداء النتيجة ضعيفاً، فسيتم إنتاج كمية أقل من هذه المادة الكيميائية التي «تسبب الشعور بالرضى». يعمل التعلم المعزز الحسابي التقليدي بنفس الطريقة؛ تقوم الخوارزمية بعمل تنبؤ ثم تقوم بتعديل المكافأة بناءً على الفرق بين النتائج المتوقعة والفعلية.

تمكن الباحثون في ديب مايند من تحسين خوارزمية التعلم المعزز بشكل كبير من خلال إنشاء توزيع للتنبؤات، بدلاً من توقع متوسط واحد، ثم تعديل المكافآت وفقاً لذلك. ثم تعاونت الشركة مع مجموعة من الباحثين في جامعة هارفارد لمعرفة ما إذا كان نفس الشيء يحدث داخل الدماغ. كانوا قادرين على إظهار أن أدمغة الفئران تستخدم في الواقع توزيعاً مشابهاً للتنبؤات، حيث تكون بعض الخلايا العصبية أكثر تشاؤماً نسبياً والبعض الآخر أكثر تفاؤلاً بشأن المكافأة المحتملة. بعبارة أخرى، أثبتت الشركة مرة أخرى أن الآلية الأساسية لتحقيق نتائج متشابهة في كل من الخوارزمية الرقمية والدماغ البيولوجي.

يعكس البحث من هذا النوع الثقة التي يتمتع بها هاسابيس وفريقه في التعلم المعزز واعتقادهم بأنه عنصر حاسم في أي محاولة للتقدم نحو الذكاء الاصطناعي العام. في هذا الموضوع، هم يعتبرون بعض الشيء غير اعتياديين. على سبيل المثال، صرح يان لوكن من فيسبوك أنه يعتقد أن التعلم المعزز يلعب دوراً ثانوياً نسبياً. غالباً ما يقول في عروضه التقديمية إنه إذا كان الذكاء عبارة عن كعكة الغابة السوداء، فإن التعلم المعزز سيكون بمثابة الكرز فقط في الأعلى[22]. يعتقد الفريق في ديب مايند أنه أكثر مركزية بكثير وأنه من المحتمل أن يوفر مساراً قابلاً للتطبيق لتحقيق الذكاء الاصطناعي العام.

نحن نصف التعلم المعزز عموماً بخوارزمية مدفوعة بالمكافأة لتحسين بعض عمليات الماكرو الخارجية – على سبيل المثال، تعلم ممارسة لعبة غو أو

معرفة كيفية قيادة سيارة محاكاة. ومع ذلك، يشير هاسابيس إلى أن التعلم المعزز يلعب أيضاً دوراً حاسماً داخلياً في الدماغ، وأنه قد يكون ضرورياً لظهور الذكاء. من المتصور أن التعلم المعزز قد يكون الآلية الأساسية التي تدفع الدماغ نحو الفضول والتعلم والعقل. تخيل، على سبيل المثال، أن الهدف الأساسي للدماغ هو ببساطة الاستكشاف ثم تنظيم سيل البيانات الخام التي تقصف باستمرار حيواناً أثناء تحركه في بيئته. يقول هاسابيس «نحن نعلم أن رؤية أشياء جديدة تطلق الدوبامين في الدماغ» وإذا كان الدماغ متصل بحيث يكون «العثور على البنية والمعلومات مجزياً في حد ذاته، فهذا دافع مفيد للغاية».[23] بعبارة أخرى، المحرك المعزز لدافعنا المستمر لفهم العالم من حولنا يمكن أن يكون بمثابة خوارزمية تعلم معزز مرتبطة بإنتاج الدوبامين.

يتبع ديفيد فيروتشي، الرئيس التنفيذي ومؤسس شركة الذكاء الاصطناعي الناشئة اليمنتل كوغنيشن، نهجاً مختلفاً تماماً لبناء ذكاء آلي أكثر عمومية. يشتهر فيروتشي بقيادته الفريق الذي أنشأ واتسون من آي بي أم، وهو النظام الذي هزم كين جينينغز وغيره من كبار متسابقي جيوباردي في عام 2011. بعد انتصار واتسون، غادر فيروتشي شركة آي بي أم وانضم إلى صندوق التحوط في وول ستريت بريدج ووتر وشركائه، حيث ورد أنه عمل على استخدام الذكاء الاصطناعي لفهم الاقتصاد الكلي وساعد مؤسس بريدج ووتر (راي داليو) في بناء فلسفات إدارة واستثمار الخوارزميات التي تم نشرها في جميع أنحاء الشركة.

يقسم فيروتشي وقته الآن بين منصبه كمدير للذكاء الاصطناعي التطبيقي في بريدج ووتر وتشغيل اليمنتل كوغنيشن، التي تلقت تمويلاً أولياً للمشاريع من صندوق التحوط.[24] يقول فيروتشي أن الإليمنتل كوغنيشن يركز على «فهم اللغة الحقيقي». تقوم الشركة ببناء خوارزميات يمكنها قراءة النص بشكل مستقل ثم الانخراط في حوار تفاعلي مع البشر من أجل تعزيز فهم النظام للمادة وأيضاً شرح أي استنتاجات. يتابع فيروتشي قائلاً:

نريد أن ننظر إلى ما وراء البنية السطحية للغة، إلى ما وراء الأنماط التي تظهر في ترديد الكلمات، والوصول إلى المعنى الأساسي. من هذا المنطلق، نريد أن نكون قادرين على بناء النماذج المنطقية الداخلية التي سيخلقها البشر ويستخدمونها للتفكير والتواصل. نريد ضمان نظام ينتج ذكاءً متوافقاً. يمكن لهذا الذكاء المتوافق أن يتعلم بشكل مستقل ويصقل فهمه من خلال التفاعل البشري واللغة والحوار والتجارب الأخرى ذات الصلة.[25]

هذا هدف طموح بشكل غير عادي، بالنسبة لي، يبدو قريباً جداً من مستوى الذكاء البشري. تعاني أنظمة الذكاء الاصطناعي الحالية التي تعالج اللغة الطبيعية من قيود مماثلة لتلك التي رأيناها مع لعبة دي كيو أن التي تلعبها شركة أتاري ديب مايند عندما تم إزاحة مجداف اللعبة لأعلى بضع بكسلات. مثلما لا يفهم «دي كيو أن» أن وحدات البكسل على الشاشة تمثل كائناً مادياً يمكن نقله، فإن أنظمة اللغة الحالية ليس لديها فهم حقيقي لما تعنيه الكلمات التي تعالجها. هذا هو التحدي الذي يواجهه اليمنتل كوغنيشن.

يعتقد فيروتشي بوضوح أن حل مشكلة فهم اللغة يمثل طريق واضح لمزيد من الذكاء العام. بدلاً من الخوض في فيزيولوجيا الدماغ بالطريقة التي يحاول بها فريق ديب مايند، يرى فيروتشي أنه من الممكن هندسة نظام يمكنه الاقتراب من المستوى البشري في فهمه للغة وقدرته على استخدام المنطق والعقل. هذا غير اعتيادي بين باحثي الذكاء الاصطناعي لأنه يشعر أن اللبنات الأساسية للذكاء العام موجودة بالفعل، أو كما قال: «لا أعتقد، كما قد يفعل الآخرون، أننا لا نعرف كيف نفعل ذلك وننتظر بعض الاختراقات الهائلة. لا أعتقد أن هذا هو الحال. أعتقد أننا نعرف كيف نفعل ذلك، نحتاج فقط لإثبات ذلك».[26]

كما أنه متفائل جداً بشأن احتمالات تحقيق هذا الهدف في المستقبل القريب نسبياً. في فيلم وثائقي تم إنتاجه عام 2018، قال: «في غضون ثلاث إلى خمس سنوات، سيكون لدينا نظام حاسوب يمكنه أن يتعلم بشكل مستقل كيفية الفهم وكيفية بناء الفهم، على غرار الطريقة التي يعمل بها العقل البشري».[27] عندما ضغطت عليه حول هذا التوقع، تراجع إلى حد ما، معترفاً بأن ثلاث إلى خمس سنوات قد تكون بالفعل متفائلة. ومع ذلك، قال إنه لا يزال «يعتقد بأنه شيء يمكن أن نراه في غضون العقد المقبل أو نحو ذلك ولن يكون الانتظار 50 أو 100 عام».[28]

كما سنرى، فإن الجدل حول فعالية مثل هذا النهج الهجين بدلاً من استراتيجية تعتمد كلياً على الشبكات العصبية يبرز كواحد من أهم الأسئلة التي تواجه مجال الذكاء الاصطناعي.

يتابع راي كورزويل –مدير الهندسة في غوغل الآن – الذكاء العام موجه بشكل كبير نحو فهم اللغة. اشتهر كورزويل بكتابه الذي صدر عام 2005 بعنوان «التفرد قريب»[29] والذي جعله أبرز مبشر لفكرة «التفرد». يعتقد كورزويل

والعديد من أتباعه أن التفرد – الذي من المحتمل أن يكون بسبب ظهور الذكاء الآلي الخارق – سوف يمثل يوماً ما انحناءً صعودياً مفاجئاً في القوس التاريخي للإنسانية ونقطة انعطاف عندما يصبح التسارع التكنولوجي شديداً للغاية بحيث يغير تماما – وربما بشكل غير مفهوم– كل جانب من جوانب الحياة البشرية والحضارة.

في عام 2012، نشر كورزويل كتاباً آخر بعنوان «كيفية خلق عقل»، والذي رسم فيه نموذجاً مفاهيمياً للإدراك البشري.الذي رسم فيه نموذجاً مفاهيمياً للإدراك البشري. 30 وفقاً لكورزويل، يتم تشغيل الدماغ بحوالي 300 مليون وحدة هرمية، كل منها «يمكن أن تتعرف على نمط تسلسلي وتقبل قدراً معيناً من التباين».31 يعتقد كورزويل أن هذا النهج المعياري سيؤدي في النهاية إلى نظام يمكنه التعلم من بيانات أقل بكثير مما هو الحال مع أنظمة التعلم العميق الحالية التي تعتمد على تقنيات التعلم تحت الإشراف أو التعزيز. عندما اقترب كورزويل من لاري بيج (من غوغل) للحصول على تمويل لمشروع يضع هذه الأفكار موضع التنفيذ، أقنعه بيج بدلاً من ذلك بالانضمام إلى غوغل ومتابعة رؤيته من خلال الاستفادة من موارد الحوسبة الهائلة للشركة.

توقع كورزويل لعقود، ولا يزال يعتقد، أن الذكاء الاصطناعي العام سيتم تحقيقه في وقت ما في حوالي عام 2029. على عكس العديد من باحثي الذكاء الاصطناعي، لا يزال يؤمن باختبار تورينغ كمقياس فعال للذكاء على مستوى الإنسان. تصور ألان تورينغ في ورقته البحثية عام 1950، الاختبار الذي يرتقي إلى جلسة محادثة يحاول فيها القاضي تحديد ما إذا كان المتحدثون بشراً أم آلة. إذا لم يتمكن القاضي، أو ربما لجنة التحكيم، من التمييز بين الحاسوب والإنسان، فيُقال إن الحاسوب يجتاز اختبار تورينغ. يرفض العديد من الخبراء اختبار تورينغ باعتباره مقياساً فعالاً لذكاء الآلة على مستوى الإنسان، ويرجع ذلك جزئياً إلى أنه أثبت أنه عرضة للخداع. في عام 2014، على سبيل المثال، في مسابقة أقيمت في جامعة ريدينغ في المملكة المتحدة، نجح برنامج دردشة آلي يحاكي صبياً أوكرانياً يبلغ من العمر ثلاثة عشر عاماً في خداع القضاة ليتم الإعلان أن خوارزمية قد مرت – لأول مرة – من اختبار تورينغ. استمرت المحادثة لمدة خمس دقائق فقط، ولم يأخذ أحد في مجال الذكاء الاصطناعي هذا الادعاء على محمل الجد.

مع ذلك، يعتقد كورزويل أن إصداراً أكثر قوة من الاختبار سيكون بالفعل مؤشراً قوياً على ذكاء الآلة الحقيقي. في عام 2002، دخل كورزويل في

رهان رسمي بقيمة 20000 دولار مع رائد البرمجيات ميتش كابور. يحدد الرهان مجموعة معقدة من القواعد التي تشمل لجنة مكونة من ثلاثة قضاة وأربعة متسابقين: روبوت الدردشة المدعوم بالذكاء الاصطناعي مع ثلاث رقائق بشرية. 32 لن يتم تحديد الرهان لصالح كورزويل إلا إذا اعتقد غالبية الحكام – بحلول نهاية عام 2029 – أن نظام الذكاء الاصطناعي سيكون بشرياً بعد الدخول في محادثة ثنائية مع كل من المتسابقين لمدة ساعتين. يبدو لي أن اجتياز مثل هذا الاختبار سيكون مؤشراً قوياً على وصول الذكاء الاصطناعي إلى المستوى البشري.

على الرغم من مسيرته المتميزة كمخترع، يميل الآن إلى أن يُنظر إلى كورزويل في المقام الأول على أنه مستقبلي لديه نظرية جيدة الصياغة حول التسارع التكنولوجي على المدى الطويل، ولكن أيضاً بعض الأفكار التي تبدو غريبة – وقد يقول البعض حتى أنها مخبولة – حول المكان الذي سيتقدم إليه كل هذا. حسب أحد الحسابات، يأخذ كورزويل مئة أو أكثر من الحبوب التكميلية كل يوم على أمل إطالة حياته. إنه يعتقد أنه قد حقق بالفعل «سرعة الهروب الطويلة الأمد» – أو بعبارة أخرى، يتوقع أن يعيش لفترة طويلة بما يكفي للاستفادة من الابتكار الطبي التالي الذي يطيل العمر. افعل هذا إلى أجل غير مسمى، مع تجنب الاصطدام بالحافلة، وستكون قد حققت الخلود.

أخبرني كورزويل أنه في غضون عشر سنوات تقريباً، يجب أن تكون هذه الخطة في متناول بقية البشر. ويرى أن تطبيق الذكاء الاصطناعي المتقدم لمحاكاة عالية الدقة للكيمياء الحيوية هو محرك حاسم لهذا التقدم. وقال: «إذا تمكنا من محاكاة علم الأحياء – وهذا ليس مستحيلاً – فيمكننا إجراء تجارب سريرية في غضون ساعات بدلاً من سنوات، ويمكننا إنشاء بياناتنا الخاصة تماماً مثلما نفعل مع السيارات ذاتية القيادة أو ألعاب الطاولة أو الرياضيات».

هذه الأفكار، وربما على وجه الخصوص بإيمانه الجاد باحتمالية خلوده، الأمر الذي ترك كورزويل عرضة لقدر لا بأس به من السخرية، والعديد من باحثي الذكاء الاصطناعي الآخرين لديهم وجهة نظر رافضة لمخططه الهرمي لتحقيق الذكاء العام. ومع ذلك، كان أحد أهم النقاط التي استخلصتها من حديثي مع كورزويل هو أنه عندما يتعلق الأمر بالعمل الذي يقوم به على الذكاء الاصطناعي في غوغل، فإنه يكون استثنائياً ومبنياً على أسس جيدة. منذ انضمامه إلى الشركة في عام 2012، كان يقود فريقاً يركز على دمج نظريته الهرمية للدماغ مع أحدث التطورات في التعلم العميق من أجل إنتاج أنظمة

ذات قدرات لغوية متقدمة. إحدى النتائج المبكرة لجهوده هي ميزة «الرد السريع» التي يمكنها تقديم إجابات جاهزة في جي–مايل. في حين أن هذا بعيد كل البعد عن الذكاء الاصطناعي على المستوى البشري، لا يزال كورزويل واثقاً في استراتيجيته، ويخبرني أن «البشر يستخدمون هذا النهج الهرمي وأنه في النهاية سيكون «كافياً للذكاء الاصطناعي العام».[36]

هناك طريق آخر نحو الذكاء الاصطناعي العام يتم صياغته بواسطة أوبن آي إي، وهي منظمة بحثية مقرها سان فرانسيسكو تأسست في عام 2015 بدعم مالي من إيلون ماسك وبيتر ثيل والمؤسس المشارك للينكد إن ريد هوفمان. تم إنشاء أوبن آي إي في البداية ككيان غير ربحي بمهمة إجراء بحث آمن وأخلاقي عن الذكاء الاصطناعي العام. تم إنشاء المنظمة جزئياً استجابةً لقلق إلون موسك العميق بشأن إمكانية أن يشكل الذكاء الآلي الخارق يوماً ما تهديداً حقيقياً للبشرية. منذ البداية، اجتذبت أوبن آي إي بعضاً من كبار الباحثين في هذا المجال، بما في ذلك إيليا سوتسكفر، الذي كان جزءاً من فريق مختبر جامعة تورنتو لجيف هينتون الذي بنى الشبكة العصبية التي انتصرت في مسابقة ايمدجنت لعام 2012.

في عام 2019، أص سام ألتمان، الذي كان مسؤولاً عن حاضنة الشركات الناشئة الأعلى شهرة في سيليكون فالي، الرئيس التنفيذي في – واي كومبينيتور – وأجرى تعديلاً قانونياً معقداً نتج عنه شركة ربحية مرتبطة بالكيان الأصلي غير الربحي. تم القيام بذلك من أجل جذب استثمارات كافية من القطاع الخاص حتى تتمكن أوبن آي إي من تمويل استثمارات ضخمة في الموارد الحسابية والتنافس على المواهب النادرة في مجال الذكاء الاصطناعي. دفعت المناورة أرباحاً سريعة: في يوليو 2019، أعلنت مايكروسوفت أنها ستستثمر مليار دولار في الشركة الجديدة.

في السباق نحو الذكاء الاصطناعي العام، ربما تكون شركة أوبن آي إي هي المنافس الأفضل تمويلاً لشركة غوغل ديب مايند، على الرغم من أنه من حيث مستويات التوظيف، فإنها تظل أصغر بكثير من الشركات الراسخة مثل ديب مايند، طورت أوبن آي إي شبكات عصبية عميقة قوية مدربة باستخدام تقنيات التعلم المعزز، وقد أنشأ فريق الباحثين التابع لها أنظمة قادرة على هزيمة أفضل اللاعبين البشريين في ألعاب الفيديو، مثل Dot 2. ومع ذلك، فإن أوبن آي إي تميز نفسها بتفردها بالتركيز على بناء شبكات عصبية عميقة أكبر وأكبر تعمل على منصات حسابية أكثر قوة. حتى في الوقت الذي يحذر فيه آخرون في الميدان من أن قابلية التوسع أصبحت غير مستدامة كاستراتيجية،

تظل أوبن آي إي مستثمرة بعمق في هذا النهج. في الواقع، سيتم تسليم استثمارات مايكرو سوفت البالغة مليار دولار إلى حد كبير في شكل قوة حوسبة مقدمة من شركة الحوسبة السحابية الخاصة بعملاق التكنولوجيا، آزور.

من المؤكد أن عقلية أوبن آي إي «الأكبر هو الأفضل» قد حققت تقدماً كبيراً. جاءت واحدة من أبرز الإنجازات وأكثرها إثارة للجدل في المنظمة مع عرض نظام لغة طبيعية قوي يسمى دجي بي تي–2 في فبراير 2019. يتكون دجي بي تي–2 من شبكة عصبية «مولدة» تم تدريبها على مجموعة ضخمة من النصوص تم تنزيلها من الإنترنت. في النظام التوليدي، يتم قلب ناتج الشبكة العصبية العميقة بشكل أساسي، بحيث بدلاً من تحديد البيانات أو تصنيفها – كما هو الحال في الخروج بتعليقات للصور – يقوم النظام بدلاً من ذلك بإنشاء أمثلة جديدة تماماً تشبه إلى حد كبير البيانات التي تدربوا عليها. أنظمة التعلم العميق التوليدية هي التقنية الكامنة وراء ما يسمى بالتزييف العميق – تلفيقات الوسائط – التي يمكن أن يكون من الصعب للغاية، أو ربما من المستحيل، التمييز بينها وبين الشيء الحقيقي. التزييف العميق هو عامل خطر حاسم مرتبط بالذكاء الاصطناعي، وسوف نناقش آثارها في الفصل الثامن.

تم إعداد دجي بي تي–2 بحيث، في ضوء مطالبة نصية ربما بجملة أو جملتين، سيقوم النظام بعد ذلك بإنشاء سرد كامل – في الواقع التقاط المكان الذي تنتهي عنده المطالبة وإكمال القصة. تسبب دجي بي تي–2 في إثارة ضجة بين باحثي الذكاء الاصطناعي، وخاصة وسائل الإعلام، لأن النص السردي الذي قدمه كان، في معظم الحالات، متماسكاً بشكل ملحوظ. متماسكة للغاية، في الواقع، رفضت أوبن آي إي مشاركة رمز دجي بي تي–2 مع باحثين آخرين في مجال الذكاء الاصطناعي، كما فعلت مع مشاريعها السابقة، خوفاً من إساءة استخدام النظام. قلق فريق إدارة أوبن آي إي من أن سيلاً من النصوص التي تم إنشاؤها بواسطة نظام دجي بي تي–2 قد يسد الإنترنت بأخبار مزيفة أو ربما يغرق مواقع التجارة الإلكترونية بمراجعات ملفقة للمنتجات. أدى هذا القرار إلى انتقادات من مجتمع أبحاث الذكاء الاصطناعي، الذي يقدر التبادل المفتوح للأفكار. بعد ذلك، بعد أقل من عام، عكست شركة أوبن آي إي مسارها وأصدرت رمز دجي بي تي–2 وقد رافق ذلك القليل من الضجة وعدم وجود دليل على أي استخدام ضار. وقد أدى هذا بدوره إلى اتهامات بأن الشركة تعمدت تضخيم أبحاثها واستخدام التحذير لتوليد الدعاية.

على الرغم من أن النثر الناتج عن دجي بي تي–2 مؤهل عموماً من حيث القواعد والبنية، حتى القراءة السريعة توضح أن هناك بعض المشكلات الحقيقية مع هذا السرد. فيما يلي جزء من مثال لسرد دجي بي تي–2 نُشر على موقع أوبن آي إي الإلكتروني:

بالنظر إلى الموجه المكتوب بواسطة الإنسان:

في اكتشاف صادم، اكتشف عالم قطيعاً من وحيد القرن يعيش في واد بعيد لم يتم استكشافه سابقاً في جبال الأنديز. الأمر الأكثر إثارة للدهشة بالنسبة للباحثين هو حقيقة أن أحاديي القرن تتحدث الإنجليزية بطلاقة.

أنشأت بواسطة دجي بي تي–2:

أطلق العالم على السكان – بناء شكل قرونهم المميزة: أوفيدز يونكورن. كانت وحيدات القرن الأربعة ذات اللون الأبيض الفضي غير معروفة للعلم من قبل. الآن، بعد ما يقرب من قرنين من الزمان، تم أخيراً حل لغز سبب هذه الظاهرة الغريبة.

كان الدكتور خورخي بيريز، عالم الأحياء التطوري من جامعة لاباز، والعديد من رفاقه، يستكشفون جبال الأنديز عندما وجدوا وادٍ صغير، بدون حيوانات أخرى أو بشر. لاحظ بيريز أن الوادي يحتوي على ما يبدو أنه نافورة طبيعية، وتحيط بها قمتان من الصخور والثلج الفضي.

ثم غامر بيريز والآخرون بالذهاب إلى الوادي. قال بيريز: «في الوقت الذي وصلنا فيه إلى قمة إحدى القمم، بدت المياه زرقاء اللون، مع بعض البلورات في الأعلى».

اندهش بيريز وأصدقاؤه من رؤية قطيع وحيد القرن. يمكن رؤية هذه المخلوقات من الجو دون الحاجة إلى التحرك كثيراً لرؤيتها – فقد كانت قريبة جداً لدرجة أنها يمكن أن تلمس قرونها.

أثناء فحص هذه المخلوقات الغريبة، اكتشف العلماء أن هذه المخلوقات تتحدث أيضاً بعض اللغة الإنجليزية العادية إلى حد ما. صرح بيريز، «يمكننا أن نرى، على سبيل المثال، أن لديهم» لغة «مشتركة، شيء مثل اللهجة». تستمر القصة لعدة فقرات أخرى، ولكن في الجزء العلوي مباشرة نتعلم أنه تم اكتشاف نوع جديد من وحيد القرن «رباعي القرون». في وقت

لاحق، قيل لنا أن أحادي القرن يتحدثون «الإنجليزية العادية»، لكن لديهم «لغة» مشتركة، شيء مثل اللهجة.[37]

بقي المرء يتساءل ما الذي يجب أن نصنعه بالضبط من الجملة، «يمكن رؤية هذه المخلوقات من الجو دون الحاجة إلى التحرك كثيراً لرؤيتها – لقد كانت قريبة جداً لدرجة أنها يمكن أن تلمس قرونها».

كل هذا يوضح تماماً أنه في حين أن شيئاً ما يتحد بالفعل داخل ملايين الخلايا العصبية الاصطناعية التي تشكل النظام الهائل الذي طورته شركة أوبن آي إي، فلا يوجد فهم حقيقي. لا يعرف النظام ما هو وحيد القرن، أو أن النوع «ذي القرون الأربعة» يتعارض مع هذا المعنى. يعاني دجي بي تي–2 من نفس القيد الأساسي الذي يحاول فريق ديفيد فيروتشي اليمنتل كوغنيشن وراي كروزويل من غوغل معالجته.

في مايو 2020، أصدرت شركة أوبن آي إي دجي بي تي–3، وهو نظام أكثر قوة إلى حد كبير. تضمنت الشبكة العصبية لـ دجي بي تي–2 حوالي 1.5 مليار وزن تم تحسينها أثناء تدريب الشبكة، لكن دجي بي تي–3 زاد هذا الرقم بأكثر من مئة ضعف إلى 175 مليار. تم تدريب الشبكة العصبية لـ دجي بي تي–3 على حوالي نصف تيرابايت من النص، وهو مقدار شاسع لدرجة أن النسخة الإنجليزية الكاملة من ويكيبيديا – ما يقرب من ستة ملايين مقالة – تشكل حوالي 0.6 بالمئة من الإجمالي. عرضت شركة أوبن آي إي الوصول المبكر لمجموعة مختارة من الباحثين والصحفيين في مجال الذكاء الاصطناعي لهذا البرنامج وأعلنت عن خطط لتحويل النظام الجديد في نهاية المطاف إلى أول منتج تجاري لها.

خلال الأسابيع القليلة التالية، عندما بدأ الناس في تجربة دجي بي تي–3، انفجرت وسائل التواصل الاجتماعي بدهشة من قوة النظام الجديد. نظراً للمطالبات المناسبة، يمكن لـ دجي بي تي–3 كتابة مقالات أو قصائد مقنعة بأسلوب المؤلفين القدامى. يمكن حتى أن تولد محادثات زائفة بين الشخصيات التاريخية أو الخيالية. استخدم طالب جامعي النظام لإنشاء جميع المنشورات الخاصة بمدونة المساعدة الذاتية التي ارتفعت إلى أعلى المخططات.[38] كل هذا سرعان ما أدى إلى تكهنات بأن النظام يمثل اختراقاً حاسماً على مستوى الإنسان بالنسبة الذكاء الآلي.

ومع ذلك، سرعان ما أصبح واضحاً أن العديد من الأمثلة الأكثر إثارة للإعجاب قد تم انتقاؤها من تجارب متعددة، وأن دجي بي تي–3، مثل سابقتها،

غالباً ما ينتج عنها هراء مكتوب بشكل متماسك. يعتبر كلا نظامي دجي بي تي من أوبن آي إي في صميم محركات التنبؤ القوية. بالنظر إلى سلسلة من الكلمات، فإنهم يتفوقون في التنبؤ بما يجب أن تكون عليه الكلمة التالية. يأخذ دجي بي تي–3 هذه الإمكانية إلى مستوى غير مسبوق، ولأن المجموعة الضخمة من النصوص التي تم تدريب النظام عليها تعطي معرفة حقيقية، غالباً ما ينتج النظام مخرجات مفيدة للغاية. ومع ذلك، لا يوجد تناسق، وغالباً ما تولد دجي بي تي–3 قمامة وتبذل جهد مع المهام التي ستكون بسيطة لأي إنسان.[39] مقارنة بسابقتها، يمكن لـ دجي بي تي–3 بالتأكيد كتابة قصة أكثر إقناعاً عن وحيدات القرن.

مع ذلك، فإنه لا يزال لا يفهم ما هو وحيد القرن. إذا استمرت أوبن آي إي ببساطة في إلقاء المزيد من الموارد الحسابية على المشكلة – إذا قاموا ببناء شبكات عصبية أكثر ضخامة – فهل من المحتمل أن يظهر الفهم الحقيقي؟ بالنسبة لي، يبدو هذا غير مرجح للغاية، والعديد من خبراء الذكاء الاصطناعي ينتقدون بشدة إيمان أوبن آي إي المستمر بقابلية التوسع. أخبرني ستيوارت راسل، أستاذ علوم الحاسوب بجامعة كاليفورنيا، بيركلي، والمؤلف المشارك في كتاب جامعي رائد في العالم حول الذكاء الاصطناعي أن تحقيق الذكاء الاصطناعي العام سيتطلب اختراقات لا علاقة لها بمجموعات البيانات الأكبر أو الأسرع.[40]

ومع ذلك، لا يزال فريق أوبن آي إي واثقاً. قال كبير علماء الشركة، إيليا سوتسكيفر، في كلمة ألقاها في مؤتمر تكنولوجي في عام 2018، «لقد راجعنا التقدم في هذا المجال على مدى السنوات الست الماضية. استنتاجنا هو أن الذكاء الاصطناعي العام على المدى القريب يجب أن يؤخذ على أنه احتمال جاد. هذه الأنظمة تصبح أكبر وأكبر وأكبر»[42].

إحياء للذكاء الاصطناعي الرمزي والنقاش حول الهيكل الداخلي

بينما يتصارع الباحثون مع التحديات المقبلة، تخضع الأفكار التي ينادي بها معسكر الذكاء الاصطناعي الرمزي إلى نوع من الاستعادة. يعترف الجميع تقريباً بأن المشكلات التي حاول الرمزيون حلها، لكنهم فشلوا إلى حد كبير، ولكن يجب معالجتها إذا كان للذكاء الاصطناعي المضي قدماً. باستثناء عدد صغير نسبياً من خبراء التعلم العميق – الذين يبدو أن العديد منهم مرتبطون بأوبن آي إي – هناك ثقة قليلة بين الباحثين في أن مجرد توسيع نطاق

الخوارزميات العصبية الحالية للاستفادة من الأجهزة الأسرع وستكون المزيد من البيانات كافية لإنتاج نوع التفكير المنطقي وفهم الفطرة السليمة التي تعتبر ضرورية لمزيد من الذكاء العام.

الخبر السار هو أنه هذه المرة، بدلاً من التنافس بين الفلسفات الرمزية والتواصلية، قد نرى مصالحة وجهداً في التكامل. أُطلق على هذا المجال البحثي الناشئ اسم «الذكاء الاصطناعي الرمزي العصبي» وقد يمثل إحدى أهم المبادرات لمستقبل الذكاء الاصطناعي. مع تلاشي عقود من المنافسة الشديدة في بعض الأحيان في التاريخ، يبدو أن جيلاً جديداً من باحثي الذكاء الاصطناعي على استعداد لمحاولة سد الفجوة بين الأساليب. يقول ديفيد كوكس، مدير مختبر أم آي تي–آي بي أم واتسون للذكاء الاصطناعي في كامبريدج، ماساتشوستس، إن الباحثين الأصغر سناً «ليس لديهم أي شيء من هذا التاريخ ويسعدهم استكشاف التقاطعات».[43]

هناك مدرستان عامتان للفكر حول كيفية تحقيق هذا التكامل. قد تكون الطريقة الأكثر مباشرة هي بناء أنظمة هجينة تجمع بين الشبكات العصبية ووحدات البرامج التي تم إنشاؤها باستخدام تقنيات البرمجة التقليدية. يمكن ربط الخوارزميات القادرة على التعامل مع التفكير المنطقي والرمزي بطريقة ما بالشبكات العصبية العميقة مع التركيز على التعلم. هذه هي الإستراتيجية التي يتبعها فريق ديفيد فيروتشي في «الإدراك العنصري». يتمثل النهج الثاني في إيجاد طريقة لتنفيذ قدرات الذكاء الاصطناعي الرمزية مباشرة في بنية الشبكات العصبية. يمكن تحقيق ذلك من خلال هندسة البنية الضرورية في شبكات عصبية عميقة أو، على ما أعتقد، من خلال تصميم نظام تعليمي عميق ومنهجية تدريب فعالة للغاية بحيث تظهر البنية الضرورية بطريقة ما بشكل عضوي. في حين أن الباحثين الأصغر سناً قد يكونون على استعداد للنظر في جميع الاحتمالات، إلا أنه من بين أولئك الذين لديهم وظائف راسخة، لا يزال هناك نقاش حاد حول أفضل طريقة للمضي قدماً.

كان غاري ماركوس أحد أكثر المدافعين صراحة عن النهج الهجين، والذي كان أستاذاً لعلم النفس وعلم الأعصاب في جامعة نيويورك. لقد كان ماركوس منتقداً قاسياً لما يشعر أنه تركيز مفرط على التعلم العميق، وقد صاغ مقالات وشارك في مناقشات يجادل فيها بأن الشبكات العصبية العميقة مقدر لها أن تظل ضحلة وهشة، وأن الذكاء العالن يظهر ما لم يتم حقن الأفكار المستمدة من الذكاء الاصطناعي الرمزي مباشرة في المزيج. قضى ماركوس جزءاً كبيراً من حياته المهنية البحثية في دراسة كيفية تعلم الأطفال

للغة واكتسابها، ويرى أن إمكانية نهج التعلم العميق الخالص ليقترب من مطابقة القدرات الرائعة لطفل بشري ضعيفة. لم يتم استقبال انتقاداته دائماً بشكل جيد من قبل مجتمع التعلم العميق، حيث على الرغم من مشاركته في تأسيس شركة ناشئة للتعلم الآلي استحوذت عليها أوبر في عام 2015، إلا أنه يُنظر إليه على أنه غريب وشخص لم يقدم مساهمات كبيرة في هذا المجال.

بشكل عام، يميل الباحثون المتمرسون الأكثر استثماراً في التعلم العميق إلى رفض النهج الهجين. أخبرني يوشوا بنجيو أن الهدف يجب أن يكون «حل بعض المشكلات نفسها التي كان الذكاء الاصطناعي الكلاسيكي يحاول حلها ولكن باستخدام اللبنات الأساسية القادمة من التعلم العميق.» «نعتقد أن الهجينة هي الحل» ومقارنة مثل هذا النظام بسيارة هجينة تشبه روب غولدبيرغ حيث يتم استخدام المحرك الكهربائي لحقن البنزين في محرك احتراق داخلي.[45] المشكلة هي أنه لا يوجد حتى الآن استراتيجية واضحة لدمج قدرات الذكاء الاصطناعي الرمزية في نظام مبني بالكامل من الشبكات العصبية. كما يشير ماركوس، فإن العديد من أبرز إنجازات التعلم العميق، بما في ذلك نظام ألفا غو من ديب مايند، هي في الواقع أنظمة هجينة لأنها نجحت فقط من خلال الاعتماد على خوارزميات البحث التقليدية بالإضافة إلى الشبكات العصبية العميقة.

بينما يجادل الباحثون حول فعالية النماذج الهجينة، يركز النقاش الموازي على أهمية البنية الفطرية المضمنة في أنظمة التعلم الآلي. على الرغم من أن الشبكات العصبية العميقة غالباً ما تتضمن درجة معينة من البنية المصممة مسبقاً – تعتبر البنى التلافيفية المستخدمة للتعرف على الصور أحد الأمثلة – يعتقد العديد من دعاة التعلم العميق المتمرسين أن هذا يجب أن يظل عند الحد الأدنى وأن التكنولوجيا ستكون قادرة على التقدم من شيء قريب إلى حد ما من لوحة فارغة. أخبرني يان لوكن، على سبيل المثال، أنه «على المدى الطويل لن نحتاج إلى هياكل محددة دقيقة» وأشار إلى أنه لا يوجد دليل على مثل هذه البنية العصبية في الدماغ البشري، مشيراً إلى أن «البنية المجهرية للقشرة المخية تبدو أنها أن تكون متجانسة للغاية في كل مكان، سواء كنت تنظر إلى القشرة البصرية أو القشرة أمام الجبهية».[46] يجادل الباحثون في هذا المعسكر عموماً بأن الابتكار يجب أن يركز على تطوير تقنيات تدريب محسنة تعزز قدرة الشبكات العصبية العامة نسبياً على تحقيق فهم أكبر.

باحثون مثل ماركوس، الذين لديهم خلفية في دراسة التطور المعرفي عند الأطفال، يقاومون بشدة فلسفة «اللوح الفارغ». من الواضح أن أدمغة الأطفال الصغار تشتمل على قدرة مدمجة تساعد على بدء المزيد من التعلم. في غضون أيام من الولادة، يمكن للأطفال التعرف على الوجوه البشرية. في أماكن أخرى من عالم الحيوان، يكون وجود ذكاء عملي لا يعتمد على التعلم أكثر وضوحاً. يشير أنتوني زادور، عالم الأعصاب في مختبر كولد سبرينج هاربور، إلى أن «السنجاب يمكن أن يقفز من شجرة إلى أخرى في غضون أشهر من الولادة، ويمكن لصغير الحمار أن يمشي في غضون ساعات، وتولد العناكب جاهزة للصيد». 47 غالباً ما يشير غاري ماركوس إلى وعل جبال الألب، وهو نوع من الماعز الجبلي يعيش معظم حياته على أرض شديدة الانحدار وغادرة. الوعل المولود حديثاً قادر على الوقوف والتنقل عبر المنحدرات في غضون ساعات في بيئة حيث أي نوع من التعلم عن طريق التجربة والخطأ يعني الموت المؤكد. هذه تقنية التوصيل والتشغيل التي تعمل بشكل غير تقليدي. يعتقد الباحثون في هذا المعسكر أن الذكاء الاصطناعي الأكثر عمومية ومرونة سيتطلب أيضاً آلات معرفية مدمجة، إما يتم حقنها مباشرة في بنية الشبكات العصبية أو دمجها عبر نهج هجين.

يقترح دعاة التعلم العميق أحياناً أنه على الرغم من أن هذا الهيكل الفطري قد يكون مهماً في النهاية، فمن المحتمل أن ينشأ عضوياً كجزء من عملية التعلم المستدامة. ومع ذلك، إذا نظرنا إلى الدماغ البيولوجي من أجل الإلهام، يبدو لي أن أي بنية في الدماغ لا يمكن أن تكون نتيجة التعلم على المدى الطويل. نحن نعلم أن التعلم على مدار حياة الحيوان يعيد هيكلة الدماغ إلى حد ما مثلاً غالباً ما يُقال إن الخلايا العصبية التي «تشتعل معاً، تترابط معاً» لكن المشكلة هي أنه لا توجد وسيلة لكائن حي لتمرير البنية العصبية التي تم تطويرها من خلال التعلم خلال فترة حياته إلى نسله. ليست هناك قدرة على تعلم بعض الأشياء ومن ثم بطريقة ما تخلق معلومات تصف بنية الدماغ المرتبطة بهذا التعلم ليتم إخراجها في الشفرة الوراثية في بويضة الحيوان أو خلايا الحيوانات المنوية. مهما كانت بنية الدماغ التي تتطور داخل حياة الفرد فإنها تموت مع ذلك الكائن الحي. لذلك، يبدو من الواضح أن أي بنية في الدماغ يجب أن تكون ناتجة عن عملية تطورية طبيعية، أو بعبارة أخرى طفرات عشوائية تجعل الكائن الحي – في حالات نادرة – أكثر قدرة على الازدهار في بيئته. قد يكون أحد المسارات هو نسخ هذه العملية مباشرة من خلال استخدام الخوارزميات التطورية أو الجينية. ومع ذلك، قد تكون الهندسة المباشرة للهياكل الضرورية طريقة أسرع بكثير لتحقيق التقدم.

في الجدل الدائر حول النهج الهجين والنهج العصبي البحت، قد تقول إن أتباع التعلم العميق لديهم الرد النهائي. من الواضح أن الدماغ البشري ليس لديه جهاز حاسوب منفصل يقوم بتشغيل خوارزميات خاصة للقيام بكل الأشياء التي لا يمكن التعامل معها بواسطة شبكته العصبية. إنها مجرد خلايا عصبية على طول الطريق. ومع ذلك، يبدو لي أن النهج الهجين قد ينتج عنه المزيد من النتائج العملية على المدى القريب. بينما من الواضح أن التنفيذ العصبي البحت هو المسار الذي صاغه التطور البيولوجي، لا ينبغي أن يعمينا هذا عن إمكانية إحراز تقدم أسرع باستخدام تقنيات أخرى. كما لا ينبغي رفض الأساليب القابلة للتطبيق لمجرد اعتبارها غير مرتبة. عندما هبطنا على القمر، لم يكن لدينا مركبة فضاء من الخيال العلمي والتي ببساطة هبطت، ثم أقلعت مرة أخرى. بدلاً من ذلك، كان لدينا شيء أكثر تعقيداً – يمكنك حتى أن تقول غير مرغوب فيه – يتضمن وحدة قمرية والعديد من الأجزاء التي كان لا بد من التخلص منها. في يوم من الأيام، ربما سيكون لدينا مركبة فضائية من الخيال العلمي، لكن في هذه الأثناء نحن هبطنا على القمر.

بعض التحديات الرئيسية على طريق الذكاء الاصطناعي العام

يدرك معظم باحثو الذكاء الاصطناعي أن الاختراقات المهمة ستكون مطلوبة من أجل تحقيق شيء قريب من الذكاء الاصطناعي على مستوى الإنسان، ولكن لا يوجد اتفاق واسع على التحديد الدقيق للتحديات الأكثر أهمية، أو ما هي التحديات التي يجب مواجهتها أولاً. غالباً ما يستخدم يان لوكن تشبيهاً، لاجتياز سلسلة جبال فقط بعد أن تتسلق القمة الأولى ستتمكن من رؤية العوائق التي تكمن خلفها. تتداخل العقبات التي يجب التغلب عليها وتتقاطع دائماً مع هدف بناء الآلات مع القدرة على فهم اللغة الطبيعية حقاً والانخراط في محادثة هادفة وغير مقيدة. دعنا نلقي نظرة أكثر تفصيلاً على بعض التحديات الرئيسية التي سيتعين على أبحاث الذكاء الاصطناعي معالجتها. لا يُقصد من هذه القائمة أن تكون شاملة، ولكن الذكاء الآلي الذي أزال هذه العقبات سيكون أقرب بشكل كبير إلى الذكاء الاصطناعي العام من أي شيء موجود اليوم. وأيضاً النظام الذي كان بارعاً حقاً في معالجة أي من هذه التحديات من المرجح أن ينتج تطبيقات عملية ذات قيمة تجارية وعلمية هائلة.

الاستدلال بالحس السليم

إن ما نشير إليه بالحس السليم يصل أساساً إلى معرفة العالم والطريقة التي يعمل بها. نحن نعتمد على الحس السليم في كل جانب من

جوانب حياتنا تقريباً، ولكنه مهم بشكل خاص للطريقة التي نتواصل بها. يملأ الحس السليم الفجوات غير المعلنة ويسمح لنا بتكثيف لغتنا بشكل كبير من خلال ترك كميات هائلة من المعلومات الداعمة.

في حين أن أي شخص بالغ قادر على الاعتماد على هذه المعرفة المدمجة دون عناء، وقد ثبت أن القيام بالشيء نفسه يمثل تحدياً هائلاً للآلات. إن إضفاء الذكاء الاصطناعي بالحس السليم هو هدف يتشابك بعمق مع المناقشات حول الذكاء الاصطناعي الرمزي مقابل النهج العصبي البحت، بالإضافة للحاجة إلى هندسة البنية والمعرفة في أنظمة الذكاء الاصطناعي.

شهدت السنوات الأخيرة تقدماً مهماً في أنظمة الذكاء الاصطناعي التي يمكنها تحليل النص ثم الإجابة بشكل صحيح على الأسئلة حوله. في كانون الثاني (يناير) 2018، على سبيل المثال، كان البرنامج الذي تم إنشاؤه من خلال تعاون بين مايكروسوفت وشركة علي بابا الصينية العملاقة للتكنولوجيا قادراً على التفوق قليلاً على المتوسط البشري في اختبار فهم القراءة الذي أنشأه باحثون في جامعة ستانفورد.[48] يقدم اختبار ستانفورد أسئلة تستند إلى مقالات ويكيبيديا، حيث تتكون الإجابة الصحيحة من جزء من النص مأخوذ مباشرة من المقالة «المقروءة» بواسطة نظام الذكاء الاصطناعي. بعبارة أخرى، ما نراه هو دليل ليس على الفهم الحقيقي، ولكن بالأحرى لاستخراج المعلومات والتعرف على الأنماط – وهو شيء تكون أنظمة التعلم العميق جيدة فيه بشكل غير عادي. عندما تتطلب الأسئلة أي درجة من التفكير المنطقي أو الاعتماد على المعرفة الضمنية للعالم، فإن الأداء في مثل هذه الاختبارات ينخفض بشكل كبير.

واحدة من أفضل الطرق لفهم الصراع الذي تواجهه أنظمة الذكاء الاصطناعي مع الفطرة السليمة هو النظر إلى الجمل المنسقة بشكل خاص والمعروفة باسم مخططات فينوغراد. طوّرها تيري فينوغراد، أستاذ علوم الحاسوب في جامعة ستانفورد، تستفيد هذه الجمل من قوة الضمائر الغامضة لاختبار قدرة ذكاء الآلة على استخدام المنطق السليم.

وإليك مثال:[49]

رفض مجلس المدينة منح المتظاهرين التصريح لأنهم يخشون العنف.

من يخشى العنف؟ الإجابة سهلة لأي شخص تقريباً: مجلس المدينة.

لكن الآن غيّروا كلمة واحدة فقط في الجملة:

رفض مجلس المدينة منح المتظاهرين التصريح لأنهم دعوا إلى العنف.

من دعا إلى العنف.

يؤدي تغيير «يخشى» إلى «دعا» إلى تغيير معنى الضمير «هم» تماماً. لا توجد طريقة للإجابة على هذا السؤال بشكل صحيح بمجرد استخراج المعلومات من الجملة. عليك أن تفهم شيئاً ما عن العالم، وتحديداً أن مجلس المدينة يفضل الشوارع المسالمة، في حين أن المتظاهرين الغاضبين قد يميلون إلى العنف.

إليك بعض الأمثلة الأخرى مع الكلمات البديلة التي تغير معنى الجملة الموضحة بين قوسين:

لا يتناسب الكأس مع الحقيبة البنية لأنها [صغيرة / كبيرة].

ما هو [صغير / كبير]؟

تم صدم شاحنة التوصيل بواسطة الحافلة المدرسية لأنها كانت تسير [سريعاً / بطيئاً].

ما الذي كان يحدث [سريعاً / بطيئاً]؟

رمى توم حقيبته المدرسية إلى راي بعد أن وصل [أعلى/أسفل] الدرج.

من وصل إلى [أعلى / أسفل] الدرج؟

بالنسبة لسلسلة من الأسئلة مثل هذه، من المرجح أن يحقق أي شخص بالغ يعمل بشكل طبيعي ومتعلم درجة قريبة جداً من الكمال. لذلك، يجب تعيين حد درجة نجاح عالي جداً. في مواجهة قائمة مخططات فينوغراد، فإن أفضل خوارزميات الحاسوب تؤدي بشكل هامشي فقط إلى نتائج أفضل من التخمين العشوائي.

واحدة من أهم المبادرات الموجهة نحو بناء الفطرة السليمة في الذكاء الآلي تحدث في معهد ألين للذكاء الاصطناعي في سياتل، واشنطن. أخبرني أورين إيتيزيوني، الرئيس التنفيذي لمعهد آلين، أن هذا الجهد، المسمى مشروع الفسيفساء، نشأ جزئياً من سعي المعهد لتحقيق رؤية مؤسس مايكروسوفت، بول آلين، لنظام ذكاء اصطناعي يمكنه قراءة فصل في كتاب

علمي. ثم الإجابة عن الأسئلة في نهاية الفصل. أخبرني إيتزيوني أنه في حين أن محاولات فريقه لتحقيق ذلك كانت «أحدث ما توصلت إليه التقنية»، كانت النتائج أقل من ممتازة، مما أدى عادةً إلى الحصول على درجة تقارب التفكير المنطقي أثناء الإجابة على الأسئلة. من السهل إلى حد ما أن يتعلم نظام الذكاء الاصطناعي المواد الواقعية حول التركيب الضوئي من كتاب علم الأحياء، على سبيل المثال. لكن التحدي الحقيقي – كما يقول إيتزيوني – هو عندما يكون لديك سؤال مثل «إذا كان لديك نبتة في غرفة مظلمة وقمت بتحريكها بالقرب من النافذة، فهل ستنمو أوراق النبات بشكل أسرع أم أبطأ أم بنفس المعدل؟» تتطلب الإجابة فهم أنه سيكون هناك المزيد من الضوء بالقرب من النافذة والقدرة على التفكير في أن هذا سيسمح للنبات بالنمو بشكل أسرع.

الهدف الأول من مشروع الفسيفساء هو إنشاء مجموعة قياسية من المعايير المصممة لقياس قدرة الآلات على إظهار الفطرة السليمة. بمجرد اكتمال ذلك، يخطط المعهد لنشر مجموعة متنوعة من التقنيات، بما في ذلك «التعهيد الجماعي، ومعالجة اللغة الطبيعية، والتعلم الآلي، والرؤية الآلية» [51] لتوليد المعرفة المدمجة بالعالم التي ستكون مطلوبة لإضفاء نظام الذكاء الاصطناعي مع الفطرة السليمة.

في حين أن إيتزيوني وفريقه يؤمنون بشدة باستخدام نهج هجين يجمع بين مجموعة متنوعة من التقنيات، فإن هذه الفكرة، كما قد تتوقع، يولد القليل من الحماس بين أقوى دعاة التعلم العميق. عندما سألت يوشوا بنجيو عما إذا كان يعتقد أن جهوداً مثل مشروع الفسيفساء مهمة، أو إذا كان يعتقد أن التفكير المنطقي السليم قد ينبثق بطريقة ما بشكل عضوي من عملية التعلم، لم يترك أي شك في إيمانه بنهج التعلم العميق حيث قال: «أنا متأكد من أن الفطرة السليمة ستظهر كجزء من عملية التعلم. لن يأتي ذلك لأن شخصاً ما يضع القليل من المعرفة في رأسك، وهذه ليست الطريقة التي يعمل بها البشر. يعتقد يان لوكن بالمثل أن الطريق إلى الفطرة السليمة هو من خلال التعلم، وأخبرني أن فريق أبحاث الذكاء الاصطناعي في فيسبوك يعمل على «جعل الآلات تتعلم من خلال الملاحظة من مصادر بيانات مختلفة، تعلم كيف يعمل العالم. نحن نبني نموذجاً للعالم حتى يُظهر نوع من الفطرة السليمة وربما يمكن استخدام هذا النموذج كنوع من النموذج التنبئي الذي يسمح للآلة بتعلم الطريقة التي يتعلم بها الناس».[53]

الخبر السار هو أن كلا النهجين يتم اتباعهما بقوة من قبل بعض ألمع باحثي الذكاء الاصطناعي في العالم. إن الاختراق الذي ينتج عنه نظام ذكاء اصطناعي قادر على نشر نوع المنطق السليم – الذي نأخذه كأمر مسلم به لدى البشر – سيكون تقدماً غير عادي، بغض النظر عما إذا كان ينتج عضوياً أو ناتجاً عن نهج أكثر هندسية.

التعلم غير الخاضع للإشراف

كما رأينا، فإن الطريقتين الأساسيتين المستخدمتين لتدريب أنظمة التعلم العميق هما التعلم تحت الإشراف – والذي يتطلب كميات كبيرة من البيانات المصنفة – والتعلم المعزز، والذي يتطلب عدداً كبيراً من عمليات تكرار التجربة والخطأ كخوارزمية للنجاح في مهمة. على الرغم من أن البشر يستخدمون هذه التقنيات بالمثل، إلا أنها لا تشكل سوى جزء ضئيل من عمليات التعلم التي تدور في عقل الطفل الصغير. يتعلم الأطفال الصغار جداً من الملاحظة البسيطة، من خلال الاستماع إلى أصوات والديهم والانخراط والتجربة مباشرة مع العالم من حولهم.

يبدأ الأطفال حديثو الولادة العملية على الفور تقريباً، ويتعلمون مباشرة من بيئتهم قبل وقت طويل من امتلاكهم القدرة الجسدية على التفاعل معها بأي طريقة متعمدة. بطريقة ما، تمكن الأطفال من تطوير نموذج مادي للعالم والبدء في بناء قاعدة المعرفة التي تقوم عليها الفطرة السليمة. تُعرف هذه القدرة على التعلم بشكل مباشر وبدون مساعدة من البيانات المنظَّمة والمصنَّفة باسم «التعلم غير الخاضع للإشراف». قد يتم تمكين هذه القدرة الرائعة من خلال نوع من البنية المعرفية المدمجة في دماغ الطفل، ولكن ليس هناك شك في أن قدرة الطفل البشري على التعلم بشكل مستقل – وخاصة اكتساب اللغة – تفوق إلى حد كبير أي شيء يمكن تحقيقه باستخدام أقوى نظام تعلم عميق.

يدعم هذا التعلم المبكر غير الخاضع للإشراف اكتساب المعرفة الأكثر تقدماً في وقت لاحق. حتى عندما يخضع تعلم الطفل الأكبر سناً للإشراف إلى حد ما، فإن بيانات التدريب المطلوبة هي جزء صغير مما يجب توفيره حتى لأكثر الخوارزميات تقدماً. قد تتطلب الشبكة العصبية العميقة عدة آلاف من الصور التدريبية المصنفة قبل أن تتمكن من ربط أسماء الحيوانات بشكل موثوق بصورها. في المقابل، يشير أحد الوالدين إلى حيوان ويقول «هذا كلب» مرة واحدة قد يكون كافياً. وبمجرد أن يتمكن الطفل من التعرف على

الحيوان، يمكنه القيام بذلك بأي شكل؛ يمكن أن يكون الكلب جالساً أو واقفاً أو يركض عبر الطريق، ولا يزال بإمكان الطفل إرفاق اسم به باستمرار.

يعد التعلم غير الخاضع للإشراف حالياً أحد أهم الموضوعات البحثية في مجال الذكاء الاصطناعي. لدى كل من غوغل وفيسبوك وديب مايند فرق تركز في هذا المجال. ومع ذلك، كان التقدم بطيئاً، ولم يظهر حتى الآن سوى عدد قليل من التطبيقات العملية حقاً، هذا إن وجدت. الحقيقة هي أنه لا يوجد لدى أي شخص أي فكرة بالضبط كيف يحقق الدماغ البشري كفاءته التي لا مثيل لها في التعلم الذاتي من البيانات غير المهيكلة. تركز معظم الأبحاث الحالية على متغيرات أقل طموحاً للتعلم غير الخاضع للإشراف، مثل التعلم التنبُئي أو التعلم تحت الإشراف الذاتي. قد تتضمن أمثلة المشاريع محاولة توقع الكلمة التالية في الجملة أو الصورة التي تشكل الإطار التالي في مقطع فيديو. في حين أن هذه الأنواع من المهام قد تبدو بعيدة كل البعد عما يديره البشر، يعتقد العديد من الباحثين أن القدرة على عمل تنبؤات أساسية تماماً للذكاء وأن مثل هذه التجارب ستقود الأشياء في الاتجاه الصحيح. من الصعب المبالغة في تقدير حجم التقدم الحقيقي في التعلم الآلي غير الخاضع للإشراف. يعتقد يان لوكن، على سبيل المثال، أن التعلم الآلي غير الخاضع للإشراف قد يكون البوابة التي تؤدي إلى التقدم في كل جانب آخر تقريباً من جوانب الذكاء العام، قائلاً، «إلى أن نتوصل إلى كيفية القيام بذلك... لن نحقق تقدماً كبيراً لأنني أعتقد أن هذا هو المفتاح لتعلم معلومات أساسية كافية عن العالم حتى يظهر الحس السليم. هذه هي العقبة الرئيسية».[54]

فهم السبب

غالباً ما يتم تذكير الطلاب الذين يدرسون الإحصاء بأن «الارتباط لا يعني السببية». بالنسبة للذكاء الاصطناعي، وخاصة أنظمة التعلم العميق، ينتهي الفهم بالارتباط. قام جوديا بيرل، عالِم الحاسوب المشهور بجامعة كاليفورنيا بلوس أنجلوس، على مدار الثلاثين عاماً الماضية بإحداث ثورة في دراسة السببية وبنى لغة علمية رسمية للتعبير عن العلاقات السببية. يحب بيرل – الحائز على جائزة تورينغ في عام 2011 – أن يشير إلى أنه بينما يفهم أي إنسان بشكل بديهي أن شروق الشمس يتسبب في صياح الديك، وليس العكس، فإن أقوى شبكة عصبية عميقة من المحتمل أن تفشل في تحقيق نفس الرؤية. لا يمكن اشتقاق السببية ببساطة عن طريق تحليل البيانات.[55]

البشر لديهم قدرة فريدة ليس فقط على اكتشاف الارتباطات، ولكن أيضاً لفهم الآثار السببية، ويمكننا القيام بذلك على أساس أمثلة قليلة بشكل ملحوظ. يشير جوشوا تينينباوم، أستاذ العلوم المعرفية الحاسوبية في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، الذي يصف تركيزه البحثي بأنه «الهندسة العكسية للعقل البشري» على أمل اكتساب رؤى مفيدة في بناء أنظمة ذكاء اصطناعي أكثر ذكاءً، ويشير:

حتى الأطفال الصغار غالباً ما يمكنهم الاستدلال على علاقة سببية جديدة من مثال واحد أو أمثلة قليلة – لا يحتاجون حتى إلى رؤية بيانات كافية لاكتشاف ارتباط مهم إحصائياً. فكر في المرة الأولى التي رأيت فيها هاتفاً ذكياً، سواء كان جهاز آيفون أو جهازاً آخر بشاشة تعمل باللمس حيث يقوم شخص ما بتمرير إصبعه عبر لوحة زجاجية صغيرة، وفجأة يضيء شيء ما أو يتحرك. لم ترَ شيئاً من هذا القبيل من قبل، لكنك تحتاج فقط إلى رؤية ذلك مرة واحدة أو عدة مرات لفهم أن هناك علاقة سببية جديدة، وبعد ذلك هذه مجرد خطوتك الأولى في تعلم كيفية التحكم فيها والقيام بكل أنواع الأشياء المفيدة.[56]

يعد فهم العلاقات السببية أمراً بالغ الأهمية للتخيل ولتوليد سيناريوهات عقلية مضادة للواقع والتي تمكننا من حل المشكلات. على عكس خوارزمية التعلم المعزز التي تحتاج إلى الفشل آلاف المرات قبل معرفة كيفية النجاح، يمكننا تشغيل نوع من المحاكاة في رؤوسنا واستكشاف النتائج المحتملة لمسارات العمل البديلة. سيكون هذا مستحيلاً بدون فهم حدسي للسببية.

يعتقد باحثون مثل بيرل وتيننباوم أن فهم العلاقات السببية – في جوهرها القدرة على طرح السؤال «لماذا؟» والإجابة عليه – سيكون عنصراً أساسياً في بناء ذكاء آلي أكثر عمومية. كان لعمل بيرل في العلاقة السببية تأثير هائل في العلوم الطبيعية والاجتماعية، لكنه يعتقد أن باحثي الذكاء الاصطناعي قد فشلوا إلى حد كبير في الحصول على المذكرة وكانوا عموماً يركزون بشكل كبير على الارتباطات التي تم تحديدها بكفاءة من خلال أنظمة التعلم الآلي، مع ذلك كل هذا يتغير. على سبيل المثال، نشر يوشوا بنجيو وفريقه في جامعة مونتريال مؤخراً بحثاً مهماً حول طريقة مبتكرة لبناء فهم للسببية في أنظمة التعلم العميق.[58]

نقل التعلم

يُعرف غراهام أليسون، عالم السياسة والأستاذ بجامعة هارفارد، بصياغته عبارة «مصيدة ثيوسيديدز». يشير المصطلح إلى المؤرخ اليوناني ثوسيديدس الذي سجل تاريخ الحرب البيلوبونيسية، والذي يؤرخ الصراع بين سبارتا وأثينا الصاعدة حديثاً في القرن الخامس قبل الميلاد. يعتقد جراهام أن الحرب بين أسبرطة وأثينا تمثل نوعاً من المبادئ التاريخية التي لا تزال سارية حتى اليوم. في كتابه الصادر عام 2017 بعنوان «مقدر للحرب»، يجادل بأن الولايات المتحدة والصين عالقتان في فخ ثيوسيديدز المعاصر وأنه مع استمرار الصين في صعود قوتها ونفوذها، قد يكون الصراع حتمياً.[59]

هل يمكن لنظام ذكاء اصطناعي قراءة تاريخ قديم أو وثيقة مثل تاريخ الحرب البيلوبونيسية ثم تطبيق العبرة التي تعلمتها بنجاح على الوضع الجيوسياسي المعاصر؟ القيام بذلك سيكون بمثابة الوصول إلى أحد أهم المعالم على الطريق نحو الذكاء الاصطناعي العام وهي: نقل التعلم. تعد القدرة على تعلم المعلومات في مجال واحد ثم الاستفادة منها بنجاح في مجالات أخرى إحدى السمات المميزة للذكاء البشري وهي ضرورية للإبداع والابتكار. إذا كان للذكاء الآلي العام أن يكون مفيداً حقاً، فسيتعين عليه فعل أكثر من مجرد الإجابة على الأسئلة في نهاية الفصل؛ سيحتاج إلى أن يكون قادراً على تطبيق ما يتعلمه، وأي رؤى يطورها، على تحديات جديدة تماماً. قبل أن يكون لدى نظام الذكاء الاصطناعي أي أمل في تحقيق ذلك، سيحتاج إلى تجاوز المستوى السطحي للفهم الذي يتحد حالياً داخل الشبكات العصبية العميقة ويحقق الفهم الحقيقي. في الواقع، قد تكون القدرة على تطبيق المعرفة في مجموعة متنوعة من المجالات وفي المواقف الجديدة أفضل اختبار منفرد للفهم الحقيقي في ذكاء الآلة.

الطريق إلى الذكاء الاصطناعي على المستوى البشري

يعتقد جميع باحثي الذكاء الاصطناعي الذين تحدثتُ معهم تقريباً أن الذكاء الاصطناعي على مستوى الإنسان يمكن تحقيقه وسيصبح يوماً ما حتمياً. بالنسبة لي، هذا يبدو معقولا. بعد كل شيء، الدماغ البشري هو في الأساس آلة بيولوجية. لا يوجد سبب للاعتقاد بأن هناك أي شيء سحري حول الذكاء البيولوجي أو أن شيئاً ما يمكن مقارنته على نطاق واسع لا يمكن في يوم من الأيام إنشاء مثيل له في وسط مختلف تماماً.

تنتشر الإشارات الإلكترونية في رقائق الحاسوب بسرعات أعلى بكثير مما تنتشر في الدماغ، وأي آلة تعادل في يوم من الأيام قدرتنا على التفكير

والتواصل ستستمر في التمتع بجميع المزايا التي تتمتع بها أجهزة الحاسوب حالياً علينا. سيستفيد ذكاء الآلة من الذاكرة الخالية من العيوب، حيث يمكنه تذكر الأحداث التي وقعت في أعماق الماضي، وستكون لديها القدرة على الحساب والتفتيش والبحث في مجموعات هائلة من البيانات بسرعة مذهلة. سيكون أيضاً قادراً على الاتصال مباشرة بالإنترنت أو بشبكات أخرى والاستفادة من موارد غير محدودة تقريباً؛ سيتحدث مع الأجهزة الأخرى دون عناء، حتى عندما يتقن الحديث معنا.

بعبارة أخرى، سيكون الذكاء الاصطناعي على مستوى الإنسان، منذ البداية، متفوقاً علينا من نواح كثيرة. على الرغم من أن الإيمان بالوصول إلى هذه الوجهة يوماً ما يكاد يكون عالمياً، إلا أن الطريق الذي سيأخذنا إلى هناك، ووقت الوصول، يظلان محاطين بعدم اليقين العميق. حتى الآن، كان التقدم تدريجياً إلى حد كبير. على سبيل المثال، في أواخر عام 2017، أصدرت شركة ديب مايند برنامج ألفازيرو، وهو تحديث لنظام ألفا غو الذي يعمل بنظام غو – بلاينغ. استغنى ألفا زيرو عن الحاجة إلى نظام تعلم خاضع للإشراف من بيانات من آلاف مباريات غو التي يلعبها البشر وبدلاً من ذلك بدأ بسجل فارغ بشكل أساسي، وتعلم اللعب على مستويات فوق طاقة البشر فقط على أساس مباريات محاكة لعبت ضد نفسها. كان للنظام أيضاً القدرة على التدريب على التحديات الأخرى، بما في ذلك الشطرنج ولعبة شوغي اليابانية. أظهر ألفا زيرو بسرعة أنه الكيان الأفضل للعب الشطرنج على هذا الكوكب من خلال التغلب على أفضل خوارزميات لعب الشطرنج المخصصة – والتي، بالطبع، كانت بالفعل قادرة بالفعل على التغلب بسهولة على اللاعبين الأكثر قدرة من البشر. أخبرني ديميس هاسابيس أن ألفا زيرو ربما يمثل حلاً عاماً لألعاب «المعلومات الكاملة»، أو بعبارة أخرى نوع التحديات التي تكون فيها جميع المعلومات التي تحتاجها متاحة بسهولة كقطع ألعاب على لوحة أو وحدات بكسل على الشاشة.

إن العالم الحقيقي الذي نعيش فيه، بالطبع، بعيد عن أن تكون المعلومات كاملة. تقريباً جميع المجالات الأكثر أهمية التي نود يوماً ما الاستفادة فيها من الذكاء الاصطناعي المتقدم تتطلب القدرة على العمل في ظل عدم اليقين والتعامل مع المواقف التي تكون فيها كميات هائلة من المعلومات مخفية أو ببساطة لا يمكن الوصول إليها. في يناير 2019، أظهر ديب مايند مرة أخرى تقدماً بإصداره ألفا ستار، وهو نظام مصمم للعب لعبة الفيديو الإستراتيجية ستار كرافت. تحاكي ستار كرافت صراعاً مجرّياً على الموارد بين ثلاثة أنواع مختلفة من خارج كوكب الأرض، يتم التحكم في كل

منها في الوقت الفعلي بواسطة لاعب عبر الإنترنت. ستار كرافت ليست لعبة معلومات كاملة؛ بدلاً من ذلك، يحتاج اللاعبون إلى «الاستكشاف» لاكتشاف المعلومات المخفية حول أنشطة خصومهم. تتطلب اللعبة أيضاً تخطيطاً طويل المدى وإدارة الموارد عبر مساحة لعب شاسعة. في سابقة أخرى لفريق ديب مايند، هزم ألفا ستار أفضل لاعب محترف في ستار كرافت 5–0 في مباراة أجريت في ديسمبر 2018.[60]

على الرغم من أن هذه الإنجازات مثيرة للإعجاب، إلا أنها لم تقترب بعد من التغلب على القيود الرئيسية التي تحصر أنظمة الذكاء الاصطناعي الحالية في مجالات ضيقة ومحددة للغاية. ألفا ستار، على سبيل المثال، يجب أن يتم تدريبه على نطاق واسع، باستخدام تقنيات التعلم تحت الإشراف والمعزز، للعب دور نوع غريب معين. يتطلب التحول إلى أنواع مختلفة، ذات قوة نسبية مختلفة، إعادة التدريب من نقطة الصفر. وبالمثل، يمكن أن يحقق ألفا زيرو بسهولة قدرة الهيمنة على العالم في الشطرنج أو في شوغي، لكن النظام لن يكون قادراً على التغلب على طفل في لعبة الداما دون إعادة التدريب على تلك اللعبة. حتى أقوى الأنظمة في طليعة أبحاث الذكاء الاصطناعي تظل ضحلة وهشة. وكما يحب أورين إتزيوني من معهد آلن أن يشير، فإن أياً من هذه الأنظمة سيستمر في اللعب دون قلق إذا علموا أن الغرفة تحترق.[61] لا يوجد منطق سليم، ولا يوجد فهم حقيقي.

كم من الوقت قد يستغرق التغلب على هذه القيود والنجاح في بناء آلة تفكير حقيقية؟ أثناء مشاركتي في المحادثات المسجلة في كتابي Architects of Intelligence، أجريت دراسة استقصائية غير رسمية لأفضل العقول في مجال الذكاء الاصطناعي. لقد طلبت من كل فرد من الثلاثة وعشرين شخصاً الذين تحدثت معهم أن يعطيني توقعه للعام الذي سيكون فيه احتمال تحقيق الذكاء الاصطناعي العام بنسبة خمسين بالمئة على الأقل. طلب معظم المشاركين أن تظل تخميناتهم مجهولة.

رفض خمسة من الباحثين الذين تحدثت معهم إجراء توقع على الإطلاق، مشيرين إلى أن الطريق إلى الذكاء الاصطناعي على المستوى البشري غير مؤكد وأن عدداً غير معروف من التحديات يجب التغلب عليها. ومع ذلك، قدم لي ثمانية عشر من أبرز خبراء الذكاء الاصطناعي في العالم

أفضل تخميناتهم، وأعتقد أن النتائج، الموضحة في الجدول أدناه، مثيرة جداًللاهتمام.[62]

الذكاء الصناعي العام المحقق سنة	السنوات منذ2021	عدد التخمينات
2029	8	1
2036	15	1
2038	17	1
2040	19	1
2068	47	3
2080	59	1
2088	67	1
2098	77	2
2118	97	3
2168	147	2
2188	167	1
2200	179	1

لاحظ أن هذه التخمينات تم إجراؤها في عام 2018، وهو ما يفسر غلبة السنوات المنتهية بالرقم «8.» تخمين عام 2038، على سبيل المثال، كان في الواقع تخميناً لـ «عشرين عاماً من الآن». أظن بشدة أنه إذا طلبت من نفس الأشخاص التخمين مرة أخرى اليوم، فسأحصل على نفس التقديرات بشكل أساسي. وهذا يثير القلق من أن تحقيق الذكاء الاصطناعي العام قد يقع فريسة النكتة القديمة التي رددها الفيزيائيون كثيراً عن الاندماج النووي: «إنها دائماً ثلاثون عاماً في المستقبل».

كان متوسط التخمين هو عام 2099، أو ما يقرب من ثمانين عاماً من الآن. [4] 63 تم وضع التوقعات بدقة من خلال التخمينات من شخصين من قبل عالمين مستوى الذكاء الاصطناعي سيظهر إلى حيز الوجود بحلول عام 2029 – (على بعد ثماني سنوات فقط من الآن). يعتقد رودني بروكس، المؤسس المشارك لشركة آي روبوت كوربوريشن والذي يُعتبر على نطاق واسع كأحد أبرز خبراء الروبوتات في العالم، أن الوصول للذكاء الاصطناعي سيستغرق ما يقرب من 180 عاماً. هذه الفجوة بين التوقعات – مع توقع العديد من الباحثين الوصول للذكاء الاصطناعي على مستوى الإنسان في غضون عقد أو عقدين، في حين يعتقد البعض الآخر أنه قد يستغرق قروناً – هي – في اعتقادي – توضيحاً حياً لمدى عدم القدرة على التنبؤ بمستقبل الذكاء الاصطناعي.

أعتقد أن مهمة بناء الذكاء الاصطناعي على المستوى البشري هي الموضوع الوحيد الأكثر روعة في مجال الذكاء الاصطناعي. في يوم من الأيام، قد يؤدي ذلك إلى أكثر ابتكارات البشرية تأثيراً وإزعاجاً. ومع ذلك، في غضون ذلك، سيظل الذكاء الاصطناعي كأداة عملية ضيقة نسبياً، ومحدودة للغاية من نواح كثيرة. من المؤكد أن أنظمة الذكاء الاصطناعي المصممة لحل مشكلات العالم الحقيقي سيتم تحديثها باستمرار حيث يتم دمج الأبحاث على حدود المجال، ولكن في المستقبل المنظور، لن يتم تسليم قوة هذه التكنولوجيا الجديدة بواسطة بواسطة ذكاء آلي واحد عالي المرونة، ولكن عن طريق انفجار تطبيقات محددة بدأت بالفعل في التوسع عبر كل جانب من جوانب الصناعة والاقتصاد والمجتمع وحتى الثقافة.

لا شك أن الذكاء الاصطناعي لديه القدرة على تقديم فوائد عميقة، لا سيما في المجالات الحرجة مثل الرعاية الصحية والعلمية والبحث والابتكار التقني واسع النطاق.

ومع ذلك، هناك جانب آخر للتكنولوجيا. سيأتي الذكاء الاصطناعي مصحوباً بتحديات ومخاطر غير مسبوقة – للوظائف والاقتصاد والخصوصية الشخصية والأمن وربما في النهاية على نظامنا الديمقراطي وحتى الحضارة نفسها. ستكون هذه المخاطر هي المحور الأساسي للفصول الثلاثة القادمة.

الفصل السادس

اختفاء الوظائف والعواقب الاقتصادية للذكاء الاصطناعي

في كتابي لعام 2015 ظهور الروبوتات: التكنولوجيا وخطر مستقبل العاطلين عن العمل، جادلت بأن التقدم في الذكاء الاصطناعي والروبوتات سيدمر في النهاية عدداً كبيراً من الوظائف التي كانت تميل إلى أن تكون روتينية وعملية. ويمكن التنبؤ بها مما قد يؤدي إلى زيادة عدم المساواة والبطالة الهيكلية. عندما بدأت في كتابة هذا الكتاب في كانون 2020، افترضت أن المهمة الرئيسية أمامي في هذا الفصل ستكون الدفاع عن هذه الأطروحة في مواجهة أطول انتعاش اقتصادي منذ الحرب العالمية الثانية ومعدل بطالة رئيسي يبلغ قرابة 3.6 بالمئة.

غني عن القول إن وباء فيروس كورونا وما تلاه من إغلاق للاقتصادات في الولايات المتحدة وفي جميع أنحاء العالم قادنا إلى واقع اقتصادي جديد تماماً. ومع ذلك، أعتقد أن الحجج التي خططت لتقديمها قبل اندلاع الأزمة تظل وثيقة الصلة بالموضوع. حتى في وقت كان معدل البطالة فيه منخفضاً تاريخياً، أعتقد أن الاتجاهات التي ناقشتها في «ظهور الروبوتات» ظلت ثابتة،

وأن الازدهار النسبي الذي اقترحته المؤشرات الاقتصادية في السنوات التي سبقت الأزمة الحالية كان – على الأقل بالنسبة للبعض – مجرد وهم. في أعقاب الوباء، قد يتم تضخيم الاتجاه نحو زيادة أتمتة الوظائف وقد يكون له تأثير كبير بينما نتطلع إلى التعافي من الكارثة الاقتصادية الحالية.

تخيل أنك خبير اقتصادي أميركي في عام 1965. عندما تحدق في الاقتصاد وسوق العمل في الولايات المتحدة، سترى أن حوالي سبعة وتسعين بالمئة من الرجال الذين تتراوح أعمارهم بين خمسة وعشرين وأربعة وخمسين عاماً وأكملوا دراستهم هم إما يعملون أو يبحثون بنشاط عن عمل ولكنهم أصغر من أن يتقاعدوا. قد يبدو هذا متوقعاً تماماً وطبيعياً. لنفترض الآن أن مسافراً عبر الزمن من المستقبل يظهر ويخبرك أنه في عام 2019، سيكون حوالي تسعة وثمانين بالمئة فقط من الرجال في سن العمل الأساسي هم من لديهم عمل – وبحلول عام 2050 سيكون جزء من الرجال الأميركيين في هذه الفئة العمرية محرومون تماماً من سوق العمل وقد تنمو نسبتهم إلى الربع أو حتى الثلث 1.[5]

أراهنك أنك ستجد هذا مثيراً للقلق. ربما تخطر ببالك عبارة «البطالة الجماعية». سوف تتساءل بالتأكيد ما الذي سيفعله كل هؤلاء الرجال غير العاملين. ولكن الآن يخبرك المسافر عبر الزمن أن معدل البطالة الرئيسي الذي أبلغت عنه الحكومة في عام 2019 أقل بكثير من أربعة بالمئة وأن أسعار الفائدة أقل من مستوى عام 1965. كلا المقياسين، كما يشير المسافر عبر الزمن، قريبان من أدنى المستويات التاريخية. علاوة على ذلك، قيل لك، إن الاحتياطي الفيدرالي الأميركي – بدلاً من التخطيط لرفع أسعار الفائدة – يخفضها أكثر في محاولة لتعزيز الاقتصاد.

من المحتمل أن تكون كل هذه الأشياء مفاجئة ومربكة للاقتصادي من منتصف إلى أواخر القرن العشرين. كما سنرى في هذا الفصل، فإن الاقتصاد وسوق العمل في الولايات المتحدة، وكذلك في العديد من البلدان المتقدمة الأخرى، يعملان الآن بطرق يبدو أنها تتحدى العديد من القواعد والافتراضات التي كانت تبدو ذات يوم وكأنها مدعومة بقوة بالأدلة التجريبية.

في كتاب «ظهور الروبوتات»، جادلت بأن هذه التغييرات يدفعها إلى حد كبير التقدم المتسارع في تكنولوجيا المعلومات. لقد خلفنا الآن قائمة طويلة من الابتكارات الرئيسية (تطوير أتمتة المصانع، وثورة الحاسوب الشخصي، والإنترنت، وصعود الحوسبة السحابية وتكنولوجيا الأجهزة المحمولة والتحول الناتج على مدار عقود) ومع ذلك، لا يزال التأثير

التكنولوجي الأكثر أهمية يكمن في المستقبل. إن صعود الذكاء الاصطناعي لديه القدرة على قلب كل من سوق العمل ونظامنا الاقتصادي العام بطرق أكثر دراماتيكية – وتأسيسية – من أي شيء رأيناه سابقاً.

بينما نقف في طليعة الاضطراب القادم، هناك أسباب وجيهة للقلق. يمكن القول إن التحولات التي حدثت خلال العقد أو العقدين الماضيين فقط لعبت دوراً مهماً في الاضطرابات السياسية التي لا يمكن تصورها وأدت إلى تمزق نسيج المجتمع. أظهرت الدراسات، على سبيل المثال، وجود علاقة مباشرة بين المناطق الأكثر عرضة لأتمتة الوظائف في الولايات المتحدة والناخبين الذين دعموا دونالد ترامب بقوة في الانتخابات الرئاسية لعام 2016. كانت الأزمة التي عصفت بالولايات المتحدة، والمناطق التي شهدت خسارة كبيرة في وظائف الطبقة الوسطى، تميل أيضاً إلى أن تكون في الخطوط الأمامية لوباء المواد الأفيونية.3 إذا كانت التغييرات التي رأيناها حتى الآن باهتة مقارنة بما قد يحدث، فهذا يمثل خطراً حقيقياً يتمثل في حدوث اضطراب اجتماعي واقتصادي في المستقبل على نطاق غير مسبوق – بالإضافة إلى ظهور ديماغوجيين سياسيين أكثر خطورة والذين سوف يزدهرون على الخوف الذي من المؤكد أن يصاحب مثل هذا المشهد المتغير بسرعة.

الحقيقة هي أن الذكاء الاصطناعي سيكون سلاحاً ذا حدين من حيث تأثيره الاقتصادي. فمن ناحية، من المرجح أن يؤدي ذلك إلى زيادة الإنتاجية، وجعل المنتجات والخدمات في المتناول، وتمكين الابتكار الذي يمكن أن يحسن حياتنا جميعاً حيث أن للذكاء الاصطناعي القدرة على خلق قيمة اقتصادية لا غنى عنها بينما نتطلع نحو إخراج أنفسنا من الفجوة الاقتصادية الهائلة. الذي نجد أنفسنا فيها الآن. من ناحية أخرى، من المؤكد تقريباً إلغاء أو تعديل ملايين الوظائف مع دفع عدم المساواة الاقتصادية إلى مستويات أعلى. بصرف النظر عن الآثار الاجتماعية والسياسية للبطالة وعدم المساواة المتزايد باستمرار، هناك عواقب اقتصادية مهمة أخرى: يعتمد اقتصاد السوق النابض بالحياة على أعداد كبيرة من المستهلكين القادرين على شراء المنتجات والخدمات التي يتم إنتاجها. إذا لم يكن لدى هؤلاء المستهلكين وظائف، وبالتالي دخل، فكيف سيخلقون الطلب الضروري لدفع النمو الاقتصادي المستمر؟

أتمتة الوظائف والذكاء الاصطناعي: هل هذه المرة مختلفة؟

الخوف من أن الآلات قد تزيح العمال في يوم من الأيام وتنتج بطالة هيكلية طويلة الأمد له تاريخ طويل، يمتد، على الأقل، إلى ثورات لوديت التي حدثت في نوتنغهام، إنجلترا، منذ أكثر من مائتي عام. في العقود التي تلت ذلك، تم إطلاق ناقوس الخطر مراراً وتكراراً. في الخمسينيات والستينيات من القرن الماضي، على سبيل المثال، كان هناك قدر كبير من القلق من أن الأتمتة الصناعية ستنهي قريباً ملايين الوظائف في المصانع، مما يؤدي إلى انتشار البطالة.

مع ذلك، يُظهر التاريخ حتى الآن أن الاقتصاد قد تكيف بشكل عام مع التقدم التكنولوجي من خلال خلق فرص عمل جديدة وأن هذه الوظائف الجديدة غالباً ما تتطلب مهارات أكثر ودفع أجور أعلى. أحد أكثر الأمثلة التاريخية على فقدان الوظائف الناجم عن التكنولوجيا – حالة غالباً ما يستشهد بها أولئك الذين يشككون في أن البطالة التكنولوجية ستشكل مشكلة في أي وقت – تتعلق بماكينة الزراعة في الولايات المتحدة. في أواخر القرن التاسع عشر، كان حوالي نصف العمال الأميركيين يعملون في الزراعة. اليوم، الرقم يتراوح بين واحد واثنين بالمئة. أدى ظهور الجرارات والحصادات وغيرها من التقنيات الزراعية إلى تبخير ملايين الوظائف بشكل لا رجعة فيه. أدى هذا التحول إلى بطالة كبيرة على المدى القصير والمتوسط حيث هاجر عمال المزارع المشردون إلى المدن بحثاً عن عمل في المصنع. ومع ذلك، في نهاية المطاف، تم استيعاب العمال العاطلين عن العمل من قبل قطاع التصنيع الصاعد، وعلى المدى الطويل، وزاد متوسط الأجور بالإضافة إلى الازدهار العام بشكل كبير. في وقت لاحق، أصبحت المصانع مؤتمتة أو انتقلت إلى الخارج، وانتقل العمال مرة أخرى، هذه المرة إلى قطاع الخدمات. اليوم، يعمل ما يقرب من ثمانين بالمئة من القوة العاملة الأميركية في الصناعات الخدمية.

السؤال الرئيسي هو ما إذا كان اضطراب سوق العمل الناتج عن تأثير الذكاء الاصطناعي سيؤدي إلى نتيجة مماثلة. هل الذكاء الاصطناعي هو مجرد مثال آخر على ابتكار موفر لليد العاملة مثل التكنولوجيا الزراعية التي غيرت الزراعة؟ أم أنه شيء مختلف جوهرياً؟ كانت حجتي أن الذكاء الاصطناعي مختلف بالفعل، والسبب راسخ في الأطروحة الأساسية لهذا الكتاب: أن الذكاء الاصطناعي هو تقنية نظامية للأغراض العامة لا تختلف عن الكهرباء، وبالتالي سوف تتوسع في النهاية وتغزو كل جانب من جوانب اقتصادنا ومجتمعنا.

تاريخياً، كانت الاضطرابات التكنولوجية في سوق العمل تميل إلى التأثير على أساس كل قطاع على حدة. دمرت الماكينة الزراعية ملايين

الوظائف، ولكن كان هناك قطاع تصنيع متصاعد لاستيعاب هؤلاء العمال في نهاية المطاف. وبالمثل، نظراً لأن التصنيع الآلي والمصانع تم نقلها إلى الخارج إلى البلدان ذات الأجور المنخفضة، فقد وفر قطاع الخدمات سريع النمو فرصاً للعمال النازحين. في المقابل، سيؤثر الذكاء الاصطناعي على كل قطاع من قطاعات الاقتصاد بشكل أو بآخر. والأهم من ذلك، سيشمل ذلك قطاع الخدمات ووظائف ذوي الياقات البيضاء التي تشرك الآن الغالبية العظمى من القوى العاملة في الولايات المتحدة. ستصل مخالب الذكاء الاصطناعي في النهاية إلى كل صناعة موجودة تقريباً وتحولها، ومن المرجح جداً أن تتضمن أي صناعات جديدة تنشأ في المستقبل أحدث ابتكارات الذكاء الاصطناعي والروبوتات منذ بدايتها. بعبارة أخرى، يبدو أنه من غير المحتمل جداً أن يتجسد قطاع جديد تماماً به عشرات الملايين من الوظائف الجديدة لاستيعاب جميع العمال الذين تم استبدالهم بسبب الأتمتة في الصناعات القائمة. بدلاً من ذلك، سيتم بناء الصناعات المستقبلية على أساس التكنولوجيا الرقمية وعلوم البيانات والذكاء الاصطناعي – ونتيجة لذلك، لن تولد ببساطة أعداداً كبيرة من الوظائف.

النقطة الثانية تتعلق بطبيعة الأنشطة التي يقوم بها العمال. من المعقول أن نقدر أن نصف القوى العاملة لدينا تقريباً منخرطة في وظائف روتينية إلى حد كبير ويمكن التنبؤ بها بطبيعتها.4 بهذا، لا أعني «التكرار عن ظهر قلب» ولكن ببساطة هؤلاء العمال يميلون إلى مواجهة نفس المجموعة الأساسية من المهام والتحديات مراراً وتكراراً. بعبارة أخرى، جوهر الوظيفة – أو على الأقل جزء كبير من المهام التي تتألف منها – مغلف أساساً في البيانات التاريخية التي تعكس ما قام به العامل بمرور الوقت. ستوفر هذه البيانات في النهاية مورداً ثرياً لخوارزميات التعلم الآلي التي يمكن تحويلها إلى معرفة كيفية أتمتة العديد من هذه المهام. بعبارة أخرى، نحن نواجه مستقبلاً تتبخر فيه جميع أنواع الأعمال الروتينية التي يمكن التنبؤ بها تقريباً في نهاية المطاف، ومن المرجح أن يثبت هذا تحدياً صعباً بشكل خاص لهؤلاء العمال الأكثر ملاءمة لمثل هذا العمل. طوال القرن العشرين، دفع التقدم التكنولوجي الموفر للعمال، العمال إلى الانتقال إلى قطاعات مختلفة، لكن في الغالب استمروا في القيام بأعمال روتينية إلى حد كبير. تخيل الانتقال من عامل مزرعة في عام 1900، إلى عامل خط تجميع مصنع في عام 1950، إلى أمين الصندوق يقوم بمسح الرموز الشريطية في وول مارت اليوم. هذه كلها وظائف مختلفة تماماً في قطاعات مختلفة تماماً، لكن يتم تحديدها جميعاً من خلال مهام روتينية ويمكن التنبؤ بها إلى حد كبير. هذه المرة، لن يكون هناك

عدد كبير من الوظائف الروتينية في بعض القطاعات الجديدة لاستيعاب العمال النازحين. بدلاً من ذلك، سيواجه العمال نوعاً مختلفاً تماماً من الانتقال إلى عمل غير روتيني بشكل أساسي وقد يتطلب غالباً صفات مثل القدرة على بناء علاقات فعالة مع الآخرين أو أداء عمل تحليلي أو إبداعي غير روتيني. بافتراض توفر عدد كافٍ من هذه الوظائف الجديدة، فإن بعض العمال سينجحون في إجراء هذا الانتقال، لكن من المحتمل أن يعاني العديد منهم.

بكلمات أخرى، أعتقد أننا نواجه سيناريو حيث يتعرض جزء كبير من القوى العاملة لدينا في النهاية لخطر الحرمان من سوق العمل. لكن هل هناك أي دليل على حدوث شيء كهذا بالفعل؟ بعد كل شيء، كان معدل البطالة قبل ظهور جائحة فيروس كورونا أقل بكثير من أربعة بالمئة.

القصة حتى بداية فيروس كورونا

على مدى فترة العشر سنوات من نهاية الركود العظيم في عام 2009 حتى كانون الثاني 2020 – وهو أطول انتعاش اقتصادي مسجل بعد الحرب – انخفض معدل البطالة من عشرة في المئة إلى 3.6 في المئة – وهو مستوى أقل من أي معدل مسجل في الخمسين عاماً الماضية[5] (أي شخص يرغب في الحصول على وظيفة ولكنه أصبح محبطاً ومستسلماً أو يعتقد أنه لا توجد وظائف متاحة يرغب في قبولها، لا يتم احتسابه على أنه عاطل عن العمل). للحصول على فكرة عن عدد الأشخاص الذين أصبحوا منفصلين تماماً عن القوى العاملة، من المفيد إلقاء نظرة على معدل مشاركة القوى العاملة. القصة هنا أقل إيجابية بكثير من معدل البطالة الرئيسي.

كما يوضح الشكل 1، انخفضت نسبة الرجال العاملين في سن الرشد في العمل أو الباحثين بنشاط عن عمل من حوالي سبعة وتسعين بالمئة في عام 1965 إلى أدنى مستوى عند ثمانية وثمانين بالمئة في عام 2014 قبل أن تتعافى بشكل طفيف إلى حوالي تسعة وثمانين بالمئة في كانون[6].2020 تضاعف عدد الرجال المحرومين تماماً من سوق العمل أربع مرات تقريباً خلال هذا الوقت. يبدو أن أحد الوجهات للرجال الذين خرجوا من سوق العمل هو برنامج إعاقة الضمان الاجتماعي، والذي شهد زيادة في عدد الطلبات بين عامي 2007 و[7]2010 يتم استخدامها كدخل أخير من قبل العمال الذين يرون القليل من فرص العمل القابلة للحياة. في حين أن التأثير على مشاركة

الرجال في القوى العاملة كان الأكثر دراماتيكية، فإن الإحصاءات الإجمالية تظهر قصة مشابهة إلى حد كبير على مدى العقدين الماضيين منذ بداية القرن.

يوضح الشكل 2 معدل مشاركة القوى العاملة لجميع العمال الذين تتراوح أعمارهم بين ثمانية عشر إلى أربعة وستين عاماً، بما في ذلك الرجال والنساء.[8] يعكس معدل المشاركة المتزايد حتى عام 2000 دخول المزيد من النساء إلى القوة العاملة. ومع ذلك، بعد تلك الذروة، كان هذا الاتجاه قد أخذ بالهبوط حيث خرج كل من الرجال والنساء من سوق العمل. بعبارة أخرى، حتى مع انخفاض معدل البطالة إلى أدنى مستوياته التاريخية، كان هناك عدد

(الشكل 1) معدل مشاركة القوة العاملة، الرجال الذين تتراوح أعمارهم من خمسة وعشرين إلى أربعة وخمسين عاماً.

متزايد من العمال المحرومين تماماً ممن ظلوا غير مرئيين إلى حد كبير حيث أشار السرد العام إلى سوق عمل مزدهر. في حين أن التغيير التكنولوجي لم يكن بالتأكيد العامل الوحيد الذي يلعب هنا، إلا أن الأتمتة للوظائف الروتينية ذات الأجر الجيد في المصانع والمكاتب قد لعبت دوراً مهماً على الأرجح.

الاتجاه الثاني المهم هو الفصل بين الإنتاجية والأجور، إلى جانب السعي الحثيث نحو زيادة الجودة. إنتاجية العمل هي مقياس لفعالية العمال وتساوي إجمالي الناتج الاقتصادي مقسوماً على عدد ساعات العمل المطلوبة لتوليد هذا الناتج. ربما تكون الإنتاجية هي أهم المقاييس الاقتصادية. معدل الإنتاجية المرتفع هو سمة مميزة تميز الأمة الغنية والمتقدمة عن دولة فقيرة. مع تقدم التكنولوجيا المستخدمة في أماكن العمل، ومع تحسن عوامل أخرى مثل تعليم العمال وصحتهم، يمكن للعمال إنتاج المزيد. ونتيجة لذلك، يجب أن يكونوا قادرين على الحصول على أجور أعلى، وبالتالي فإن الإنتاجية المتزايدة تودع الأموال بشكل أساسي في جيوب جميع العمال تقريباً وهي محرك حاسم للازدهار الوطني على نطاق واسع. على الأقل هذا هو السرد الاقتصادي القياسي.

مع ذلك، كما يوضح الشكل 3 – على الأقل منذ السبعينيات – فشلت أجور العمال في تتبع ارتفاع الإنتاجية وفتحت فجوة متزايدة الاتساع بين الخطين. والنتيجة هي أن جميع المكاسب تقريباً من التقدم التكنولوجي وتحسين الإنتاجية يتم التقاطها الآن من قبل مجموعة صغيرة نسبياً من الأشخاص بالقرب من قمة توزيع الدخل. بعبارة أخرى، فإن أصحاب الأعمال والمديرين والموظفين البارزين والمستثمرين يقطفون ثمار التقدم، ولا يحصل العمال العاديون على أي شيء تقريباً. من الجدير بالذكر أن هذا الرسم البياني يعكس أجور جميع العاملين في قطاع الأعمال، ويشمل ذلك كبار المديرين التنفيذيين والرياضيين البارزين والفنانين، بالإضافة إلى العاملين

(الشكل 2) ومعدل المشاركة في القوة العاملة الإجمالي.

الآخرين ذوي الأجور المرتفعة. إذا كان الرسم البياني يعكس بدلاً من ذلك متوسط العمال غير المشرفين الذين يمثلون حوالي ثمانين بالمئة من القوة العاملة في الولايات المتحدة، فإن الفجوة بين الإنتاجية والأجر ستكون أكبر.

أود أن أزعم أن الاختلاف المتزايد بين هذين الخطين مدفوع، على الأقل جزئياً، بالطبيعة المتغيرة للآلات والتكنولوجيا المستخدمة في أماكن العمل. خلال «العصر الذهبي» لأمريكا بعد الحرب العالمية الثانية، كان الخطان الموجودان على الرسم البياني متقاربين بإحكام، وكانت الآلات المستخدمة في أماكن العمل من الأدوات التي يديرها العمال بشكل واضح؛ مع تحسن الأدوات، زاد إنتاج العمال وأصبحوا أكثر قيمة. مع استمرار تقدم التكنولوجيا في العقود منذ ذلك الحين، أصبحت العديد من الآلات المستخدمة في أماكن العمل تدريجياً أكثر استقلالية، وأصبحت التكنولوجيا تحل بشكل متزايد محل العمالة بدلاً من استكمالها. بعبارة أخرى، تجعل التكنولوجيا الآن نسبة متزايدة من العمال أقل قيمة بدلاً من أن تجعلها أكثر قيمة. وهذا بدوره يجعل العمال أكثر قابلية للتبدل، ويقلل من قدرتهم على المساومة، ويعمل على خفض الأجر حتى مع استمرار زيادة الإنتاجية.

يؤدي هذا الفصل بين الإنتاجية والأجر بشكل مباشر إلى زيادة عدم المساواة في الدخل. بما أن التكنولوجيا تحل محل أو تقلل من قيمة العمالة، فإن رأس المال يستحوذ على حصة أكبر من أرباح الأعمال. وقد وجد هذا الانخفاض في حصة العمالة من الدخل القومي على مدى العقدين الماضيين في الولايات المتحدة وكذلك في مجموعة متنوعة من البلدان المتقدمة الأخرى. نظراً لأن ملكية رأس المال تتركز بشكل كبير في أيدي الأثرياء، فإن إعادة توجيه الدخل من العمل إلى رأس المال يصل إلى إعادة لتوزيع المال من الكثيرين إلى القلائل، وهذا يزيد من عدم المساواة في الدخل. كان الاتجاه في الولايات المتحدة مثيراً بشكل خاص ويتجلى بوضوح من خلال ارتفاع

الشكل 3. الإنتاجية مقابل الأجر

مُعامل جيني. هذا المؤشر هو مقياس لتركيز الثروة. في أقصى الحدود، تشير قيمة جيني صفر إلى أن كل فرد في بلد ما لديه نصيب متساوٍ من الثروة، وقيمة 100 تعني أن الفرد الواحد يمتلك كل ثروة الأمة. تقع القيم الواقعية عموماً بين 20 و50 تقريباً، مع وجود رقم أعلى يشير إلى مزيد من عدم المساواة. في الولايات المتحدة، ارتفع معامل جيني من 37.5 في عام 1986 إلى 41.4 في عام 2016 – وهو مستوى أعلى من أي مستوى تم تسجيله سابقاً.[10]

كان هذا المسار نحو زيادة عدم المساواة في الدخل مدفوع جزئياً بالانخفاض العام في جودة الوظائف المعروضة في الولايات المتحدة. في العقود الأخيرة، تم ترجيح خلق الوظائف الأميركية بشكل متزايد نحو الوظائف ذات الأجور المنخفضة في قطاع الخدمات. توفر هذه الوظائف – في مجالات مثل مبيعات التجزئة وإعداد الطعام وتقديمه والأمن والتنظيف أو وظائف الحراسة في المكاتب والفنادق – الحد الأدنى من الدخل وفوائد قليلة – إن وجدت – وغالباً ما تكون أقل من الدوام الكامل مع ساعات عمل غير موثوق بها. أدى صعود اقتصاد الوظائف المؤقتة، حيث يتلقى العمال مدفوعات بناءً على أساس إنجاز المهام دون أي ضمان تقريباً لدخل يمكن التنبؤ به وقلة الوصول إلى الضمانات القانونية المقدمة للعمال الآخرين أو انعدامها، إلى تفاقم هذا الأمر. وجد تقرير صدر في تشرين الثاني 2019 من مؤسسة بروكينغز أن 44 في المئة من القوى العاملة في الولايات المتحدة تعمل في وظائف منخفضة الأجر توفر دخلاً يبلغ في المتوسط حوالى 18000 دولار في السنة.[11]

يتضح بشكل خاص عندما طورت مجموعة من الباحثين مقياساً اقتصادياً جديداً في عام 2019. يقيس مؤشر جودة الوظائف في القطاع الخاص الأميركي ونسبة الوظائف الجيدة، المُعرَّفة على أنها تلك التي توفر دخلاً أعلى من المتوسط، إلى الوظائف منخفضة الجودة، والتي توفر دخلاً أقل من المتوسط.[12] تشير قيمة المؤشر البالغة 100 إلى عدد متساوٍ من الوظائف الجيدة والمنخفضة الجودة، بينما تشير القيمة الأقل من 100 إلى أن الوظائف منخفضة الجودة تهيمن على مشهد التوظيف. على مدار الثلاثين عاماً بين عام 1990 ونهاية عام 2019، انخفض المؤشر من 95 إلى 81.13، [13] ومن المحتمل أن يرتبط هذا الانخفاض في الجودة ارتباطاً وثيقاً بتبخر الوظائف الروتينية إلى

حد كبير ولكنها ذات رواتب جيدة في بيئات مثل المصانع والمكاتب. هذه هي الوظائف التي شكلت ذات يوم العمود الفقري للطبقة الوسطى الأميركية ولكن تم تدميرها بعنف بسبب كل من التكنولوجيا والعولمة.

لقد أوجد الاقتصاد، بطبيعة الحال، وظائف ذات مهارات أعلى وراتب أعلى، ولكن غالباً ما تكون هذه الوظائف بعيدة عن ما يقرب من ثلاثة أرباع العمال الأميركيين الذين يفتقرون إلى شهادة جامعية لمدة أربع سنوات. وحتى بين خريجي الجامعات، تعتبر العمالة الناقصة مشكلة خطيرة ومتنامية. قصص خريجي الجامعات المثقلة بالتزامات قروض الطلاب الضخمة أثناء عملهم كخبراء صناعة القهوة أو عمال الوجبات السريعة شائعة جداً. أظهرت البيانات التي نشرها بنك الاحتياطي الفيدرالي في نيويورك في فبراير 2020 أن 41 بالمئة من خريجي الجامعات الجدد يعملون في وظائف لا تتطلب شهادة جامعية. بالنسبة لخريجي الجامعات ككل، فإن معدل البطالة الجزئية هو واحد من ثلاثة. وخريجي الجامعات الجدد الذين تتراوح أعمارهم بين 22 و27 عاماً لديهم معدل بطالة يزيد عن ستة بالمئة حتى مع انخفاض معدل البطالة الرئيسي في الاقتصاد ككل إلى 3.6 بالمئة.[14] بعبارة أخرى، حتى كما تشير الحكمة التقليدية إلى أننا بحاجة لوضع مزيد من التركيز على التعليم ومحاولة الالتحاق بالكلية، فإن الاقتصاد ببساطة لا يخلق فرص عمل ماهرة كافية لاستيعاب الخريجين الذين يتم إنتاجهم بالفعل.

إن ارتفاع عدم المساواة في الدخل وتدهور جودة الوظائف ليسا مجرد أخبار سيئة للأفراد المتأثرين بشكل مباشر. بل إنها تضعف طلب السوق المطلوب لدفعنا نحو حيوية اقتصادية مستدامة. ما يقرب من سبعين في المئة من الاقتصاد الأميركي مرتبط بشكل مباشر بالإنفاق الاستهلاكي الفردي. وهذا الجزء يقلل من أهمية طلب المستهلك لأن الاستثمار التجاري مرتبط أيضاً بطلب المستهلك. على سبيل المثال، فكر في كيفية شراء الطائرات التي تنتجها شركة بوينغ (بالتأكيد ليست سلعة استهلاكية) من قبل شركات الطيران حيث أن شركات الطيران يمكن أن تشتريها لأنها بدورها تتوقع طلب المستهلك لتذاكر الرحل على هذه الطائرات. وبطبيعة الحال، تجلت هذه التبعية الاقتصادية بشكل صارخ بسبب تأثير أزمة فيروس كورونا.

الوظائف هي الآلية الأساسية التي توفر القوة الشرائية للمستهلكين. عندما يصبح توزيع الدخل أكثر تفاوتاً، يصبح دخل الجزء الأكبر من العمال، وبالتالي المستهلكين، أقل. على مدى العقود القليلة الماضية، ارتفع الدخل

بشكل كبير بالنسبة للأثرياء القلائل، لكن هذه الشريحة الصغيرة من السكان لا ولن تستطيع أن تنفق ببساطة إلى درجة تعوض عن إنفاق المستهلكين أصحاب مستوى الدخل الأدنى. وبعبارة أخرى، فإن طلب المستهلكين الواسع النطاق على المنتجات والخدمات التي تعتبر حيوية لتوليد النمو الاقتصادي آخذ في الانخفاض تدريجياً.

قد تجلى الدليل على ضعف الطلب الاستهلاكي في انهيار العلاقة الطبيعية بين البطالة والتضخم. في عام 1958، أظهر الخبير الاقتصادي ويليام فيليبس أن هناك بشكل عام مقايضة ثابتة بين البطالة والتضخم. مع انخفاض البطالة، يرتفع التضخم. عندما درست الاقتصاد في الكلية، تم تدريس هذه العلاقة العكسية، المعروفة باسم منحنى فيليبس، كأحد المبادئ الأساسية لهذا المجال. لكن في السنوات التي تلت نهاية الركود العظيم في عام 2009، انهارت هذه العلاقة وتعايش انخفاض البطالة الآن مع معدلات تضخم منخفضة للغاية وأسعار فائدة منخفضة.[15] أعتقد أن أحد الأسباب المهمة لذلك هو أن انخفاض البطالة لم يعد مرتبط بزيادة الأجور أو طلب المستهلك بشكل كافي لدفع التضخم. نظراً لأن التكنولوجيا المتقدمة، جنباً إلى جنب مع العولمة، قد أدت إلى انخفاض قدرة معظم العمال العاديين على المساومة للحصول على أجور أعلى، فإن الآلية التي تضع القوة الشرائية في أيدي المستهلكين وتؤدي إلى زيادة الطلب أصبحت أقل فاعلية.

يأتي المزيد من الأدلة من حقيقة أن الشركات الأميركية الكبرى كانت تمتلك مبالغ هائلة من النقد، يتم استثمار الكثير منها في سندات الخزانة الأميركية التي تدفع معدلات فائدة منخفضة تاريخياً. اعتباراً من نهاية عام 2018، كانت الشركات الأميركية تجمع حوالي 2.7 تريليون دولار[16]. إذا رأى المسؤولون التنفيذيون الذين يديرون هذه الشركات دليلاً على وجود طلب قوي على السلع والخدمات، فلماذا لا يستثمرون المزيد من هذه الأموال في تطوير منتجات جديدة أو زيادة الإنتاج لتلبية هذا الطلب المتزايد؟ تمكن الاقتصاد الأميركي – بدون طلب قوي – من إدارة معدلات نمو متوسطة فقط وأصبح معتمداً على قيام الاحتياطي الفيدرالي بإبقاء أسعار الفائدة عند مستويات منخفضة بشكل غير عادي حتى مع انخفاض معدل البطالة إلى أقل من أربعة في المئة.

من الآثار المهمة الأخرى للطلب الاستهلاكي الفاتر أنه يضعف نمو الإنتاجية. يسارع الاقتصاديون الذين يشككون في تأثير الذكاء الاصطناعي

والروبوتات على سوق العمل للإشارة إلى أنه إذا كانت الآلات بالفعل تحل محل العمالة بسرعة فائقة، فيجب أن نرى إنتاجية العمل مرتفعة، وفي ظل غياب الإنتاجية المرتفعة، يتجاهل الاقتصاديون أي مخاوف بشأن سرقة الروبوتات للوظائف. تكمن مشكلة هذا التأكيد في أن الإنتاج يعتمد كلياً على الطلب. لن يستمر أي نشاط تجاري في إنتاج سلع أو خدمات ما لم يكن هناك زبون مستعد لشراء هذا الناتج. (لقد أوضحت أيضاً فكرة أن الإنتاجية محدودة بسبب الطلب بمزيد من التفصيل في كتابي الصادر عام 2015 «ظهور الروبوتات». أجد أنه من المدهش إلى حد ما ألا يركز الاقتصاديون أكثر على هذه المشكلة وبدلاً من ذلك يميلون إلى التصريح ببساطة أن عدم وجود «ارتفاع الإنتاجية» يثبت أن أتمتة الوظائف ليست مشكلة.[17])

تخيل عاملاً تتمثل وظيفته في قص الشعر (حلاق). يمكن قياس إنتاجية هذا العامل من حيث عدد الذين يقصون شعرهم في الساعة. قد تؤثر الكثير من الأشياء على معدل الإنتاجية هذا. هل لدى العامل أدوات تدريب وجودة جيدة؟ هل يوجد مصدر ثابت للكهرباء للحفاظ على تشغيل المعدات؟ هذه هي الأشياء التي يميل الاقتصاديون إلى التركيز عليها. ولكن هناك شيء آخر مهم للغاية: عدد الزبائن الذين يحضرون لقصة شعر. إذا كان هناك طابور طويل من الزبائن المتحمسين، فستكون الإنتاجية عالية. لكن إذا تجول زبون عرضي فقط، فستكون الإنتاجية منخفضة – بغض النظر عن مدى جودة التدريب أو تقنية الحلاقة.

ظهرت هذه الفكرة القائلة بأن نمو الإنتاجية مقيد بالطلب عندما تحدثت مع جيمس مانيكا – رئيس معهد ماكينزي العالمي (MGI) – الذي أجرى العديد من الدراسات المهمة التي ركزت على تأثير التكنولوجيا على الأعمال والاقتصاد. كما أوضح مانيكا:

نحن نعلم أيضاً الدور الحاسم للطلب –غالباً ما نظر معظم الاقتصاديين – بما في ذلك هنا في MGI – إلى الآثار الجانبية للإنتاجية، وليس إلى جانب الطلب. نحن نعلم أنه عندما يكون لديك تباطؤ كبير في الطلب، فإن الإنتاجية المقاسة لن تكون كبيرة. وذلك لأن قياس الإنتاجية يحتوي على بسط ومقام: يتضمن البسط نمواً في الإنتاج، الأمر الذي يتطلب امتصاص هذا الناتج حسب الطلب. لذلك، إذا كان الطلب متأخراً لأي سبب من الأسباب، فإن ذلك يضر بالنمو في الإنتاج، مما يؤدي إلى انخفاض نمو الإنتاجية، بغض النظر عن التقدم التكنولوجي الذي قد يكون هناك.[18]

خلاصة القول هي إنّ السنوات التي سبقت ظهور جائحة فيروس كورونا قدمت الاقتصاد الأميركي بشكل يشبه إلى حد ما سيارة لامعة مطلية حديثاً – ولكن مع مشاكل خطيرة تحت الغطاء. بدا معدل البطالة رائعاً، لكن نسبة كبيرة ومتنامية من السكان تُركت تماماً. لقد ازداد عدم المساواة بشكل كبير، ولم يعد معظم العمال يشهدون ازدهاراً متزايداً نتيجة للتقدم التكنولوجي. وبما أن الأمور أصبحت غير متكافئة أكثر من أي وقت مضى، فإن الآلية التي توزع الدخل الذي يغذي طلب المستهلكين آخذة في الانخفاض، وهذا بدوره يضعف النمو الاقتصادي ويحد من الارتفاع المستمر في الإنتاجية وهو أمر حاسم للازدهار في المستقبل. لقد قلب الوباء الأمور رأساً على عقب وأغرقنا في أزمة اقتصادية غير مسبوقة، لكن كل هذه الاتجاهات لا تزال في مكانها وستنتج على الأرجح رياحاً معاكسة تجعل التعافي من مأزقنا الحالي أكثر صعوبة.

ما بعد كوفيد –19 والتعافي

أدت جائحة فيروس كورونا إلى أزمة اقتصادية عالمية لم يسبق لها مثيل في الضراوة. في الولايات المتحدة وفي البلدان في جميع أنحاء العالم، فُقدت الملايين من الوظائف بين عشية وضحاها تقريباً، وتم إغلاق قطاعات بأكملها تقريباً وانزلق الاقتصاد وانكمش بشكل لم يسبق له مثيلر منذ الكساد الكبير في الثلاثينيات. اعتباراً من ديسمبر 2020، بلغ معدل البطالة حوالي سبعة بالمئة، وتشير جميع المؤشرات إلى أن الأمور قد تزداد سوءاً قبل أن يبدأ نشر اللقاحات على نطاق واسع في الانحناء في وقت ما في منتصف عام 2021 تقريباً. أدى تدخل الولايات المتحدة الفاشل في التصدي للوباء إلى عودة ظهور الفيروس على نطاق واسع، وتسجيل البلاد أكثر من 4000 حالة وفاة من كوفيد–19في يوم واحد اعتباراً من يناير 2021. مع زيادة عدد حالات دخول المستشفيات، أجبرت الولايات المتحدة الأميركية والحكومات المحلية مرة أخرى الشركات على الإغلاق، وفرضت المملكة المتحدة والعديد من الدول الأوروبية عمليات الإغلاق الوطنية مرة أخرى. بعبارة أخرى، حتى مع بدء توزيع لقاحين فعالين على الأقل، يبدو أن الأثر الاقتصادي للأزمة سيستمر لبعض الوقت في المستقبل.

الحقيقة هي أن كل هذا يخلق أرضية خصبة لتحول جذري في أسواق العمل بسبب الأتمتة وتأثير التكنولوجيا على نطاق أوسع. يُظهر التاريخ أن الغالبية العظمى من خسائر الوظائف الناتجة عن اعتماد التكنولوجيا الموفرة للعمالة تميل إلى التركز في فترات الانكماش الاقتصادي. تتضرر الوظائف

الروتينية بشدة بشكل خاص، وهذا يفسر إلى حد كبير تبخر وظائف الطبقة المتوسطة واستبدالها في نهاية المطاف بفرص أقل استحساناً وأقل أجور في قطاع الخدمات. في الواقع، درس الاقتصاديان نير جايموفيتش وهنري إي سيو هذه الظاهرة ووجدوا في ورقة بحثية نُشرت عام 2018 أن «كل خسارة للوظائف في المهن الروتينية تحدث أساساً في فترات الانكماش الاقتصادي»[19]. ويبدو أن الذي يحدث هو أن الشركات تقضي على العمال تحت الإكراه الاقتصادي؛ ثم مع تقدم الانكماش، يقومون بدمج التكنولوجيا الجديدة وإعادة تنظيم أماكن العمل؛ في النهاية بمجرد حدوث التعافي، يجدون أنهم قادرون على تجنب إعادة توظيف جميع أو معظم العمال الذين اعتقدوا سابقاً أنهم ضروريون لعملياتهم. يشير عمق الانكماش الحالي إلى أن معظم الشركات ستكون تحت ضغط هائل لتصبح أكثر كفاءة، وكلما طال أمد الأزمة، زاد الوقت الذي سيتعين عليها استيعاب التكنولوجيا الجديدة – بما في ذلك أحدث تطبيقات الذكاء الاصطناعي – في نماذج أعمالها.

إلى جانب الدافع الاقتصادي البحت لتبني التكنولوجيا الجديدة، فإن الأزمة الحالية فريدة من نوعها من حيث أنها تضيف حافزاً آخر للانتقال إلى مكان عمل أكثر آلية. كما رأينا في الفصل 3، أدت الحاجة إلى التباعد الاجتماعي بالفعل إلى دفع دفعة كبيرة لاعتماد التقنيات الروبوتية في مجموعة متنوعة من المجالات. على سبيل المثال، أصبحت مصانع تعبئة اللحوم في الولايات المتحدة وأماكن أخرى، مناطق رئيسية للعدوى وخاصة في الأماكن التي يعمل فيها مئات أو آلاف العمال تقريباً جنباً إلى جنب. في بيئات مثل هذه، من المحتمل أن يتم اعتماد المزيد من الأتمتة كوسيلة لتقليل كثافة العمال.[20] في حين أن هذا يمثل حالة قصوى، فإن الشيء نفسه ينطبق تقريباً على كل أنواع بيئات العمل الأخرى، من المصانع والمستودعات إلى متاجر البيع بالتجزئة إلى المكاتب. إن استبدال العمال بالروبوتات أو بالخوارزميات الذكية يترجم مباشرة إلى عدد أقل من الناس التي تحتك ببعضها. من المرجح أن تدرك شركات الخدمات التي تواجه الزبائن ميزة تسويقية في تقليل التفاعل البشري المباشر الذي كان يُنظر إليه قبل بضعة أشهر فقط على أنه إيجابي وليس سلبي. في الواقع، هذا الاتجاه قائم بالفعل: في يوليو 2020، أعلنت سلسلة الوجبات السريعة: «وايت كاسل» أنها ستبدأ في نشر روبوتات طبخ الهامبرغر من أجل خلق «وسيلة لتقليل الاتصال البشري بالطعام أثناء عملية الطهي – مما يقلل من إمكانية انتقال المرض.[21] من المحتمل أن يعتمد التأثير

طويل المدى لهذه العوامل إلى حد ما على مدة الأزمة. حتى وقت كتابة هذه السطور، يبدو من المرجح أن الوضع سيستمر لفترة كافية بحيث تصبح بعض التغييرات السلوكية وتفضيلات الزبائن التي ظهرت نتيجة للوباء دائمة.

لن يكون تأثير الذكاء الاصطناعي على أماكن العمل مجرد قصة عن الروبوتات التي تسرق الوظائف.أظهرت الأبحاث أنه في معظم الحالات لا توجد تطابقات فردية بين التكنولوجيا الجديدة المستخدمة والوظيفة الحالية. بدلاً من ذلك، تميل إلى أن تكون مهاماً محددة – وليست وظائف كاملة – هي الأكثر عرضة للأتمتة. وجد تحليل مؤثر في عام 2017 أجراه معهد ماكينزي العالمي أن ما يقرب من نصف جميع المهام التي يؤديها العمال حالياً على مستوى العالم يمكن، من الناحية النظرية، أن تكون مؤتمتة بالفعل باستخدام التكنولوجيا الحالية. أظهر تحليل ماكينزي أن خمسة بالمئة فقط من الوظائف كانت معرضة لخطر فوري من الأتمتة الكاملة، ولكن في حوالي 60 بالمئة من المهن، يمكن أتمتة ثلث الأنشطة المكونة على الأقل، مما يعني تحولات وتغييرات كبيرة في مكان العمل لجميع العمال.[22] من السهل أن نرى أنه إذا كان من الممكن أتمتة جزء كبير من المهام التي يؤديها عاملين أو ثلاثة، فإن هناك إمكانية واضحة لإعادة تحديد الحدود بين الوظائف وتوحيد العمل المتبقي. يبدو من المحتمل جداً أن الضغط الاقتصادي إلى جانب الحاجة إلى تقليل الكثافة في أماكن العمل سيخلق حافزاً قوياً للعديد من المنظمات لإعادة التفكير وإعادة تنظيم بيئات العمل الخاصة بهم من أجل الاستفادة من هذه الكفاءات غير المحققة.

سيزداد هذا الاتجاه مع وصول تطبيقات أكثر قدرة بكثير تتضمن أحدث التطورات في التعلم العميق. والنتيجة، في معظم الحالات، ستكون وظائف أقل – وقد يشغلها عمال مختلفون بمهارات ومواهب مختلفة تماماً. بصرف النظر عن الأتمتة المباشرة للوظائف والمهام، فإن القوة الثانية المهمة هي نزع مهارات الوظائف. بعبارة أخرى، يسمح اعتماد التكنولوجيا الجديدة بدور كان يتطلب بدلاً من ذلك مهارة وخبرة كبيرة من قبل عامل ذو أجر منخفض مع تدريب قليل، أو بواسطة مقاول مستقل قابل للتبديل يعمل في اقتصاد الوظائف المؤقتة. والمثال الكلاسيكي على ذلك هو تجربة سائقي سيارات الأجرة المشهورين «بلاك تاكسي» في لندن. يتطلب الحصول على ترخيص لقيادة سيارة أجرة كهذه تقليدياً حفظاً كاملاً لجميع شوارع المدينة تقريباً، وهي عملية شاقة تُعرف باسم اكتساب «المعرفة». الحفظ المطلوب واسع للغاية

لدرجة أن تحليل أجرته عالمة الأعصاب بجامعة لندن إليانور ماجواير وجد أن الحُصين – منطقة الدماغ المرتبطة بالذاكرة طويلة المدى – أكبر في المتوسط في سائقي سيارات الأجرة السوداء مقارنة بالعاملين في المهن.[23] إن هذا المطلب للسائقين المحتملين لاكتساب المعرفة قد قدم تاريخياً حاجزاً يمنع الدخول إلى المهنة، وبالتالي كفل لسائقي سيارات الأجرة أجراً قوياً من الطبقة المتوسطة. لقد تغير هذا بشكل كبير مع ظهور متتبع المواقع العالمي (جي بي أس) وتطبيقات الملاحة عبر الهاتف الذكي. الآن يمكن للسائقين الذين ليس لديهم معرفة بشوارع لندن على الإطلاق – ولكن لديهم الوصول إلى الهاتف الذكي – التنافس مباشرة. وكان للهجوم من خدمات مشاركة الركوب والخيارات الأخرى الشبيهة بسيارات الأجرة تأثير كبير وسلبي على سبل عيش سائقي سيارات الأجرة في لندن. بشكل عام، تعمل إزالة المهارات على خفض الأجور عن طريق جعل الوظيفة في متناول الأشخاص قليلة أو معدومة من التدريب أو الخبرة، وفي نفس الوقت تجعل العمال أكثر قابلية للتبادل. وهذا بدوره يسمح للشركات بتحمل معدلات دوران عالية ويزيد من إضعاف القدرة التفاوضية للعمال. مع تقدم كل من الأتمتة وإزالة المهارات، هناك كل الأسباب لتوقع أن عدم المساواة سوف ينمو وأن ثمار الابتكار ستستمر في التزايد بشكل متزايد في الجزء العلوي من توزيع الدخل.

سوف تتشابك هذه الاتجاهات التكنولوجية مع تداعيات مهمة أخرى للوباء. على سبيل المثال، أدى التبني للعمل عن بعد بين العمال ذوي الياقات البيضاء إلى تدمير البيئة للأعمال التجارية التي تحيط بتجمعات مكاتب البناء. يبدو من المحتمل جداً أن يكون التحول نحو العمل عن بُعد – على الأقل إلى حد ما – دائماً. أعلنت شركة فيسبوك، على سبيل المثال، بالفعل أن العديد من موظفيها سيكونون قادرين على اختيار العمل عن بعد إلى أجل غير مسمى.[24] في هذه المناطق التجارية التي كانت تعمل كفريق من قبل، قد لا تعود الوظائف في المطاعم والحانات والشركات الأخرى التي تلبي احتياجات العاملين في المكاتب إلى المستويات السابقة أبداً. وبالمثل، قد تتأثر وظائف عمال الخدمة الذين يقومون بتنظيف وصيانة المكاتب وتوفير الأمن. العامل الرئيسي الثاني هو الإفلاس المحتمل لجزء كبير من الشركات الصغيرة التي توفر هذه الوظائف بشكل غير متناسب. وبحسب بعض الروايات، فإن ما يصل إلى نصف الشركات الصغيرة التي أُجبرت على الإغلاق وسط الوباء قد لا يُعاد فتحها أبداً.[25] في نهاية المطاف، سيتم الاستيلاء على الحصة السوقية التي

كانت تسيطر عليها هذه الشركات الصغيرة من خلال سلاسل متاجر ومطاعم أكبر وأكثر مرونة. ومع ذلك، نظراً لأن هذه الشركات الأكبر حجماً لديها موارد مالية وخبرات داخلية أكبر، فستكون في وضع أفضل بكثير لتكون من أوائل المتبنين للتقنية الجديدة الموفرة للعمالة. بعبارة أخرى، يمكن أن تعمل الهيمنة المتزايدة للمؤسسات الكبيرة على الأسواق بشكل مباشر على تسريع أتمتة الوظائف وتقليل المهارات في قطاع الخدمات. هناك خطر حقيقي للغاية يتمثل في أن تقارب كل هذه القوى سيكون له تأثير كبح كبير على إعادة توليد وظائف الخدمات منخفضة الأجر التي كانت المحرك الأساسي لخلق الوظائف الأميركية في السنوات الأخيرة، وهذا كفيل في جعل التعافي المستمر من الأزمة الحالية أكثر صعوبة.

الموجة القادمة من أتمتة وظائف الياقات البيضاء... ولماذا لا يعتبر تعليم الجميع البرمجة حلاً

يستحضر شبح أتمتة الوظائف عادة صور الروبوتات الصناعية التي تعمل في المصانع أو المستودعات. تشير الحكمة التقليدية إلى أنه في حين أن العمال ذوي الأجور المنخفضة والأقل تعليما يواجهون تهديداً خطيراً من التكنولوجيا، فإن عمال المعرفة المتعلمين بدرجة البكالوريوس على الأقل – أو بعبارة أخرى، أي شخص تتكون مهنته من مهام هي أساساً ذات طبيعة فكرية، وليست يدوية – تظل على أرضية آمنة نسبياً. ومع ذلك، فإن الحقيقة هي أن وظائف ذوي الياقات البيضاء، ولاسيما تلك التي تركز على التحليل الروتيني نسبياً أو التلاعب أو استخراج المعلومات أو نقلها، ستكون موجودة مع تقدم الذكاء الاصطناعي ويتم نشرها على نطاق أوسع. في الواقع، في كثير من الحالات، قد يثبت المهنيون ذوو الياقات البيضاء في الوظائف الموجهة للمعلومات أنهم أكثر عرضة للتشريد من خلال التكنولوجيا من العمال الأقل تعليماً في المهن التي تتطلب التلاعب المادي بالبيئة. وذلك لأن أتمتة هذه الأدوار لا تتطلب آلات باهظة الثمن ولا توجد تحديات للتغلب عليها في مجالات مثل رؤية الآلة أو البراعة الروبوتية. بدلاً من ذلك، فإن التخلص من العديد من المهام التي تشغل وقت هؤلاء العمال لا يتطلب سوى برامج قوية بما فيه الكفاية.

كما أن الحافز على إلغاء عمل ذوي الياقات البيضاء يزداد تضخيماً من خلال حقيقة أن هؤلاء العمال ذوي المهارات العالية يتقاضون عموماً أجوراً أعلى بكثير من نظرائهم من ذوي الياقات الزرقاء. كما رأينا بالفعل، ما يقرب

من نصف خريجي الجامعات الجدد عاطلون جزئياً، ومن المحتمل أن يكون هذا مدفوعاً إلى حد ما بتأثير التكنولوجيا على وظائف مستوى الدخول الروتينية التي قدمت تقليدياً الدرجة الأولى على سلم النجاح المهني. على الرغم من أن الوظائف الأكثر تعرضاً للخطر ستستمر في كونها أكثر روتينية، فمن المهم أن ندرك أن الخط الفاصل بين المهام التي يمكن أتمتتها وتلك التي يُنظر إليها على أنها آمنة من المؤكد أنها ديناميكية وستشمل الأتمتة المزيد من الأنشطة مع استمرار تقدم الذكاء الاصطناعي. في السابق، كانت أتمتة النشاط القائم على المعرفة تتطلب من مبرمج حاسوب وضع إجراء تدريجي، مع توضيح كل إجراء وقرار بشكل صريح. كان هذا يميل إلى حصر أتمتة البرامج على التعهدات الروتينية والمتكررة حقاً، غالباً في المجالات الكتابية مثل مسك الدفاتر العامة أو الحسابات الدائنة والمدينة.

مع ذلك، فإن صعود التعلم الآلي يعني أن الخوارزميات أصبحت الآن مفككة لكتابة برامج الحاسوب الخاصة بها بشكل أساسي عن طريق تحريك ركام البيانات وإيجاد أنماط وعلاقات متبادلة غالباً ما تتجاوز الإدراك البشري المباشر. بعبارة أخرى، فإن جوهر التعلم الآلي هو تحويل المهام التي كان يُنظر إليها في السابق على أنها غير روتينية بطبيعتها إلى أنشطة أصبحت الآن عرضة للأتمتة.

هناك بالفعل العديد من الأمثلة على كيفية بدء أتمتة البرامج – التي غالباً ما تتضمن التعلم الآلي – في التعدي على الأنشطة عن طريق مجموعة واسعة من أعمال ذوي الياقات البيضاء. في مجال القانون، على سبيل المثال، تقوم الخوارزميات الذكية الآن بمراجعة المستندات لتحديد ما إذا كانت بحاجة إلى تضمينها في عملية الاكتشاف القانوني، وأصبحت أنظمة الذكاء الاصطناعي أكثر مهارة في البحث القانوني. تقوم الخوارزميات التنبؤية بتحليل البيانات التاريخية وتقييم احتمالية كل شيء من نتيجة القضايا المعروضة على المحكمة العليا إلى احتمال انتهاك عقد معين في يوم من الأيام. بعبارة أخرى، بدأ الذكاء الاصطناعي بالفعل في التأثير على الأنشطة التي تحركها الأحكام والتي كانت في السابق من اختصاص المحامين الأكثر خبرة فقط. تعتمد المؤسسات الإعلامية الكبيرة بشكل متزايد على الأنظمة التي تعمل على أتمتة الصحافة الأساسية من خلال تحليل تدفق البيانات وتحديد القصة التي تحتوي عليها ثم إنشاء نص سردي تلقائياً. تستخدم شركات مثل بلومبرج هذه الأنظمة لإنشاء مقالات إخبارية تغطي تقارير أرباح الشركات بشكل فوري تقريباً. نظراً لتحسن قدرة الذكاء الاصطناعي على التعامل مع اللغة الطبيعية،

فمن المحتمل أن يكون أي نوع تقريباً من الكتابة الروتينية المخصصة للتواصل التنظيمي الداخلي أو الخارجي عرضة بشكل متزايد للأتمتة. من المرجح أن تكون الوظائف التحليلية في صناعات مثل البنوك والتأمين معرضة بشكل خاص لخطر كهذا. على سبيل المثال، توقع تقرير صادر عن ويلز فارغو لعام 2019 أن حوالي 200000 وظيفة في الصناعة المصرفية الأميركية سوف تتبخر نتيجة للتقدم التكنولوجي على مدار العقد المقبل. وأرضيات التجارة الفوضوية تمتلئ الآن إلى حد كبير بالطنين الناعم للآلات. بحلول عام 2019، كانت البورصات الرئيسية مزودة بمجموعات صغيرة فقط من الأشخاص الذين هبطوا إلى مناطق معينة من قاعة التداول.[27] أظهرت جائحة فيروس كورونا أنه حتى هذه المقتنيات القليلة لم تعد ضرورية، حيث انتقلت البورصات بسرعة إلى التجارة الإلكترونية بالكامل.

مراكز الاتصال التي تقدم خدمة الزبائن أو الدعم الفني هي منطقة أخرى من الواضح أنها جاهزة للانقطاع. تؤدي التطورات السريعة في قدرات معالجة اللغة الطبيعية للذكاء الاصطناعي إلى إنتاج تطبيقات يمكنها أتمتة المزيد من هذا العمل عبر تقنية الاتصالات الصوتية وروبوتات الدردشة عبر الإنترنت. كانت هذه الوظائف، بالطبع، معرضة بشدة بالفعل لعمليات النقل إلى الخارج. ومع تقدم التكنولوجيا، فإن العديد من وظائف مراكز الاتصال في البلدان ذات الأجور المنخفضة مثل الهند والفلبين يتم تبخيرها عن طريق الأتمتة. ومع ذلك، فإن العديد من وظائف مراكز الاتصال في البلدان ذات الأجور المنخفضة مثل الهند والفلبين تتناقص بسبب أتمتتها. تعد الاستجابة لاستفسارات خدمة الزبائن مهمة مناسبة بشكل مثالي للتعلم الآلي من نواح كثيرة. ينتج عن كل تفاعل بين الزبون وعامل مركز الاتصال مجموعة غنية من البيانات، بما في ذلك السؤال المطروح والإجابة المقدمة وما إذا كان التفاعل قد أدى إلى حل المشكلة بالكامل. يمكن لخوارزميات التعلم الآلي إجراء آلاف من هذه التفاعلات وتصبح بشكل سريع ماهرة في الاستجابة لجزء كبير من الاستعلامات التي تميل إلى الظهور مراراً وتكراراً. وبمجرد أن يتم تشغيل النظام، ومع ورود المزيد من مكالمات الزبائن، تصبح الخوارزميات أكثر ذكاءً وذكاءً. هناك العشرات من الشركات الناشئة التي تقدم روبوتات محادثة مدعومة بالذكاء الاصطناعي لأتمتة خدمة الزبائن. يتم وضع العديد من هذه الروبوتات في قطاعات محددة مثل الرعاية الصحية أو الخدمات المالية.[28] مع استمرار هذه التقنيات في التقدم، من المرجح أن ينخفض عدد موظفي مركز

الاتصال حيث تصل الأشياء في النهاية إلى نقطة حيث يكون المشغل البشري مطلوباً فقط للتعامل مع الزبائن الأكثر صعوبة.

غالباً ما يتم تقديم القدرة على كتابة رمز الحاسوب كنوع من العلاج الشامل لاضطراب سوق العمل التكنولوجي. تم نصح أولئك الذين فقدوا وظائفهم في صناعات مثل الصحافة أو حتى تعدين الفحم بـ «تعلم البرمجة». نشأت أكاديميات البرمجة، وكان هناك العديد من المقترحات لجعل دروس برمجة الحاسوب إلزامية في المدرسة الثانوية، أو حتى قبل ذلك. ومع ذلك من المؤكد أن كتابة كود الحاسوب سيخضع لنفس القوى التي من شأنها أن تعطل الأنواع الأخرى من عمل ذوي الياقات البيضاء. كما هو الحال مع مراكز الاتصال، غالباً ما تكون الاستعانة بمصادر خارجية هي بداية الأتمتة، ويتم بالفعل نقل الكثير من عمليات تطوير البرامج الروتينية إلى الخارج إلى البلدان ذات الأجور المنخفضة، وخاصة الهند. تقوم جميع شركات التكنولوجيا الكبرى تقريباً باستثمارات كبيرة في الأدوات التي تعمل على أتمتة برمجة الحاسوب. فعلى سبيل المثال، طور فيسبوك أداة تسمى أروما تعمل كنوع من «الإكمال التلقائي» المدعوم بالذكاء الاصطناعي لبرمجة الحاسوب الذي يستفيد من قاعدة بيانات ضخمة من رموز الحاسوب العامة[29]. قامت داربا أيضاً بتمويل البحث في أتمتة تطوير وتصحيح واختبار كود الحاسوب. حتى دجي بي تي–3 الخاص بأوبن آي إي – وهو نظام عام لتوليد اللغة – تم تدريبه على عدد كبير من المستندات المستخرجة من الإنترنت، قادر على إكمال بعض مهام البرمجة الروتينية.[30]

خلاصة القول هي أنه على الرغم من أن تعلم برمجة جهاز حاسوب قد يكون بالتأكيد مهمة مفيدة ومجزية، إلا أن الأيام التي يكون فيها اكتساب هذه المهارة يضمن الحصول على وظيفة لائقة تقترب من نهايتها. وينطبق الشيء نفسه على مجموعة واسعة من مهن ذات الياقات البيضاء الأخرى. مع بدء التكنولوجيا في التعدي حتى على هؤلاء العمال الأكثر تعليما وذوي الأجور المرتفعة، من المرجح أن يصبح عدم المساواة أكثر ثقلاً من أي وقت مضى، مع وجود نخبة صغيرة تمتلك كميات هائلة من رأس المال يتم سحبها من الأشخاص الآخرين. مع تزايد تأثر العمال ذوي الأجور الأفضل، سيؤدي ذلك إلى زيادة إنقاص الإنفاق الاستهلاكي وإمكانية تحقيق نمو اقتصادي قوي. ومع ذلك، فإن أحد الجوانب الإيجابية المحتملة هو أن عمال الجانب المعرفي الذين يتقاضون أجوراً أعلى يتمتعون بسلطة سياسية أكبر بكثير من نظرائهم الذين يعملون في المصانع أو المهن ذات الأجور المنخفضة. نتيجة لذلك، قد يساعد

التأثير على وظائف ذوي الياقات البيضاء في الواقع في حشد الدعم لاستجابة سياسية للاضطراب التكنولوجي لسوق العمل.

ما هي الوظائف الأكثر أماناً؟

خلال السنوات القليلة الماضية، سافرت إلى كل قارة تقريباً وقدمت عشرات العروض التقديمية حول التأثير المحتمل للذكاء الاصطناعي والروبوتات على أسواق العمل. بغض النظر عن البلد الذي أكون فيه، فقد وجدت أن الأسئلة الأكثر شيوعاً التي أتلقاها من الجمهور هي نفسها دائماً تقريباً: ما هي الوظائف التي يُرجح أن تكون آمنة، وما المجالات التي يجب أن أنصح أطفالي بدراستها؟ ربما تكون الإجابة العامة واضحة بعض الشيء وغير مرضية: تجنب الوظائف التي تميل إلى أن تكون روتينية بشكل أساسي ويمكن التنبؤ بها بطبيعتها. من الواضح أن هذه هي المجالات التي ستشهد التأثير الأكثر أهمية على المدى القريب للأتمتة التي تعمل بالذكاء الاصطناعي. هناك طريقة أخرى لصياغة هذا وهي «تجنب الوظائف المملة». إذا كنت قادماً إلى العمل وتواجه تحديات جديدة كل يوم وإذا كنت تتعلم باستمرار في الوظيفة، فمن المحتمل أنك في وضع جيد للبقاء في طليعة التكنولوجيا، على الأقل في المستقبل القريب. من ناحية أخرى، إذا كنت تقضي الكثير من الوقت في إعداد نفس أنواع التقارير أو العروض التقديمية أو التحليلات مراراً وتكراراً، فمن المحتمل أن تبدأ في القلق – وتبدأ في التفكير في تعديل مسار حياتك المهنية. وبشكل أكثر تحديداً، أعتقد أن الوظائف الأقل عرضة للأتمتة على المدى القريب إلى المتوسط تقع في ثلاثة مجالات عامة. أولاً، من المرجح أن تكون الوظائف ذات الطبيعة الإبداعية حقاً آمنة نسبياً. إذا كنت تفكر خارج الصندوق، أو تتوصل إلى استراتيجيات مبتكرة لحل المشكلات غير المتوقعة أو بناء شيء جديد حقاً، فأعتقد أنك ستكون في وضع جيد للاستفادة من الذكاء الاصطناعي كأداة. بمعنى آخر، من المرجح أن تكمّلك التكنولوجيا أكثر من أن تحل محلك. من المؤكد أن هناك بحثاً مهماً في بناء آلات إبداعية قيد التنفيذ، وسيبدأ الذكاء الاصطناعي حتماً في التعدي على العمل الإبداعي أيضاً. يمكن للخوارزميات الذكية بالفعل رسم الأعمال الفنية الأصلية، وصياغة الفرضيات العلمية، وتأليف الموسيقى الكلاسيكية وإنشاء تصميمات إلكترونية مبتكرة. ضخ ألفاو وألفا زيرو من ديب مايند طاقة جديدة وإبداع في مسابقات «غو والشطرنج» المحترفة لأن الأنظمة تمثل ذكاءً خارقاً حقاً، وغالباً ما تتبنى استراتيجيات غير تقليدية تذهل الخبراء البشريين. مع ذلك، أعتقد أنه في المستقبل المنظور، سيتم استخدام الذكاء الاصطناعي لتضخيم الإبداع البشري بدلاً من استبداله.

تتكون المنطقة الآمنة الثانية من تلك الوظائف التي تهدف إلى بناء علاقات هادفة ومعقدة مع أشخاص آخرين. قد يشمل ذلك، على سبيل المثال، نوع العلاقة الوجدانية والعناية التي قد تكون للممرضة مع المريض، أو التي قد يطورها رجل أعمال أو استشاري يقدم مشورة متطورة مع الزبون. من المهم ملاحظة أنني لا أشير كثيراً إلى لقاءات الخدمة قصيرة المدى التي تتضمن الابتسام والتعامل الودود مع الزبائن، ولكن بالأحرى تلك التي تتطلب تفاعلات شخصية أعمق وأكثر تعقيداً. مرة أخرى، يتعدى الذكاء الاصطناعي أيضاً إلى هذا المجال؛ كما رأينا في الفصل 3، يمكن لبرامج الدردشة الآلية، على سبيل المثال، أن تقدم بالفعل علاجاً بدائياً للصحة العقلية، وسيستمر التقدم الكبير في قدرة الذكاء الاصطناعي على إدراك المشاعر البشرية والاستجابة لها ومحاكاتها. أعتقد أنه سيمر وقت طويل قبل أن تصبح الآلات قادرة على تطوير علاقات معقدة ومتعددة الأبعاد مع الناس.

تشمل الفئة العامة الثالثة للوظائف الآمنة المهن التي تتطلب قدراً كبيراً من الحركية والبراعة ومهارات حل المشكلات في بيئات غير متوقعة. تندرج أيضاً الممرضات ومساعدو رعاية المسنين ضمن هذه الفئة، كما هو الحال بالنسبة للمهن التجارية الماهرة مثل السباكين والكهربائيين والميكانيكيين. من المحتمل أن يكون بناء روبوتات ميسورة التكلفة قادرة على أتمتة هذا النوع من العمل بعيداً في المستقبل. ستمثل هذه الوظائف التجارية الماهرة بشكل عام بعضاً من أفضل الفرص لأولئك الذين يختارون عدم متابعة التعليم الجامعي. في الولايات المتحدة، أعتقد أننا يجب أن نركز بشكل أكبر على التدريب المهني أو التلمذة الصناعية التي تعد الشباب لهذه الفرص بدلاً من مجرد دفع المزيد من خريجي المدارس الثانوية للالتحاق بالكلية أو الجامعة.

مع ذلك، قد لا يكون العامل الأكثر أهمية هو المهنة التي تختارها ولكن كيف تضع نفسك فيها. مع تقدم الذكاء الاصطناعي، من المحتمل أنه عبر قطاعات واسعة من سوق العمل، ستتلاشى الوظائف التي تتكون إلى حد كبير من أنشطة «صواميل ومسامير» روتينية، في حين أن أولئك الذين يركزون في المجالات التي تتطلب مهارات إبداعية أو الذين يمكنهم الاستفادة من الشبكات المهنية الواسعة بطرق تضيف القيمة للمؤسسات سيرتفعون إلى القمة. بعبارة أخرى، من المحتمل أن يكون هناك شيء من تأثير «الفائز يأخذ كل شيء» أو «النجم الخارق» – من النوع الذي تراه بين الرياضيين أو فناني الترفيه – مفروض على المهن التي كانت في السابق أكثر تجانساً من حيث الفرص. من المرجح أن يستمر المحامي الذي يتمتع بمهارات قوية في قاعة المحكمة أو علاقات الزبائن التي تجلب الأعمال إلى الشركة في العمل بشكل

جيد حتى مع تقدم الذكاء الاصطناعي. المحامي الذي، من ناحية أخرى، يكدح في الغالب في البحث القانوني أو تحليل العقود قد يكون في وضع أكثر صعوبة.

ربما تكون أفضل طريقة بالنسبة لك كفرد للتكيف مع هذا الموقف هي اختيار مهنة تستمتع بها حقاً – شيء أنت متحمس له – لأن هذا سيزيد من فرصك في التفوق وأن تصبح بعيداً في هذا المجال. من الآن فصاعداً، قد لا يكون اختيار مهنة لمجرد أن هذا المجال يوفر تقليدياً الكثير من العمل والمال رهاناً جيداً. تكمن المشكلة بالطبع في أن هذه قد تكون نصيحة جيدة لفرد معين، لكنها ليست حلاً شاملاً. كثير من الناس، في جميع المجالات، سوف يتخلفون عن الركب عندما تتكشف هذه التحولات، وفي النهاية، أعتقد أننا سنحتاج إلى سياسات لمعالجة هذا الواقع.

المنعكس الاقتصادي

على الرغم من أن التأثير المحتمل للذكاء الاصطناعي على سوق العمل وعلى عدم المساواة الاقتصادية يمثلان مخاوف حقيقية، فلا شك أيضاً في أن التكنولوجيا مهيأة لتقديم فوائد هائلة عبر كل من الاقتصاد والمجتمع. زيادة الأتمتة ستعزز كفاءة الإنتاج وتؤدي مباشرة إلى انخفاض أسعار السلع والخدمات. بعبارة أخرى، سيكون الذكاء الاصطناعي أداة مهمة للتخفيف من حدة الفقر والقضاء عليه في نهاية المطاف من خلال جعل كل الأشياء التي يحتاجها الناس للازدهار أكثر وفرة وبأسعار معقولة. سيؤدي استخدام الذكاء الاصطناعي في البحث والتصميم والتطوير إلى الحصول على منتجات وخدمات جديدة تماماً لم يكن من الممكن تصورها لولا ذلك. ستؤدي الأدوية والعلاجات الجديدة إلى فوائد اقتصادية هائلة مع زيادة رفاهية الجميع تقريباً.

صدر تقريران في أواخر عام 2018، أحدهما من معهد ماكينزي العالمي[31] والآخر من شركة الاستشارات PwC،[32] يقدمان حجة قوية بأن الذكاء الاصطناعي سيوفر دفعة هائلة للاقتصاد العالمي بحلول عام 2030. ويتوقع تحليل ماكينزي أن الذكاء الاصطناعي سيضيف حوالي 13 تريليون دولار إلى الناتج الاقتصادي في جميع أنحاء العالم، في حين أن تقديرات برايس ووترهاوس كوبرز تصل إلى 15.7 تريليون دولار. بعبارة أخرى، من المرجح أن يضيف الذكاء الاصطناعي قيمة اقتصادية عالمية جديدة تعادل تقريباً الناتج المحلي الإجمالي الحالي للصين البالغ 14 تريليون دولار على مدى العقد المقبل أو نحو ذلك. يشير تحليل ماكينزي إلى أن هذه المكاسب ستصل

بطريقة تتبع منحنى S – «بداية بطيئة بسبب التكاليف الكبيرة والاستثمار المرتبط بالتعلم ونشر [الذكاء الاصطناعي]»، ولكن بعد ذلك تسارع مدفوع بالأثر التراكمي للمنافسة وتحسين القدرات التكميلية. بحلول عام 2030، من المحتمل أن نجد أنفسنا على المنحدر الحاد والمتسارع من المنحنى مع تقدم كل من التكنولوجيا والمكاسب الاقتصادية المرتبطة بها بسرعة.

وبعد ذلك تسارع مدفوع بالتأثير التراكمي للمنافسة وتحسين القدرات التكميلية. «تفشل هذه التقديرات إلى حد كبير في الحصول على الفوائد الأكثر دراماتيكية من الذكاء الاصطناعي على المدى الطويل». كما ذكرت في الفصل 3، فإن أهم وعد للذكاء الاصطناعي هو أنه يمكن أن يساعدنا على الهروب من عصر الركود التكنولوجي. إذا سمح لنا الذكاء الاصطناعي بدفع عجلة الابتكار عبر مجموعة واسعة من المجالات العلمية والهندسية والطبية، فإن العائد المحتمل على استثماراتنا سيكون مذهلاً. ربما يكون الأهم هو الحاجة الماسة إلى تضخيم ذكائنا الجماعي وإبداعنا بطرق تسمح لنا بمعالجة التحديات الهائلة التي من المؤكد أنها ستواجهنا (بما في ذلك كل شيء من تغير المناخ إلى مصادر جديدة للطاقة النظيفة إلى إدارة الوباء القادم). يصعب تحديد هذه الأشياء من خلال التحليل الاقتصادي، لكنني أزعم أنها وحدها تجعل الذكاء الاصطناعي أداة لا غنى عنها لا يمكننا ببساطة تركها على الطاولة، حتى لو اقترن ذلك بمخاطر اقتصادية واجتماعية غير مسبوقة.

يتمثل التحدي الرئيسي الذي نواجهه في إيجاد طرق لمعالجة الجوانب السلبية مثل البطالة التكنولوجية وزيادة عدم المساواة مع الاستمرار في الاستثمار في الذكاء الاصطناعي والاستفادة الكاملة من المزايا التي ستجلبها التكنولوجيا. التحدي الاقتصادي الأساسي الذي سنواجهه هو التوزيع. لا يمكن إنكار المكاسب الاقتصادية المحتملة المرتبطة بالذكاء الاصطناعي، ولكن لا يوجد أي ضمان على الإطلاق بتقاسم هذه الفوائد على نطاق واسع أو بشكل عادل بين السكان. في الواقع، إذا لم نتخذ أي إجراء على الإطلاق، فيبدو بشكل شبه مؤكد أن المكاسب سوف تتراكم بشكل ساحق عند شريحة صغيرة من الناس والتي هي على رأس توزيع الدخل، في حين أن الجزء الأكبر من السكان سيتخلف عن الركب إلى حد كبير أو من المحتمل أن يصبح وضعهم أسوء. وكما رأينا، يمكن أن يؤدي هذا بدوره إلى انخفاض طلب المستهلكين على نطاق واسع وإضعاف كل من مكاسب الإنتاجية والنمو الاقتصادي. بعبارة أخرى، قد يؤدي الفشل في معالجة الجوانب الاقتصادية للذكاء الاصطناعي إلى الحد من الإدراك الكامل للجانب الإيجابي للتكنولوجيا. أعتقد أن تجنب هذه النتيجة الافتراضية سوف يتطلب مبادرات سياسية دراماتيكية وغير تقليدية. من غير المحتمل أن تكون الحلول التقليدية التي تم

نشرها على مدى عقود – برامج إعادة التدريب على الوظائف أو دفع المزيد من الأشخاص للالتحاق بالجامعة – كافية، لا سيما بالنظر إلى أن الذكاء الاصطناعي له بالفعل تأثير كبير على الوظائف التي تتطلب مهارات أعلى، وسيكتسب هذا الاتجاه القوة فقط عندما تصبح التكنولوجيا أكثر قدرة من أي وقت مضى.

إصلاح مشكلة التوزيع

من وجهة نظري، الطريقة الأكثر مباشرة وفعالية لمواجهة التحدي في التوزيع، الذي تسببت به تطورات الذكاء الاصطناعي هي ببساطة إعطاء المال للناس. بعبارة أخرى، استكمال الدخل لكل أو معظم السكان، وذلك عن طريق إما وضع حدّ أدنى مناسب لدخل الفرد أو الإعفاء من الضرائب أو جعلها سلبية. الفكرة التي اكتسبت مؤخراً أكبر قدر من الجاذبية هي الدخل الأساسي الشامل غير المشروط، أو يو بي آي. تم تسريع ظهور الدخل الأساسي الشامل باعتباره استجابة سياسية للأتمتة المدفوعة بالذكاء الاصطناعي بشكل كبير في العام 2019 من خلال الترشح الرئاسي لأندرو يانغ. ركض يانغ، الذي سعى إلى ترشيح الحزب الديمقراطي لمنصب الرئيس، في المقام الأول وهو يقدم برنامجه «عائد الحرية» بقيمة 1000 دولار شهرياً يتم دفعه لجميع مواطني الولايات المتحدة. اكتسبت حملته زخماً ملحوظاً إلى حدّ كبير نتيجة للمتابعة النشطة عبر الإنترنت، ودفعت مشاركته في المناقشات الديموقراطية أن يصبح يو بي آي اتجاهاً سائداً، وتعرف عدد كبير من الأميركيين إلى الفكرة للمرة الأولى.

تتمثل إحدى المزايا الأساسية للدخل الأساسي غير المشروط في أنه ونظراً لأنه يُدفع للجميع بغض النظر عن حالة التوظيف، فإنه لا يقضي على الحافز لدى المتلقين من أجل العمل أو الانخراط في نشاط ريادي يدر دخلاً إضافياً. بكلمات أخرى، إنه يتجنب واحدة من أكبر المشاكل في برامج شبكات الأمان التقليدية: الميل إلى خلق مصيدة فقر. نظراً لأن برامج مثل التأمين ضد البطالة أو مدفوعات الرعاية الاجتماعية يتم إلغاؤها أو إلغائها تماماً بمجرد أن يجد المتلقي وظيفة ويبدأ في جني الدخل، فقد يكون هناك عامل مثبط قوي للبحث عن عمل. قبول حتى وظيفة منخفضة الأجر يعرض الدخل الحالي للفرد لخطر مباشر. نتيجة لذلك، غالباً ما يقع الناس في شرك الاعتماد على برامج شبكات الأمان ولا يرون سوى القليل في طريق وجود حافز ملموس لاتخاذ خطوات صغيرة نحو مستقبل أفضل. على النقيض من ذلك، لا يتأثر الدخل الأساسي الشامل بالتوظيف، وبالتالي فإن أي شخص يختار العمل أو ربما يبدأ مشروعاً صغيراً يدر دخلاً إضافياً سيكون دائماً أفضل حالاً من الشخص الذي

يجلس ببساطة في المنزل ويجمع مدفوعات يو بي آي الشهرية. يخلق الدخل الأساسي الشامل (يو بي آي) حداً أدنى للدخل، ولكن يظل هناك دائماً حافز قوي لكسب المزيد. على الرغم من هذه الميزة، هناك – بالنسبة للعديد من الأشخاص – نفور نفسي قوي من فكرة مجرد تسليم الأموال للناس، أو كما وصفها البعض، «دفع المال للناس ليكونوا على قيد الحياة»، ومن المرجح أن يستمر هذا الموقف في خلق عائق سياسي كبير أمام التنفيذ الفعلي لمخطط الدخل الأساسي الشامل.

من المؤكد أن هناك بدائل أخرى للسياسة، ومن أكثرها شيوعاً ضمان الوظائف. قد تبدو فكرة جعل الحكومة هي صاحب العمل الأخير لأي شخص يحتاج إلى وظيفة جذابة بشكل سطحي، لكن أعتقد أن لها عيوباً كبيرة. قد يكون ضمان الوظائف أقل شمولية بكثير من الدخل الأساسي، وسيترك حتماً العديد من الأشخاص الذين هم في أمس الحاجة إلى المساعدة دون مساعدة. سيوجد مثل هذا النظام بيروقراطية ضخمة ومكلفة ومن المرجح أن تستمر في التوسع. سيحتاج المديرون إلى التأكد من أن العمال يحضرون فعلياً للقيام بأي وظيفة تم تكليفهم بها، وسيكون هناك بلا شك عدد كبير من المشكلات التأديبية التي تتراوح من التغيب عن العمل إلى الأداء الضعيف. إن أي سياسات موجهة نحو تأديب أو إنهاء عمل العمال الذين فشلوا في تلبية المعايير المحددة سيكون محفوفاً بالجدال وربما باتهامات بالتمييز أو المعاملة غير المتساوية. في نهاية المطاف، سيتعين على الحكومة إما فصل أولئك الذين كان أداؤهم ضعيفاً أو خالفوا القواعد – مما يستبعد أي أفراد متأثرين من شبكة الأمان – أو أن برنامج الوظائف سيصبح فعلياً مكافئاً لنظام الدخل الأساسي المكلف للغاية وغير الفعال. من المرجح أن يكون جزء كبير من الوظائف التي تم إنشاؤها «وظائف لا معنى لها»، وعلى عكس برنامج الدخل الأساسي، فإن ضمان الوظائف من شأنه أن يجذب العمال بشكل مباشر بعيداً عن المناصب الأكثر إنتاجية في القطاع الخاص. في المقابل، لا يتطلب الدخل الأساسي إلا القليل في طريق البيروقراطية، وسيستفيد من الكفاءة الحالية للحكومة في إرسال الشيكات عبر برامج مثل الضمان الاجتماعي.

أعتقد أن الدخل الأساسي هو في نهاية المطاف أفضل حل شامل لقضايا التوزيع التي ستظهر عندما يصبح الذكاء الاصطناعي في كل مكان، ولكنه ليس بأي حال من الأحوال الدواء الشافي. بدلاً من ذلك، أرى الدخل الأساسي الشامل يشكل أساساً لبناء حل أكثر فاعلية واستساغة سياسياً. المشكلة الأكثر أهمية هي أنه على الرغم من أن الدخل الأساسي يسلم المال إلى أيدي الناس، إلا أنه وحده لا يعطي الصفات المهمة الأخرى المرتبطة بالوظيفة التقليدية. توفر الوظيفة الهادفة إحساساً بالهدف والكرامة، وهي

تشغل الوقت، وتخلق حافزاً للعمل الجاد والتفوق على أمل الحصول على علاوة أو ترقية. الرغبة في الحصول على وظيفة جيدة هي أيضاً حافز مهم للغاية للأفراد لمتابعة التعليم والتدريب.

أعتقد أنه من الممكن تعديل برنامج الدخل الأساسي بحيث يعطي – جزئياً على الأقل – بعض هذه الصفات. منذ نشر كتابي الأول، «نور في نهاية النفق: الأتمتة وتسريع التكنولوجيا واقتصاد المستقبل»، في عام 2009، دافعت عن مخطط الدخل الأساسي الذي يتضمن الحوافز بشكل مباشر. على الرغم من أنه يجب أن يحصل كل شخص على حد أدنى من الدخل المضمون، أعتقد أنه يجب أن تكون هناك أيضاً فرص لكسب المزيد إلى حد ما من خلال متابعة أنشطة معينة. يجب أن يكون الحافز الأكثر أهمية حتى الآن هو مواصلة التعليم. تخيل عالماً يتلقى فيه الجميع نفس مدفوعات يو بي آي الشهرية بالضبط بدءاً من سن الثامنة عشرة أو ربما الحادية والعشرين. في هذه الحالة، قد يرى طالب مدرسة ثانوية معرض لخطر الرسوب من المدرسة سبباً وجيهاً ليحصل على تلك الشهادة. لماذا يبقى في المدرسة إذا كانت هذه الشهادة لن تفيده في إيجاد عمل، وهذا الشيك الشهري سيكون نفسه الآن أو بعد التخرج. أعتقد أن هذا النوع من المثبطات سيكون كارثياً، وسينشر هاجس السكان الأقل تعليماً بسبب ترك الطلاب لمدارسهم. لذلك، لماذا لا ندفع أكثر قليلاً لأولئك الذين يتخرجون من المدرسة الثانوية؟ يمكن توسيع فكرة بناء الحوافز في برنامج الدخل الأساسي لتشمل المزيد من التعليم المتقدم وربما مجالات أخرى مثل العمل في خدمة المجتمع. تتمثل الرؤية النهائية في خلق الفرص التي من شأنها أن تقدم للناس طرقاً ذات مغزى لقضاء وقتهم وتحقيق شعور بالإنجاز. ولعل الأهم من ذلك، أن أولئك الذين يتصرفون بناءً على الحافز لمتابعة التعليم الإضافي سيزيدون من احتمال تمكنهم من الوصول إلى مزيد من الفرص من خلال العمل أو نشاط ريادة الأعمال. من المحتمل أنه مع انتشار الذكاء الاصطناعي على نطاق أوسع، فإنه سيوفر أدوات قوية يمكن للأفراد الاستفادة منها لبدء عمل تجاري صغير أو ربما تحقيق دخل من خلال فرص العمل الحر، ولكن الاستفادة من هذه الفرص سيتطلب تحقيق الحد العتبة التعليمية الأدنى على الأقل. يجب أن يكون الحفاظ على حافز قوي للجميع في كل مستوى من مستويات مجتمعنا للسعي لتحقيق أعلى مستوى من التعليم في حدود قدراتهم أحد أهم أهدافنا.

مشكلة رئيسية أخرى مع يو بي آي هي أنها باهظة الثمن. سيكلف توزيع الدخل دون قيد أو شرط على كل أميركي الكثير من التريليونات، ومن المرجح أن يتراجع الأثرياء عن فكرة إرسال شيكات شهرية إلى الناخبين. أعتقد أنه قد تكون هناك فرص للتخلص التدريجي من الدخل الأساسي

الشامل بشكل فعال عند أصحاب الدخل المرتفع، دون التأثير على حافز العمل. قد تكون أفضل طريقة للقيام بذلك هي اختبار الدخل الأساسي الشامل مقابل «الدخل السلبي» فقط. إذا كان لديك بالفعل دخل كبير يأتي إليك تلقائياً، دون الحاجة إلى العمل أو اتخاذ إجراء من جانبك – إذا تلقيت معاشاً تقاعدياً أو ضماناً اجتماعياً أو دخلاً استثمارياً كبيراً – أعتقد أنه سيكون من المعقول التخلص التدريجي أو إلغاء يو بي آي وفقاً لذلك. لن يؤثر الدخل النشط الناتج عن العمل أو الإدارة المباشرة لنشاط تجاري على الدخل الأساسي الشامل، باستثناء ربما عند مستوى دخل مرتفع للغاية. قد يرى الكثيرون أن هذا غير عادل، ولكن الفكرة من وراء الدخل الأساسي هي تزويد الجميع على الأقل بحد أدنى من الدخل المضمون. إذا كان لديك بالفعل حق الوصول إلى مثل هذه المدفوعات، فيمكن القول إنك لست بحاجة إلى يو بي آي. لا توجد مبادرة سياسية ستجعل العالم عادلاً تماماً. أفضل ما يمكن أن نأمله واقعياً هو برنامج يخفف من عدم المساواة، ويزيل أكثر أشكال الحرمان المادي فظاعة، ويضمن حصول المستهلكين على الدخل الذي يحتاجون إليه لمواصلة دفع النمو الاقتصادي.

كل هذه الأفكار، بالطبع، تواجه تحديات خاصة بها. إذا قمنا بدمج الحوافز في مخطط الدخل الأساسي، فمن الذي سيقرر بالضبط ما هي هذه الحوافز؟ بالنسبة للعديد من الناس، سيثير هذا على الفور هاجس وجود دولة مربية متعجرفة تقيد حرية الاختيار وتضخ نفسها في النسيج اليومي لحياتنا. ومع ذلك، أعتقد أنه يجب أن يكون من الممكن التوصل إلى اتفاق واسع على مجموعة دنيا من الحوافز التي من الواضح أنها ستفيد الأفراد والمجتمع ككل. ومن دواعي القلق ذات الصلة أيضاً هي تسييس برنامج الدخل الأساسي. من السهل جداً تخيل مستقبل يلعب فيه كل سياسي تقريباً على وتر «سأزيد مدفوعاتك الشهرية من يو بي آي». لهذا السبب أعتقد أنه سيكون من المنطقي للغاية إزالة إدارة برنامج الدخل الأساسي من العملية السياسية ووضعه في أيدي وكالة تكنوقراطية مخصصة تعمل وفقاً لمبادئ توجيهية واضحة – بمعنى آخر، مؤسسة شبيهة بالاحتياط الفيديرالي.

لا يعني أي من هذا أننا يجب أن نتخلى عن المزيد من الحلول التقليدية للبطالة أو العمالة الناقصة أو تزايد عدم المساواة. يجب أن نبذل قصارى جهدنا لضمان قدرة أكبر عدد ممكن من العمال على التعايش مع تسارع تأثير الذكاء الاصطناعي والروبوتات في السنوات والعقود القادمة. على وجه الخصوص، يجب أن نستثمر في كليات المجتمع والتدريب المهني بأسعار معقولة أو برامج التدريب المهني التي تقدم بديلاً للمدارس المفترسة الهادفة للربح والتي تشغل حالياً الكثير من المساحة في الولايات المتحدة. ومع ذلك،

أعتقد أن الاضطراب في النهاية سيكون بحيث أن البرامج من هذا النوع ستفشل في النهاية، وسنحتاج إلى اعتماد المزيد من الحلول غير التقليدية.

ستظل العقبات السياسية التي تقف في طريق الدخل الأساسي شاقة، وأعتقد أنه من الناحية الواقعية، قد يحتاج مثل هذا البرنامج إلى البدء عند مستوى أدنى ثم تكثيفه تدريجياً بمرور الوقت. قبل أن يتم سن برنامج وطني، نحتاج إلى المزيد من البيانات والمزيد من الخبرة الفعلية مع الدخل الأساسي الشامل؛ لذلك، يجب أن نبدأ تجارب مصممة للعثور على مقاييس السياسة المثلى. آمل أن تتضمن بعض هذه التجارب في النهاية فكرتي حول دمج الحوافز. ستسمح لنا البيانات الناتجة عن تجارب الدخل الأساسي بصياغة برنامج يتوسع بفعالية ويساعد على ضمان ازدهار واسع النطاق في مستقبل يشكل أساسه الذكاء الاصطناعي.

إن احتمالية البطالة التكنولوجية وزيادة عدم المساواة هي مجرد واحدة من المخاوف الرئيسية التي تأتي مصحوبة بصعود الذكاء الاصطناعي. سيركز الفصلان التاليان على مجموعة من الأخطار الأخرى التي أصبحت واضحة بالفعل أو من المحتمل أن تنشأ مع تقدم التكنولوجيا.

الفصل السابع

الصين وصعود مراقبة الذكاء الاصطناعي

تشكل منطقة شينجيانغ ذات الحكم الذاتي الحدود الشمالية الغربية للصين. المنطقة ضخمة – وهي تشكل مرة ونصف مساحة تكساس – وتحدها سبع دول باستثناء الصين: منغوليا إلى الشمال الشرقي وروسيا من الشمال وكازاخستان وقرغيزستان وطاجيكستان وأفغانستان وباكستان والهند من الغرب. المناخ والتضاريس هائلة – في المقام الأول الجبال الوعرة والصحراء تتخللها مدن الواحات حيث يتجمع معظم سكان المقاطعة البالغ عددهم 24 مليون نسمة. عبر طريق الحرير الأسطوري خاصة والطرق التجارية بشكل عام حيث كان يعبر شينجيانغ شبكة من الطرق ما جعل المنطقة مركزاً للتجارة بين الشرق والغرب التي ساهمت في ظهور الحضارات في جميع أنحاء أوراسيا. سافر ماركو بولو في هذا الطريق في أواخر القرن الثالث عشر حيث رأى الأسواق الصاخبة والجمال المحملة على عكس تلك التي يمكن رؤيتها في شينجيانغ اليوم1.

في حين أن شينجيانغ هي نقطة الصفر لمبادرات المراقبة الصينية، فإن المنطقة تعمل أيضاً كأساس لتثبيت التقنيات والتقنيات التي يتم نشرها تدريجياً في جميع أنحاء البلاد. من المتوقع أن تكون الصين قد ركبت ما يقرب من 300 مليون كاميرا بحلول عام 2020، يرتبط الكثير منها بتقنية التعرف إلى الوجه أو تتميز بتقنيات تتبع أخرى تعتمد على الذكاء الاصطناعي، مثل تحديد المشاة بناءً على طريقة مشيتهم أو ملابسهم.

تمتلك الحكومة الصينية رؤية لتعديل السلوك المنهجي، ويتم تنفيذها من خلال نشر نظام تصنيف اجتماعي شامل. في النهاية، سيتم مراقبة وتسجيل وتحليل جميع جوانب حياة الشخص تقريباً – مشتريات المستهلك، والحركات الجسدية، وتفاعلات وسائل التواصل الاجتماعي، والارتباطات بالآخرين. سيتم بعد ذلك استخدام هذه المعلومات لإنشاء تصنيف اجتماعي شامل لكل فرد.

يتم تسريع كل هذا من خلال صعود الصين السريع لتصبح رائدة على مستوى العالم في أبحاث وتطوير الذكاء الاصطناعي. من خلال بعض المقاييس، مثل العدد الهائل لعلماء ومهندسي الحاسوب العاملين في هذا المجال، وحجم الأوراق البحثية المنشورة، اتخذت الصين بالفعل زمام المبادرة متفوقة على الولايات المتحدة. تستثمر البلاد بشكل كبير وجعلت الذكاء الاصطناعي ضرورة وطنية استراتيجية. في أوائل عام 2018، ألقى الرئيس الصيني خطاباً متلفزاً من مكتبه، وتم رصد كتب عن الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي في الخلفية.2 وتساعد الحكومة أيضاً في تمويل المئات من الشركات الناشئة – والتي تقدر قيمة العديد منها بمليارات الدولارات – وهم قادة تكنولوجيا واضحون.

نظراً لأن الصين تتولى دورها كواحد من المركزين الرئيسيين في العالم للبحث والتطوير في مجال الذكاء الاصطناعي، فمن المرجح أن تصبح المنافسة المستمرة في هذه الساحة بينها وبين الولايات المتحدة والغرب أكثر حدة. يركز جزء كبير من صناعة الذكاء الاصطناعي الناشئة في الصين على تطوير التعرف إلى الوجه وتقنيات المراقبة الأخرى، وتجد هذه الشركات زبائن متحمسين، ليس فقط في الصين، ولكن في البلدان في جميع أنحاء العالم. وكما سنرى، لا تقتصر تقنيات المراقبة القائمة على الذكاء الاصطناعي بأي حال من الأحوال على أنظمة محددة. يتم نشر التعرف إلى الوجوه على نطاق واسع في الولايات المتحدة ودول ديمقراطية أخرى وقد أدى بالفعل إلى نقاش مكثف واتهامات بالتحيز وإساءة الاستخدام. سوف تصبح هذه القضايا أكثر

خطورة مع استمرار التكنولوجيا في أن تصبح أكثر قوة – وما لم يتم تنظيمها بشكل صارم – في كل مكان.

قفزة الصين نحو مقدمة البحث والتطوير في مجال الذكاء الاصطناعي

في حزيران 2018 عُقد مؤتمر كبير حول رؤية الحاسوب في مدينة سولت ليك بولاية يوتا. في السنوات الست التي انقضت منذ مسابقة ايمدجنت الشهيرة عام 2012، تقدم مجال الرؤية الآلية بشكل كبير، ويركز الباحثون الآن على حل المشكلات الأكثر صعوبة. كان أحد أبرز أحداث المؤتمر هو تحدي الرؤية القوية. هذه المسابقة، التي ترعاها كبرى الشركات بما في ذلك آبل وغوغل، وضعت فرق من الجامعات ومختبرات الأبحاث في جميع أنحاء العالم في مواجهة بعضها البعض في سلسلة من التحديات الموجهة نحو تحديد الصور بشكل موثوق في مواقف مختلفة، مثل الإضاءة الداخلية أو الخارجية أو اختلاف الظروف الجوية.[3] تعتبر هذه القدرة ضرورية لتطبيقات مثل السيارات ذاتية القيادة أو الروبوتات التي تعمل في بيئات متنوعة. ركز أحد أهم أجزاء المسابقة على رؤية جهاز الستريو (استخدام كاميرتين بالطريقة التي نوظف بها أعيننا). من خلال تفسير المعلومات المرئية من نقاط مراقبة مختلفة قليلاً، فإن أدمغتنا قادرة على توليد تمثيل ثلاثي الأبعاد للمشهد. تسمح كاميرتان موضوعتان بشكل صحيح للخوارزمية بالقيام بشيء مماثل.[4]

فاجأ الفريق الفائز العديد من الأشخاص وهم مجموعة من الباحثين من جامعة تكنولوجيا الدفاع الوطني الصينية. تأسست الجامعة في عام 1953 كأكاديمية الهندسة العسكرية لجيش التحرير الشعبي وحصلت على العديد من الجوائز الوطنية للبحث والابتكار، لا سيما في علوم الحاسوب. وفقاً لموقعها على الإنترنت، «تبني الجامعة جهودها التعليمية على نظرية الابتكار للحزب لتنمية خلفاء مخلصين ومؤهلين».[5] يبدو هذا مؤشراً جيداً على وجود – في أحسن الأحوال – خط فاصل يسهل اختراقه بين الذكاء الاصطناعي الأكاديمي أو التجاري في الصين والأجهزة السياسية والعسكرية والأمنية في البلاد.

بطبيعة الحال، من المعتاد أن تتدخل الحكومة الصينية وتمارس درجة معينة من السيطرة على كل جانب من جوانب اقتصاد الدولة والمجتمع تقريباً. مع ذلك، فإن التقدم السريع الذي أحرزته الصين مؤخراً في مجال الذكاء الاصطناعي قد تم تسريعه وتنسيقه بشكل كبير من خلال سياسة صناعية واضحة صاغتها الحكومة المركزية.

يعتقد العديد من المراقبين أن الحافز للاندفاع المفاجئ في الاهتمام بالذكاء الاصطناعي من جانب الحزب الشيوعي الصيني كان المنافسة المرموقة بين نظام ألفا غو من ديب مايند وبطل غو لي سيدول التي حدثت في آذار 2016. نشأت لعبة غو في الصين منذ 2500 عام على الأقل، وتحظى بشعبية كبيرة وتبجيل بين الجمهور الصيني. انتصار ألفا غو 4–1، الذي حدث على مدار سبعة أيام في سيول، كوريا الجنوبية، شوهد على الهواء مباشرة من قبل أكثر من 280 مليون شخص في الصين – ما يقرب من ثلاثة أضعاف الجمهور الذي يشاهد مباراة سوبر بول. إن شبح هزيمة الحاسوب للاعب بشري بارز في لعبة فكرية متجذرة بعمق في تاريخ الصين وثقافتها ترك انطباعاً لا يمحى لدى الجمهور وكذلك لدى الأكاديميين الصينيين والتكنولوجيين والبيروقراطيين الحكوميين. يصف كاي فو لي، صاحب رأس المال الاستثماري ومؤلف مقيم في بكين، مباراة ألفا غو مع لي سيدول بأنها «لحظة سبوتنيك الصينية»، في إشارة إلى القمر الصناعي السوفيتي الذي حفز الدعم العام لبرنامج الفضاء الأميركي في الخمسينيات من القرن الماضي.[6]

بعد أكثر من عام بقليل، أقيمت مسابقة ثانية في ووزهن، الصين. في مباراة من ثلاث مباريات وجائزة 1.5 مليون دولار للفائز، تغلب ألفا غو على اللاعب الصيني كي جيه، الذي كان آنذاك في المرتبة الأولى في العالم، بفوزه في ثلاث مباريات متتالية. لكن هذه المرة، لم يكن هناك جمهور حي. أصدرت الحكومة الصينية، التي ربما كانت تتوقع النتيجة، أمراً رقابياً يمنع أي بث مباشر، أو حتى تعليق نصي مباشر، للمباراة.[7]

بعد شهرين من خسارة كي جيه أمام ألفا غو، في تموز 2017، أصدرت الحكومة المركزية الصينية. خطة واضحة تحدد الذكاء الاصطناعي كأولوية وطنية استراتيجية. أعلنت الوثيقة التي تحمل عنوان «خطة تطوير الذكاء الاصطناعي للجيل الجديد» أن الذكاء الاصطناعي على وشك «إحداث تغيير عميق في المجتمع البشري والحياة وتغيير العالم»، ثم انتقل إلى وضع مسار طموح للغاية خطوة بخطوة نحو السيطرة على العالم بحلول عام 2030. بحلول عام 2020، كتب مؤلفو الخطة، أن «التكنولوجيا والتطبيقات الشاملة للذكاء الاصطناعي في الصين ستكون متماشية مع المستويات المتقدمة عالمياً» و«ستصبح صناعة الذكاء الاصطناعي نقطة نمو اقتصادي مهمة جديدة». بعد ذلك، «بحلول عام 2025، ستحقق الصين اختراقات كبيرة في النظريات الأساسية للذكاء الاصطناعي، مثل أن تحقق بعض التقنيات

والتطبيقات مستوى رائداً عالمياً ويصبح الذكاء الاصطناعي القوة الدافعة الرئيسية للارتقاء الصناعي والتحول الاقتصادي في الصين.» وأخيراً، «بحلول عام 2030، يجب أن تحقق نظريات وتقنيات وتطبيقات الذكاء الاصطناعي في الصين مستويات رائدة عالمياً، مما يجعل الصين مركز الابتكار الرئيسي للذكاء الاصطناعي في العالم، وتحقيق نتائج واضحة في الاقتصاد الذكي وتطبيقات المجتمع الذكي، ووضع أساس مهم لتصبح أمة رائدة على غرار الابتكار وقوة اقتصادية» 8.[6]

تمت صياغة هذه الخطة. كان نشر هذه الوثيقة أمراً بالغ الأهمية ليس لأن الحكومة المركزية الصينية لديها القدرة على الإدارة الدقيقة لتطوير قدرات الذكاء الاصطناعي في جميع أنحاء البلاد، ولكن لأنها حددت استراتيجية شاملة، وربما الأهم من ذلك، أنها خلقت حوافز واضحة للحكومات الإقليمية والمحلية. في نظام الصين، يتم تفويض قدر كبير من السلطة لمسؤولي الحزب الشيوعي الذين يديرون مختلف المناطق والمدن في البلاد. يعتمد التقدم في صفوف الحزب على أساس الجدارة إلى حد كبير، ويعتمد المسار الوظيفي للمسؤول بشكل كبير على كيفية أدائه في بيئة تنافسية تقدر الأداء وفقاً لمقاييس محددة.

بالنسبة إلى أولئك الذين ينجحون في التمييز، من المحتمل أن تكون هناك فروق قليلة. قضى شي جين بينغ معظم حياته المهنية كمسؤول كبير في مقاطعتي فوجيان وتشجيانغ، وبعد ذلك في مدينة شنغهاي.

حتى قبل أن تتبنى الحكومة المركزية صراحة الذكاء الاصطناعي، كانت مناطق معينة تقوم بالفعل باستثمارات كبيرة وتشجع الشركات الناشئة في مجال الذكاء الاصطناعي. ركز كثيرون على ممرات عالية التقنية مثل مدينة شينزين الجنوبية ومنطقة تشونغوانكون في شمال غرب بكين، وهما قريبتين من جامعتين مرموقتين في البلاد، بكين وتسينغهوا، وغالباً ما يشار إليهما باسم «سيليكون فالي الصيني». ومع ذلك، أدى نشر وثيقة الاستراتيجية في عام 2017 إلى إنشاء مقياس واضح للذكاء الاصطناعي بشكل فعال، وأدرك المسؤولون الإقليميون أنه من المحتمل الحكم عليهم على أساسه. ونتيجة لذلك، قفزت المناطق والمدن في جميع أنحاء البلاد بسرعة إلى المعركة، وأنشأت مناطق اقتصادية خاصة وحاضنات بدء التشغيل، وقدمت رأس المال الاستثماري المباشر وإعانات الإيجار للشركات الناشئة في مجال الذكاء الاصطناعي. يمكن أن تصل الاستثمارات التي تقوم بها مدينة واحدة بسهولة إلى مليارات الدولارات. سيكون من الصعب تخيل هذا النوع من التوجيهات المنسقة والتركيز على الابتكار في الولايات المتحدة. النسخة الأميركية من

المنافسة بين الأقاليم هي بشكل عام ظاهرة محصلتها صفر، حيث تقوم تكساس بإغراء الشركات من كاليفورنيا أو المدن التي تقدم إعفاءات ضريبية كبيرة للشركات الكبيرة مقابل تسهيلات خلق فرص العمل.

تتمتع الصين بعدد من المزايا الحاسمة لأنها تقدم قوتها في مجال الذكاء الاصطناعي. العديد من هذه المزايا مستمدة مباشرة من عدد سكان البلاد الهائل. اعتباراً من آذار 2020، كان لدى الصين حوالي 900 مليون مستخدم نشط للإنترنت، أي أكثر من الولايات المتحدة وأوروبا مجتمعين وما يقرب من خمس إجمالي عدد الأشخاص عبر الإنترنت على مستوى العالم. ومع ذلك، هذه النسبة تشكل حوالي 65 في المئة فقط من سكانها، مقابل تسعين في المئة في الولايات المتحدة. بعبارة أخرى، تتمتع الصين بإمكانات نمو أكبر عبر الإنترنت. من بين 1.4 مليار شخص في الصين، هناك عدد هائل من طلاب المدارس الثانوية والجامعات الأذكياء والطموحين الذين يتوقون إلى أن يصبحوا بارعين في تقنيات مثل التعلم العميق على أمل الانضمام في نهاية المطاف (أو إطلاق) إلى واحدة من العدد الهائل من الشركات الصينية الناشئة في مجال الذكاء الاصطناعي، حقق الكثير منها أرباح تزيد عن مليار دولار. هؤلاء الشباب هم من بين المشاركين الأكثر تفانياً وحماساً في الدورات التدريبية عبر الإنترنت التي تقدمها أفضل الجامعات الأميركية مثل معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا وستانفورد. كما يقومون بتمشيط الأوراق التقنية التي نشرها كبار الباحثين في مجال الذكاء الاصطناعي في أميركا الشمالية وأوروبا بشغف. ونتيجة لذلك، تعمل الصين بسرعة على تطوير مجموعة كبيرة من المهندسين الموهوبين الذين يعملون بجد للغاية والذين يكتسبون باستمرار أحدث المعارف المتولدة في الغرب، وسوف يستعدون قريباً للاستفادة من الذكاء الاصطناعي عبر كل أبعاد الصين الاقتصادية والاجتماعية.

مع ذلك، تكمن الميزة الأكثر أهمية في الحجم الهائل، فضلاً عن نوع البيانات التي يولدها النشاط الاقتصادي الصيني. كدولة نامية، استثمرت الصين أقل بكثير في البنية التحتية القديمة، ونتيجة لذلك، قفزت البلاد مباشرة إلى حدود تكنولوجيا الهاتف المحمول. يستخدم الجمهور الصيني الهواتف الذكية في مجموعة أنشطة أوسع بكثير مما هو معتاد في الغرب. كل هذا مدفوع بشكل خاص بشعبية تطبيق وي تشات من تينسنت. تم تقديم وي تشات في عام 2011، وقد اكتسب شعبية ساحقة في الصين وأيضاً بين الشتات الصيني في البلدان الأخرى.

وي تشات هو في جوهره تطبيق مراسلة يمكن مقارنته تقريباً بتطبيق واتساب أو فيسبوك. ومع ذلك، اتخذت تينسنت قراراً مبكراً لتوسيع قدرة وي

تشات بشكل كبير من خلال السماح للأطراف بإضافة وظائفهم الخاصة باستخدام ما يسمى «الحسابات الرسمية». ترقى هذه الميزة بشكل أساسي إلى التطبيقات المصغرة وهي شائعة بشكل استثنائي بين الشركات من جميع الأنواع، لا سيما عند دمجها مع قدرة وي تشات على دعم مدفوعات رقمية. في الولايات المتحدة والدول الغربية الأخرى، القاعدة هي أن يكون لكل شركة تطبيق جوال خاص بها. في الصين، تطورت وي تشات إلى نوع من «التطبيق الرئيسي كمنصة»، ويستخدمه الملايين من الشركات والمؤسسات للتفاعل مع الجمهور. يستخدم الصينيون وي تشات ليس فقط للتواصل، ولكن أيضاً لدفع الفواتير في المطاعم، ولحجز مواعيد الطبيب، وللتعارف عبر الإنترنت، ودفع فواتير الخدمات الخاصة بهم، ولطلب سيارات الأجرة، ولفعل أي شيء آخر. ويتوسع عدد الخدمات المتاحة عبر وي تشات بشكل مستمر. على عكس أنظمة مثل آبل باي – التي تتطلب من التجار الاستثمار في معدات نقاط البيع باهظة الثمن – يمكن تنفيذ الدفع عبر الهاتف المحمول عبر وي تشات ببساطة عن طريق عرض رمز شريطي للزبائن لمسحه ضوئياً. نتيجة لذلك، يمكن لأصغر الشركات، مثل بائعي الأطعمة في الشوارع، قبول المدفوعات الرقمية بسهولة. في جميع أنحاء الصين، يعتبر الدفع عبر وي تشات أكثر شيوعاً من بطاقات الائتمان، بل إنه يحل محل النقود في العديد من الأماكن.

النتيجة هي أن هناك نشاطاً رقمياً أكبر بكثير في الصين، ويمتد إلى عمق أكبر بكثير في الاقتصاد الكلي – حيث يشمل سيلاً من المعاملات التي من المحتمل أن تكون خارج الإنترنت في الولايات المتحدة أو أوروبا. وكل دفعة وكل حجز وكل رحلة تاكسي وكل تفاعل من أي نوع يولد بيانات مناسبة بشكل مثالي لتلتهمها خوارزميات التعلم العميق.

بالإضافة إلى كونها أكثر وفرة، فإن البيانات متاحة بشكل عام بشكل أكبر لرواد الأعمال في مجال الذكاء الاصطناعي في الصين. على الرغم من وجود لوائح خصوصية البيانات، إلا أنها ليست مماثلة لما هو في الولايات المتحدة أو خاصة في أوروبا. كما أن الجمهور لا يميل إلى التركيز بشكل خاص على معظم هذه القضايا. المخاوف بشأن الخصوصية الشخصية، أو ربما التحيز العنصري المحتمل في الخوارزميات – القضايا التي يمكن أن تولد بسرعة غضباً ساطعاً في المجتمعات الغربية – غير موجودة أو بالكاد تسبب قلقاً في الصين. فعلى سبيل المثال أدى وصول غوغل إلى بيانات NHS (التي تم التعاقد عليها في الأصل مع ديب مايند) على الفور إلى احتجاج في المملكة المتحدة، تستفيد شركات التكنولوجيا الصينية عموماً من مسار أكثر سلاسة للتنفيذ

والربح عندما يتعلق الأمر بالاستفادة من الذكاء الاصطناعي في مجالات مثل الرعاية الصحية والتعليم. إذا كانت البيانات هي النفط الجديد، فإن رواد الأعمال في مجال الذكاء الاصطناعي في الصين هم من رواد العصر الجديد (حفر ونصب المضخات لاستخراج القيمة في كل موقع واعد عبر تضاريس رقمية غير منظمة نسبياً).

حتى قبل بزوغ شركات الذكاء الاصطناعي الناشئة المدعومة من المشاريع، كانت شركات التكنولوجيا الكبرى في الصين، ولا سيما تينسنت، وعلي بابا، وبايدو، تقوم باستثمارات ضخمة في أبحاث الذكاء الاصطناعي وتطويره. طوّر بايدو، الذي يُطلق عليه غالباً «غوغل الصين» (وهو محرك البحث على الإنترنت الرائد في البلاد) خبرة عميقة في مجالات مثل التعرف إلى الكلام وترجمة اللغة، ولكنه يدفع أيضاً بقوة نحو مجالات أخرى. في عام 2017، على سبيل المثال، قدمت بايدو «أبولو»: وهي منصة مركبة ذاتية القيادة مفتوحة المصدر – وهي في الأساس نوع من «أندرويد للسيارات ذاتية القيادة» – والتي تمنحها الشركة مجاناً لشركات صناعة السيارات الصينية شديدة التجزئة. كما وقعت شركات، بما في ذلك بي أم دبليو وفورد وفولكسفاغن، بالإضافة إلى مزودي التكنولوجيا مثل أنفيديا، كشركاء. في المقابل، تحصل بايدو على البيانات التي يتم إنشاؤها بواسطة المركبات، والتي يمكن استخدامها بعد ذلك لتدريب خوارزمياتها. بعبارة أخرى، تتبع بايدو إستراتيجية فريدة قد توفر في النهاية مزايا مماثلة لما تتمتع به تيسلا التي تمتلك مئات الآلاف من السيارات المجهزة بكاميرات.

كان جزء كبير من التقدم المبكر للذكاء الاصطناعي الصيني مدفوعاً بشكل كبير بنقل المعرفة والمواهب من الولايات المتحدة ودول غربية أخرى. تمت محاولة تجنيد الباحثين الأميركيين الذين يجيدون اللغة الصينية على وجه الخصوص. في عام 2014، على سبيل المثال، وظفت بايدو «أندرو نغ»، أحد أبرز خبراء التعلم العميق في الولايات المتحدة، والذي كان يقود مشروع غوغل برين، وهو أول مبادرة للاستفادة من الشبكات العصبية العميقة واسعة النطاق في غوغل. نغ، الذي مكث مع الشركة لمدة ثلاث سنوات قبل أن يعود إلى سيليكون فالي، أنشأ مختبر أبحاث الذكاء الاصطناعي الأساسي لشركة بايدو في بكين. ثم في عام 2017، عينت بايدو «كي لو» – أحد كبار المسؤولين التنفيذيين في مجال الذكاء الاصطناعي في مايكروسوفت – ليكون رئيس العمليات في الشركة. كي لو، الحاصل على درجة الدكتوراه من جامعة كارنيجي ميلون، هو واحد من عدد متزايد من المهاجرين، تلقوا تعليمهم في أمريكا وتخرجوا من كلياتها واختاروا العودة إلى الصين لأن الفرص التجارية التي تركز على الذكاء الاِصطناعي في الصين غالباً ما يُنظر إليها على أنها أكثر

جاذبية. في الواقع، غالباً ما تؤدي الفرص الوفيرة إلى معدل تبادل مرتفع بين خبراء الذكاء الاصطناعي الموهوبين الصينيين. بقي لو مع بايدو لمدة عام واحد فقط وهو يدير الآن حاضنة للشركات الناشئة في بكين.

أدى الوصول إلى الأبحاث والخوارزميات المطورة في الغرب دوراً رئيسياً أيضاً. بعد حوالي عام من هزيمة ألفا غو لـكي جيه، أعلنت تينسنت أن برنامج غو –بلاي الخاص بها، فاين آرت، قد نجح أيضاً في هزيمة غو ماستر. ومع ذلك، من المحتمل أن يكون نظام تينسنت مستوحى بشكل كبير من عمل ديب مايند المنشور أو ربما تم نسخه مباشرة منه. لا يبدو أن معظم الباحثين الغربيين في مجال الذكاء الاصطناعي الذين تحدثت إليهم قلقون بشكل خاص بشأن هذا النوع من نقل المعرفة أو ينظرون إلى التقدم بشكل يتعلق بالمنافسة الوطنية؛ إنهم يؤمنون بقوة بالنظام العالمي الذي يؤكد على النشر المفتوح للأبحاث والتبادل الحر للأفكار. عندما سألت ديميس هاسابيس الرئيس التنفيذي لشركة ديب مايند عن «سباق الذكاء الاصطناعي مع الصين»، أخبرني أن شركة ديب مايند تنشر أبحاثها علانية، وأنه يعرف أن «تينسنت قد ابتكرت نسخة ألفا غو». لكنه لا ينظر إليها على أنها «سباق بالمعنى الحرفي لأننا نعرف جميع الباحثين وهناك الكثير من التعاون».[13]

وفقاً لتحليل أجراه معهد ألين للذكاء الاصطناعي في أوائل عام 2019، فقد تجاوزت الصين بالفعل الولايات المتحدة من حيث إجمالي الأوراق البحثية حول الذكاء الاصطناعي المنشورة منذ عام 2006.[14] نظراً لوجود إجماع عام على أن العديد من هذه الأوراق منخفضة الجودة نسبياً قام معهد ألين بتحليل إضافي يركز على العدد الأصغر من الأوراق المنشورة التي استشهد بها باحثون آخرون بشدة. وجد التحليل أن الصين تجاوزت الولايات المتحدة من حيث نشر الأوراق بنسبة خمسين بالمئة كما تم قياسها من خلال الاستشهادات بحلول نهاية عام 2019 وبنسبة عشرة بالمئة كما تم قياسها من خلال الاستشهادات بحلول عام 2020. ومن خلال مقياس آخر، تتقدم الصين بالفعل على الولايات المتحدة من حيث العدد الإجمالي لبراءات اختراع الذكاء الاصطناعي.

لا يقبل الجميع فكرة أن الصين على وشك تجاوز الولايات المتحدة في أبحاث الذكاء الاصطناعي وتطويره. أجرى جيفري دينغ، الباحث في مركز حوكمة الذكاء الاصطناعي في معهد «هيومانيتي فيوتشر» التابع لجامعة

أكسفورد، تحليلاً في عام 2018 صنف قدرة الذكاء الاصطناعي في كل من الولايات المتحدة والصين وفقاً لأربعة مقاييس: القاعدة المثبتة لأجهزة حوسبة الذكاء الاصطناعي، وتوافر البيانات المناسبة للتعلم الآلي، والكفاءة في البحث وتطوير الخوارزمية المتقدمة، وقوة المحيط التجاري للذكاء الاصطناعي. بناءً على هذه العوامل، اشتق دينغ ما يسميه «مؤشر إمكانات الذكاء الاصطناعي» ووجد أن الصين حصلت على تصنيف 17 فقط مقابل 33 للولايات المتحدة. يشير دينغ، على سبيل المثال، إلى أن حوالي أربعة بالمئة فقط من براءات اختراع الذكاء الاصطناعي التي بدأت في الصين يتم إيداعها لاحقاً أيضاً في ولايات قضائية أخرى، وهو مؤشر محتمل على تدني الجودة. في شهادته أمام لجنة بالكونغرس الأميركية في حزيران 2019، قال إن صعود الصين المزعوم لهيمنة الذكاء الاصطناعي بولغ فيه، وأن الولايات المتحدة لا تزال تتمتع بمزايا هيكلية كبيرة وأن السياسة الأميركية يجب أن تركز على الحفاظ على الوضع الراهن.[16]

بالمقابل، يعتقد كاي فو لي أن الولايات المتحدة ستستمر على الأرجح في التميز في البحث على حدود الذكاء الاصطناعي، لكن هذه الميزة ستطغى قريباً عليها الكفاءة الصينية في القيام بالعمل العملي والمفصّل وتطبيق التكنولوجيا فعلياً في التطبيقات عبر الاقتصاد. يجادل لي بأن وضع الذكاء الاصطناعي للعمل في المجال التجاري لا يتطلب باحثين من ذوي الرؤى العليا، ولكن ببساطة أعداد كبيرة من المهندسين الأكفاء والمثابرين مع سهولة الوصول إلى طوفان من البيانات التي يمكن استخدامها لتدريب خوارزميات التعلم الآلي.[17]

في أي سباق متصور للذكاء الاصطناعي بين الولايات المتحدة والصين تثار بشكل كبير من خلال الحقيقة الواضحة المتمثلة في أن تأثير الذكاء الاصطناعي لن يقتصر بأي حال من الأحوال على القطاع التجاري. سيقدم الذكاء الاصطناعي مزايا هائلة يمكن الاستفادة منها على نطاق واسع في تطبيقات الأمن العسكري والوطني. تدرك الحكومة الصينية ذلك تماماً، وقد تحركت بقوة لمحو أي عائق بين هذين المجالين. في عام 2017 تم تعديل الدستور الصيني ليطالب صراحة بمشاركة أي تقدم تكنولوجي يتم إنشاؤه في القطاع التجاري مع جيش التحرير الشعبي، استجابة لمبادرة مباشرة من قبل شي جين بينغ. يُعرف هذا بمبدأ «الاندماج العسكري – المدني». في عام 2018، دخلت بايدو في شراكة مع معهد عسكري صيني يركز على تكنولوجيا الحرب

الإلكترونية في مشروع لتطوير تكنولوجيا قيادة وتحكم ذكية للجيش. كان المدير التنفيذي المسؤول في بايدو، يين شيمينغ، مثالاً آخر على المهندس الذي طوّر خبرة عميقة في العمل في الشركات الغربية، بما في ذلك SAP وآبل. في حدث الإعلان عن الشراكة، أعلن يين أن بايدو والمعهد العسكري «سيعملان جنباً إلى جنب لربط الحوسبة والبيانات والموارد المنطقية لمواصلة تطوير تطبيقات الجيل الجديد من تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال الدفاع».[18]

قارن هذا بالضغط الذي مارسه الموظفون غير الراضين على غوغل لإنهاء محاولتها للتنافس على عقد الحوسبة السحابية للبنتاغون. مشروع مافن – مبادرة دفاعية أخرى – والتي تضمنت تطوير خوارزميات الرؤية الحاسوبية التي يمكن استخدامها لتحليل الصور التي تم جمعها من الطائرات العسكرية الأميركية بدون طيار، ولدت المزيد من الغضب بين العاملين في غوغل. في عام 2018، وقع أكثر من 3000 موظف على عريضة تعترض على المشروع، وغادر عدد من الخبراء الفنيين الشركة.[19] كما هو الحال مع مشروع مافن، تخلت غوغل في النهاية عن المشروع. على الرغم من أن موظفي غوغل لديهم بالتأكيد كل الحق في التعبير عن آرائهم، إلا أن عدم التناسق هنا، كما أعتقد، واضح ومثير للقلق. إن فكرة أن العمال في بايدو أو تينسنت يمكنهم (أو سيرغبون) في تقديم احتجاج مماثل هي، بصراحة، فكرة سخيفة. لا يمكن الالتفاف حول حقيقة أن الحريات التي يتمتع بها مواطنو الدول الديمقراطية ليست حقوق إنسان جوهرية موجودة لممارستها ببساطة – بل هي حقوق سياسية يجب الدفاع عنها في مواجهة الاستبداد. مع اقتراب الكفاءة العامة في تقنيات الذكاء الاصطناعي من التكافؤ بين البلدين، كيف يمكن للولايات المتحدة أن تنافس على أسس الأمن القومي إذا كانت شركات مثل غوغل مترددة في التعاون مع الوكالات العسكرية والأمنية الأميركية، بينما تلتزم نظيراتها الصينية بمساعدة دولتها.

بالنسبة لي، يبدو واضحاً أن الولايات المتحدة والدول الغربية الأخرى بحاجة إلى أن تأخذ صعود الصين السريع في مجال الذكاء الاصطناعي على محمل الجد. من المرجح أن يستدعي هذا دعماً حكومياً متزايداً للبحوث الأساسية في الجامعات. من المهم أيضاً أن تستمر الولايات المتحدة، على وجه الخصوص، في الاستفادة من إحدى أهم مزاياها: حقيقة أن جامعاتها وشركاتها التكنولوجية كانت نقطة جذب للمواهب من جميع أنحاء العالم.

تتجلى بوضوح الحاجة إلى انفتاح الولايات المتحدة على المهاجرين أصحاب المهارات العالية وفقاً لخبرات 23 باحثاً من كبار الباحثين في مجال الذكاء الاصطناعي ممن قابلتهم في كتابي 2018 «مهندسو الذكاء». يعمل تسعة عشر شخصاً من أصل 23 شخصاً الذين تحدثت معهم حالياً في الولايات المتحدة، وقد وُلد أكثر من نصف هؤلاء التسعة عشر شخصاً. خارج الولايات المتحدة. وهم في الأصل من أستراليا والصين ومصر وفرنسا وروديسيا (زيمبابوي الآن) ورومانيا والمملكة المتحدة. إذا فشلت الولايات المتحدة في الاستمرار في جذب ألمع علماء الحاسوب من جميع أنحاء العالم، فستحصل الصين حتماً على ميزة مع استمرارها في الاستثمار بشكل أكبر في تعليم سكان يبلغ عددهم أربعة أضعاف سكان الولايات المتحدة تقريباً.

صعود حالة المراقبة في الصين

ما من مكان يتجلى فيه التآزر القوي بين حكومة الصين وبيئة الذكاء الاصطناعي لريادة الأعمال أكثر من مجموعة الشركات الناشئة التي تركز على تقنية التعرف إلى الوجه. اعتباراً من أوائل عام 2020، حققت أربع شركات في هذه المجموعة – سينس تايم وكلاود ووك وميغفي وبيتو – وضع «يونيكورن» أو تقييم سوق بأكثر من مليار دولار. بينما قد يناقش المحللون ما إذا كانت الصين قد وصلت إلى شيء قريب من التكافؤ مع الولايات المتحدة في التكنولوجيا الشاملة للذكاء الاصطناعي، ليس هناك شك في أنه عندما يتعلق الأمر بخوارزميات التعلم العميق المنتشرة لتحليل الوجوه والتعرف إليها والسمات الأخرى، فإن الشركات الصينية في الصدارة المطلقة في هذا المجال. كما هو الحال مع المناطق الأخرى التي يتم فيها نشر الذكاء الاصطناعي في الصين، فإن المحرك الأساسي لكل هذا التقدم هو الوصول إلى طوفان هائل من البيانات التي يمكن استخدامها لتدريب خوارزميات التعلم الآلي. مع وجود ما يقدر بنحو 300 مليون كاميرا مراقبة مثبتة في جميع أنحاء البلاد اعتباراً من عام 2020، فإن الصين – عندما يتعلق الأمر بتوافر الصور الرقمية للوجوه البشرية في كل موقف يمكن تصوره ومن كل زاوية ممكنة – هي الرائدة عالمياً.

يتم دعم الشركات الناشئة للتعرف إل الوجوه من خلال الطلب غير المحدود لتكنولوجيا المراقبة من كل مستوى من مستويات الدولة في الصين. بعض أكثر المشترين حماساً لهذه التكنولوجيا هم إدارات الشرطة المحلية، التي تقوم بشكل متزايد بإنشاء شبكات مراقبة خاصة بمناطقها. بينما تظل شينجيانغ نقطة الصفر بالنسبة للمراقبة الصينية للمقاطعات، فإن التقنيات

التي تم اختبارها وإتقانها هناك تنتشر بسرعة في جميع أنحاء البلاد. غالباً ما تجمع إدارات الشرطة أنظمة التعرف على الوجه مع تقنيات أخرى مثل ماسحات الهاتف المحمول (والتي تلتقط رمز تعريف فريداً لكل هاتف يمر عبر المنطقة المجاورة) وقارئات لوحة ترخيص السيارة وتقنية التعرف إلى بصمات الأصابع، يمكن للخوارزميات في كثير من الأحيان، على سبيل المثال، مطابقة رموز تعريف الهاتف مع الوجوه، وإنشاء نظام تتبع وتحديد شامل للأفراد. يتم تثبيت هذه الأنظمة في الأحياء أو عند مداخل مبانٍ محددة معروف أنها مرتبطة بمستويات جريمة أعلى. غالباً ما يتم تمكين الدخول إلى المجمعات السكنية من خلال أنظمة التعرف إلى الوجه بدلاً من البطاقات الرئيسية أو غيرها من الأساليب الأقل تدخلاً. وهذا يمكّن إدارة المباني وأقسام الشرطة المحلية من تعقب السكان والضيوف وكذلك منع التأجير غير القانوني للشقق.[21]

تتجمع كاميرات المراقبة أيضاً بشكل كبير في أي مناطق يزورها المسافرون أو حيث من المحتمل أن تتجمع الحشود، مثل محطات القطارات، والملاعب، والمعالم السياحية، وأماكن الفعاليات. في عدد من الحالات التي حظيت بتغطية إعلامية كبيرة، ألقت الشرطة القبض على أفراد معينين في حفلات موسيقية أو مهرجانات حضرها ما يصل إلى 60 ألف شخص، فقط على أساس خوارزميات تنبه السلطات إلى مطابقة التعرف إلى الوجه.[22] في مشهد يبدو وكأنه من فيلم خيال علمي بائس، يمكن للشرطة القبض على المشتبه بهم من خلال وضع نظارات التعرف إلى الوجه التجريبية التي يمكنها تحديد الهوية طالما ظل الهدف ثابتاً لعدة ثوانٍ وتم تضمينه في قاعدة بيانات التعرف إلى الوجه الإقليمية. يمكن لأنظمة الذكاء الاصطناعي الأخرى تتبع الأشخاص بناءً على الملابس التي يرتدونها أو حتى من خلال تحليل الخصائص الفريدة لمشيتهم.

أحد أشهر استخدامات هذه التكنولوجيا، أنشأت مدينة شينجيانج نظاماً للقبض على المشاة ومن ثم إحراجهم عند تقاطع مزدحم. يلتقط النظام صوراً للأشخاص الذين يعبرون الشارع بشكل غير قانوني والتي يتم مطابقتها لاحقاً مع هوياتهم ويتم عرضها على شاشة كبيرة في محاولة لتعريضهم للفضح العام. وفي مدن أخرى، بما في ذلك شنغهاي، تفرض أنظمة مماثلة غرامات. من المؤكد أنه ليست كل استخدامات تقنية التعرف إلى الوجه في الصين موجهة بشكل خاص نحو المراقبة. تعد الدولة رائدة في مسح الوجوه للسماح

بالدفع في متاجر البيع بالتجزئة أو لشراء تذاكر القطار أو على متن الطائرات. ومع ذلك، فإن أياً من البيانات التي يتم إنشاؤها من خلال الاستخدام الروتيني للتكنولوجيا تكون متاحة بشكل شبه مؤكد لإدارات الشرطة ووكالات الأمن.

في حين يمكن الدفاع عن الكثير من أشكال المراقبة المنتشرة في الصين، على الأقل يمكن اعتبارها، كآلية لحماية المجتمع من الأفراد ذوي الخلفيات الإجرامية المعروفة، إلا أنها في حالات أخرى تتجاوز الحدود الأخلاقية بطرق لا يمكن تصورها في الغرب. بعض أقسام الشرطة، على سبيل المثال، قدمت طلبات محددة للتكنولوجيا التي تم تكوينها ليس للتعرف إلى الوجوه الفردية، ولكن بالأحرى على الخصائص العرقية.

تحركت الشركات الناشئة الصينية للتعرف إلى الوجه بسرعة لتلبية الطلب في السوق. تضمن مقال نُشر في نيسان 2019 بول موزير في نيويورك تايم لقطة شاشة لمواد تسويقية عبر الإنترنت من كلاود ووك وعدت المشترين المحتملين لتقنيتها بأنه في حالة «زيادة عدد المجموعات الحساسة من الأشخاص في الحي فإنه يرسل على الفور إنذارات حتى يتمكن موظفو تطبيق القانون من الرد، واستجواب الناس والتعامل مع الموقف، ووضع خطة للطوارئ».[24]

بجانب الصور التي يبدو أنها تظهر عائلة الأويغور تقف بسلام، يمضي موقع كلاود ووك ليشرح تحت عنوان «التحكم في الجوار ومنع الأشخاص الحساسين»، يجمع نظام التعرف على الوجه هوية هؤلاء الأشخاص بيانات وجههم، في نفس الوقت تجمع منصة البيانات الكبيرة فاير آي هويات المجموعات الحساسة وأوقات الدخول والخروج، وعدد الأفراد، وما إلى ذلك، ويصدر تحذيرات للشرطة حتى يتمكنوا من تنفيذ هدفهم المتمثل في تتبع المجموعات الحساسة والسيطرة عليها.[25]

حتى العلامة التجارية لمنتج كلاود ووك («منصة البيانات الكبيرة فاير آي)» تبدو مأخوذة مباشرة من روايات الخيال العلمي المخيفة بشكل خاص. يمكن تقريباً استخدام أي تقنية متقدمة للتعرف على الوجه كسلاح ضد مجموعات معينة من خلال برمجة النظام لتحديد سمات مثل العرق أو الجنس أو شعر الوجه أو الملابس الدينية. قد يتوج مسار الصين نحو «مراقبة أكثر شمولاً لمواطنيها» بالتنفيذ الكامل لنظام الائتمان الاجتماعي المخطط له في البلاد. تم الإعلان عنه في عام 2014 كطريقة للمكافأة «الجدارة بالثقة» بين

جميع السكان، والقصد المعلن للبرنامج هو «السماح للموثوقين بالتجول في كل مكان مع وضع صعوبات على من فقدوا المصداقية في اتخاذ خطوة واحدة».[26] يبدأ نظام الائتمان الاجتماعي بمقاييس نموذجية لأنظمة الائتمان المدارة تجارياً أو تصنيف المستهلك في الغرب، مثل التقييمات المستندة إلى تاريخ الشخص في سداد التزامات الديون أو نوع أنظمة التصنيف المستخدمة في خدمات مثل أوبر أو اير بي أن بي، بالإضافة إلى عدم دفع فواتيرك أو غراماتك في الوقت المناسب، قد يشمل ذلك لعب الكثير من ألعاب الفيديو، أو نشر أفكار مثيرة للجدل على وسائل التواصل الاجتماعي، أو التواصل مع الأشخاص الخطأ، أو تناول الطعام، أو إلقاء القمامة، أو تشغيل موسيقى صاخبة في وسائل النقل العام، والتدخين في الأماكن العامة. يمكن أن يكافئ حساب الائتمان الاجتماعي على السلوكيات الإيجابية، مثل الفوز بجائزة مدنية، أو التبرع بالمال للأعمال الخيرية أو بذل جهد كبير لرعاية أفراد الأسرة أو مساعدة الجيران. يمكن للنظام أن يصل حتى إلى قرارات المستهلك الأكثر حميمية، على سبيل المثال، مكافأة المشتريات التي تعتبر إيجابية، مثل حفاضات الأطفال، مع معاقبة الشراء المفرط للكحول. يكافأ أولئك الذين يحققون أعلى الدرجات بمزايا مثل الخصومات على فواتير التدفئة، وأوقات انتظار أقصر في المستشفيات أو الوكالات الحكومية، أو الوصول المفضل إلى أفضل فرص العمل. من ناحية أخرى، يواجه أولئك الذين لديهم درجات ائتمان اجتماعي منخفضة عقوبات مثل عدم القدرة على حجز التذاكر على متن الطائرات والقطارات، أو عدم الوصول إلى أفضل المدارس لأطفالهم، أو حظر محاولات إجراء حجوزات في فنادق أو منتجعات مرغوبة. وبمجرد أن يتم تشغيل مثل هذا النظام الشامل بكامل طاقته، فإنه سيكون آلية تدخل غير عادية للسيطرة، تُمارس بشكل مستمر على كل شخص بالغ تقريباً في عدد سكان الصين الهائل. إنها فكرة وصفتها هيومن رايتس ووتش قائلة «تقشعر لها الأبدان».[28]

في حين أن كل هذا يمثل الرؤية النهائية، فإن الواقع الحالي أقل تماسكاً بكثير. من الناحية العملية، يتم تجزئة نظام الائتمان الاجتماعي إلى برامج تجريبية تديرها مختلف المدن والحكومات المحلية جنباً إلى جنب مع مجموعة من أنظمة التصنيف التجاري التي تديرها الشركات، مثل علي بابا أو تينسنت، التي تحتفظ بأنظمة الدفع عبر الهاتف المحمول.[29] بعض البرامج – أحدها في مدينة رونغتشينغ – لاقت قبولاً واسعاً من الجمهور لأنها شفافة

نسبياً، وتعاقب فقط على السلوكيات غير القانونية بشكل واضح مما أسفر عن نتائج إيجابية لا يمكن إنكارها. بدأ السائقون في رونغتشينغ، على سبيل المثال، بالتوقف عند ممرات المشاة احتراماً للمشاة بمجرد توضيح أن الانتهاكات ستؤثر سلباً على تصنيفاتهم الائتمانية الاجتماعية. تم بالفعل رفض ملايين تذاكر الطيران أو القطارات عالية السرعة للمواطنين الصينيين، ولكن هذا بشكل عام لأن أسمائهم ظهرت في القوائم السوداء المستخدمة منذ فترة طويلة بدلاً من نتيجة تم إنشاؤها بواسطة الخوارزميات. تتضمن القائمة السوداء الأكثر أهمية التي تحتفظ بها محكمة الشعب العليا، بشكل أساسي الأشخاص الذين لديهم ديون غير مدفوعة أو أحكام قضائية أو غرامات كما هو الحال مع جميع الوظائف الحكومية تقريباً في الصين يمثل الفساد وانعدام الشفافية مشكلة مستمرة. بمرور الوقت، يبدو أنه من المؤكد أن تصبح هذه الأنظمة أكثر تكاملاً بكثير، وسيتم تضخيم تداخلها من خلال التعرف إلى الوجه وتقنيات الذكاء الاصطناعي الأخرى المستخدمة لتتبع ومراقبة المواطنين. في نهاية المطاف، يمكن أن يظهر نظام حقيقي للرقابة الاجتماعية الشاملة والمنظمة بعناية.

لا يقتصر أي من هذا على الصين نفسها. في الواقع، يؤدي تصدير تكنولوجيا المراقبة دوراً رئيسياً في الإستراتيجية الشاملة التي تتبعها الحكومة الصينية لتحويل إنتاج البلاد نحو المنتجات التكنولوجية عالية القيمة بدلاً من السلع منخفضة القيمة. تسيطر الصين على ما يقرب من نصف السوق العالمية لتقنية التعرف إلى الوجه. وتقود شركة صينية واحدة – وهي شركة هواوي للاتصالات السلكية واللاسلكية – الكثير من هذا. وفقاً لتحليل أجرته مؤسسة كارنيجي للسلام الدولي في أيلول 2019، باعت هواوي تكنولوجيا المراقبة – بما في ذلك التعرف على الوجه – إلى ما لا يقل عن خمسين دولة و230 مدينة، بمعدل أكثر بكثير من أي شركة أخرى. وبالمقارنة، فإن أقرب المنافسين في الولايات المتحدة – آي بي أم، وبالانتير وسيسكو – لديهم أنظمة مثبتة في أقل من اثني عشر دولة.[30]

غالباً ما يتم تمويل مبيعات هواوي من معدات المراقبة بقروض مدعومة من الحكومة الصينية. وقد شاركت دول من بينها كينيا ولاوس ومنغوليا وأوغندا وأوزبكستان وزيمبابوي، في بعض الحالات كجزء من مبادرة الحزام والطريق العالمية في بكين، والتي تمول البنية التحتية في ما يقارب سبعين دولة. تعد إفريقيا محوراً مهماً بشكل أساسي، وبحسب بعض الروايات،

كان لأنظمة التعرف إلى الوجه الصينية بالفعل تأثير كبير. تدعي هواوي أن تركيب تقنيتها في العاصمة الكينية نيروبي وحولها أدى إلى انخفاض بنسبة 46 بالمئة في الجريمة في عام 2015.[31]

لقد أدت التداعيات الأمنية وحقوق الإنسان للتكنولوجيات التي تطورها الشركات الصينية بالفعل إلى احتكاك كبير مع الولايات المتحدة. في نيسا 2019، تعرضت هواوي لقيود تجارية أدت إلى حظر بيع التكنولوجيا الأميركية مثل البرمجيات ورقائق الحاسوب للشركة. كان هذا مدفوعاً بمزيج من المواقف الأميركية وسط تصاعد الحرب التجارية العامة والمخاوف طويلة الأمد من أن تكنولوجيا البنية التحتية للهاتف المحمول 5G التي تبيعها الشركة يمكن أن تسمح للحكومة الصينية بالوصول إلى الاتصالات في الولايات المتحدة إذا تم تركيب المعدات محلياً.[32] حققت الولايات المتحدة أيضاً نجاحاً متبايناً في جهودها لممارسة ضغط كبير على الدول الحليفة لحظر استخدام معدات هواوي بالمثل. بالإضافة إلى ذلك لقد تم اتهام هواوي بانتهاك الحظر التجاري الأميركي المفروض على إيران.

بعد خمسة أشهر، مددت الولايات المتحدة القائمة السوداء التجارية لتشمل العديد من شركات الذكاء الاصطناعي الناشئة الأكثر أهمية في الصين، بالإضافة إلى عشرين قسم شرطة أو وكالة أمنية صينية، وشمل الحظر ثلاثة من أربعة من أنظمة التعرف على الوجه في الصين، وكذلك iFlytek، المتخصصة في أنظمة التعرف إلى الكلام، وشركتان تصنعان الكاميرات وأجهزة المراقبة الأخرى.[33]

في أعقاب جائحة فيروس كورونا، تصاعدت التوترات بين الولايات المتحدة والصين بشكل كبير، وهناك اعتراف واسع النطاق بأن الاعتماد المفرط على الإنتاج الصيني من المحتمل أن يهدد وصول الولايات المتحدة إلى المواد الاستراتيجية الهامة للغاية، وكذلك إمدادات الرعاية الصحية والأدوية. حتى قبل الأزمة، كان من الواضح أن التآزر الاقتصادي والاعتماد المتبادل بين البلدين – وهي ظاهرة أطلق عليها المؤرخ نيال فيرغسون اسم «Chimerica» في عام 2006 – بدأت تتلاشى تدريجياً. إذا ازدادت التوترات واستمرت الدولتان في الانفصال، يبدو أنه لا مفر من أن الصراع والمنافسة التي تركز على تطوير ونشر الذكاء الاصطناعي الأمر الذي سيلعب دوراً مركزياً، وبما أنه أصبح من الواضح أن الذكاء الاصطناعي هو تقنية منهجية

واستراتيجية، فإن شبح سباق تسلح كامل للذكاء الاصطناعي بين البلدين يلوح في الأفق باعتباره خطراً حقيقياً

نقاش ناشئ حول التعرف إلى الوجه في الغرب

في شباط 2019، كانت شرطة ولاية إنديانا تحقق في جريمة وقعت عندما دخل رجلان في شجار في حديقة. سحب أحد الرجلين مسدسه وأطلق النار على الرجل الآخر في بطنه، ثم فر من مكان الحادث. سجل أحد المارة الحادث على هاتف محمول، لذلك قرر محققو شرطة الولاية محاولة تحميل صورة لوجه المهاجم على نظام جديد للتعرف إلى الوجه كانوا يجربونه. قام النظام بإنشاء تطابق على الفور؛ ظهر مطلق النار في مقطع فيديو نُشر على مواقع التواصل الاجتماعي مع وصف يتضمن اسمه. استغرق الأمر حوالي عشرين دقيقة لحل القضية، على الرغم من أن المشتبه به لم يُسبق أن قبض عليه ولم يكن لديه حتى رخصة قيادة.[34]

شركة غامضة تسمى كليرفيو كانت قاعدة بيانات الصور المتاحة لتطبيقها ضخمة حقاً. وبدلاً من الاعتماد على الصور الحكومية الرسمية مثل تلك المرتبطة بجوازات السفر أو رخص القيادة، قامت الشركة ببساطة بمسح الإنترنت وتمشيط الصور المتاحة للجمهور من مجموعة متنوعة من المصادر بما في ذلك فيسبوك ويوتيوب وتويتر. إذا وجد نظام كليفرفيو تطابقاً، فسيعرض التطبيق روابط لصفحات الويب أو ملفات تعريف الوسائط الاجتماعية، وإذا ظهرت صورة مطابقة على الإنترنت مما يسمح غالباً بالتعريف الفوري. تضمنت مجموعة البيانات التي أنشأتها كليرفيو ما يقارب ثلاثة مليارات صورة مقطوعة (أكثر من سبعة أضعاف حجم قاعدة البيانات الفوتوغرافية الرسمية للمواطنين الأميركيين التي يحتفظ بها مكتب التحقيقات الفيدرالي). كان هذا إنجازاً رائعاً، لا سيما وأن كليفرفيو كانت شركة صغيرة وعلى الأقل حتى كانون الثاني 2020، كانت غير معروفة تماماً خارج دوائر تطبيق القانون. [35]

في ذلك الشهر، نشرت صحيفة نيويورك تايمز كشفاً استقصائياً كبيراً للمراسل التكنولوجي كشمير هيل الذي تعمق في خلفية الشركة، ولأول مرة، سلّط الضوء على عملياتها. اتضح أن كليرفيو قد تم تأسيسها في عام 2016 من قبل رجل أعمال أسترالي يُدعى هوان تون ذات. من بين التمويلات الأخرى، تلقت الشركة الناشئة 20 ألف دولار من الأموال الأولية من المستثمر في

سيليكون فالي بيتر ثيل، الذي شارك أيضاً في تأسيس بالانتير، وهي شركة لتحليل البيانات والمراقبة لها علاقات مهمة مع وكالات الأمن وإدارات الشرطة.

زعمت كليرفيو أنها جعلت تقنيتها متاحة فقط لتطبيق القانون الشرعي أو لوكالات الأمن الحكومية. ومع ذلك، لم يكن هناك أي شيء نظرياً يمنع الشركة من إتاحة نظامها للجمهور في نهاية المطاف، مما يزيد من شبح الفقد شبه الكامل لمجهولية الهوية. بمجرد أن تصبح التكنولوجيا متاحة على نطاق واسع، يمكن التعرف إلى أي شخص تقريباً في أي مكان على الفور بواسطة أي شخص غريب عشوائي يستخدم تطبيق كليرفيو. بالنظر إلى اسم الشخص، سيكون من السهل العثور على عنوان المنزل ومكان العمل وجميع أنواع المعلومات الحساسة الأخرى. ستكون النتيجة الحتمية انفجار المطاردة أو الابتزاز أو العار العلني لأي تصرفات طائشة تقريباً، وسوء تصرفات أخرى لا حصر لها. بعبارة أخرى، يبدو أنه من الممكن تماماً أن تظهر ديستوبيا المراقبة المفرطة – يحتمل أن تكون تتدخل بشكل أكبر وتصبح مخيفة أكثر من أي شيء يتم التفكير فيه في الصين – دون أي تدخل حكومي أو رقابة على الإطلاق. لا يبدو أن بعض مؤيدي كليرفيو قلقون بشكل خاص بشأن هذا الاحتمال. قال أحد المستثمرين الأوائل في الشركة لصحيفة نيويورك تايمز: «لقد توصلت إلى استنتاج مفاده أنه نظراً لتزايد المعلومات باستمرار، فلن تكون هناك خصوصية على الإطلاق». «يجب أن تحدد القوانين ما هو قانوني، لكن لا يمكنك حظر التكنولوجيا. بالتأكيد، قد يؤدي ذلك إلى مستقبل بائس أو شيء من هذا القبيل، لكن لا يمكنك حظره».[36]

أطلق مقال التايمز العنان لعاصفة من الجدل ركزت على الشركة، وجذبت أيضاً انتباه المتسللين، الذين تمكنوا من اقتحام خوادم كليرفيو والحصول على قائمة كاملة بزبائن الشركة الذين يدفعون بالإضافة إلى الزبائن المحتملين الذين كانوا يستخدمون خدمة النسخة تجريبية مجانية من التطبيق لمدة ثلاثين يوماً. اتضح أن مستخدمي كليرفيو شملوا وكالات رئيسية مثل الأف بي آي، والانتربول، ودائرة والجمارك الأميركية (ICE)، ومكتب المدعي العام الأميركي للمنطقة الجنوبية من نيويورك، بالإضافة إلى المئات من أقسام الشرطة في جميع أنحاء العالم. وعلى الرغم من ادعاءات الشركة بأنها تعمل فقط مع وكالات تطبيق القانون المعتمدة، فقد تم استخدام التطبيق في شركات خاصة بما في ذلك بيست باي، وماكيز وريت آيد

ووولمارت. والأسوأ من ذلك، كان هناك دليل على أن عمال القطاع الخاص ربما يستخدمون التطبيق دون إذن من أصحاب العمل. وجد تحقيق أجراه بازفيد أن خمسة حسابات مرتبطة بهوم ديبو أجرت ما يقرب من مئة عملية بحث باستخدام التطبيق، على الرغم من حقيقة أن إدارة هوم ديبو ادعت أن لا علم لها بالأمر.[37]

تسبب الدعاية في رد فعل فوري عنيف. في غضون أسابيع، أرسل تويتر وفيسبوك وغوغل أوامر الإيقاف والكف إلى الشركة مطالبة إياها بإزالة الصور من خوادمها وحذف أي صور موجودة بالفعل في قاعدة بيانات التطبيق لأن الشركة انتهكت اتفاقية خدمة آبل بالتحايل على متجر التطبيقات. بعد ذلك بوقت قصير، أعلنت الشركة أنها ستنهي جميع اتفاقيات الترخيص مع الشركات الخاصة، وتركز حصرياً على وكالات إنفاذ القانون، ولكن تم رفض هذا على نطاق واسع باعتباره غير كافٍ. في مايو، رفع الاتحاد الأميركي للحريات المدنية دعوى قضائية ضد كليرفيو، وأعلن أن تكنولوجيا الشركة تطرح «سيناريو مرعب» من شأنه «إنهاء الخصوصية كما نعرفها إذا لم يتم إيقافها».[40] تواصل كليرفيو العمل وقد صرحت أنها تعتقد أن لها الحق في البحث على الإنترنت عن الصور وهي مستعدة لخوض معركة قانونية مع شركات وسائل التواصل الاجتماعي حول هذا الوصول.

تقدم كليرفيو قصة تحذيرية مهمة ليس فقط للتعرف إلى الوجه ولكن للذكاء الاصطناعي بشكل عام. باستخدام مثل هذه التكنولوجيا القوية الفريدة، يمكن لأصغر فريق من الخبراء التقنيين – أو ربما حتى فرد واحد – أن يطلق العنان لاضطراب اجتماعي أو اقتصادي على نطاق لا يمكن تصوره تقريباً، وكما سنرى في الفصل التالي، فإن المخاطر لا يمكن تصورها. وهذا لا يقتصر على نشر تقنيات المراقبة التي تدعم الذكاء الاصطناعي.

نظراً لرد الفعل العنيف الساحق ضد الشركة، يبدو من المرجح أن يتم كبح جماح طموحات كليرفيو. ومع ذلك، بشكل عام، فإن نشر نظام التعرف إلى الوجه يتسارع بسرعة في جميع أنحاء البلدان الغربية، والمجتمعات الديمقراطية سوف تواجه حاجة ملحة بشكل متزايد لإجراء مقايضات قائمة على القيمة ومواجهة القضايا الأخلاقية التي تحيط باستخدام التكنولوجيا. في لندن – التي تعد بالفعل أكثر المدن الغربية التي تخضع للمراقبة – بدأ نشر 41 نظاماً للتعرف إلى الوجه في أوائل عام 2020. صرحت شرطة العاصمة أن الأنظمة ستبحث فقط عن الأشخاص المطلوبين. قائمة المراقبة تتكون من

الأفراد المطلوبين لارتكاب جرائم خطيرة أو عنيفة. ومع ذلك، يمكن أيضاً استخدام النظام للبحث عن الأطفال والبالغين المفقودين.[42]

في الولايات المتحدة، يتمتع ربع أقسام الشرطة بإمكانية الوصول إلى تقنية التعرف على الوجه. تُستخدم الأنظمة أيضاً على نطاق واسع في المطارات، حيث تبحث عن إرهابيين أو مجرمين معروفين وتستخدم بشكل متزايد للتحقق من الهوية أثناء عملية الفحص الأمني. في معظم الحالات، كما هو الحال مع النظام في لندن، تُستخدم التكنولوجيا لتحديد الأشخاص الموجودين في قوائم مراقبة محددة فقط. ومع ذلك، فإننا نقترب تدريجياً من احتمال الوصول إلى الواقع المرير الذي ينذر به تطبيق كليرفيو، حيث يمكن تحديد أي شخص تقريباً. يحتفظ مكتب التحقيقات الفيدرالي بقواعد بيانات فوتوغرافية – وفقاً لتحليل أجراه مركز الخصوصية والتكنولوجيا التابع لكلية الحقوق بجامعة جورجتاون – يتضمن صوراً لنحو 117 مليون شخص أي ما يقارب نصف السكان البالغين في الولايات المتحدة.[43] تأتي العديد من الصور من صور رخصة القيادة التي تحتفظ بها الولايات وتشمل جميع السكان الذين يحملون بطاقات هوية صادرة عن الدولة، وليس فقط المطلوبين لارتكاب جرائم أو لديهم سجلات جنائية. لا داعي للقول إنه لا يوجد شرط بموافقة الأفراد على تضمين صورهم، ولا توجد طريقة للخروج من النظام. على الرغم من أن التهديد المحتمل للخصوصية حقيقي جداً، فمن المهم إدراك أن أنظمة التعرف على الوجه، المنشورة بشكل صحيح وأخلاقي، تحقق فوائد لا لبس فيها. تم القبض على العديد من المجرمين الخطرين باستخدام التكنولوجيا. بينما في حالة كلير فيو، أود أن أقول إن مشكلات الخصوصية تفوق بوضوح أي فوائد، ومع ذلك فقد أدى التطبيق إلى القبض على المجرمين الخطرين وأثبت أنه فعال بشكل خاص في تحديد المحتالين الجنسيين ومتعهدي المواد الإباحية للأطفال. وبالمثل يمكن أن تقدم أنظمة التعرف على الوجه المنتشرة في الأماكن العامة فوائد حقيقية من حيث معدلات الجريمة المنخفضة. شرطة العاصمة في لندن ليست مخطئة عندما يقولون: «نريد جميعاً أن نعيش ونعمل في مدينة آمنة: يتوقع الجمهور بحق أن نستخدم التكنولوجيا المتاحة على نطاق واسع لوقف المجرمين». [44]

في الواقع، المراقبة الواسعة الانتشار التي يتم نشرها في الصين لا يُنظر إليها بالضرورة بطريقة سلبية من قبل معظم الجمهور الصيني. العديد من سكان شانجيانج يدعمون بشدة نظام جايووكينغ لأنه نجح، وأصبح التقاطع

الذي كان خطيراً في يوم من الأيام أكثر تنظيماً. لقد تحدثت شخصياً إلى عدد من الأشخاص الذين يعيشون في الصين، وكانت إحدى الملاحظات التي تظهر مراراً وتكراراً هي الشعور المتزايد بالأمان من الجريمة، وعلى وجه الخصوص، راحة البال لآباء الأطفال الصغار. لا ينبغي التقليل من أهمية هذا الأمر. يقدّر معظم الناس الإحساس بالأمان في الجوار ويرتبط بصحة بدنية وعقلية أفضل. هذا مجال يمكن القول فيه إن الصين، في كثير من الحالات، تتفوق فيها على الولايات المتحدة.

البيئة الآمنة مهمة بشكل خاص للأطفال. كان جوناثان هايدت، وهو مؤلف وأستاذ بجامعة نيويورك، مدافعاً قوياً عن الأبوة والأمومة «الحرة». يجادل هايدت بأننا، في الولايات المتحدة، أنشأنا ثقافة أصبحت تنطوي على حماية مفرطة بشكل خطير للأطفال ومن المحتمل أن تحرمهم من فرص مهمة للحصول على هذا النوع من التجارب غير الخاضعة للإشراف التي ستساعدهم على التطور ليصبحوا بالغين واثقين من أنفسهم. بالنسبة لمعظم الآباء الأميركيين، إن فكرة السماح للأطفال الصغار بالسير إلى المدرسة أو اللعب في حديقة مجاورة دون إشراف هي فكرة مرعبة، وفي بعض الأماكن غير قانونية.

بمرور الوقت، قد يساعد ذلك في إنتاج جيل أكثر ميلاً إلى المغامرة والابتكار من الشباب. لا أحد يريد نظام الصين في الولايات المتحدة، ولكن بقدر ما يمكن لتقنيات المراقبة القائمة على الذكاء الاصطناعي أن تخفض معدلات الجريمة وتخلق بيئات أكثر أماناً، يجب النظر بعناية إلى عدة اعتبارات.

على الرغم من أن التعرف إلى الوجه يمكن أن يجلب فوائد حقيقية للمجتمع، فمن المهم أن يتم تطبيق التكنولوجيا بشكل عادل وأن يكون التأثير عادلاً عبر المجموعات الديموغرافية. وهنا توجد مشكلة كبيرة، في عدد من الدراسات، ثبت أن أنظمة التعرف إلى الوجه تظهر باستمرار درجة معينة من التحيز العنصري والجنسي. الوجوه في مجموعة بيانات تدريب شائعة الاستخدام هي ثلاثة وثمانين بالمئة من البيض وسبعة وسبعون بالمئة من الذكور. وتتجلى المشكلة عموماً في زيادة احتمالية الحصول على نتيجة «إيجابية خاطئة» للوجوه غير البيضاء والأنثوية. بمعنى آخر، من المرجح أن تقوم النساء والأشخاص الملونون بإنشاء تطابق غير صحيح.

في عام 2018، قارن الاتحاد الأميركي للحريات المدنية صور جميع أعضاء الكونغرس الأميركي البالغ عددهم 538 عضواً بمجموعة كبيرة من البيانات الخاصة بصور الحجز التي تم التقاطها للأشخاص الذين تم القبض

عليهم. استخدم اتحاد الحريات المدنية الأميركي نظام ريكوغنايشن المتاح من خلال خدمات أمازون الإلكترونية، والذي أصبح شائعاً بشكل متزايد في إدارات الشرطة لأنه متاح بتكلفة منخفضة جداً. تمكن اتحاد الحريات المدنية الأميركي من إجراء التجربة مقابل 12 دولاراً فقط. وضع النظام علامة على ثمانية وعشرين عضواً في الكونغرس كمعتقلين وردت صورهم في مجموعة البيانات. بافتراض أنه لم يتم انتخاب أي من الأفراد الذين تم القبض عليهم في الواقع لعضوية مجلس النواب أو مجلس الشيوخ، فهذه كلها كانت نتائج إيجابية كاذبة. بصرف النظر عن العدد الهائل من الأخطاء، كان مصدر القلق الرئيسي هو أن الإيجابيات الكاذبة التي يولدها النظام كانت متجهة بشكل كبير تجاه الأعضاء غير البيض في الكونغرس. يمثل الأشخاص الملونون حوالي عشرين بالمئة من الكونغرس، لكنهم يمثلون 39 بالمئة من التطابقات غير الصحيحة. رداً على الدراسة، جادلت أمازون بأن اتحاد الحريات المدنية الأميركي قد قام بتكوين النظام بشكل غير صحيح لأنه استخدم حد الثقة الافتراضي البالغ 80 بالمئة بدلاً من نسبة 95 بالمئة الأكثر ملاءمة. ومع ذلك، أشار اتحاد الحريات المدنية الأميركي إلى أن أمازون لا تقدم تعليمات محددة بشأن الإعداد المناسب، وأن العديد من أقسام الشرطة من المحتمل أن تترك النظام مضبوطاً على الإعدادات الافتراضية.[47]

تم إجراء دراسة أكثر شمولاً في عام 2019 من قبل المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا، وهي جزء من وزارة التجارة الأميركية. قيم المعهد الوطني للمعايير والتقنية نظاماً للتعرف إلى الوجه من تسع وتسعين شركة مختلفة. ووجدوا أنه في جميع الحالات تقريباً، كانت الإيجابيات الكاذبة أدنى بالنسبة للوجوه الأوروبية وأعلى بشكل ملحوظ بالنسبة للوجوه الأفريقية والآسيوية. كان الاستثناء المتوقع هو الخوارزميات التي طورتها الشركات الصينية، والتي أنتجت نتائج لوجوه شرق آسيا أكثر دقة. كانت الأنظمة أيضاً أكثر دقة بشكل عام للذكور منها بالنسبة للوجوه الأنثوية، على الرغم من أن حجم الاختلاف كان أصغر منه بالنسبة للأعراق المختلفة.

كان الاختلاف في الدقة بالنسبة للأجناس غير البيضاء كبيراً. فالشخص الأسود، على سبيل المثال، قد يواجه احتمال وجود نتيجة إيجابية كاذبة أكثر من مئة مرة من الشخص الأبيض. بعبارة أخرى، قد يكون الأميركيون من أصل أفريقي أكثر احتمالية بمئات المرات من الشخص الأبيض في أن يتم الإبلاغ عنه بشكل غير صحيح باعتباره مجرماً محتملاً، وبالتالي يكون مضايقاً أو متهماً أو ربما حتى محتجزاً. بشكل أساسي، يشكل هذا الأمر عرض رقمي

لسيناريوهات العالم الحقيقي المألوفة بالفعل للأميركيين الأفارقة، حيث، على سبيل المثال، غالباً ما يتبعهم موظفو الأمن في متاجر البيع بالتجزئة أو يولون اهتماماً لا داعي له من قبل كتبة المبيعات.

من الناحية النظرية، يجب أن يكون من الممكن معالجة هذه المشكلة ببساطة عن طريق تضمين وجوه أكثر تنوعاً في مجموعات بيانات التدريب. ومع ذلك، فقد كافحت الشركات التي تطور أنظمة التعرف على الوجه للعثور على صور عالية الجودة لوجوه غير بيضاء يتم الحصول عليها بشكل أخلاقي وبالموافقة – أو بعبارة أخرى – دون اللجوء إلى تقنيات مثل إزالة الصور من الإنترنت، كما فعلت كلير فيو. قد تثير حلول هذه المشكلة أحياناً أسئلة وقد تحصل فيه الشركات الراغبة في دفع الحدود الأخلاقية في هذا المجال على ميزة في بعض الأحيان. في عام 2018، دخلت شركة يونيكورن كلاود ووك الصينية في اتفاقية مثيرة للجدل مع حكومة زيمبابوي لبناء نظام شامل للتعرف على الوجه للبلاد. كجزء من الاتفاقية، ستحصل كلاود ووك على إمكانية الوصول إلى صور المواطنين الزيمبابويين وستكون قادرة على استخدامها لتدريب خوارزميات التعلم الآلي الخاصة بها. يمكن نشر الأنظمة الناتجة في أي مكان في العالم، بالطبع، دون أي معرفة أو موافقة من مواطني زيمبابوي.[50]

توضح مثل هذه المشكلات، بالإضافة إلى الموقف مع كلير فيو، أنه لا يمكن ترك التعرف على الوجه في أيدي قطاع خاص غير منظم. تنظيم التكنولوجيا والإشراف عليها أمر ضروري. لو لم تكشف صحيفة نيو يورك تايمز عن الشركة، ربما وصلت تقنية كلير فيو إلى الجمهور دون أي رقابة على الإطلاق، قبل وقت طويل من وجود أي وعي عام بالتهديد الذي تمثله الخصوصية. كحد أدنى، نحتاج إلى لوائح واضحة لضمان عدالة أي خوارزميات تم نشرها، بالإضافة إلى ضمانات تمنع نشر أنظمة المراقبة بطرق تهدد الخصوصية العامة.

في حالة عدم وجود معايير عامة، اتخذت بعض الولايات القضائية، مثل سان فرانسيسكو، بالفعل مبادرة لحظر استخدام تقنية التعرف على الوجه من قبل أقسام الشرطة والحكومة المحلية تماماً. ومع ذلك، هذا لا يمتد إلى القطاع الخاص. كما هو الحال في الصين، أصبح من الشائع بشكل متزايد نشر التعرف على الوجه كآلية دخول للتطورات السكنية الكبيرة. رفع بعض السكان دعاوى قضائية بحجة أن هذا يمثل انتهاكاً لخصوصيتهم. يمكن لمتاجر البيع بالتجزئة أيضاً نشر التكنولوجيا مع قيود قليلة. من الواضح أننا بحاجة إلى تنظيم

على المستوى الوطني يحدد مجموعة أساسية من القواعد التي يجب أن تنطبق على الأنظمة المنشورة سواء بشكل عام أو خاص. تختلف المواقف تجاه الخصوصية والمراقبة وأهمية السلامة العامة، في المجتمعات الديمقراطية، يجب أن تكون هناك عملية شفافة تتضمن المدخلات العامة، ويجب أن تحكم التكنولوجيا بمجموعة من المبادئ الأساسية التي تحمي حقوق جميع المعنيين.

إن الاحتمال الحقيقي لسباق تسلح بالذكاء الاصطناعي مع الصين، والتهديدات غير المسبوقة للخصوصية الشخصية والأشكال الجديدة من التمييز ليست سوى عدد قليل من المخاطر الناشئة مع استمرار تقدم تقنية الذكاء الاصطناعي. في الفصل التالي، سنلقي نظرة أوسع على بعض المخاطر المقترنة بطبيعتها بالذكاء الاصطناعي ونناقش المخاطر التي تحتاج إلى اهتمامنا الفوري وأيها مخاوف أكثر تخميناً من المحتمل أن تظهر فقط في المستقبل البعيد.

الفصل الثامن

خطر الذكاء الاصطناعي الآتي

في وقت مبكر من شهر تشرين الثاني وقبل يومين فقط من الانتخابات الرئاسية في الولايات المتحدة. أمضت المرشحة الديمقراطية معظم حياتها المهنية تناضل من أجل تعزيز الحقوق المدنية وتوسيع الحماية للمجتمعات المهمشة. يبدو أن سجلها في هذه القضية لا تشوبه شائبة. لذلك فإن الأمر يشكل صدمة هائلة عندما يظهر تسجيل صوتي يزعم أنه يعود للمرشحة أثناء خوضها في محادثة خاصة، ثم ينتشر على الفور على وسائل التواصل الاجتماعي. في المحادثة، لم تستخدم المرشحة لغة عنصرية صريحة فحسب، بل إنها تعترف أيضاً صراحة، بل وتضحك أيضاً، لنجاحها مدى الحياة في إخفاء تعصبها الأعمى.

في غضون ساعة من ظهور المقطع الصوتي، نفت المرشحة بشدة مصداقيته. لا أحد يعرفها شخصياً يعتقد أن الكلمات يمكن أن تكون لها، وتقدم العشرات من الأشخاص لدعمها. أي شخص يختار تصديقها عليه أن يواجه حقيقة غير مريحة للغاية: إنه صوتها. أو على الأقل لأي أذن بشرية، يبدو أن المرشحة هي التي تتحدث. الطريقة المتميزة التي تنطق بها كلمات وعبارات معينة، إيقاع خطابها، تبدو جميعها وكأنها بلا شك المرأة التي يتوقع معظم الناس أن تصبح قريباً الرئيسة المنتخبة للولايات المتحدة.

نظراً لأن التسجيل الصوتي انتشر على الإنترنت ويتم تشغيله بشكل متكرر على تلفزيون الكابل، فإن عالم وسائل التواصل الاجتماعي يصيبه الارتباك والغضب. قبل تأمين الترشيح، خاضت المرشحة معركة أولية شرسة، وقد بدأ بعض المؤيدين الغاضبين لخصومها في مطالبتها بالتنحي. استعانت الحملة فوراً بفريق من الخبراء لمراجعة الملف الصوتي بشكل مستقل. بعد يوم من التحليل المكثف، أعلنوا أن التسجيل من المحتمل أن يكون «مزيفاً» أي أنه صوت تم إنشاؤه بواسطة خوارزميات التعلم الآلي التي تم تدريبها بشكل مكثف على أمثلة من حديث المرشحة. كانت هناك تحذيرات بشأن تقنية التزييف العميق منذ سنوات، لكنها حتى الآن بدائية ويسهل التعرف عليها على أنها تلفيقات. هذا المثال مختلف. من الواضح أن حالة التكنولوجيا قد تقدمت بشكل ملحوظ. حتى لجنة الخبراء لا يمكنها التأكيد على وجه اليقين المطلق أن الملف الصوتي مزيف وليس تسجيلاً فعلياً.

بناءً على قرار لجنة الخبراء، نجحت الحملة في إزالة معظم نسخ الملف الصوتي عبر الإنترنت. ومع ذلك، فقد سمع الملايين بالفعل الكلمات. مع فجر يوم الانتخابات، لاحت في الأفق عدد من الأسئلة المهمة: هل علم كل من سمع التسجيل أنه من المحتمل أن يكون مزيفاً؟ هل يمكن للناخبين الذين قيل لهم إن التسجيل هو تلفيق أن يتمكنوا بطريقة ما من «عدم الإلتفات» إلى الكلمات البغيضة التي أصبحت الآن محفورة بشكل لا يمحى في ذاكرتهم – خاصة إذا كانوا ينتمون إلى مجموعة مستهدفة في المحادثة؟ هل سيؤدي المقطع الصوتي إلى خفض نسبة الإقبال داخل المجتمعات التي تعتمد عليها المرشحة الديمقراطية أكثر؟ وإذا خسرت، فهل تشعر غالبية الشعب الأميركي أن الانتخابات قد سُرقت؟ ماذا سيحدث بعد ذلك؟

بينما من الواضح أن السيناريو أعلاه خيالي، فإن الحقيقة هي أن شيئاً مشابهاً لما وصفته ربما يمكن أن يحدث في غضون بضع سنوات فقط. إذا كنت تشك في ذلك، ضع في اعتبارك أنه في يوليو 2019، كشفت شركة الأمن السيبراني سايمنتك أن ثلاث شركات لم يتم تسميتها قد تم سحب ملايين الدولارات منها من قبل المجرمين باستخدام تقنية التزييف العميق. في جميع الحالات الثلاث، المجرمون قاموا ذلك باستخدام الذكاء الاصطناعي حيث فعلوا مقطع صوتي تم إنشاؤه لصوت الرئيس التنفيذي للشركة لتلفيق مكالمة هاتفية تطلب من الموظفين الماليين تحويل الأموال إلى حساب مصرفي غير مشروع. عادةً ما يمتلك الرؤساء التنفيذيون – مثل المرشحة الرئاسية الذي تم تخيلها أعلاه – مجموعة غنية من البيانات الصوتية عبر الإنترنت (الخطابات، والمظاهر التلفزيونية، وما إلى ذلك) التي يمكن استخدامها لتدريب خوارزميات التعلم الآلي. نظراً لأن التكنولوجيا لم تصل بعد

إلى النقطة التي يمكنها إنتاج صوت عالي الجودة حقاً، فقد قام المجرمون في هذه الحالات بإدخال ضوضاء في الخلفية عمداً (مثل حركة المرور) لإخفاء العيوب. ومع ذلك، من المؤكد أن جودة التزييف العميق ستتحسن بشكل كبير في السنوات القادمة، ومن الناحية النظرية، من المحتمل أن تصل الأشياء إلى نقطة لا يمكن فيها تمييز الحقيقة عمليا عن الخيال. يعد النشر الخبيث للتزييف العميق – والذي يمكن استخدامه لإنشاء ليس فقط الصوت ولكن أيضاً الصور والفيديو وحتى النصوص المتسقة – أحد المخاطر المهمة التي نواجهها مع تقدم الذكاء الاصطناعي. في الفصل السابق، رأينا كيف يمكن لتقنيات المراقبة والتعرف على الوجه التي تدعم الذكاء الاصطناعي أن تدمر مفهوم الخصوصية الشخصية وتقودنا إلى مستقبل أورويلي. في هذا الفصل، سنلقي نظرة على بعض المخاوف الرئيسية الأخرى التي من المحتمل أن تنشأ عندما يصبح الذكاء الاصطناعي أكثر قوة من أي وقت مضى.

ما هو الحقيقي، وما هو الوهم؟ الأخطاء والتهديدات للأمن

غالباً ما يتم دعم تقنية التزييف العميق من خلال ابتكار في التعلم العميق يُعرف باسم «شبكة الخصومة التوليدية» أو GAN. تنشر GAN شبكتين عصبيتين متنافستين في نوع من الألعاب التي تدفع النظام لإنتاج وسائط محاكاة عالية الجودة. على سبيل المثال، قد تتضمن GAN المصممة لإنتاج صور مزيفة شبكتين عصبيتين متكاملتين. تنتج الشبكة الأولى، المسماة «المولد»، صوراً ملفقة. ويتم تدريب الشبكة الثانية على مجموعة بيانات تتكون من صور حقيقية، وتسمى «أداة التمييز».

يتم خلط الصور التي تم تجميعها بواسطة المولد مع الصور الفعلية وتغذية أداة التمييز بهذه المعلومات. تتفاعل الشبكتان باستمرار، وتشتركان في مسابقة يقوم فيها المميّز بتقييم كل صورة ينتجها المولد ويقرر ما إذا كانت حقيقية أم مزيفة. هدف المولد هو محاولة خداع أداة التمييز بتمرير الصور المزيفة. مع استمرار الشبكتين في معركتهما التكرارية، تتحسن جودة الصورة وتتحسن حتى يصل النظام في النهاية إلى نوع من التوازن لا يستطيع فيه المميّز أن يقوم بشيء أفضل من تخمين صحة الصور التي يحللها. تنتج هذه التقنية صوراً ملفقة مؤثرة بشكل مذهل. ابحث على الإنترنت عن «الوجوه المزيفة ل GAN»، وستجد العديد من الأمثلة للصور عالية الدقة التي تصور أفراداً غير موجودين تماماً. حاول الدخول في دور شبكة المميّز. تبدو الصور حقيقية تماماً، لكنها مجرد وهم.

تم اختراع شبكات الخصومة التوليدية بواسطة طالب دراسات عليا في جامعة مونتريال يُدعى إيان جودفيلو. في إحدى الأمسيات من عام 2014، ذهب جودفيلو إلى حانة محلية مع عدد قليل من أصدقائه. ناقشوا مشكلة بناء نظام تعلم عميق يمكنه إنتاج صور عالية الجودة. بعد شرب عدد غير معروف من البيرة، اقترح جودفيلو المفهوم الأساسي وراء شبكة الخصومة التوليدية، لكنه قوبل بشكوك شديدة. بعد ذلك، عاد جودفيلو إلى المنزل وبدأ فوراً في البرمجة. في غضون ساعات، كان لديه أول GAN عاملة. حول هذا الإنجاز جودفيلو إلى شخصية أسطورية داخل مجتمع التعلم العميق. يقول يان لوكن – كبير علماء الذكاء الاصطناعي في فيسبوك – إن شبكات الخصومة التوليدية هي «أروع فكرة في التعلم العميق في العشرين عاماً الماضية.» بعد الانتهاء من الدكتوراه في جامعة مونتريال، ذهب جودفيلو للعمل في مشروع غوغل براين وأوبن آي إي وهو الآن مدير التعلم الآلي في آبل. وهو أيضاً المؤلف الرئيسي لكتاب الجامعة الرائد في التعلم العميق.

يمكن نشر شبكات الخصومة التوليدية بعدة طرق إيجابية. حيث يمكن استخدام الصور المركبة أو الوسائط الأخرى كبيانات تدريبية لأنظمة التعلم الآلي الأخرى. على سبيل المثال، يمكن استخدام الصور التي تم إنشاؤها باستخدام GAN لتدريب الشبكات العصبية العميقة المستخدمة في السيارات ذاتية القيادة. كانت هناك أيضاً مقترحات لاستخدام الوجوه الاصطناعية غير البيضاء لتدريب أنظمة التعرف على الوجه كطريقة للتغلب على مشكلة التحيز العنصري عندما لا يمكن الحصول على أعداد كافية من الصور عالية الجودة لأشخاص حقيقيين من ذوي الألوان الأخلاقية. وعند تطبيقها على التوليف الصوتي، يمكن استخدام شبكات GAN لتزويد الأشخاص الذين فقدوا القدرة على التحدث ببديل تم إنشاؤه بواسطة الحاسوب والذي يبدو وكأنه صوتهم. اشتهر الراحل ستيفن هوكينغ، الذي فقد صوته بسبب مرض التنكس العصبي ALS – أو مرض لو جيريج – بصوت مميز تم تصنيعه بواسطة الحاسوب. في الآونة الأخيرة، استعاد مرضى ALS (مثل لاعب اتحاد كرة القدم الأميركي تيم شو) أصواتهم الطبيعية من خلال تدريب أنظمة التعلم العميق على التسجيلات التي تم إجراؤها قبل الإصابة بالمرض.

مع ذلك، فإن احتمال الاستخدام الضار للتكنولوجيا أمر لا مفر منه، كما تشير الدلائل بالفعل إلى أنه لا يمكن مقاومة العديد من الأفراد المتمرسين في مجال التكنولوجيا. توضح مقاطع الفيديو المزيفة على نطاق واسع والتي

تم إنشاؤها بهدف فكاهي أو تعليمي ما هو ممكن. يمكنك العثور على العديد من مقاطع الفيديو المزيفة التي تظهر شخصيات بارزة مثل مارك زوكربيرج يقولون أشياء من المفترض ألا يقولوها أبداً على الأقل في الأماكن العامة. أحد أشهر الأمثلة تم إنشاؤه بواسطة الممثل والكوميدي جوردان بيل، المعروف بانتحاله صفة صوت باراك أوباما، بالتعاون مع بازفيد. في فيديو الخدمة العامة لبيل الذي يهدف إلى توعية الجمهور بالتهديد الذي يمكن أن يسببه التزييف العميق، في هذا الفديو يظهر أوباما وهو يقول أشياء مثل «الرئيس ترامب هو مغفل شامل ومتكامل» في هذه الحالة، الصوت هو تقليد بيل لأوباما، والتقنية المستخدمة هي تغيير مقطع فيديو موجود من خلال التلاعب بشفتي الرئيس أوباما حتى يتزامنوا مع خطاب بيل. في النهاية، من المحتمل أن نرى مقاطع فيديو مثل هذه يكون فيها الصوت أيضاً تلفيقاً عميقاً.

تتيح إحدى تقنيات التزييف العميق الشائعة بشكل خاص النقل الرقمي لوجه شخص ما إلى فيديو حقيقي لشخص آخر. وفقاً لشركة بدء التشغيل سينسيتي (المعروفة سابقاً باسم ديبتارك)، والتي تقدم أدوات للكشف عن التزييف العميق، كان هناك ما لا يقل عن 15000 عملية تصنيع مزيفة عميقة تم نشرها على الإنترنت في عام 2019، وهذا يمثل زيادة بنسبة أربعة وثمانين بالمئة عن العام السابق. ستة وتسعون بالمئة تتضمن صوراً إباحية أو مقاطع فيديو يتم فيها زرع وجه أحد المشاهير – غالباً امرأة – على جسد ممثل إباحي. بينما كان المشاهير مثل تايلور سويفت وسكارليت جوهانسون هم المستهدفون الأساسيون حالياً، فإن هذا النوع من الإساءة الرقمية يمكن أن يستهدف في النهاية أي شخص تقريباً، لا سيما مع تقدم التكنولوجيا وجعل التزييف العميق متاحاً بشكل أكبر وأسهل في الاستخدام.

مع تطور جودة تقنية التزييف العميق بسرعة كبيرة، تلوح في الأفق احتمالية أن تكون الوسائط الصوتية أو المرئية الملفقة المدمرة حقاً تهديد لا مفر منه على ما يبدو. كما توضح الحكاية الخيالية في بداية هذا الفصل، فإن التزييف العميق ذو المصداقية الكافية يمكن أن يغير مسار التاريخ حرفياً وقد تكون وسائل إنشاء مثل هذه التلفيقات في أيدي الناشطين السياسيين أو الحكومات الأجنبية أو حتى المراهقين المؤذيين. وليس السياسيون والمشاهير فقط هم من عليهن القلق. في عصر مقاطع الفيديو الفيروسية والتشهير على وسائل التواصل الاجتماعي و«إلغاء الثقافة»، يمكن استهداف أي شخص تقريباً وربما تدمير حياته المهنية وحياته الشخصية بسبب التزييف العميق. بسبب تاريخها في الظلم العنصري، قد تكون الولايات المتحدة عرضة بشكل خاص للاضطراب الاجتماعي والسياسي المنظم. لقد رأينا كيف يمكن أن تؤدي مقاطع الفيديو الفيروسية التي تصور وحشية الشرطة على الفور تقريباً إلى

احتجاجات واضطرابات اجتماعية واسعة النطاق. ليس من المعقول بأي حال من الأحوال أن يتم تصنيع مقطع فيديو مثير للغاية في وقت ما في المستقبل لدرجة أن يهدد بتمزيق النسيج الاجتماعي ذاته وربما يكون ذلك بواسطة وكالة استخبارات أجنبية.

بخلاف مقاطع الفيديو أو المقاطع الصوتية التي تهدف إلى الهجوم أو التعطيل، ستكون هناك فرص غير مشروعة لا تعد لأولئك الذين يريدون الربح فقط. سيكون المجرمون حريصين على استخدام التكنولوجيا في كل شيء من الاحتيال المالي والتأميني إلى التلاعب في سوق الأوراق المالية. من المرجح أن يتسبب مقطع فيديو لرئيس الشركة وهو يدلي ببيان خاطئ، أو ربما يشارك في سلوك خاطئ، في انخفاض سهم الشركة. سوف يلقي التزييف العميق أيضاً مفتاح ربط في النظام القانوني. يمكن إدخال الوسائط الملفقة كدليل، وقد يعيش القضاة والمحلفون في نهاية المطاف في عالم يصعب فيه، أو ربما من المستحيل، معرفة ما إذا كان ما يرونه أمام أعينهم صحيحاً حقاً لكن من المؤكد أن هناك أشخاصاً أذكياء يعملون على إيجاد الحلول.

على سبيل المثال، تقوم محلات البرمجة بتسويق البرامج التي تدعي أنها يمكن أن تكتشف معظم التزييف العميق. ومع ذلك – ومع تقدم التكنولوجيا – سيكون هناك حتما سباق تسلح – لا يختلف عن السباق بين أولئك الذين يصنعون فيروسات حاسوب جديدة والشركات التي تبيع البرامج للحماية منها – حيث من المرجح أن يكون للجهات الخبيثة دائماً ميزة صغيرة على الأقل. يقول إيان جودفيلو إنه لا يعتقد أننا سنكون قادرين على معرفة ما إذا كانت الصورة حقيقية أم مزيفة ببساطة من خلال «النظر إلى البكسل». بدلاً من ذلك، سيتعين علينا في النهاية الاعتماد على آليات المصادقة مثل التوقيعات الإلكترونية للصور ومقاطع الفيديو. ربما في يوم من الأيام ستضخ كل كاميرا وهاتف محمول توقيعاً رقمياً في كل وسائط تقوم بتسجيلها. تقدم إحدى الشركات الناشئة «تروبيك»، بالفعل تطبيقاً لتوفير هذا النوع من الإمكانيات. يشمل زبائن الشركة شركات التأمين الكبرى التي تعتمد على الصور التي يرسلها عملاؤها لتوثيق قيمة كل شيء من المباني إلى المجوهرات والحلي باهظة الثمن. ومع ذلك، يعتقد جودفيلو أنه في النهاية لن يكون هناك حل تقني مضمون لمشكلة التزييف العميق. بدلاً من ذلك، سيتعين علينا أن نتعلم بطريقة ما كيفية التنقل داخل واقع جديد وغير مسبوق حيث يمكن أن يكون ما نراه وما نسمعه دائماً وهماً.

في حين أن التزييف العميق يهدف إلى خداع البشر، فإن المشكلة ذات الصلة تتضمن تلفيقاً ضاراً لبيانات تهدف إلى خداع خوارزميات التعلم الآلي أو التحكم فيها. في هذه «الهجمات العدائية»، تتسبب المدخلات المصممة بشكل خاص في قيام نظام التعلم الآلي بارتكاب خطأ بطريقة تسمح للمهاجم بإنتاج المخرجات المطلوبة. في حالة الرؤية الآلية، يتضمن ذلك وضع شيء ما في المجال البصري يشوه تفسير الشبكة العصبية للصورة. في أحد الأمثلة الشهيرة، التقط الباحثون صورة لباندا، والتي حددها نظام التعلم العميق بشكل صحيح وبمستوى ثقة يبلغ حوالي ثمانية وخمسين بالمئة، ومن خلال إضافة ضوضاء بصرية تم إنشاؤها بعناية إلى الصورة، خدعوا النظام ليصبح مستوى الثقة أكثر من تسعين. تسعة بالمئة متأكدون من أن الباندا كانت غيبون بدلاً من ذلك. تم العثور على عرض تقشعر له الأبدان بشكل خاص أن إضافة أربعة ملصقات صغيرة مستطيلة بالأبيض والأسود إلى علامة توقف خدعت نظام التعرف على الصور من النوع المستخدم في السيارات ذاتية القيادة للاعتقاد بأن علامة التوقف كانت بدلاً من ذلك علامة حد سرعة 45 ميلاً في الساعة. يمكن أن يكون للهجوم العدائي عواقب حياة أو موت بسهولة. في كلتا الحالتين، قد لا يلاحظ المراقب البشري – وبالتأكيد لن تربكه – المعلومات المضافة إلى الصورة خلسة. أعتقد أن هذا عرض حي بشكل خاص لمدى ضحالة وهشاشة الفهم الذي يحدث في الشبكات العصبية العميقة اليوم.

تؤخذ الهجمات العدائية على محمل الجد داخل مجتمع أبحاث الذكاء الاصطناعي ويُنظر إليها على أنها نقطة ضعف خطيرة. في الواقع، كرس إيان جودفيلو الكثير من حياته المهنية البحثية لدراسة القضايا الأمنية داخل أنظمة التعلم الآلي وتطوير الضمانات المحتملة. إن بناء أنظمة ذكاء اصطناعي قوية في مواجهة الهجمات العدائية ليس بالمهمة السهلة. تتضمن طريقة الاقتراب مما يسمى «التعلم العدائي»، أو بعبارة أخرى تضمين أمثلة معادية في بيانات التدريب عمداً على أمل أن تكون الشبكة العصبية قادرة على تحديد الهجمات إذا حدثت بمجرد نشر النظام. ومع ذلك، كما هو الحال مع تقنية التزييف العميق، من المحتمل أن يكون هناك سباق تسلح دائم حيث يتمتع المهاجمون دائماً بميزة. كما يشير جودفيلو، «لم يقم أي شخص حتى الآن بتصميم خوارزمية دفاع قوية حقاً يمكنها مقاومة مجموعة متنوعة من خوارزميات الهجوم التي تستخدم من قبل الخصم».[10]

تعتبر الهجمات العدائية خاصة بأنظمة التعلم الآلي، ولكنها ستصبح عنصراً أكثر أهمية في قائمة نقاط الضعف في الحاسوب التي يمكن استغلالها من قبل مجرمي الإنترنت أو المتسللين أو وكالات الاستخبارات الأجنبية. مع

انتشار الذكاء الاصطناعي بشكل متزايد – وبما أن الإنترنت يؤدي إلى مزيد من الترابط بين الأجهزة والآلات والبنية التحتية – ستصبح مشكلات الأمان أكثر أهمية، ومن شبه المؤكد أن الهجمات الإلكترونية ستصبح أكثر تواتراً. سيؤدي النشر الأوسع للذكاء الاصطناعي حتماً إلى أنظمة أكثر استقلالية مع وجود عدد أقل من البشر في الحلقة – وستشكل هذه الأنظمة أهدافاً جذابة بشكل متزايد للهجوم السيبراني. تخيل، على سبيل المثال، أن الشاحنات ذاتية القيادة يوماً ما تقوم بإيصال الطعام والأدوية والإمدادات الحيوية. الهجوم الذي يمكنه أن ينجح في إيقاف هذه المركبات، أو حتى التسبب في تأخيرات كبيرة، يمكن أن يكون له عواقب مهددة للحياة بسهولة. والنتيجة هي أن زيادة التوافر والاعتماد على الذكاء الاصطناعي سيصاحبهما مخاطر أمنية منهجية، وسيشمل ذلك تهديدات للبنية التحتية والأنظمة الحيوية، بالإضافة إلى النظام الاجتماعي والاقتصاد والمؤسسات الديمقراطية. أود أن أزعم أن المخاطر الأمنية هي الخطر الوحيد الأكثر أهمية على المدى القريب المرتبط بظهور الذكاء الاصطناعي. لهذا السبب، من الأهمية بمكان أن نستثمر في الأبحاث التي تركز على بناء أنظمة قوية للذكاء الاصطناعي، وأن نشكل تحالفاً فعالاً بين الحكومة والقطاع التجاري لتطوير اللوائح والضمانات المناسبة قبل إدخال نقاط الضعف الحرجة.

الأسلحة الفتاكة ذاتياً

مئات من الطائرات بدون طيار المصغرة تجتاح مبنى الكابيتول الأميركي في هجوم منسق. باستخدام تقنية التعرف إلى الوجه، تحدد الطائرات بدون طيار أفراداً معينين ثم تطير عليهم مباشرة بسرعة عالية، وتقوم بتنفيذ اغتيالات انتحارية من خلال إطلاق متفجرات صغيرة الشكل تقتل بنفس فعالية الرصاصة. الكابيتول في حالة فوضى تامة، لكن اتضح فيما بعد أن جميع أعضاء الكونغرس المستهدفين ينتمون إلى حزب سياسي واحد.

هذا مجرد سيناريو واحد مخيف تم رسمه في الفيلم القصير لعام 2017 المذبحة[11]. تم تصميم الفيديو كتحذير حول الخطر الذي يلوح في الأفق للأسلحة المستقلة الفتاكة، وقد أنتج الفيديو فريق يعمل مع ستيوارت راسل، أستاذ علوم الحاسوب في جامعة كاليفورنيا، بيركلي، والذي ركز الكثير من أعماله الأخيرة على المخاطر الكامنة في الذكاء الاصطناعي مع استمرار تقدم التكنولوجيا. يعتقد راسل أن الأسلحة الفتاكة ذاتية التشغيل، التي تعرّفها الأمم المتحدة على أنها أسلحة يمكنها «تحديد مواقع الأهداف البشرية واختيارها والقضاء عليها دون تدخل بشري»[12] يجب تصنيفها كنوع جديد من أسلحة

الدمار الشامل. بعبارة أخرى، يمكن أن تكون أنظمة الأسلحة التي تعمل بالذكاء الاصطناعي في نهاية المطاف معطلة ومزعزعة للاستقرار مثل الأسلحة الكيميائية أو البيولوجية أو ربما حتى النووية.

تستند هذه الحجة بشكل أساسي إلى حقيقة أنه بمجرد القضاء على السيطرة البشرية المباشرة والتفويض بالقتل، تصبح هذه الأسلحة قابلة بدرجة كبيرة لتوسيع الدمار الذي يمكن أن تطلقه. يمكن استخدام أي طائرة بدون طيار كسلاح، ويمكنك إطلاق المئات منها في وقت واحد، ولكن إذا تم التحكم فيها عن بُعد، فستحتاج أيضاً إلى مئات الأشخاص لتجربة الأجهزة. ومع ذلك، إذا كانت الطائرات بدون طيار مستقلة تماماً، يمكن لفريق صغير نشر أسراب ضخمة، مما يسبب مذبحة لا يمكن تصورها تقريباً. كما أخبرني راسل، «يمكن لأي شخص شن هجوم، حيث يمكن لخمسة رجال في غرفة التحكم إطلاق عشرة ملايين سلاح والقضاء على جميع الذكور الذين تتراوح أعمارهم بين 12 و60 عاماً في بعض البلدان».[13] لذلك، يمكن أن تكون هذه أسلحة دمار شامل لديها خاصية قابلية التوسع أو خاصية الاغتيال الجماعي للخصوم السياسيين بوحشية وسرعة لم يكن من الممكن تصورها في يوم من الأيام.

حتى لو تمكنا من تنحية الاحتمالات البائسة حقاً جانباً وافترضنا أن التكنولوجيا ستقتصر بشكل صارم على الاشتباكات العسكرية المشروعة، فإن الأسلحة المستقلة تثير مخاوف أخلاقية خطيرة. هل من المقبول أخلاقيا إعطاء آلة القدرة على قتل حياة بشرية بشكل مستقل، حتى لو كان القيام بذلك يزيد من كفاءة الاستهداف وربما يقلل من مخاطر الأضرار الجانبية التي تلحق بالمارة الأبرياء؟ وفي حالة عدم وجود سيطرة بشرية مباشرة، من الذي يجب أن يحاسب في حالة حدوث خطأ نتج عنه إصابة أو خسارة في الأرواح؟

يثير خطر نشر التكنولوجيا التي يعملون على تطويرها في مثل هذه الأسلحة قدراً كبيراً من الاستياء بين العديد من باحثي الذكاء الاصطناعي. وقد وقع أكثر من 4500 فرد بالإضافة إلى مئات الشركات والمنظمات والجامعات رسائل مفتوحة تعلن عن نيتها عدم العمل مطلقاً على الأسلحة المستقلة وتدعو إلى فرض حظر عام على هذه التكنولوجيا. هناك مبادرة جارية في إطار اتفاقية الأمم المتحدة للأسلحة التقليدية لحظر آلات القتل المستقلة بالكامل بنفس الطريقة التي تحظر بها الأسلحة الكيماوية والبيولوجية. ومع ذلك، كان التقدم مخيباً للآمال. وفقاً لحملة «أوقفوا الروبوتات القاتلة»، اعتباراً من عام 2019 دعت 29 دولة معظمها صغيرة أو نامية إلى حظر كامل لتكنولوجيا

الأسلحة المستقلة. ومع ذلك، فإن القوى العسكرية الكبرى ليست على نفس الرأي. الاستثناء الوحيد هو الصين، التي وقعت على شرط أنها تريد فقط حظر الاستخدام الفعلي للأسلحة، مما يسمح بتطويرها وإنتاجها. عارضت الولايات المتحدة وروسيا الحظر، وبالتالي يبدو من غير المحتمل أن يتم حظر الأسلحة تماماً في أي وقت قريب.[15]

يبدو لي أن الديناميكية التنافسية وانعدام الثقة بين الدول الكبرى من المحتمل أن يجعل تطوير أسلحة ذاتية التشغيل على الأقل أمراً شبه مؤكد. في الواقع، كل فرع من فروع الجيش الأميركي وكذلك الدول بما في ذلك روسيا والصين والمملكة المتحدة وكوريا الجنوبية تعمل بنشاط على تطوير طائرات بدون طيار قادرة على القتال.[16] وبالمثل، ينشر الجيش الأميركي روبوتات مسلحة تشبه الدبابات الصغيرة،[17] ويقال إن سلاح الجو يطور طائرة مقاتلة غير مأهولة تعمل بالذكاء الاصطناعي قادرة على هزيمة الطائرات التي يقودها الإنسان في المعارك. الصين وروسيا وإسرائيل ودول أخرى تنشر أو تطوير تقنيات مماثلة. [19]

حتى الآن، التزمت الولايات المتحدة والجيوش الرئيسية الأخرى بإبقاء الإنسان دائماً في الحلقة، وأن الإذن المحدد سيكون مطلوباً قبل أن تنخرط هذه الآلات في هجوم يمكن أن يؤدي إلى خسائر في الأرواح. ومع ذلك، فإن الحقيقة هي أن الأتمتة الكاملة في ساحة المعركة ستوفر مزايا تكتيكية هائلة. لا يمكن لأي إنسان أن يتفاعل ويتخذ القرارات بسرعة تضاهي سرعة الذكاء الاصطناعي. بمجرد أن تنتهك دولة ما الحظر غير الرسمي الحالي على الحكم الذاتي الكامل وتبدأ في نشر هذه القدرات، فمن المحتم أن يتعين على أي جيش منافس أن يمشي على خطاه على الفور أو يجد نفسه في وضع غير مناسب. من المحتمل أن يكون هذا الخوف من التخلف عن الركب سبباً رئيسياً في معارضة الولايات المتحدة والصين وروسيا فرض حظر رسمي على تطوير وإنتاج أنظمة الأسلحة المستقلة.

أعتقد أنه يمكننا عن طريق المعاينة لكيفية حصول نوع آخر من الحروب – المعركة المستمرة بين أنظمة التداول التي تعمل بالذكاء الاصطناعي– معرفة سبب حدوث كل هذا. في وول ستريت، يهيمن التداول الخوارزمي الآن على المعاملات اليومية في بورصات الأوراق المالية الرئيسية، حيث يمثل ما يصل إلى ثمانين بالمئة من إجمالي حجم التداول في الولايات المتحدة. بالعودة إلى عام 2013، قامت مجموعة من الفيزيائيين بدراسة الأسواق المالية ونشروا ورقة بحثية في مجلة نيتشر تعلن عن وجود

«بيئة ناشئة للآلات التنافسية» وأن التداول الخوارزمي ربما يكون قد تجاوز بالفعل سيطرة – وحتى فهم – البشر الذين صمموا تلك الأنظمة. تتضمن هذه الخوارزميات الآن أحدث التطورات في الذكاء الاصطناعي وقد زاد تأثيرها في الأسواق بشكل كبير، كما أن الطرق التي تتفاعل بها أصبحت غير مفهومة. العديد من الخوارزميات، على سبيل المثال، لديها القدرة على الاستفادة مباشرة من مصادر الأخبار المقروءة آلياً والتي تقدمها شركات مثل بلومبرغ ورويترز، ثم تتداول تلك المعلومات في أجزاء صغيرة من الثانية. عندما يتعلق الأمر بالتداول قصير المدى لحظة بلحظة، لا يمكن لأي إنسان أن يبدأ في فهم تفاصيل ما يحدث، ناهيك عن محاولة التغلب على الخوارزميات. في النهاية، أعتقد أن الأمر نفسه سيكون صحيحاً مع العديد من المواجهات الحركية التي تحدث في ساحات القتال.

حتى لو تم نشر تقنيات المعارك المستقلة حصرياً من قبل الجيوش الكبرى، فإن المخاطر حقيقية للغاية قد تتكشف في معركة روبوتية سريعة قد تفوق قدرة القادة العسكريين أو السياسيين على فهم الموقف بالكامل أو تخفيف تصعيده. بعبارة أخرى، قد يزداد بشكل كبير خطر التورط في حرب كبرى نتيجة حادث بسيط نسبياً. مصدر قلق آخر هو أنه في عالم حيث الروبوتات تقاتل الروبوتات وحيث تكون أرواح البشر قليلة جداً على المحك، فإن التكلفة المتصورة لخوض الحرب قد تصبح منخفضة بشكل غير مريح. يمكن القول إن هذه مشكلة بالفعل في الولايات المتحدة، حيث أدى إلغاء التجنيد لصالح الجيش من المتطوعين إلى وضع يقوم فيه عدد قليل جداً من نخب المجتمع بإرسال أطفالهم للخدمة في القوات المسلحة. ونتيجة لذلك، فإن أولئك الذين يمتلكون أكبر قدر من القوة أصبحوا خارج اللعبة؛ وتميل إلى أن تكون معزولة عن التكاليف الشخصية المباشرة للعمل العسكري. أظن أن هذا الانفصال ربما يكون قد ساهم بشكل كبير في ارتباطات الولايات المتحدة المستمرة منذ عقود في الشرق الأوسط. من المؤكد أنه إذا كان بإمكان الآلة أن تتدخل في طريق الأذى وبالتالي تحافظ على حياة الجندي، فهذا أمر جيد لا مشكلة فيه. لكن علينا أن نكون حذرين تماماً حتى لا نسمح لمفهوم المخاطرة المنخفضة هذا بتلوين حكمنا الجماعي عندما يتعلق الأمر باتخاذ قرار خوض الحرب.

يتمثل الخطر الأكبر في أن الحكومات والجيوش الشرعية قد تفشل في الحفاظ على السيطرة على التكنولوجيا الفتاكة المستقلة بمجرد إنتاج الأسلحة. في هذه الحالة، يمكن أن ينتهي الأمر بالمتاجرة بالأسلحة من قبل أنواع تجار الأسلحة غير الشرعيين الذين يسلمون المدافع الرشاشة أو غيرها من الأسلحة الصغيرة للإرهابيين أو المرتزقة. إذا أصبحت الأسلحة المستقلة

متاحة على نطاق واسع، فإن سيناريوهات الكابوس التي تم تصويرها في فيديو المذبحة، يمكن أن تصبح حقيقة بسهولة. وحتى لو لم تكن الأسلحة متاحة للشراء، فإن العوائق التي تحول دون تطوير التكنولوجيا أقل بكثير من تلك الخاصة بأسلحة الدمار الشامل الأخرى. في حالة الطائرات بدون طيار على وجه الخصوص، من المحتمل أن يتم إنتاج هذه الأسلحة بنفس التكنولوجيا والمكونات (التي من السهل الحصول عليها) المخصصة للتطبيقات التجارية أو الترفيهية. في حين أن بناء سلاح نووي يشكل تحدياً هائلاً حتى عندما تكون موارد الدولة القومية متاحة، فإن تصميم ونشر سرب صغير من الطائرات بدون طيار المستقلة أمر يمكن أن ينجزه عدد قليل من الأشخاص الذين يعملون في الخفاء. تماماً مثل الفيروس، بمجرد أن تتسرب تكنولوجيا الأسلحة المستقلة إلى البيئة، سيكون من الصعب جداً الدفاع ضدها أو احتوائها، وقد تحدث الفوضى.

أحد الأخطاء الشائعة – التي تحرض عليها وسائل الإعلام أحياناً – هو الخلط بين المخاوف من الأسلحة الفتاكة المستقلة وبين سيناريوهات الخيال العلمي التي رأيناها جميعاً في أفلام مثل ذا تيرمينيتور. هذا خطأ وإلهاء خطير عن الأخطار القريبة المدى التي تشكلها مثل هذه الأسلحة. لا يكمن الخطر في أن الآلات ستنتزع نفسها بطريقة ما من سيطرتنا وتقرر مهاجمتنا بمحض إرادتها. سيتطلب ذلك ذكاءً عاماً اصطناعياً، والذي كما رأينا، يكمن على الأرجح لعقود على الأقل في المستقبل. بدلاً من ذلك، علينا أن نقلق بشأن ما سيختار البشر فعله بأسلحة ليست أكثر «ذكاءً» من آيفون – لكنها مؤهلة بلا رحمة في تحديد الأهداف وتتبعها وقتلها. وهذا ليس بأي حال من الأحوال مصدر قلق مستقبلي. ووفقاً لما قاله ستيوارت راسل في ختام فيديو المذبحة، فإن الفيلم يصور «نتائج دمج وتصغير التقنيات التي لدينا بالفعل». بعبارة أخرى، هذه أسلحة يمكن أن تظهر في السنوات القليلة المقبلة، وإذا أردنا منع ذلك، فإننا لن نستطيع فعل ذلك في وقتٍ قريب. ولذلك يجب على المجتمع الدولي التركيز على الأقل على ضمان عدم وصول مثل هذه الأسلحة إلى الإرهابيين أو غيرهم من الجهات الفاعلة غير الحكومية التي قد تنشرها ضد المدنيين.

التحيز والإنصاف والشفافية في خوارزميات تعلم الآلة

مع انتشار الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي على نطاق أوسع، من الأهمية بمكان أن يتم النظر إلى النتائج والتوصيات التي تنتجها هذه الخوارزميات على أنها عادلة وأن يتم شرح الأسباب الكامنة وراءها بشكل مناسب. إذا كنت تستخدم نظاماً للتعلم العميق لزيادة كفاءة استخدام الطاقة لبعض الآلات الصناعية، فربما لا تكون مهتماً بشكل خاص بالتفاصيل التي تؤدي

إلى نتيجة خوارزمية؛ أنت ببساطة تريد النتيجة المثلى. ولكن عندما يتم تطبيق التعلم الآلي في مجالات مثل العدالة الجنائية، أو قرارات التوظيف أو معالجة طلبات الرهن العقاري – بمعنى آخر، على القرارات عالية المخاطر التي تؤثر بشكل مباشر على حقوق البشر ورفاههم في المستقبل – فمن الضروري أن تكون النتائج الحسابية يمكن إثبات عدم تحيزها عبر المجموعات الديموغرافية وأن التحليل الذي أدى إلى تلك النتائج شفاف وعادل.

يعد التحيز مشكلة شائعة في التعلم الآلي، وفي معظم الحالات تنشأ المشكلة بسبب مشاكل في البيانات المستخدمة لتدريب الخوارزميات. كما رأينا في الفصل السابق، غالباً ما تكون خوارزميات التعرف على الوجه التي تم تطويرها في الغرب متحيزة ضد الأشخاص الملونين لأن مجموعة بيانات التدريب تميل إلى احتواء وجوه بيضاء بشكل كبير.

هناك مشكلة أكثر عمومية وهي أن الكثير من البيانات المستخدمة لتدريب الخوارزميات تنتج مباشرة من السلوكيات والقرارات والإجراءات البشرية. إذا كان البشر الذين يولدون البيانات متحيزين بطريقة ما – على سبيل المثال على أساس العرق أو الجنس – فسيتم تغليف هذا التحيز تلقائياً في مجموعة بيانات التدريب. كمثال، ضع في اعتبارك خوارزمية التعلم الآلي المصممة لفحص السير الذاتية لوظيفة مفتوحة في شركة كبيرة. يمكن تدريب مثل هذا النظام على النص الكامل لجميع السير الذاتية الواردة من المتقدمين السابقين لوظائف مماثلة، جنباً إلى جنب مع القرارات التي اتخذها مديرو التوظيف لكل من هذه السير الذاتية. ستقوم خوارزمية التعلم الآلي بإخراج كل هذه البيانات واستيعاب خصائص السيرة الذاتية التي من المحتمل أن تؤدي إلى قرار إحضار مرشح الوظيفة لمزيد من المقابلات، وكذلك استئناف السمات التي تشير إلى أنه يجب رفض مقدم الطلب دون المزيد من الاعتبار. إن توفر الخوارزمية التي يمكنها القيام بذلك بشكل فعال، وإنشاء قائمة يمكن التحكم فيها بأفضل المرشحين، توفر قدر كبير من الوقت عندما يتعين على إدارة الموارد البشرية التخلص من مئات أو آلاف المتقدمين المحتملين، ولهذا السبب أصبحت أنظمة مثل هذه شائعة، خاصة في الشركات الكبيرة. افترض، مع ذلك، أن قرارات التوظيف السابقة التي تم تدريب الخوارزمية بناءً عليها تعكس درجة معينة من العنصرية أو التمييز الجنسي الصريح أو اللاواعي من جانب مديري التوظيف. في هذه الحالة، سوف يلتقط نظام التعلم الآلي هذا التحيز تلقائياً أثناء مروره بعملية التدريب العادية. وقد لا تكون هناك نية في ذلك من جانب مبتكري الخوارزمية؛ التحيز موجود في بيانات التدريب. والنتيجة ستكون نظاماً يديم أو ربما يضخم

التحيزات البشرية القائمة ويكون بشكل واضح غير عادل للأشخاص الملونين أو النساء.

حدث شيء مشابه جداً لهذا في أمازون في عام 2018 عندما أوقفت الشركة تطوير نظام التعلم الآلي لأنه تبين أنه متحيز ضد النساء عند استئناف الفحص للمناصب الفنية. اتضح أنه عند احتواء السيرة الذاتية على كلمة «نسائي»، كما قد يحدث في إشارة إلى الأندية أو الرياضة النسائية أو عندما تكون المرشحة قد تخرجت من كلية نسائية بالكامل، أعطى النظام للسيرة الذاتية درجة أقل، مما وضع الإناث المرشحات للوظيفة في موقع غير ملائم.

حتى عندما أجرى مطورو أمازون تصحيحات لمشاكل معينة اكتشفوها، لم يكن من الممكن ضمان أن الخوارزمية ستكون غير متحيزة لأن المتغيرات الأخرى قد تعمل أيضاً بشكل يجعل الخوارزمية متحيزة للجنس. من المهم ملاحظة أن هذا لا يعني بالضرورة صراحة التحيز الجنسي في قرارات التوظيف السابقة. ربما تم تدريب الخوارزمية على التحيز لمجرد أن النساء ممثلات تمثيلا ناقصا في الأدوار التقنية، وبالتالي فإن الرجال يشكلون الغالبية العظمى من الموظفين. وفقاً لأمازون، لم تتجاوز الخوارزمية مرحلة التطوير ولم تُستخدم أبداً لفحص السير الذاتية، ولكن إذا تم نشرها، لكانت بلا شك ستعمل على ترسيخ التمثيل الناقص للمرأة في الوظائف الفنية.

تحدث حالة المخاطر الأعلى عند استخدام أنظمة التعلم الآلي في نظام العدالة الجنائية. غالباً ما تستخدم مثل هذه الخوارزميات للمساعدة في اتخاذ قرارات بشأن الكفالة أو الإفراج المشروط أو إصدار الأحكام. تم تطوير بعض هذه الأنظمة بواسطة حكومات الولايات أو الحكومات المحلية، بينما تم تصميم وبيع البعض الآخر بواسطة شركات خاصة. في نيسان 2016، نشرت بروبابليكا تحليلاً لخوارزمية تسمى «كومباس» والتي تُستخدم على نطاق واسع للتنبؤ باحتمالية أن يكون فرد معين مجرماً متكرراً عند إطلاق سراحه. تضمنت مقالة بروبابليكا قصة فتاة سوداء تبلغ من العمر ثمانية عشر عاماً ركبت دراجة طفل كانت صغيرة جداً بالنسبة لها لمسافة قصيرة قبل التخلي عنها بعد اعتراض المالك. بعبارة أخرى، هذا الشيء يبدو أشبه بسلوك مؤذ أكثر من كونه محاولة جادة للسرقة. ومع ذلك، تم القبض على الشابة، وتم تطبيق نظام كومباس على قضيتها عندما تم حجزها في السجن في انتظار المثول أمام المحكمة. اتضح أن الخوارزمية أعطتها احتمال أكبر بكثير في أن تصبح مجرمة متكررة أكثر من رجل أبيض يبلغ من العمر 41 عاماً كان قد سبق إدانته بسطو مسلح وقضى خمس سنوات في السجن. تعترض الشركة التي تبيع نظام كومباس، نورثبوينت، على التحليل الذي أجرته بروبابليكا، ولا يزال

هناك نقاش حول مدى انحياز النظام فعلياً. ومع ذلك، فإن الأمر المثير للقلق بشكل خاص هو أن الشركة غير مستعدة لمشاركة التفاصيل الحسابية للخوارزمية الخاصة بها لأنها تعتبرها ملكية. بمعنى آخر، لا توجد طريقة لطرف ثالث لإجراء تدقيق تفصيلي للنظام من أجل التحيز أو الدقة يبدو من الواضح أنه عند نشر الخوارزميات لاتخاذ قرارات ذات أهمية غير عادية لحياة البشر، يجب أن يكون هناك المزيد من الشفافية والرقابة.

على الرغم من أن التحيز في بيانات التدريب هو السبب الأكثر شيوعاً للظلم في أنظمة التعلم الآلي، إلا أنه ليس العامل الوحيد المؤثر. يمكن أن يؤدي تصميم الخوارزميات نفسها أيضاً إلى إدخال التحيز أو تضخيمه. على سبيل المثال، افترض أن نظام التعرف على الوجه قد تم تدريبه على مجموعة بيانات تعكس بالضبط التوزيع الديموغرافي لسكان الولايات المتحدة. نظراً لأن الأميركيين من أصل أفريقي يمثلون حوالي ثلاثة عشر بالمئة فقط من السكان، فقد يظل النظام متحيزاً ضد السود. إلى أي مدى ستصله هذه مشكلة – سواء تم تضخيم المشكلة أو تخفيفها – سيتم تحديدها من خلال القرارات الفنية التي يتم اتخاذها في تصميم الخوارزمية.

الخبر السار هو أن تصميم أنظمة التعلم الآلي لتكون عادلة وشفافة أصبح محور تركيز رئيسي لأبحاث الذكاء الاصطناعي. تقوم جميع شركات التكنولوجيا الكبرى باستثمارات كبيرة في هذا المجال. أصدرت كل من غوغل وفيسبوك ومايكروسوفت وآي بي أم أدوات برمجية مصممة لمساعدة المطورين على بناء العدالة في خوارزميات التعلم الآلي. إن جعل أنظمة التعلم العميق قابلة للشرح والشفافية بحيث يمكن مراجعة النتائج هي مشكلة خاصة لأن الشبكات العصبية العميقة تميل إلى أن تشكل نوعاً من «الصندوق الأسود»، حيث يتم توزيع تحليل وفهم بيانات الإدخال عبر ملايين الوصلات بين الخلايا العصبية الاصطناعية. وبالمثل، فإن تقييم العدالة وضمانها يمثل تحدياً كبيراً ومسألة فنية للغاية. كما وجدت أمازون مع نظام فحص السير الذاتية الخاص بها، فإن مجرد تعديل الخوارزمية لتجاهل معلمات مثل العرق أو الجنس ليس حلاً مناسباً لأن النظام قد يركز بدلاً من ذلك على الوكلاء. على سبيل المثال، قد يشير الاسم الأول لمرشح الوظيفة إلى الجنس، ويمكن أن يكون الحي أو الرمز البريدي وكيلاً للعرق. أحد الأساليب الواعدة بشكل خاص لعدالة الذكاء الاصطناعي هو استخدام الحقائق المضادة. باستخدام هذه التقنية، يتم فحص النظام للتحقق من أنه ينتج نفس النتيجة عندما يتم تغيير المتغيرات الحساسة مثل العرق أو الجنس أو التوجه الجنسي إلى قيم مختلفة. لا يزال البحث في هذه المجالات حديثاً، وسيستغرق الأمر الكثير من العمل لتطوير تقنيات ستؤدي باستمرار إلى أنظمة تعلم آلي عادلة حقاً.

إن الوعد النهائي للذكاء الاصطناعي الذي يتم نشره في القرارات عالية المخاطر هو تقنية تنتج بشكل موثوق تحيزاً أقل ودقة أكبر من الحكم البشري وحده. على الرغم من أن إصلاح التحيز في الخوارزمية يمكن أن يكون صعباً، إلا أنه دائماً ما يكون أسهل بكثير من فعل الشيء نفسه للإنسان. كما أخبرني رئيس معهد ماكينزي العالمي جيمس مانيكا: «من ناحية، يمكن أن تساعدنا أنظمة الماكينة في التغلب على التحيز البشري وقابلية الخطأ، ومن ناحية أخرى، يمكنهم أيضاً تقديم مشكلات أكبر محتملة خاصة بهم».[25] تعد قضايا الإنصاف هذه واحدة من أكثر التحديات أهمية وإلحاحاً التي تواجه مجال الذكاء الاصطناعي.

من أجل تحقيق هذه النتيجة، من المهم أيضاً أن يأتي المطورون لبناء واختبار ونشر خوارزميات الذكاء الاصطناعي من خلفيات متنوعة. بالنظر إلى أن الذكاء الاصطناعي مهيأ لتشكيل اقتصادنا ومجتمعنا، فمن الضروري أن يكون الخبراء الذين يفهمون التكنولوجيا على أفضل وجه – وبالتالي هم في وضع أفضل للتأثير على اتجاهها – ممثلين للمجتمع ككل. ومع ذلك، فإن التقدم في تحقيق هذا الهدف كان محدوداً حتى الآن. وجدت دراسة أجريت عام 2018 أن النساء يمثلن حوالي 12 بالمئة فقط من كبار الباحثين في مجال الذكاء الاصطناعي، كما أن أعداد الأقليات الممثلة تمثيلا ناقصا أقل من ذلك. كما يقول في في لي من جامعة ستانفورد، «إذا نظرنا حولنا، سواء كنت تبحث عن مجموعات الذكاء الاصطناعي في الشركات، أو أساتذة الذكاء الاصطناعي في الأوساط الأكاديمية، أو طلاب الدكتوراه في الذكاء الاصطناعي أو مقدمو العروض التقديمية للذكاء الاصطناعي في مؤتمرات الذكاء الاصطناعي الكبرى، بغض النظر عن المكان الذي قطعته فيه: فنحن نفتقر للتنوع نحن نفتقر للنساء، ونفتقر للأقليات الممثلة تمثيلاً ناقصاً»[26]. تلتزم الجامعات وشركات التكنولوجيا الكبرى وجميع كبار الباحثين في مجال الذكاء الاصطناعي تقريباً بتغيير هذا الوضع. إحدى المبادرات الواعدة بشكل خاص شارك في تأسيسها لي:(AI4ALL) وهي منظمة مكرسة لجذب الشابات والمجموعات الممثلة تمثيلا ناقصا في مجال الذكاء الاصطناعي من خلال توفير معسكرات صيفية لطلاب المدارس الثانوية الموهوبين. توسعت المنظمة بسرعة وتقدم الآن برامج صيفية في أحد عشر حرماً جامعياً في الولايات المتحدة. بينما لا يزال هناك الكثير من العمل الذي يتعين القيام به، فإن برامج مثل AI4ALL جنباً إلى جنب مع التزام الصناعة لجذب المواهب

الشاملة للذكاء الاصطناعي ستنتج على الأرجح مجموعة أكثر تنوعاً من الباحثين في السنوات والعقود القادمة. من المرجح أن يُترجم إدخال نطاق أوسع من المنظور في المجال بشكل مباشر إلى أنظمة ذكاء اصطناعي أكثر فعالية وعدالة.

تهديد قائم من الذكاء الخارق و«مشكلة التحكم»

إن خطر الذكاء الاصطناعي الذي يتجاوز كل الآخرين هو احتمال أن تنتزع الآلات ذات الذكاء الخارق نفسها يوماً ما من سيطرتنا المباشرة وتتبع مساراً للعمل يمثل في النهاية تهديداً وجودياً للبشرية. قضايا الأمن والتسليح والتحيز الخوارزمي كلها تشكل مخاطر فورية أو قريبة المدى. هذه هي المخاوف التي من الواضح أننا بحاجة إلى معالجتها الآن – قبل فوات الأوان. ومع ذلك، فإن التهديد الوجودي من الذكاء الخارق هو تخميني بدرجة أكبر ويكاد يكون من المؤكد أنه يكمن لعقود – أو ربما حتى قرن أو أكثر – في المستقبل. ومع ذلك، فإن هذا الخطر هو الذي استحوذ على خيال العديد من الشخصيات البارزة وحظي بقدر هائل من الضجيج والاهتمام الإعلامي.

ظهر شبح الخطر الوجودي للذكاء الاصطناعي كموضوع للنقاش العام الجاد في عام 2014. في مايو من ذلك العام، شاركت مجموعة من العلماء بما في ذلك عالم الكونيات بجامعة كامبريدج ستيفن هوكينغ جنباً إلى جنب مع خبير الذكاء الاصطناعي ستيوارت راسل والفيزيائيين ماكس تيجمارك وفرانك ويلتشيك. وكُتِب خطاب مفتوح نُشر في صحيفة «إندبندنت» بالمملكة المتحدة يعلن فيه أن ظهور الذكاء الاصطناعي الخارق «سيكون أكبر حدث في تاريخ البشرية»، وأن جهاز حاسوب يتمتع بقدرات فكرية خارقة قد يكون قادراً على «التغلب على الأسواق المالية، والتغلب على اختراع الإنسان والباحثين، والتلاعب بالقادة البشريين، وتطوير أسلحة لا يمكننا حتى فهمها». حذرت الرسالة من أن الفشل في أخذ هذا الخطر الذي يلوح في الأفق على محمل الجد قد يتحول إلى «أسوأ أخطاء الإنسانية في التاريخ»[27].

في وقت لاحق من نفس العام، نشر فيلسوف جامعة أكسفورد نيك بوستروم كتابه «الذكاء الخارق: الطرق، المخاطر، الاستراتيجيات»، والذي سرعان ما أصبح من أكثر الكتب مبيعاً بشكل مفاجئ إلى حد ما. يفتتح بوستروم الكتاب بالإشارة إلى أن البشر يحكمون الأرض كاملة على أساس الذكاء الفائق. العديد من الحيوانات الأخرى أسرع أو أقوى أو أكثر شراسة؛

أدمغتنا هي التي أدت إلى الهيمنة. بمجرد أن يتجاوز كيان آخر قدرتنا الفكرية بشكل كبير، يمكن بسهولة قلب الطاولات. على حد تعبير بوستروم، «مثلما يعتمد مصير الغوريلا الآن علينا كبشر أكثر من اعتماده على الغوريلا نفسها، فإن مصير جنسنا البشري سيعتمد على أفعال آلة الذكاء الفائق»[28].

كان لكتاب بوستروم تأثير كبير، لا سيما بين نخبة سيليكون فالي. في غضون شهر من نشره، كان إلون ماسك يعلن أنه «بالذكاء الاصطناعي، نستدعي الشيطان» وأن الذكاء الاصطناعي «يمكن أن يكون أكثر خطورة من الأسلحة النووية»[29]. بعد عام، شارك ماسك في تأسيس أوبن آي إي ومنحها المهمة المحددة لبناء ذكاء اصطناعي «ودود». فكرة أن الذكاء الاصطناعي سيشكل يوماً ما تهديداً وجودياً بدأ يُنظر إليه على أنه أمر شبه مؤكد – وخطر في نهاية المطاف أكثر رعباً وتأثيراً من المخاوف الدنيوية مثل تغير المناخ أو الأوبئة العالمية. في تيد تووك مع أكثر من خمسة ملايين مشاهدة، يجادل عالم الأعصاب والفيلسوف سام هاريس بأنه «من الصعب جداً رؤية كيف أن [المكاسب التي نحققها في الذكاء الاصطناعي] لن تدمرنا أو تلهمنا لتدمير أنفسنا» ويقترح من أجل ذلك «أننا نحتاج إلى شيء مثل مشروع مانهاتن» الذي يركز على تجنب هذه النتيجة من خلال اكتشاف كيفية بناء ذكاء اصطناعي ودود يمكن التحكم فيه.[30]

لن يكون أي من هذا مصدر قلق، بالطبع، حتى نتمكن من بناء آلة تفكير حقيقية ذات قدرة معرفية في الأقل مساوية لجهودنا.كما رأينا في الفصل الخامس، فإن الطريق إلى الذكاء الاصطناعي العام يحتوي على عدد غير معروف من العقبات الرئيسية، ومن المرجح أن يستغرق الأمر عقوداً لتحقيق الاختراقات اللازمة للوصول إلى هذا العلم. تذكر أن متوسط تقدير وصول الذكاء الاصطناعي العام من كبار باحثي الذكاء الاصطناعي الذين تحدثت إليهم من أجل كتابي «مهندسو الذكاء الاصطناعي» كان حوالي ثمانين عاماً أو(نهاية هذا القرن). بمجرد أن تصبح قدرة الذكاء الاصطناعي على مستوى الإنسان حقيقة واقعة، فمن شبه المؤكد أن الذكاء الخارق سوف يتبعه بسرعة. في الواقع، فإن أي ذكاء آلي لديه القدرة على التعلم وقدرة عقلية بمستوى الإنسان سيكون بالفعل متفوقاً علينا كبشر لمجرد أنه سيتمتع أيضاً بجميع المزايا التي تمتلكها أجهزة الحاسوب بالفعل – بما في ذلك القدرة على حساب المعلومات ومعالجتها على سرعة غير مفهومة والتفاعل المباشر مع الأجهزة الأخرى عبر الشبكات.

بعد هذه النقطة، يفترض معظم خبراء الذكاء الاصطناعي أن مثل هذا الذكاء الآلي سيقرر قريباً تحويل طاقته الفكرية نحو تحسين تصميمه الخاص. سيؤدي هذا بعد ذلك إلى تحسين متكرر بحيث يصبح النظام أكثر ذكاءً وأكثر مهارة في إعادة هندسة عقله الاصطناعي. ستكون النتيجة حتماً «انفجار الذكاء» وهي ظاهرة يعتقد التقنيون المتفائلون مثل راي كورزويل أنها ستكون الحافز للتفرد وفجر عصر جديد. إن الحجة القائلة بأن التقدم في الذكاء الاصطناعي من شأنه أن يؤدي في يوم من الأيام إلى انفجار في الذكاء الآلي تمت صياغتها قبل وقت طويل من بدء قانون مور في تقديم أجهزة الحاسوب والتي قد تنقل مثل هذا الحدث إلى عالم الاحتمال. في عام 1964، كتب عالم الرياضيات آي جيه جوود ورقة أكاديمية بعنوان «التكهنات المتعلقة بأول آلة فائقة الذكاء» شرح فيها هذا المفهوم على النحو التالي:

دع الآلة فائقة الذكاء تُعرَّف على أنها آلة يمكنها تجاوز جميع الأنشطة الفكرية لأي إنسان ماهر. نظراً لأن تصميم الآلات هو أحد هذه الأنشطة الفكرية، يمكن لآلة فائقة الذكاء أن تصمم آلات أفضل؛ عندها سيكون هناك بلا شك «انفجار للذكاء»، وستنحي ذكاء الإنسان بعيداً. وهكذا فإن أول آلة فائقة الذكاء هي آخر اختراع يحتاج الإنسان إلى صنعه على الإطلاق، بشرط أن تكون الآلة سهلة الانقياد بما يكفي لتخبرنا بكيفية إبقائها تحت السيطرة.[31]

الوعد بأن آلة فائقة الذكاء ستكون آخر اختراع نحتاج إلى صنعه يجسد تفاؤل مؤيدي التفرد. الفكرة القائلة إن الآلة يجب أن تظل سهلة الانقياد بما يكفي لتظل تحت السيطرة هي القلق الذي يشير إلى احتمال وجود تهديد وجودي. يُعرف هذا الجانب المظلم من الذكاء الخارق في مجتمع الذكاء الاصطناعي باسم «مشكلة التحكم» أو «مشكلة محاذاة القيمة».

إن مشكلة التحكم ليست مدفوعة بالخوف من الآلات الحاقدة الصريحة من النوع الذي يتم تصويره في أفلام مثل ذا تيرمينيتور. تم تصميم كل نظام ذكاء اصطناعي من أجل وظيفة موضوعية، بمعنى آخر، من أجل هدف محدد – معبراً عنه بمصطلحات رياضية – حيث يسعى النظام إلى تحقيقه. القلق هو أن نظاماً فائق الذكاء قد يلاحق هذا الهدف باستخدام وسائل لها عواقب غير مقصودة أو غير متوقعة يمكن أن تكون ضارة أو حتى قاتلة لحضارتنا. غالباً ما تُستخدم تجربة فكرية تتضمن «مشبك الورق الأقصى» لتوضيح هذه النقطة. تخيل ذكاءً فائقاً مصمماً بهدف محدد هو تحسين إنتاج مشبك الورق. بينما تسعى بشكل كبير إلى تحقيق هذا الهدف، قد تخترع آلة فائقة الذكاء تقنيات جديدة من شأنها أن تسمح لها بتحويل جميع الموارد الموجودة على الأرض تقريباً إلى مشابك ورق. نظراً لأن النظام سيكون بعيداً

عنا من حيث قدرته الفكرية، فمن المحتمل أن يكون قادراً على إحباط أي محاولة لإغلاقه أو تغيير مسار عمله. في الواقع، فإن أي محاولة للتدخل تتعارض مع الوظيفة الموضوعية للنظام سيقوم هذا النظام بإحباطها.

يمكن لهذا المثال أن يكون نوعاً من الرسوم المتحركة. من المحتمل أن تكون السيناريوهات الحقيقية التي قد تتكشف في المستقبل أكثر دقة بكثير، وستكون العواقب المحتملة أكثر صعوبة – أو ربما من المستحيل – توقعها مسبقاً. يمكننا بالفعل أن نشير إلى مثال واحد مهم يوضح كيف يمكن للعواقب غير المقصودة أن تكون ضارة بوضوح بالنسيج الاجتماعي. تم إعطاء خوارزميات التعلم الآلي التي تستخدمها شركات التكنولوجيا مثل يوتيوب وفيسبوك بشكل عام هدف زيادة مشاركة المستخدمين على النظام الأساسي. وهذا بدوره يؤدي إلى مزيد من العائدات من الإعلانات عبر الإنترنت. ومع ذلك، فقد أصبح واضحاً أن الخوارزميات التي تسعى إلى تحقيق هذا الهدف سرعان ما توصلت إلى أن أفضل طريقة لإبقاء الناس منشغلين هي بتزويدهم بمحتوى يستقطبهم سياسياً أو الاستفادة مباشرة من المشاعر مثل الغضب أو الخوف. أدى هذا، على سبيل المثال، إلى ظاهرة «ثقب الأرانب» التي غالباً ما يتم ملاحظتها على يوتيوب، والتي يتبع فيها مقطع فيديو معتدل توصيات متتالية ليصبح محتوى أكثر تطرفاً، وكل ذلك يؤدي إلى تفاعل مستمر مدفوع بالعواطف مع النظام الأساسي.[32] قد يكون هذا مفيداً للربحية، ولكن من الواضح أنه ليس جيداً لبيئتنا الاجتماعية أو السياسية. إذا تم إجراء تقدير خاطئ مماثل باستخدام نظام فائق الذكاء، فقد يكون من المستحيل استعادة السيطرة أثناء سعيه لتحقيق هدفه.

أصبح السعي لإيجاد حل لمشكلة التحكم موضوعاً مهماً للبحث الأكاديمي في الجامعات وخاصة داخل المنظمات المتخصصة الممولة من القطاع الخاص مثل أوبن آي إي، ومعهد مستقبل الإنسانية التابع لجامعة أكسفورد، والذي يديره نيك بوستروم، وماشين أنتليجينس معهد أبحاث يقع في بيركلي، كاليفورنيا. في كتابه المتوافق مع الإنسان لعام 2019: الذكاء الاصطناعي ومشكلة التحكم، يجادل ستيوارت راسل بأن أفضل حل للمشكلة هو عدم بناء وظيفة موضوعية واضحة في أنظمة الذكاء الاصطناعي المتقدمة على الإطلاق. وبدلاً من ذلك، يجب تصميم الأنظمة لتحقيق أقصى قدر من الأفضليات البشرية. نظراً لأن ذكاء الآلة لا يمكنه أبداً التأكد من ماهية هذه الأفضليات أو النوايا، فسيتعين عليها صياغة أهدافها من خلال دراسة السلوك البشري وستكون مستعدة للحوار مع البشر وقبول التوجيهات منهم. على

عكس مثال مشبك الورق الذي لا يمكن إيقافه، فإن مثل هذا النظام سيخضع للإغلاق إذا كان يعتقد أن هذا يتماشى مع الأفضليات البشرية التي تم تصميمها لتحسينه.

يمثل هذا خروجاً صارخاً عن النهج الحالي لبناء أنظمة الذكاء الاصطناعي. كما يشرح راسل:

في الواقع، يتطلب وضع نموذج كهذا موضع التنفيذ قدراً كبيراً من البحث. نحن بحاجة إلى خوارزميات «طفيفة التوغل»[33]لاتخاذ القرارات التي تمنع الآلات من العبث بأجزاء من العالم ليسوا متأكدين من قيمتها، وكذلك الآلات التي تتعلم المزيد عن تفضيلاتنا الحقيقية والكامنة لكيفية تطور المستقبل. ستواجه مثل هذه الآلات بعد ذلك مشكلة قديمة للفلسفة الأخلاقية: كيفية تقسيم الفوائد والتكاليف بين مختلف الأفراد ذوي الرغبات المتضاربة.

قد يستغرق كل هذا عقداً من الزمان حتى يكتمل وحتى ذلك الحين، ستكون هناك حاجة إلى لوائح لضمان اعتماد أنظمة آمنة بشكل مثبت بينما يتم استبعاد الأنظمة التي لا تتوافق معها. لن يكون هذا سهلا. لكن من الواضح أن هذا النموذج يجب أن يكون موجوداً قبل اكتمال قدرات الذكاء الاصطناعي.[34]

من الملاحظ أنه باستثناء ستيوارت راسل – وهو مؤلف مشارك لكتاب الذكاء الاصطناعي الجامعي الرائد – تأتي جميع الأصوات البارزة تقريباً التي تحذر من تهديد وجودي محتمل من خارج مجالات أبحاث الذكاء الاصطناعي أو علوم الحاسوب. بدلاً من ذلك، يتم إطلاق ناقوس الخطر بشكل أساسي من قبل المفكرين العامين مثل سام هاريس أو عمالقة سيليكون فالي مثل ماسك أو العلماء في مجالات أخرى مثل هوكينغ أو الفيزيائي في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا ماكس تيجمارك. يميل معظم الخبراء المشاركين في أبحاث الذكاء الاصطناعي الفعلية إلى أن يكونوا أكثر تفاؤلاً. عندما قابلت ثلاثة وعشرين باحثاً من النخبة في كتابي مهندسو الذكاء، وجدت أنه في حين أن البعض أخذ احتمال وجود تهديد وجودي على محمل الجد، فإن الغالبية العظمى كانت رافضة تماماً. من المعروف أن ظهور الذكاء الخارق بعيد المنال، وأن المعايير المحددة للمشكلة التي يتعين حلها غامضة للغاية، ولا جدوى من متابعة هذه القضية. يشتهر أندرو أنغ، الذي قاد مجموعات أبحاث الذكاء الاصطناعي في غوغل وبايدو، بقوله إن القلق بشأن التهديد الوجودي من الذكاء الاصطناعي يشبه القلق بشأن الزيادة السكانية على سطح المريخ

– قبل وقت طويل حتى من إرسال أول فريق من رواد الفضاء إلى الكوكب الأحمر. يقول عالم الروبوتات رودني بروكس: «إن الذكاء الخارق بعيد جداً في المستقبل لن تكون الحالة هي وجود نفس العالم تماماً كما هو اليوم ولكن مع وجود ذكاء فائق في وسطه، ليس لدينا أدنى فكرة على الإطلاق عما سيكون عليه العالم أو نظام ذكاء اصطناعي فائق الذكاء». إن توقع مستقبل الذكاء الاصطناعي هو مجرد لعبة قوة للأكاديميين المعزولين الذين يعيشون في فقاعة بعيدة عن العالم الحقيقي. هذا لا يعني أن هذه التقنيات لن تأتي، لكننا لن نعرف كيف ستبدو قبل وصولها.[35]

المدافعون عن اتخاذ تهديد وجودي للذكاء الاصطناعي يرفضون بشدة فكرة أن القضية غير مهمة أو لا يمكن الوصول إليها لمجرد أنها لن تظهر إلا بعد مرور عقود. وهم يشيرون إلى أن مشكلة التحكم تحتاج إلى حل قبل ظهور الذكاء الخارق الأول وإلا سيكون الأوان قد فات. يحب ستيوارت راسل إجراء تشبيه بوصول كائنات فضائية. تخيل أننا تلقينا إشارة من الفضاء تعلن أن الفضائيين سيكونون هنا بعد خمسين عاماً. من المفترض أننا سنبذل على الفور جهداً عالمياً كبيراً للتحضير لهذا الحدث. يعتقد راسل أننا يجب أن نفعل الشيء نفسه من أجل الوصول النهائي للذكاء الخارق. وجهة نظري هي أن احتمال وجود تهديد وجودي للذكاء الاصطناعي يجب أن يؤخذ على محمل الجد. أعتقد أنه أمر إيجابي للغاية أن الباحثين في مؤسسات مثل معهد مستقبل البشرية يعملون بنشاط على حل المشكلة. ومع ذلك، يبدو لي أن هذا يمثل تخصيصاً مناسباً للموارد، وأنه، في الوقت الحالي على الأقل، من الأفضل معالجة المشكلة في بيئة بحث أكاديمية هادئة. ولا يبدو من الحكمة محاولة إدخال القضية في عملية سياسية مختلة بالفعل. هل نريد حقاً أن يقوم السياسيون الذين لا يفهمون سوى القليل من التكنولوجيا بالتغريد حول مخاطر الآلات فائقة الذكاء؟ نظراً لقدرة حكومة الولايات المتحدة المحدودة جداً على إنجاز أي شيء تقريباً على الإطلاق، أشعر بالقلق أيضاً من أن تضخيم أو تسييس تهديد وجودي مستقبلي قد يكون بمثابة إلهاء عن مخاطر الذكاء الاصطناعي الحقيقية والفورية – بما في ذلك التسليح والأمن والتحيز – في التي نحتاج حقاً لبدء استثمار موارد كبيرة في معالجتها الآن.

الحاجة الماسة للتنظيم

إذا كانت هناك نصيحة واحدة من المخاطر التي نظرنا إليها في هذا الفصل، فمن الواضح أن هناك دوراً مهماً للتنظيم الحكومي حيث يستمر الذكاء الاصطناعي في التقدم ويصبح أكثر انتشاراً. ومع ذلك، أعتقد أنه سيكون

من الخطأ للغاية التنظيم المفرط أو وضع قيود على البحث العام في الذكاء الاصطناعي. من المحتمل أن يكون القيام بذلك غير فعال على أساس عالمي لأن البحث يجري في جميع أنحاء العالم. وكما رأينا، فإن الصين على وجه الخصوص منخرطة في منافسة شديدة مع الولايات المتحدة ودول غربية أخرى لدفع حدود الذكاء الاصطناعي إلى الأمام. من الواضح أن وضع قيود على الأبحاث الأساسية من شأنه أن يضعنا في وضع غير مناسب، ولا يمكننا ببساطة أن نتخلف عن الصين في سعينا لأن نكون في طليعة مثل هذه التكنولوجيا اللاحقة.

بدلاً من ذلك، يجب أن يكون التركيز على تنظيم تطبيقات محددة للذكاء الاصطناعي. في مجالات مثل السيارات ذاتية القيادة أو أدوات التشخيص الطبي للذكاء الاصطناعي، يجري بالفعل تطوير القواعد لأن هذه التطبيقات تتقاطع مع إطار تنظيمي قائم بالفعل. ومع ذلك، نحن بحاجة إلى إشراف أوسع بكثير. سوف يمس الذكاء الاصطناعي في النهاية كل شيء تقريباً، وكما رأينا، يتم استخدام تقنيات مثل التعرف على الوجه أو الخوارزميات المستخدمة في نظام العدالة الجنائية لاتخاذ قرارات عالية الخطورة دون أي ضمان تقريباً لنشر التكنولوجيا بشكل فعال أو عادل.

نظراً للسرعة التي يتقدم بها الذكاء الاصطناعي وتعقيد القضايا المطروحة، أعتقد أنه من غير الواقعي أن نتوقع من الكونغرس الأميركي، أو في الواقع أي هيئة برلمانية، كتابة وسن لوائح مفصلة في الوقت المناسب. من المحتمل أن يكون أفضل مسار للعمل هو إنشاء وكالة حكومية مستقلة لها سلطات تنظيمية تركز بشكل خاص على تطبيقات الذكاء الاصطناعي. ستكون هذه وكالة يمكن مقارنتها تقريباً بإدارة الغذاء والدواء الأميركية أو إدارة الطيران الفيدرالية أو لجنة الأوراق المالية والبورصات. وقد طورت هذه الوكالات – بالإضافة إلى نظيراتها في أماكن أخرى – مثل وكالة الأدوية الأوروبية – خبرة داخلية عميقة تسمح لها بمعالجة القضايا التي تقع ضمن اختصاصها. يجب أن يكون الشيء نفسه صحيحاً في مجال الذكاء الاصطناعي. سيتم منح وكالة تنظيمية للذكاء الاصطناعي تفويضاً واسعاً وأموالاً مخصصة من قبل الكونغرس، لكن سيكون لها سلطة كتابة لوائح محددة وستكون قادرة على القيام بذلك بسرعة وفعالية أكبر بكثير من الهيئة التشريعية.

قد يعترض أولئك ذوو التوجه الليبرالي ويشيروا إلى أن مثل هذه الوكالة ستعاني من نفس أوجه القصور الموجودة بالفعل في بقية أجهزتنا التنظيمية. سيكون للوكالة التنظيمية للذكاء الاصطناعي بالتأكيد علاقات وثيقة مع شركات التكنولوجيا الكبيرة، فمن المحتمل أن نرى «الباب الدوار» الذي

يضرب به المثل – حيث يتنقل الأشخاص بين الصناعة والحكومة – وسيكون هناك خطر كبير من الاستحواذ التنظيمي والتأثير غير المبرر على جزء من صناعة التكنولوجيا. هذه المخاوف حقيقية، لكن مع ذلك أعتقد أن مثل هذه الوكالة هي بوضوح الحل الأمثل المتاح لنا. إذا كان البديل هو ببساطة عدم القيام بأي شيء، فمن المؤكد أن ذلك البديل أسوأ بكثير. في الواقع، من المرجح أن تكون العلاقة الوثيقة بين الوكالة التنظيمية والشركات التي تقوم بتطوير ونشر تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي ميزة بقدر ما تكون خطأ. نظراً لأن الحكومة لا تستطيع التنافس بشكل واقعي على أفضل المواهب في مجال الذكاء الاصطناعي من خلال تقديم نوع الرواتب وتعويضات حقوق الملكية الشائعة في صناعة التكنولوجيا، فقد يكون التعاون مع القطاع الخاص هو الطريقة الوحيدة التي ستتمكن الوكالة من مواكبة أحدث التطورات في هذا المجال. لن يكون أي حل مثالياً، ولكن التحالف المثمر بين الصناعة والأوساط الأكاديمية والحكومة، المتمركز في وكالة تنظيمية تتمتع بخبرة داخلية كافية للحفاظ على سير الأمور في الاتجاه الصحيح، من شأنه أن يقطع شوطاً طويلاً نحو ضمان نشر الذكاء الاصطناعي بأمان، بشكل شامل وعادل.

خـــاتـمـــة

مستقبلان للذكاء الاصطناعي

مع استمرار الذكاء الاصطناعي في المضي قدماً وتوسيع نطاقه ليشمل جوانب في حياتنا أكثر من أي وقت مضى، فإن المخاطر المرتبطة بالتكنولوجيا ستتطلب اهتماماً عاجلاً. أدى تقاطع أزمة فيروس كورونا والاضطرابات الاجتماعية الواسعة النطاق في عام 2020 إلى ظهور تطورات تشير على الأقل إلى أن بعض هذه القضايا بدأت تأخذ مكاناً بارزاً في الخطاب العام. في أعقاب الاحتجاجات على مستوى البلاد المحيطة بمقتل جورج فلويد على يد شرطة مينيابوليس في آيار، جاء الوعي بالتحيز العنصري في تقنية التعرف على الوجه في المقدمة، وأعلنت أمازون تعليقاً لمدة عام واحد على مبيعات نظام ريكوغنيشن الخاص بها إلى أجهزة إنفاذ القانون. من أجل منح الكونغرس الأميركي الوقت الكافي للنظر في اللوائح الخاصة بالتكنولوجيا. وأعلنت مايكروسوفت عن فجوة مماثلة حتى صدور التشريع، وانسحبت شركة آي بي أم من سوق التعرف على الوجه تماماً.1

لقد أحدثت جائحة فيروس كورونا أيضاً انفتاحاً جديداً على ردود السياسات غير التقليدية. نظراً لأن إغلاق الاقتصاد أدى إلى خسائر هائلة في الوظائف، فقد تمكن الكونغرس من سن سياسات كانت ستموت فور وصولها

لو أنها سُنت قبل بضعة أشهر فقط. وشملت هذه السياسات المدفوعات التحفيزية البالغة 1200 دولار والتي تم إرسالها مباشرة إلى دافعي الضرائب، وهي زيادة دراماتيكية – وإن كانت مؤقتة – في مدفوعات التأمين ضد البطالة وتوسيع البرنامج ليشمل العاملين في الاقتصاد المؤقت. ستطرح كل هذه الأفكار الآن على الطاولة مع تسارع تأثير الذكاء الاصطناعي والروبوتات على سوق العمل في السنوات القادمة. في الواقع، كانت هناك بالفعل دعوات لدفع مدفوعات شهرية – وهي أساساً دخل أساسي – يتم دفعها طوال فترة الأزمة.[2]

مع ذلك، فإن الاستجابة الأكثر شمولاً وتماسكاً للأخطار التي ستظهر حتماً مع استمرار صعود الذكاء الاصطناعي أمر بالغ الأهمية. وسيتطلب ذلك تنسيقاً فعالاً بين الحكومة والقطاع الخاص وإنشاء إطار تنظيمي مقترن بالخبرة اللازمة للاستجابة للتقدم السريع في هذا المجال. وكل هذا يجب أن يبدأ الآن، حيث يمكن القول إننا خلف المنحنى بالفعل.

على الرغم من هذه المخاوف الحقيقية، أعتقد اعتقاداً راسخاً أن فوائد الذكاء الاصطناعي ستفوق بكثير المخاطر. في الواقع، نظراً للتحديات التي سنواجهها في العقود القادمة، أعتقد أن الذكاء الاصطناعي سيكون لا غنى عنه. سنحتاج إلى ذكاء اصطناعي لإطلاقنا من هضبتنا التكنولوجية إلى عصر جديد من الابتكار واسع النطاق.

يلوح تغير المناخ في الأفق باعتباره التهديد الأكثر وضوحاً الذي يمكن توقعه. في عام 2018، أصدرت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ تحليلاً يشير إلى أنه من أجل الحفاظ على درجات الحرارة العالمية من الزيادة بأكثر من 1.5 درجة مئوية – وهي العتبة التي نأمل أن تمنع حدوث أضرار كارثية – سنحتاج إلى خفض صافي انبعاثات الكربون إلى الصفر بحلول عام 2050. ومن أجل الحصول على أي فرصة واقعية لتحقيق ذلك، نحتاج إلى خفضه بنسبة 45 بالمئة تقريباً بحلول عام 2030.[3]

تم إبراز حجم هذا التحدي بشكل صارخ من خلال التجربة الضخمة وغير المسبوقة التي أجريناها مع ظهور جائحة فيروس كورونا. كما أشار بيل غيتس في منشور على مدونة في آب 2020، فإن الإغلاق العالمي – حيث توقف السفر الجوي وشبه إفراغ الشوارع والطرق السريعة ومباني المكاتب في جميع أنحاء العالم – أدى إلى انخفاض بنسبة ثمانية بالمئة فقط في الانبعاثات.

وقد جاء هذا الانخفاض المؤقت بتكلفة تريليونات لا حصر لها من الدولارات والبطالة المرتفعة في كل بلد تقريباً على وجه الأرض. بعبارة أخرى، فإن افتراض أنه يمكننا بطريقة ما خفض انبعاثات الكربون إلى النصف تقريباً خلال العقد المقبل من خلال الاعتماد بشكل أساسي على السياسات التي تركز على الحفظ أو التغييرات السلوكية مثل تحويل تنقلاتنا إلى وسائل النقل العام يبدو غير واقعي على أقل تقدير. كما يقول غيتس: «لا يمكننا الوصول إلى الصفر من الانبعاثات ببساطة – أو حتى في الغالب – عن طريق الطيران والقيادة بمعدل أقل».[4]

سيعتمد النجاح أولاً وقبل كل شيء على الابتكار. ولن يكون التحول ببساطة إلى طرق نظيفة ومتجددة لتوليد الكهرباء وتوليد الطاقة للمركبات أمراً كافياً. تمثل محطات الطاقة الكهربائية والنقل قرابة أربعين بالمئة فقط من الانبعاثات العالمية. يأتي الباقي من الزراعة، والتصنيع، والانبعاثات من المباني، ومصادر متنوعة أخرى سيتطلب خفض الانبعاثات العالمية بشكل كبير اختراقات تكنولوجية في جميع هذه المجالات[5]. أضف تحديات أخرى، مثل أزمة المياه العذبة العالمية الناشئة أو الوباء القادم الذي لا مفر منه، وسيصبح من الواضح أننا في أمس الحاجة إلى موجة من الابتكار في جميع المجالات. ومع ذلك، كما رأينا في الفصل الثالث، كانت وتيرة الأفكار الجديدة تتباطأ بالفعل على مدار العقود القليلة الماضية. كما كتب الاقتصاديون في ستانفورد ومعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا الذين درسوا الابتكار في الولايات المتحدة، «في كل مكان ننظر إليه نجد صعوبة متزايدة في العثور على الأفكار والتي تقود إلى نمو هائل».[6]

يجب أن يتغير هذا، والذكاء الاصطناعي هو محفز يمكنه تحقيق ذلك. في مواجهة هذه التحديات، لا شيء يمكن أن يكون أكثر أهمية من منفعة عامة وبأسعار معقولة تُضخِّم بشكل كبير الفكر والإبداع البشري. الهدف الرئيسي هو القيام بكل ما هو ممكن لتسريع تطوير هذا المورد الجديد مع تطوير شبكة الأمان الاجتماعي والإطار التنظيمي في نفس الوقت بطرق تسمح لنا بالتخفيف من المخاطر المصاحبة والتأكد من تقاسم أرباح الذكاء الاصطناعي على نطاق واسع وشامل.

بينما نسير في هذا المسار، أعتقد أن المستقبل الذي نبنيه قد يقع في نهاية المطاف في مكان ما على طيف يحده طرفان خياليان. السيناريو الأكثر تفاؤلاً يأتي من ستار تريك. في عالم ما، بعد الندرة هذه، خلقت التكنولوجيا

المتقدمة وفرة مادية، وقضت على الفقر، وعالجت الشواغل البيئية وعالجت معظم الأمراض. لا يحتاج أحد إلى الكدح في وظيفة غير مجزية لمجرد الحفاظ على بقائه أو بقائها. يتمتع الناس في هذا العالم بتعليم عالٍ ويواجهون تحديات يجدونها تستحق. لم يؤد غياب الوظيفة التقليدية إلى الكسل أو الافتقار إلى المعنى والكرامة. في عالم ستار تريك، يتم تقدير الناس لإنسانيتهم الجوهرية – وليس بناءً على ناتجهم الاقتصادي في المقام الأول. على الرغم من أن العديد من التقنيات التي تم تصويرها في ستار تريك من المحتمل أن تكون غير قابلة للتحقيق أو، على الأقل، تكمن في المستقبل البعيد، أعتقد أن العرض يقدم عرضاً معقولاً لمستقبل تؤدي فيه التكنولوجيا المتقدمة إلى ازدهار واسع النطاق، وتتيح لنا الوصول إلى النجوم.

قد يكون المستقبل البديل، والأكثر بؤساً بكثير، أقرب إلى ذا ماتريكس. لا يكمن خوفي في أن الذكاء الاصطناعي سوف يستعبدنا بطريقة ما، ولكن بدلاً من ذلك قد يصبح العالم الحقيقي غير متكافئ للغاية، ويفتقر إلى الفرصة لمعظم الأشخاص العاديين لتعزيز آفاقهم، بحيث يختار جزء كبير من السكان الهروب إلى البدائل. نظراً لتسارع كل من تقنيات الذكاء الاصطناعي والواقع الافتراضي خلال السنوات والعقود القادمة، فمن المحتمل أن يتحدوا لإنشاء محاكاة واقعية ومقنعة بشكل غير عادي والتي قد تبدو، بالنسبة للعديد من الأشخاص، أفضل بكثير من العالم الذي يعيشون فيه بالفعل. في الواقع، وجد تحليل أجرته مجموعة من الاقتصاديين في عام 2017 أن العدد المتزايد من الشباب المنفصلين عن أسواق العمل يقضون جزءاً كبيراً من وقتهم في لعب ألعاب الفيديو.[7] قد يُنظر إليها بشكل معقول على أنها نوع من المخدرات.

إذا أدى الذكاء الاصطناعي والروبوتات إلى قلب سوق العمل، وتبخرت فرص العمل أو تدهورت جودتها، فمن المرجح أن تضطر الحكومات في نهاية المطاف إلى تقديم شكل من أشكال الدعم – ربما دخل أساسي – للمواطنين من أجل الحفاظ على النظام الاجتماعي. ومع ذلك، إذا أهملوا أيضاً ضمان استمرار السكان في إعطاء الأولوية للتعليم والحفاظ على إحساسهم بالهدف، فمن المرجح أن تكون النتيجة هي اللامبالاة وفك الارتباط على نطاق واسع. قد نتجه نحو مجتمع يتحول إلى نخبة صغيرة تظل راسخة في العالم الحقيقي، بينما تهرب الجماهير بشكل متزايد إلى الخيال التكنولوجي أو ربما تنجذب إلى الجريمة أو أشكال أخرى من الإدمان. سننتهي بعد ذلك بسكان أقل تعليماً، وديمقراطية أقل شمولاً وفعالية بكثير، ووتيرة أبطأ للابتكار لأن العديد من الأفراد الأكثر ذكاءً، الذين تم استدراجهم إلى عالم افتراضي أكثر إقناعاً، قد لا يرون بعد الآن حافزاً قوياً للسعي من أجل نجاح في العالم

الحقيقي. في هذا السيناريو، ستجعل الرياح المعاكسة الاقتصادية والاجتماعية الأمر أكثر صعوبة بالنسبة لنا للتغلب على التحديات العالمية التي نواجهها.

أعتقد أن الجميع سيوافقون على أننا يجب أن نسعى جاهدين من أجل مستقبل أقرب إلى ستار تريك. ومع ذلك، هذا لن يحدث بشكل افتراضي. سنحتاج إلى صياغة سياسات واضحة مصممة لتحويل مسارنا نحو تلك الوجهة. في جميع الاحتمالات، سوف يمر وقت طويل جداً قبل أن نصل، ولكن إذا استطعنا أن نبدأ من خلال حل مشكلة توزيع الدخل مع الحفاظ على حافز قوي للناس لتثقيف أنفسهم ومواجهة تحديات ذات مغزى، فسوف نسير في الاتجاه الصحيح.

الهوامش

الفصل الأول: الاضطرابات الناشئة

1. Ewen Callaway, "'It will change everything': DeepMind's AI makes gigantic leap in solving protein structures," *Nature*, November 30, 2020, www.nature.com/articles/d41586-020-03348-4.

2. Andrew Senior, Demis Hassabis, John Jumper and Pushmeet Kohli, "AlphaFold: Using AI for scientific discovery," DeepMind Research Blog, January 15, 2020, deepmind.com/blog/article/AlphaFold-Using-AI-for-scientific-discovery.

3. Ian Sample, "Google's DeepMind predicts 3D shapes of proteins," *The Guardian*, December 2, 2018, www.theguardian.com/science/2018/dec/02/google-deepminds-ai-program-alphafold-predicts-3d-shapes-of-proteins.

4. Lyxor Robotics and AI UCITS ETF, stock market ticker ROAI.

5. See, for example: Carl Benedikt Frey and Michael Osborne, "The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?," Oxford Martin School, University of Oxford, Working Paper, September 17, 2013, www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/future-of-employment.pdf, p. 38.

6. Matt McFarland, "Elon Musk: 'With artificial intelligence we are summoning the demon,'" *Washington Post*, October 24, 2014, www.washingtonpost.com/news/innovations/wp/2014/10/24/elon-musk-with-artificial-intelligence-we-are-summoning-the-demon/.

7. Anand S. Rao and Gerard Verweij, "Sizing the prize: What's the real value of AI for your business and how can you capitalise?," PwC, October 2018, www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf.

الفصل الثاني: الذكاء الاصطناعي هو الكهرباء الجديدة

1. "Neuromorphic computing," Intel Corporation, accessed May 3, 2020, www.intel.com/content/www/us/en/research/neuromorphic-computing.html.

2. Sara Castellanos, "Intel to release neuromorphic-computing system," *Wall Street Journal*, March 18, 2020, www.wsj.com/articles/intel-to-release-neuromorphic-computing-system-11584540000.

3. Linda Hardesty, "WikiLeaks publishes the location of Amazon's data centers," SDXCentral, October 12, 2018, www.sdxcentral.com/articles/news/wikileaks-publishes-the-location-of-amazons-data-centers/2018/10/.

4. "RightScale 2019 State of the Cloud Report from Flexera," Flexera, 2019, resources.flexera.com/web/media/documents/rightscale-2019-state-of-the-cloud-report-from-flexera.pdf, p. 2.

5. Pierr Johnson, "With the public clouds of Amazon, Microsoft and Google, big data is the proverbial big deal," *Forbes*, June 15, 2017, www.forbes.com/sites/johnsonpierr/2017/06/15/with-the-public-clouds-of-amazon-microsoft-and-google-big-data-is-the-proverbial-big-deal/.

6. Richard Evans and Jim Gao, "DeepMind AI reduces Google data centre cooling bill by 40%," DeepMind Research Blog, July 20, 2016, deepmind.com/blog/article/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-40.

7. Urs Hölzle, "Data centers are more energy efficient than ever," Google Blog, February 27, 2020, www.blog.google/outreach-initiatives/sustainability/data-centers-energy-efficient/.

8. Ron Miller, "AWS revenue growth slips a bit, but remains Amazon's golden goose," *TechCrunch*, July 25, 2019, techcrunch.com/2019/07/25/aws-revenue-growth-slips-a-bit-but-remains-amazons-golden-goose/.

9. John Bonazzo, "Google exits Pentagon 'JEDI' project after employee protests," *Observer*, October 10, 2018, observer.com/2018/10/google-pentagon-jedi/.

10. Annie Palmer, "Judge temporarily blocks Microsoft Pentagon cloud contract after Amazon suit," CNBC, February 13, 2020, www.cnbc.com/2020/02/13/amazon-gets-restraining-order-to-block-microsoft-work-on-pentagon-jedi.html.

11. Lauren Feiner, "DoD asks judge to let it reconsider decision to give Microsoft $10 billion contract over Amazon," CNBC, March 13, 2020, www.cnbc.com/2020/03/13/pentagon-asks-judge-to-let-it-reconsider-its-jedi-cloud-contract-award.html.

12. "TensorFlow on AWS," Amazon Web Services, accessed May 4, 2020, aws.amazon.com/tensorflow/.

13. Kyle Wiggers, "Intel debuts Pohoiki Springs, a powerful neuromorphic research system for AI workloads," *VentureBeat*, March 18, 2020, venturebeat.com/2020/03/18/intel-debuts-pohoiki-springs-a-powerful-neuromorphic-research-system-for-ai-workloads/.

14. Jeremy Kahn, "Inside big tech's quest for human-level A.I.," *Fortune*, January 20, 2020, fortune.com/longform/ai-artificial-intelligence-big-tech-microsoft-alphabet-openai/.

15. Martin Ford, Interview with Fei-Fei Li, in *Architects of Intelligence: The Truth about AI from the People Building It*, Packt Publishing, 2018, p. 150.

16. "Deep Learning on AWS," Amazon Web Services, accessed May 4, 2020, aws.amazon.com/deep-learning/.

17. Kyle Wiggers, "MIT researchers: Amazon's Rekognition shows gender and ethnic bias," *VentureBeat*, January 24, 2019, venturebeat.com/2019/01/24/amazon-rekognition-bias-mit/.

18. "New schemes teach the masses to build AI," *The Economist*, October 27, 2018, www.economist.com/business/2018/10/27/new-schemes-teach-the-masses-to-build-ai.

19. Chris Hoffman, "What is 5G, and how fast will it be?," *How-to Geek*, January 3, 2020, www.howtogeek.com/340002/what-is-5g-and-how-fast-will-it-be/.

الفصل الثالث: ما وراء الضجة الإعلامية

1. Tesla, "Tesla Autonomy Day (video)," YouTube, April 22, 2019, www.youtube.com/watch?reload=9&v=Ucp0TTmvqOE.

2. Sean Szymkowski, "Tesla's full self-driving mode under the watchful eye of NHTSA," *Road Show*, October 22, 2020, www.cnet.com/roadshow/news/teslas-full-self-driving-mode-nhtsa/.

3. Rob Csongor, "Tesla raises the bar for self-driving carmakers," NVIDIA Blog, April 23, 2019, blogs.nvidia.com/blog/2019/04/23/tesla-self-driving/.

4. Jeffrey Van Camp, "My Jibo is dying and it's breaking my heart," *Wired*, March 9, 2019, www.wired.com/story/jibo-is-dying-eulogy/.

5. Mark Gurman and Brad Stone, "Amazon is said to be working on another big bet: Home robots," *Bloomberg*, April 23, 2018, www.bloomberg.com/news/articles/2018-04-23/amazon-is-said-to-be-working-on-another-big-bet-home-robots.

6. Martin Ford, Interview with Rodney Brooks, in *Architects of Intelligence: The Truth about AI from the People Building It*, Packt Publishing, 2018, p. 432.

7. "Solving Rubik's Cube with a robot hand," OpenAI, October 15, 2019, openai.com/blog/solving-rubiks-cube/. (Includes videos.)

8. Will Knight, "Why solving a Rubik's Cube does not signal robot supremacy," *Wired*, October 16, 2019, www.wired.com/story/why-solving-rubiks-cube-not-signal-robot-supremacy/.

9. Noam Scheiber, "Inside an Amazon warehouse, robots' ways rub off on humans," *New York Times*, July 3, 2019, www.nytimes.com/2019/07/03/business/economy/amazon-warehouse-labor-robots.html.

10. Eugene Kim, "Amazon's $775 million deal for robotics company Kiva is starting to look really smart," *Business Insider*, June 15, 2016, www.businessinsider.com/kiva-robots-save-money-for-amazon-2016-6.

11. Will Evans, "Ruthless quotas at Amazon are maiming employees," *The Atlantic*, November 25, 2019, www.theatlantic.com/technology/archive/2019/11/amazon-warehouse-reports-show-worker-injuries/602530/.

12. Jason Del Ray, "How robots are transforming Amazon warehouse jobs—for better and worse," *Recode*, December 11, 2019, www.vox.com/recode/2019/12/11/20982652/robots-amazon-warehouse-jobs-automation.

13. Michael Sainato, "'I'm not a robot': Amazon workers condemn unsafe, grueling conditions at warehouse," *The Guardian*, February 5, 2020, www.theguardian.com/technology/2020/feb/05/amazon-workers-protest-unsafe-grueling-conditions-warehouse.

14. Jeffrey Dastin, "Exclusive: Amazon rolls out machines that pack orders and replace jobs," Reuters, May 13, 2019, www.reuters.com/article/us-amazon-com-automation-exclusive/exclusive-amazon-rolls-out-machines-that-pack-orders-and-replace-jobs-idUSKCN1SJ0X1.

15. Matt Simon, "Inside the Amazon warehouse where humans and machines become one," *Wired*, June 5, 2019, www.wired.com/story/amazon-warehouse-robots/.

16. James Vincent, "Amazon's latest robot champion uses deep learning to stock shelves," *The Verge*, July 5, 2016, www.theverge.com/2016/7/5/12095788/amazon-picking-robot-challenge-2016.

17. Jeffrey Dastin, "Amazon's Bezos says robotic hands will be ready for commercial use in next 10 years," Reuters, June 6, 2019, www.reuters.com/article/us-amazon-com-conference/amazons-bezos-says-robotic-hands-will-be-ready-for-commercial-use-in-next-10-years-idUSKCN1T72JB.

18. Tech Insider, "Inside a warehouse where thousands of robots pack groceries (video)," YouTube, May 9, 2018, www.youtube.com/watch?reload=9&v=4DKrcpa8Z_E.

19. James Vincent, "Welcome to the automated warehouse of the future," *The Verge*, May 8, 2018, www.theverge.com/2018/5/8/17331250/automated-warehouses-jobs-ocado-andover-amazon.

20. Ibid.

21. "ABB and Covariant partner to deploy integrated AI robotic solutions," ABB Press Release, February 25, 2020, new.abb.com/news/detail/57457/abb-and-covariant-partner-to-deploy-integrated-ai-robotic-solutions.

22. Evan Ackerman, "Covariant uses simple robot and gigantic neural net to automate warehouse picking," *IEEE Spectrum*, January 29, 2020, spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/covariant-ai-gigantic-neural-network-to-automate-warehouse-picking.

23. Jonathan Vanian, "Industrial robotics giant teams up with a rising A.I. startup," *Fortune*, February 25, 2020, fortune.com/2020/02/25/industrial-robotics-ai-covariant/.

24. Alexander Lavin, J. Swaroop Guntupalli, Miguel Lázaro-Gredilla, et al., "Explaining visual cortex phenomena using recursive cortical network," Vicarious Research Paper, July 30, 2018, www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2018/07/30/380048.full.pdf.

25. Tom Simonite, "These industrial robots get more adept with every task," *Wired*, March 10, 2020, www.wired.com/story/these-industrial-robots-adept-every-task/.

26. Adam Satariano and Cade Metz, "A warehouse robot learns to sort out the tricky stuff," *New York Times*, January 29, 2020, www.nytimes.com/2020/01/29/technology/warehouse-robot.html.

27. Matthew Boyle, "Robots in aisle two: Supermarket survival means matching Amazon," *Bloomberg*, December 3, 2019, www.bloomberg.com/features/2019-automated-grocery-stores/.

28. Ibid.

29. Nathaniel Meyersohn, "Grocery stores turn to robots during the coronavirus," CNN Business, April 7, 2020, www.cnn.com/2020/04/07/business/grocery-stores-robots-automation/index.html.

30. Shoshy Ciment, "Walmart is bringing robots to 650 more stores as the retailer ramps up automation in stores nationwide," *Business Insider*, January 13, 2020, www.businessinsider.com/walmart-adding-robots-help-stock-shelves-to-650-more-stores-2020-1.

31. Jennifer Smith, "Grocery delivery goes small with micro-fulfillment centers," *Wall Street Journal*, January 27, 2020, www.wsj.com/articles/grocery-delivery-goes-small-with-micro-fulfillment-centers-11580121002.

32. Nick Wingfield, "Inside Amazon Go, a store of the future," *New York Times*, January 21, 2018, www.nytimes.com/2018/01/21/technology/inside-amazon-go-a-store-of-the-future.html.

33. Spencer Soper, "Amazon will consider opening up to 3,000 cashierless stores by 2021," *Bloomberg*, September 29, 2018, www.bloomberg.com/news/articles/2018-09-19/amazon-is-said-to-plan-up-to-3-000-cashierless-stores-by-2021.

34. Paul Sawyers, "SoftBank leads $30 million investment in Accel Robotics for AI-enabled cashierless stores," *VentureBeat*, December 3, 2019, venturebeat.com/2019/12/03/softbank-leads-30-million-investment-in-accel-robotics-for-ai-enabled-cashierless-stores/.

35. Jurica Dujmovic, "As coronavirus hits hard, Amazon starts licensing cashier-free technology to retailers," MarketWatch, March 31, 2020, www.marketwatch.com/story/as-coronavirus-hits-hard-amazon-starts-licensing-cashier-free-technology-to-retailers-2020-03-31.

36. Eric Rosenbaum, "Panera is losing nearly 100% of its workers every year as fast-food turnover crisis worsens," CNBC, August 29, 2019, www.cnbc.com/2019/08/29/fast-food-restaurants-in-america-are-losing-100percent-of-workers-every-year.html.

37. Ibid.

38. Kate Krader, "The world's first robot-made burger is about to hit the Bay Area," *Bloomberg*, June 21, 2018, www.bloomberg.com/news/features/2018-06-21/the-world-s-first-robotic-burger-is-ready-to-hit-the-bay-area.

39. John Elflein, "U.S. health care expenditure as a percentage of GDP 1960–2020," Statista, June 8, 2020, www.statista.com/statistics/184968/us-health-expenditure-as-percent-of-gdp-since-1960/.

40. "Healthcare expenditure and financing," OCED.stat, accessed May 15, 2020, stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=SHA.

41. William J. Baumol and William G. Bowen, *Performing Arts, The Economic Dilemma: A Study of Problems Common to Theater, Opera, Music and Dance*, MIT Press, 1966.

42. Michael Maiello, "Diagnosing William Baumol's cost disease," *Chicago Booth Review*, May 18, 2017, review.chicagobooth.edu/economics/2017/article/diagnosing-william-baumol-s-cost-disease.

43. "7 healthcare robots for the smart hospital of the future," Nanalyze, April 6, 2020, www.nanalyze.com/2020/04/healthcare-robots-smart-hospital/.

44. Daphne Sashin, "Robots join workforce at the new Stanford Hospital," *Stanford Medicine News*, November 4, 2019, med.stanford.edu/news/all-news/2019/11/robots-join-the-workforce-at-the-new-stanford-hospital-.html.

45. Diego Ardila, Atilla P. Kiraly, Sujeeth Bharadwaj et al., "End-to-end lung cancer screening with three-dimensional deep learning on low-dose chest computed tomography," *Nature Medicine*, volume 25, pp. 954–961 (2019), May 20, 2019, www.nature.com/articles/s41591-019-0447-x.

46. Karen Hao, "Doctors are using AI to triage COVID-19 patients. The tools may be here to stay," *MIT Technology Review*, April 23, 2020, www.technologyreview.com/2020/04/23/1000410/ai-triage-covid-19-patients-health-care.

47. Creative Distribution Lab, "Geoffrey Hinton: On radiology (video)," YouTube, November 24, 2016, www.youtube.com/watch?reload=9&v=2HMPRXstSvQ. (Part of the Machine Learning and the Market for Intelligence 2016 conference.)

48. Alex Bratt, "Why radiologists have nothing to fear from deep learning," *Journal of the American College of Radiology*, volume 16, issue 9, Part A, pp. 1190–1192 (September 2019), April 18, 2019, www.jacr.org/article/S1546-1440(19)30198-X/fulltext.

49. Ray Sipherd, "The third-leading cause of death in US most doctors don't want you to know about," CNBC, February 22, 2018, www.cnbc.com/2018/02/22/medical-errors-third-leading-cause-of-death-in-america.html.

50. Elise Reuter, "Study shows reduction in medication errors using health IT startup's software," *MedCity News*, December 24, 2019, medcitynews.com/2019/12/study-shows-reduction-in-medication-errors-using-health-it-startups-software/.

51. Adam Vaughan, "Google is taking over DeepMind's NHS contracts—should we be worried?," *New Scientist*, September 27, 2019, www.newscientist.com/article/2217939-google-is-taking-over-deepminds-nhs-contracts-should-we-be-worried/.

52. Clive Thompson, "May A.I. help you?," *New York Times*, November 14, 2018, www.nytimes.com/interactive/2018/11/14/magazine/tech-design-ai-chatbot.html.

53. Blair Hanley Frank, "Woebot raises $8 million for its AI therapist," *VentureBeat*, March 1, 2018, venturebeat.com/2018/03/01/woebot-raises-8-million-for-its-ai-therapist/.

54. Ariana Eunjung Cha, "Watson's next feat? Taking on cancer," *Washington Post*, June 27, 2015, www.washingtonpost.com/sf/national/2015/06/27/watsons-next-feat-taking-on-cancer/.

55. Mary Chris Jaklevic, "MD Anderson Cancer Center's IBM Watson project fails, and so did the journalism related to it," *Health News Review*, February 23, 2017, www.healthnewsreview.org/2017/02/md-anderson-cancer-centers-ibm-watson-project-fails-journalism-related/.

56. Mark Anderson, "Surprise! 2020 is not the year for self-driving cars," *IEEE Spectrum*, April 22, 2020, spectrum.ieee.org/transportation/self-driving/surprise-2020-is-not-the-year-for-selfdriving-cars.

57. Alex Knapp, "Aurora CEO Chris Urmson says there'll be hundreds of self-driving cars on the road in five years," *Forbes*, October 29, 2019, www.forbes.com/sites/alexknapp/2019/10/29/aurora-ceo-chris-urmson-says-therell-be-hundreds-of-self-driving-cars-on-the-road-in-five-years/.

58. Lex Fridman, "Chris Urmson: Self-driving cars at Aurora, Google, CMU, and DARPA," Artificial Intelligence Podcast, episode 28, July 22, 2019, lexfridman.com/chris-urmson/. (Video and audio podcast available.)

59. Stefan Seltz-Axmacher, "The end of Starsky Robotics," Starsky Robotics 10-4 Labs Blog, March 19, 2020, medium.com/starsky-robotics-blog/the-end-of-starsky-robotics-acb8a6a8a5f5.

60. Sam Dean, "Uber fares are cheap, thanks to venture capital. But is that free ride ending?," *Los Angeles Times*, May 11, 2019, www.latimes.com/business/technology/la-fi-tn-uber-ipo-lyft-fare-increase-20190511-story.html.

61. Darrell Etherington, "Waymo has now driven 10 billion autonomous miles in simulation," TechCrunch, July 10, 2019, techcrunch.com/2019/07/10/waymo-has-now-driven-10-billion-autonomous-miles-in-simulation/.

62. Waymo website, accessed May 20, 2020, waymo.com/.

63. Ray Kurzweil, "The Law of Accelerating Returns," Kurzweil Library Blog, March 7, 2001, www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns.

64. Tyler Cowen, *The Great Stagnation: How America Ate All the Low-Hanging Fruit of Modern History, Got Sick, and Will (Eventually) Feel Better*, Dutton, 2011.

65. Robert J. Gordon, *The Rise and Fall of American Growth: The U.S. Standard of Living Since the Civil War*, Princeton University Press, 2016.

66. Nicholas Bloom, Charles I. Jones, John Van Reenen and Michael Webb, "Are ideas getting harder to find?" *American Economic Review*, volume 110, issue 4, pp. 1104–1144 (April 2020), www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.20180338, p. 1138.

67. Ibid., p. 1104.

68. Ibid., p. 1104.

69. Sam Lemonick, "Exploring chemical space: Can AI take us where no human has gone before?," *Chemical and Engineering News*, April 6, 2020, cen.acs.org/physical-chemistry/computational-chemistry/Exploring-chemical-space-AI-take/98/i13.

70. Ibid.

71. Delft University of Technology, "Researchers design new material using artificial intelligence," Phys.org, October 14, 2019, phys.org/news/2019-10-material-artificial-intelligence.html.

72. Beatrice Jin, "How AI helps to advance new materials discovery," Cornell Research, accessed May 22, 2020, research.cornell.edu/research/how-ai-helps-advance-new-materials-discovery.

73. Savanna Hoover, "Artificial intelligence meets materials science," Texas A&M University Engineering News, December 17, 2018, engineering.tamu.edu/news/2018/12/artificial-intelligence-meets-materials-science.html.

74. Kyle Wiggers, "Kebotix raises $11.5 million to automate lab experiments with AI and robotics," *VentureBeat*, April 16, 2020, venturebeat.com/2020/04/16/kebotix-raises-11-5-million-to-automate-lab-experiments-with-ai-and-robotics/.

75. Simon Smith, "230 startups using artificial intelligence in drug discovery," BenchSci Blog, updated April 8, 2020, blog.benchsci.com/startups-using-artificial-intelligence-in-drug-discovery.

76. Ford, Interview with Daphne Koller, in *Architects of Intelligence*, p. 388.

77. Ned Pagliarulo, "AI's impact in drug discovery is coming fast, predicts GSK's Hal Barron," *BioPharma Dive*, November 21, 2019, www.biopharmadive.com/news/gsk-hal-barron-ai-drug-discovery-prediction-daphne-koller/567855/.

78. Anne Trafton, "Artificial intelligence yields new antibiotic," *MIT News*, February 20, 2020, news.mit.edu/2020/artificial-intelligence-identifies-new-antibiotic-0220.

79. Richard Staines, "Exscientia claims world first as AI-created drug enters clinic," *Pharmaphorum*, January 30, 2020, pharmaphorum.com/news/exscientia-claims-world-first-as-ai-created-drug-enters-clinic/.

80. Matt Reynolds, "DeepMind's AI is getting closer to its first big real-world application," *Wired*, January 15, 2020, www.wired.co.uk/article/deepmind-protein-folding-alphafold.

81. Semantic Scholar website, accessed May 25, 2020, pages.semanticscholar.org/about-us.

82. Ibid.

83. Khari Johnson, "Microsoft, White House, and Allen Institute release coronavirus data set for medical and NLP researchers," *VentureBeat*, March 16, 2020, venturebeat.com/2020/03/16/microsoft-white-house-and-allen-institute-release-coronavirus-data-set-for-medical-and-nlp-researchers/.

84. "CORD-19: COVID-19 Open Research Dataset," Semantic Scholar, accessed May 6, 2020, www.semanticscholar.org/cord19.

1. Samuel Butler, "Darwin among the machines, a letter to the editors," *The Press*, Christchurch, New Zealand, June 13, 1863.

2. Alan Turing, "Computing machinery and intelligence," *Mind*, volume LIX, issue 236, pp. 433–460 (October 1950).

3. J. McCarthy, M. L. Minsky, N. Rochester and C. E. Shannon, "A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence," August 31, 1955, raysolomonoff.com/dartmouth/boxa/dart564props.pdf.

4. Brad Darrach, "Meet Shaky, the first electronic person: The fascinating and fearsome reality of a machine with a mind of its own," *LIFE*, November 20, 1970, p. 58D.

5. Ibid.

6. Warren McCulloch and Walter Pitts, "A logical calculus of ideas immanent in nervous activity," *Bulletin of Mathematical Biophysics*, volume 5, issue 4, pp. 115–133 (December 1943).

7. Martin Ford, Interview with Ray Kurzweil, in *Architects of Intelligence: The Truth about AI from the People Building It*, Packt Publishing, 2018, p. 228.

8. Marvin Minsky and Seymour Papert, *Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry*, MIT Press, 1969.

9. Ford, Interview with Yann LeCun, in *Architects of Intelligence*, p. 122.

10. David E. Rumelhart, Geoffrey E. Hinton and Ronald J. Williams, "Learning representations by back-propagating errors," *Nature*, volume 323, issue 6088, pp. 533–536 (1986), October 9, 1986, www.nature.com/articles/323533a0.

11. Ford, Interview with Geoffrey Hinton, in *Architects of Intelligence*, p. 73.

12. Dave Gershgorn, "The data that transformed AI research—and possibly the world," *Quartz*, July 26, 2017, qz.com/1034972/the-data-that-changed-the-direction-of-ai-research-and-possibly-the-world/.

13. Ford, Interview with Geoffrey Hinton, in *Architects of Intelligence*, p. 77.

14. Email from Jürgen Schmidhuber to Martin Ford, January 28, 2019.

15. Jürgen Schmidhuber, "Critique of paper by 'Deep Learning Conspiracy' (Nature 521 p 436)," June 2015, people.idsia.ch/~juergen/deep-learning-conspiracy.html.

16. John Markoff, "When A.I. matures, it may call Jürgen Schmidhuber 'Dad,'" *New York Times*, November 27, 2016, www.nytimes.com/2016/11/27/technology/artificial-intelligence-pioneer-jurgen-schmidhuber-overlooked.html.

17. Robert Triggs, "What being an 'AI first' company means for Google," *Android Authority*, November 8, 2017, www.androidauthority.com/google-ai-first-812335/.

18. Cade Metz, "Why A.I. researchers at Google got desks next to the boss," *New York Times*, February 19, 2018, www.nytimes.com/2018/02/19/technology/ai-researchers-desks-boss.html.

الفصل الخامس: التعلم العميق ومستقبل الذكاء الاصطناعي

1. Martin Ford, Interview with Geoffrey Hinton, in *Architects of I ligence: The Truth about AI from the People Building It*, Packt Publis 2018, pp. 72–73.

2. Matt Reynolds, "New computer vision challenge wants to teac bots to see in 3D," *New Scientist*, April 7, 2017, www.newscientist. /article/2127131-new-computer-vision-challenge-wants-to-teach-robo -see-in-3d/.

3. Ashlee Vance, "Silicon Valley's latest unicorn is run by a 22-year- *Bloomberg Businessweek*, August 5, 2019, www.bloomberg.com/ /articles/2019-08-05/scale-ai-is-silicon-valley-s-latest-unicorn.

4. Volodymyr Mnih, Koray Kavukcuoglu, David Silver et al. "Pla Atari with deep reinforcement learning," DeepMind Research, January 1, 2 deepmind.com/research/publications/playing-atari-deep-reinforcement-lear

5. Volodymyr Mnih, Koray Kavukcuoglu, David Silver et al., "Human- control through deep reinforcement learning," *Nature*, volume 518, pp. 533 (2015), February 25, 2015, www.nature.com/articles/nature14236.

6. Tu Yuanyuan, "The game of Go: Ancient wisdom," *Confucius I tute Magazine*, volume 17, pp. 46–51 (November 2011), confuciusmag. /go-game.

7. David Silver and Demis Hassabis, "AlphaGo: Mastering the an game of Go with machine learning," Google AI Blog, January 27, 2 ai.googleblog.com/2016/01/alphago-mastering-ancient-game-of-go.html.

8. Matt Schiavenza, "China's 'Sputnik Moment' and the Sino-Amer battle for AI supremacy," Asia Society Blog, September 25, 2018, asiaso .org/blog/asia/chinas-sputnik-moment-and-sino-american-battle-ai-suprem

9. John Markoff, "Scientists see promise in deep-learning programs," *York Times*, November 23, 2012, www.nytimes.com/2012/11/24/sci /scientists-see-advances-in-deep-learning-a-part-of-artificial-intelligence.h

10. Dario Amodei and Danny Hernandez, "AI and Compute," Op Blog, May 16, 2018, openai.com/blog/ai-and-compute/.

11. Will Knight, "Facebook's head of AI says the field will soon 'hi wall,'" *Wired*, December 4, 2019, www.wired.com/story/facebooks-ai- -field-hit-wall/.

12. Kim Martineau, "Shrinking deep learning's carbon footprint," *News*, August 7, 2020, news.mit.edu/2020/shrinking-deep-learning-ca -footprint-0807.

13. "General game playing with schema networks," Vicarious Rese August 7, 2017, www.vicarious.com/2017/08/07/general-game-playing- -schema-networks/.

14. Sam Shead, "Researchers: Are we on the cusp of an 'AI winter'?," News, January 12, 2020, www.bbc.com/news/technology-51064369.

15. Filip Piekniewski, "AI winter is well on its way," Piekniewski's Blog, 28, 2018, blog.piekniewski.info/2018/05/28/ai-winter-is-well-on-its-way/

16. Ford, Interview with Jeffery Dean, in *Architects of Intelligence*, p.

17. Ford, Interview with Demis Hassabis, in *Architects of Intelli* p. 171.

18. Andrea Banino, Caswell Barry, Dharshan Kumaran and Benigno "Navigating with grid-like representations in artificial agents," DeepMin search Blog, May 9, 2018, deepmind.com/blog/article/grid-cells.

19. Ford, Interview with Demis Hassabis, in *Architects of Intelli* p. 173.

20. Andrea Banino, Caswell Barry, Benigno Uria et al., "Vector-b navigation using grid-like representations in artificial agents," *Nature*, ume 557, pp. 429–433 (2018), May 9, 2018, www.nature.com/ar /s41586-018-0102-6.

21. Will Dabney and Zeb Kurth-Nelson, "Dopamine and temporal ference learning: A fruitful relationship between neuroscience and DeepMind Research Blog, January 15, 2020, deepmind.com/blog/a /Dopamine-and-temporal-difference-learning-A-fruitful-relationship-bet -neuroscience-and-AI.

22. Tony Peng, "Yann LeCun Cake Analogy 2.0," *Synced Review*, Fe ary 22, 2019, medium.com/syncedreview/yann-lecun-cake-analogy-2-0- da560dae.

23. Ford, Interview with Demis Hassabis, in *Architects of Intelli* pp. 172–173.

24. Jeremy Kahn, "A.I. breakthroughs in natural-language proce are big for business," *Fortune*, January 20, 2020, fortune.com/2020/0 /natural-language-processing-business/.

25. Ford, Interview with David Ferrucci, in *Architects of Intelli* p. 409.

26. Ibid. p. 414.

27. *Do You Trust This Computer?*, released April 5, 2018, Papercut F doyoutrustthiscomputer.org/.

28. Ford, Interview with David Ferrucci, in *Architects of Intelli* p. 414.

29. Ray Kurzweil, *The Singularity Is Near: When Humans Transcend* ogy, Penguin Books, 2005.

30. Ray Kurzweil, *How to Create a Mind: The Secret of Human Tho Revealed*, Penguin Books, 2012.

31. Ford, Interview with Ray Kurzweil, in *Architects of Intelli* pp. 230–231.

32. Mitch Kapor and Ray Kurzweil, "A wager on the Turing test: The ru Kurzweil AI Blog, April 9, 2002, www.kurzweilai.net/a-wager-on-the-tu -test-the-rules.

33. Sean Levinson, "A Google executive is taking 100 pills a day so he can live forever," *Elite Daily*, April 15, 2015, www.elitedaily.com/news/world/google-executive-taking-pills-live-forever/1001270.

34. Ford, Interview with Ray Kurzweil, in *Architects of Intelligence*, pp. 240–241.

35. Ibid., p. 230.

36. Ibid., p. 233.

37. Alec Radford, Jeffrey Wu, Dario Amodei et al., "Better language models and their implications," OpenAI Blog, February 14, 2019, openai.com/blog/better-language-models/.

38. James Vincent, "OpenAI's latest breakthrough is astonishingly powerful, but still fighting its flaws," *The Verge*, July 30, 2020, www.theverge.com/21346343/gpt-3-explainer-openai-examples-errors-agi-potential.

39. Gary Marcus and Ernest Davis, "GPT-3, Bloviator: OpenAI's language generator has no idea what it's talking about," *MIT Technology Review*, August 22, 2020, www.technologyreview.com/2020/08/22/1007539/gpt3-openai-language-generator-artificial-intelligence-ai-opinion/.

40. Ford, Interview with Stuart Russell, in *Architects of Intelligence*, p. 53.

41. "OpenAI Founder: Short-Term AGI Is a Serious Possibility," *Synced*, November 13, 2018, syncedreview.com/2018/11/13/openai-founder-short-term-agi-is-a-serious-possibility/.

42. Connie Loizos, "Sam Altman in conversation with StrictlyVC (video)," YouTube, May 18, 2019, youtu.be/TzcJlKg2Rc0, location 39:00.

43. Luke Dormehl, "Neuro-symbolic A.I. is the future of artificial intelligence. Here's how it works," *Digital Trends*, January 5, 2020, www.digitaltrends.com/cool-tech/neuro-symbolic-ai-the-future/.

44. Ford, Interview with Yoshua Bengio, in *Architects of Intelligence*, p. 22.

45. Ford, Interview with Geoffrey Hinton, in *Architects of Intelligence*, pp. 84–85.

46. Ford, Interview with Yann LeCun, in *Architects of Intelligence*, p. 123.

47. Anthony M. Zador, "A critique of pure learning and what artificial neural networks can learn from animal brains," *Nature Communications*, volume 10, article number 3770 (2019), August 21, 2019, www.nature.com/articles/s41467-019-11786-6.

48. Zoey Chong, "AI beats humans in Stanford reading comprehension test," CNET, January 16, 2018, www.cnet.com/news/new-results-show-ai-is-as-good-as-reading-comprehension-as-we-are/.

49. All Winograd schema examples are taken from: Ernest Davis, "A collection of Winograd schemas," New York University Department of Computer Science, September 8, 2011, cs.nyu.edu/davise/papers/WSOld.html.

50. Ford, Interview with Oren Etzioni, in *Architects of Intelligence*, pp. 495–496.

51. Ibid.

52. Ford, Interview with Yoshua Bengio, in *Architects of Intelligence*, p. 21.

53. Ford, Interview with Yann LeCun, in *Architects of Intelligence*, pp. 126–127.

54. Ibid., p. 130.

55. Ford, Interview with Judea Pearl, in *Architects of Intelligence*, p. 364.

56. Ford, Interview with Joshua Tenenbaum, in *Architects of Intelligence*, pp. 471–472.

57. Ford, Interview with Judea Pearl, in *Architects of Intelligence*, p. 366.

58. Will Knight, "An AI pioneer wants his algorithms to understand the 'why,'" *Wired*, October 8, 2019, www.wired.com/story/ai-pioneer-algorithms-understand-why/.

59. Graham Allison, *Destined for War: Can America and China Escape Thucydides's Trap?*, Houghton Mifflin Harcourt, 2017.

60. The AlphaStar team, "AlphaStar: Mastering the real-time strategy game *StarCraft II*," DeepMind Research Blog, January 24, 2019, deepmind.com/blog/article/alphastar-mastering-real-time-strategy-game-starcraft-ii.

61. Ford, Interview with Oren Etzioni, in *Architects of Intelligence*, p. 494.

62. Ford, *Architects of Intelligence*, p. 528.

63. "AI timeline surveys," AI Impacts, accessed June 27, 2020, aiimpacts.org/ai-timeline-surveys/.

الفصل السادس: اختفاء الوظائف والعواقب الاقتصادية للذكاء الاصطناعي

1. David Axelrod, "Larry Summers," The Axe Files (podcast), episode 98, November 21, 2016, omny.fm/shows/the-axe-files-with-david-axelrod/ep-98-larry-summers.

2. Sam Fleming and Brooke Fox, "US states that voted for Trump most vulnerable to job automation," *Financial Times*, January 23, 2019, www.ft.com/content/cbf2a01e-1f41-11e9-b126-46fc3ad87c65.

3. Carol Graham, "Understanding the role of despair in America's opioid crisis," Brookings Institution, October 15, 2019, www.brookings.edu/policy2020/votervital/how-can-policy-address-the-opioid-crisis-and-despair-in-america/.

4. See, for example: Carl Benedikt Frey and Michael A. Osborne, "The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?," Oxford Martin School Programme on Technology and Employment, Working Paper, September 17, 2013, www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/future-of-employment.pdf, p. 38.

5. U.S. Bureau of Labor Statistics, "Unemployment rate (UNRATE)," retrieved from Federal Reserve Bank of St. Louis, July 18, 2020, fred.stlouisfed.org/series/UNRATE; Greg Rosalsky, "Are we even close to full employment?," NPR Planet Money, July 2, 2019, www.npr.org/sections/money/2019/07/02/737790095/are-we-even-close-to-full-employment.

6. Organization for Economic Co-operation and Development, "Activity rate: Aged 25–54: Males for the United States (LRAC25MAUSM156S)," retrieved from Federal Reserve Bank of St. Louis, July 17, 2020, fred.stlouisfed.org/series/LRAC25MAUSM156S.

7. "Trends in Social Security Disability Insurance," Social Security Office of Retirement and Disability Policy, Briefing Paper No. 2019-01, August 2019, www.ssa.gov/policy/docs/briefing-papers/bp2019-01.html.

8. U.S. Bureau of Labor Statistics, "Labor force participation rate (CIVPART)," retrieved from Federal Reserve Bank of St. Louis, July 17, 2020, fred.stlouisfed.org/series/CIVPART.

9. U.S. Bureau of Labor Statistics, "Business sector: Real output per hour of all persons (OPHPBS)," retrieved from Federal Reserve Bank of St. Louis, July 22, 2020, fred.stlouisfed.org/series/OPHPBS; U.S. Bureau of Labor Statistics, "Business sector: Real compensation per hour (PRS84006151)," retrieved from Federal Reserve Bank of St. Louis, July 22, 2020, fred.stlouisfed.org/series/PRS84006151.

10. World Bank, "GINI index for the United States (SIPOVGINIUSA)," retrieved from Federal Reserve Bank of St. Louis, July 20, 2020, fred.stlouisfed.org/series/SIPOVGINIUSA.

11. Martha Ross and Nicole Bateman, "Low-wage work is more pervasive than you think, and there aren't enough 'good jobs' to go around," Brookings Institution, November 21, 2019, www.brookings.edu/blog/the-avenue/2019/11/21/low-wage-work-is-more-pervasive-than-you-think-and-there-arent-enough-good-jobs-to-go-around/.

12. "The U.S. Private Sector Job Quality Index (JQI)," accessed July 15, 2020, www.jobqualityindex.com/.

13. Gwynn Guilford, "The great American labor paradox: Plentiful jobs, most of them bad," *Quartz*, November 21, 2019, qz.com/1752676/the-job-quality-index-is-the-economic-indicator-weve-been-missing/.

14. Elizabeth Redden, "41% of recent grads work in jobs not requiring a degree," *Inside Higher Ed*, February 18, 2020, www.insidehighered.com/quicktakes/2020/02/18/41-recent-grads-work-jobs-not-requiring-degree.

15. "The Phillips curve may be broken for good," *The Economist*, November 1, 2017, www.economist.com/graphic-detail/2017/11/01/the-phillips-curve-may-be-broken-for-good.

16. Jeff Jeffrey, "U.S. companies are rolling in cash, and they're growing increasingly fearful to spend it," *The Business Journals*, December 12, 2018, www.bizjournals.com/bizjournals/news/2018/12/12/u-s-companies-are-hoarding-cash-and-theyre-growing.html.

17. Martin Ford, *Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future*, Basic Books, 2015, pp. 206–212.

18. Martin Ford, Interview with James Manyika, in *Architects of Intelligence: The Truth about AI from the People Building It*, Packt Publishing, 2018, pp. 285–286.

19. Nir Jaimovich and Henry E. Siu, "Job polarization and jobless r
eries," National Bureau of Economic Research, Working Paper 18334, i
in August 2012, revised in November 2018, www.nber.org/papers/w183

20. Jacob Bunge and Jesse Newman, "Tyson turns to robot butc
spurred by coronavirus outbreaks," *Wall Street Journal*, July 9, 2020,
.wsj.com/articles/meatpackers-covid-safety-automation-robots-corona
-11594303535.

21. Miso Robotics, "White Castle selects Miso Robotics for a nev
of artificial intelligence in the fast food industry," Press Release News
July 14, 2020, www.prnewswire.com/news-releases/white-castle-selects-
-robotics-for-a-new-era-of-artificial-intelligence-in-the-fast-food-ind
-301092746.html.

22. James Manyika, Susan Lund, Michael Chui, et al., "Jobs lost, jobs ga
What the future of work will mean for jobs, skills, and wages," McK
Global Institute, November 28, 2017, www.mckinsey.com/featured-ins
/future-of-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-
-for-jobs-skills-and-wages.

23. Ferris Jabr, "Cache cab: Taxi drivers' brains grow to navigate Lon
streets," *Scientific American*, December 8, 2011, www.scientificamerican
/article/london-taxi-memory/.

24. Kate Conger, "Facebook starts planning for permanent remote work
New York Times, May 21, 2020, www.nytimes.com/2020/05/21/techn
/facebook-remote-work-coronavirus.html.

25. Alexandre Tanzi, "Gloom grips U.S. small businesses, with
predicting failure," *Bloomberg*, May 6, 2020, www.bloomberg.com/
/articles/2020-05-06/majority-of-u-s-small-businesses-expect-to-
-survey-says.

26. Alfred Liu, "Robots to cut 200,000 U.S. bank jobs in next decade,
says," *Bloomberg*, October 1, 2019, www.bloomberg.com/news/ar
/2019-10-02/robots-to-cut-200-000-u-s-bank-jobs-in-next-decade-study-

27. Jack Kelly, "Artificial intelligence is superseding well-paying Wall S
jobs," *Forbes*, December 10, 2019, www.forbes.com/sites/jackkelly/2019/1
/artificial-intelligence-is-superseding-well-paying-wall-street-jobs/.

28. "Top healthcare chatbots startups," Tracxn, October 20, 2020, tr
.com/d/trending-themes/Startups-in-Healthcare-Chatbots.

29. Celeste Barnaby, Satish Chandra and Frank Luan, "Aroma: Using
chine learning for code recommendation," Facebook AI Blog, April 4, 2
ai.facebook.com/blog/aroma-ml-for-code-recommendation/.

30. Will Douglas Heaven, "OpenAI's new language generator GPT
shockingly good—and completely mindless," *MIT Technology Review*,
20, 2020, www.technologyreview.com/2020/07/20/1005454/openai-ma
-learning-language-generator-gpt-3-nlp/.

31. Jacques Bughin, Jeongmin Seong, James Manyika, et al., "Notes
the AI frontier: Modeling the impact of AI on the world economy," McK

Global Institute, Discussion Paper, September 2018, www.mckinsey.com/~/m
/McKinsey/Featured%20Insights/Artificial%20Intelligence/Notes%20fro
20the%20frontier%20Modeling%20the%20impact%20of%20AI%20on
the%20world%20economy/MGI-Notes-from-the-AI-frontier-Modeling
-impact-of-AI-on-the-world-economy-September-2018.ashx.

32. Anand S. Rao and Gerard Verweij, "Sizing the prize: What's the value of AI for your business and how can you capitalise?," PwC, Oct 2018, www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing -prize-report.pdf.

33. Bughin et al., "Notes from the AI frontier: Modeling the impact on the world economy," p 3.

الفصل السابع: الصين وصعود مراقبة الذكاء الاصطناعي

1. Chris Buckley, Paul Mozur and Austin Ramzy, "How China turn city into a prison," *New York Times*, April 4, 2019, www.nytimes.com/ active/2019/04/04/world/asia/xinjiang-china-surveillance-prison.html.

2. James Vincent, "Chinese netizens spot AI books on president Xi ping's bookshelf," *The Verge*, January 3, 2018, www.theverge.com/ /1/3/16844364/china-ai-xi-jinping-new-years-speech-books.

3. Tom Simonite, "China is catching up to the US in AI resear fast," *Wired*, March 13, 2019, www.wired.com/story/china-catching-u -in-ai-research/.

4. Robust Vision Challenge website, accessed July 25, 2020, www.ro vision.net/rvc2018.php.

5. National University of Defense Technology website, accessed July 2020, english.nudt.edu.cn/About/index.htm.

6. Nicolas Thompson and Ian Bremmer, "The AI Cold War that threa us all," *Wired*, October 23, 2018, www.wired.com/story/ai-cold-war-c -could-doom-us-all/.

7. Alex Hern, "China censored Google's AlphaGo match ag world's best Go player," *The Guardian*, May 24, 2017, www.theguar .com/technology/2017/may/24/china-censored-googles-alphago-m -against-worlds-best-go-player.

8. China's State Council, "New Generation Artificial Intelligence D opment Plan," issued by China's State Council on July 20, 2017, transl by Graham Webster, Rogier Creemers, Paul Triolo and Elsa Kania, America Foundation, August 1, 2017, www.newamerica.org/cybersec -initiative/digichina/blog/full-translation-chinas-new-generation-artif -intelligence-development-plan-2017/. (Original Chinese government d ment: www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm.)

9. Lai Lin Thomala, "Number of internet users in China 2008–2020," Statista, April 30, 2020, www.statista.com/statistics/265140/number-of-internet-users-in-china/.

10. Lai Lin Thomala, "Penetration rate of internet users in China 2008–2020," Statista, April 30, 2020, www.statista.com/statistics/236963/penetration-rate-of-internet-users-in-china/.

11. Rachel Metz, "Baidu could beat Google in self-driving cars with a totally Google move," *MIT Technology Review*, January 8, 2018, www.technologyreview.com/2018/01/08/146351/baidu-could-beat-google-in-self-driving-cars-with-a-totally-google-move/.

12. Jon Russell, "Former Microsoft executive and noted AI expert Qi Lu joins Baidu as COO," TechCrunch, January 17, 2017, techcrunch.com/2017/01/16/qi-lu-joins-baidu-as-coo/.

13. Martin Ford, Interview with Demis Hassabis, in *Architects of Intelligence: The Truth about AI from the People Building It*, Packt Publishing, 2018, p. 179.

14. Field Cady and Oren Etzioni, "China may overtake US in AI research," Allen Institute for AI Blog, March 13, 2019, medium.com/ai2-blog/china-to-overtake-us-in-ai-research-8b6b1fe30595.

15. Jeffrey Ding, "Deciphering China's AI dream: The context, components, capabilities, and consequences of China's strategy to lead the world in AI," Future of Humanity Institute, University of Oxford, March 2018, www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/Deciphering_Chinas_AI-Dream.pdf.

16. Jeffrey Ding, "China's current capabilities, policies, and industrial ecosystem in AI: Testimony before the U.S.-China Economic and Security Review Commission Hearing on Technology, Trade, and Military-Civil Fusion: China's Pursuit of Artificial Intelligence, New Materials, and New Energy," June 7, 2019, www.uscc.gov/sites/default/files/June%207%20Hearing_Panel%201_Jeffrey%20Ding_China%27s%20Current%20Capabilities%2C%20Policies%2C%20and%20Industrial%20Ecosystem%20in%20AI.pdf.

17. Kai-Fu Lee, "What China can teach the U.S. about artificial intelligence," *New York Times*, September 22, 2018, www.nytimes.com/2018/09/22/opinion/sunday/ai-china-united-states.html.

18. Kathrin Hille and Richard Waters, "Washington unnerved by China's 'military-civil fusion,'" *Financial Times*, November 7, 2018, www.ft.com/content/8dcb534c-dbaf-11e8-9f04-38d397e6661c.

19. Scott Shane and Daisuke Wakabayashi, "'The Business of War': Google employees protest work for the Pentagon," *New York Times*, April 4, 2018, www.nytimes.com/2018/04/04/technology/google-letter-ceo-pentagon-project.html.

20. Tom Simonite, "Behind the rise of China's facial-recognition giants," *Wired*, September 3, 2019, www.wired.com/story/behind-rise-chinas-facial-recognition-giants/.

21. Paul Mozur and Aaron Krolik, "A surveillance net blankets Ch
cities, giving police vast powers," *New York Times*, December 17, 2019,
.nytimes.com/2019/12/17/technology/china-surveillance.html.

22. Amy B. Wang, "A suspect tried to blend in with 60,000 concertg
China's facial-recognition cameras caught him," *Washington Post*,
13, 2018, www.washingtonpost.com/news/worldviews/wp/2018/04/13/
-crime-facial-recognition-cameras-catch-suspect-at-concert-with-6
-people/.

23. Paul Mozur, "Inside China's dystopian dreams: A.I., shame and l
cameras," *New York Times*, July 8, 2018, nytimes.com/2018/07/08/bus
/china-surveillance-technology.html.

24. Paul Moser, "One month, 500,000 face scans: How China i
ing A.I. to profile a minority," *New York Times*, April 14, 2019,
nytimes.com/2019/04/14/technology/china-surveillance-artificial-i
gence-racial-profiling.html.

25. Ibid.

26. Simina Mistreanu, "Life inside China's social credit laboratory,"
eign Policy, April 3, 2018, foreignpolicy.com/2018/04/03/life-inside-c
-social-credit-laboratory/.

27. Echo Huang, "Garbage-sorting violators in China now risk being
ished with a junk credit rating," *Quartz*, January 8, 2018, qz.com/117
/garbage-sorting-violators-in-china-risk-getting-a-junk-credit-rating/.

28. Maya Wang, "China's chilling 'social credit' blacklist," Hu
Rights Watch, December 12, 2017, www.hrw.org/news/2017/12/13/c
-chilling-social-credit-blacklist.

29. Nicole Kobie, "The complicated truth about China's social c
system," *Wired*, June 7, 2019, www.wired.co.uk/article/china-social-c
-system-explained.

30. Steven Feldstein, "The global expansion of AI surveillance,"
negie Endowment for International Peace, September 17, 2019, car
endowment.org/2019/09/17/global-expansion-of-ai-surveillance-pub-79

31. Yuan Yang and Madhumita Murgia, "Facial recognition: How C
cornered the surveillance market," *Financial Times*, December 6, 2019,
.ft.com/content/6f1a8f48-1813-11ea-9ee4-11f260415385.

32. Russell Brandon, "The case against Huawei, explained," *The V*
May 22, 2019, www.theverge.com/2019/5/22/18634401/huawei-ban-t
-case-infrastructure-fears-google-microsoft-arm-security.

33. Will Knight, "Trump's latest salvo against China targets AI fi
Wired, October 9, 2019, www.wired.com/story/trumps-salvo-against-c
-targets-ai-firms/.

34. Kashmir Hill, "The secretive company that might end privacy a
know it," *New York Times*, January 18, 2020, www.nytimes.com/2020/0
/technology/clearview-privacy-facial-recognition.html.

35. Ibid.

36. Ibid.

37. Ryan Mac, Caroline Haskins and Logan McDonald, "Clearview's facial recognition app has been used by the Justice Department, ICE, Macy's, Walmart, and the NBA," *BuzzFeed News*, February 27, 2020, www.buzzfeednews.com/article/ryanmac/clearview-ai-fbi-ice-global-law-enforcement.

38. Alfred Ng and Steven Musil, "Clearview AI hit with cease-and-desist from Google, Facebook over facial recognition collection," CNET, February 5, 2020, www.cnet.com/news/clearview-ai-hit-with-cease-and-desist-from-google-over-facial-recognition-collection/.

39. Zack Whittaker, "Apple has blocked Clearview AI's iPhone app for violating its rules," *TechCrunch*, February 28, 2020, techcrunch.com/2020/02/28/apple-ban-clearview-iphone/.

40. Nick Statt, "ACLU sues facial recognition firm Clearview AI, calling it a 'nightmare scenario' for privacy," *The Verge*, May 28, 2020, www.theverge.com/2020/5/28/21273388/aclu-clearview-ai-lawsuit-facial-recognition-database-illinois-biometric-laws.

41. Paul Bischoff, "Surveillance camera statistics: Which cities have the most CCTV cameras?," Comparitech, August 1, 2019, www.comparitech.com/vpn-privacy/the-worlds-most-surveilled-cities/.

42. "Met Police to deploy facial recognition cameras," BBC, January 30, 2020, www.bbc.com/news/uk-51237665.

43. Clare Garvie, Alvaro Bedoya and Jonathan Frankle, "The perpetual line-up: Unregulated police face recognition in America," Georgetown Law Center on Privacy and Technology, October 18, 2016, www.perpetuallineup.org/.

44. "Met Police to deploy facial recognition cameras."

45. London Real, "Jonathan Haidt—Free range kids: How to give your children more freedom (video)," October 27, 2018, www.youtube.com/watch?v=GPTei2sroIk.

46. Isabella Garcia, "Can facial recognition overcome its racial bias?," *Yes! Magazine*, April 16, 2020, www.yesmagazine.org/social-justice/2020/04/16/privacy-facial-recognition/.

47. Sasha Ingber, "Facial recognition software wrongly identifies 28 lawmakers as crime suspects," NPR, July 26, 2018, www.npr.org/2018/07/26/632724239/facial-recognition-software-wrongly-identifies-28-lawmakers-as-crime-suspects.

48. Patrick Grother, Mei Ngan and Kayee Hanaoka, "Face Recognition Vendor Test (FRVT) Part 3: Demographic effects," National Institute of Standards and Technology, December 2019, nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2019/NIST.IR.8280.pdf.

49. Garcia, "Can facial recognition overcome its racial bias?"

50. Amy Hawkins, "Beijing's big brother tech needs African faces," *Fo Policy*, July 24, 2018, foreignpolicy.com/2018/07/24/beijings-big-brother -needs-african-faces/.

الفصل الثامن: خطر الذكاء الاصطناعي الآتي

1. "Fake voices 'help cyber-crooks steal cash,'" BBC News, July 8, 2 www.bbc.com/news/technology-48908736.

2. Martin Giles, "The GANfather: The man who's given machines th of imagination," *MIT Technology Review*, February 21, 2018, www. nologyreview.com/2018/02/21/145289/the-ganfather-the-man-whos-g -machines-the-gift-of-imagination/.

3. James Vincent, "Watch Jordan Peele use AI to make Barack Ob deliver a PSA about fake news," *The Verge*, April 17, 2018, www.the .com/tldr/2018/4/17/17247334/ai-fake-news-video-barack-obama-jo peele-buzzfeed.

4. Sensity, "The state of deepfakes 2019: Landscape, threats, and imp September 2019, sensity.ai/reports/.

5. Ian Sample, "What are deepfakes—and how can you spot them?," *Guardian*, January 13, 2020, www.theguardian.com/technology/2020/ja /what-are-deepfakes-and-how-can-you-spot-them.

6. Lex Fridman, "Ian Goodfellow: Generative Adversarial Netw (GANs)," Artificial Intelligence Podcast, episode 19, April 18, 2019, lexfrid .com/ian-goodfellow/. (Video and audio podcast available.)

7. J.J. McCorvey, "This image-authentication startup is comb faux social media accounts, doctored photos, deep fakes, and more," *Company*, February 19, 2019, www.fastcompany.com/90299000/tr -most-innovative-companies-2019.

8. Ian Goodfellow, Nicolas Papernot, Sandy Huang, et al., "Attac machine learning with adversarial examples," OpenAI Blog, February 2017, openai.com/blog/adversarial-example-research/.

9. Anant Jain, "Breaking neural networks with adversarial attacks," wards Data Science, February 9, 2019, towardsdatascience.com/brea -neural-networks-with-adversarial-attacks-f4290a9a45aa.

10. Ibid.

11. *Slaughterbots*, released November 12, 2017, Space Digital, .youtube.com/watch?reload=9&v=9CO6M2HsoIA.

12. Stuart Russell, "Building a lethal autonomous weapon is easier building a self-driving car. A new treaty is necessary," *The Security T* February 2018, www.the-security-times.com/building-a-lethal-autono -weapon-is-easier-than-building-a-self-driving-car-a-new-treaty-is-necess

13. Martin Ford, Interview with Stuart Russell, in *Architects of I*
gence: The Truth about AI from the People Building It, Packt Publis
2018, p. 59.

14. "Country views on killer robots," Campaign to Stop Killer Ro
August 21, 2019, www.stopkillerrobots.org/wp-content/uploads/20
/KRC_CountryViews21Aug2019.pdf.

15. "Russia, United States attempt to legitimize killer robots," Cam
to Stop Killer Robots, August 22, 2019, www.stopkillerrobots.org/20
/russia-united-states-attempt-to-legitimize-killer-robots/.

16. Zachary Kallenborn, "Swarms of mass destruction: The case for d
ing armed and fully autonomous drone swarms as WMD," Modern War
tute, May 28, 2020, mwi.usma.edu/swarms-mass-destruction-case-decl
-armed-fully-autonomous-drone-swarms-wmd/.

17. Kris Osborn, "Here come the Army's new class of 10-ton rol
National Interest, May 21, 2020, nationalinterest.org/blog/buzz/here-
-armys-new-class-10-ton-robots-156351.

18. Rachel England, "The US Air Force is preparing a human versus AI
fight," *Engadget*, June 8, 2020, www.engadget.com/the-air-force-will-
-autonomous-fighter-drone-against-a-pilot-121526011.html.

19. Kris Osborn, "Robot vs. robot war? Now China has semi-autono
fighting ground robots," *National Interest*, June 15, 2020, nationalin
.org/blog/buzz/robot-vs-robot-war-now-china-has-semi-autonomous-fig
-ground-robots-162782.

20. Neil Johnson, Guannan Zhao, Eric Hunsader, et al., "Abrupt rise o
machine ecology beyond human response time," *Nature Scientific Report*
ume 3, article number 2627 (2013), September 11, 2013, www.nature
/articles/srep02627.

21. Ford, Interview with Stuart Russell, in *Architects of Intelligence*,

22. Jeffrey Dastin, "Amazon scraps secret AI recruiting tool that sh
bias against women," Reuters, October 10, 2018, www.reuters.com/a
/us-amazon-com-jobs-automation-insight/amazon-scraps-secret-ai-recru
-tool-that-showed-bias-against-women-idUSKCN1MK08G.

23. Julia Angwin, Jeff Larson, Surya Mattu and Lauren Kirchner,
chine bias," *Propublica*, May 23, 2016, www.propublica.org/article/ma
-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing.

24. Ibid.

25. Ford, Interview with James Manyika, in *Architects of Intelli*
p. 279.

26. Ford, Interview with Fei-Fei Li, in *Architects of Intelligence*, p. 15

27. Stephen Hawking, Stuart Russell, Max Tegmark and Frank Wil
"Stephen Hawking: 'Transcendence looks at the implications of artificial
ligence—but are we taking AI seriously enough?,'" *The Independent*, M
2014, www.independent.co.uk/news/science/stephen-hawking-transcen

-looks-at-the-implications-of-artificial-intelligence-but-are-we-taki
-seriously-enough-9313474.html.

28. Nick Bostrom, *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*, O
University Press, 2014, p. vii.

29. Matt McFarland, "Elon Musk: 'With artificial intelligence we are
moning the demon,'" *Washington Post*, October 24, 2014, www.washingto
.com/news/innovations/wp/2014/10/24/elon-musk-with-artificial-intelli
-we-are-summoning-the-demon/.

30. Sam Harris, "Can we build AI without losing control over it? (vid
TED Talk, June 2016, www.ted.com/talks/sam_harris_can_we_build_ai_
out_losing_control_over_it?language=en.

31. Irving John Good, "Speculations concerning the first ultraintell
machine," *Advanced in Computers*, volume 6, pp. 31–88 (1965), vtechw
.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/89424/TechReport05-3.pdf.

32. Jesselyn Cook, "Hundreds of people share stories about falling d
YouTube's recommendation rabbit hole," *Huffington Post*, October 15, 2
www.huffpost.com/entry/youtube-recommendation-rabbit-hole-mozil
_5da5c470e4b08f3654912991.

33. Stuart Russell, *Human Compatible: Artificial Intelligence and the P
lem of Control*, Viking, 2019, pp. 173–177.

34. Stuart Russell, "How to stop superhuman A.I. before it stops us,"
York Times, October 8, 2019, www.nytimes.com/2019/10/08/opinion/arti
-intelligence.html.

35. Ford, Interview with Rodney Brooks, in *Architects of Intellig*
pp. 440–441.

خـاتـمـة: مستقبلان للذكاء الاصطناعي

1. Rebecca Heilweil, "Big tech companies back away from selling f
recognition to police," *Recode*, June 11, 2020, www.vox.com/recode/
/6/10/21287194/amazon-microsoft-ibm-facial-recognition-moratorium-po

2. Joseph Zeballos-Roig, "Kamala Harris supports $2,000 monthly
ulus checks to help Americans claw out of pandemic ruin—and she's
backed plans for Democrats to give people more money," *Business In*
August 15, 2020, www.businessinsider.com/kamala-harris-biden-mo
-stimulus-checks-economic-policy-support-vice-2020-8.

3. Bob Berwyn, "What does '12 years to act on climate change' (now 11 y
really mean?," *Inside Climate News*, August 27, 2019, insideclimatenew
/news/27082019/12-years-climate-change-explained-ipcc-science-solutio

4. Bill Gates, "COVID-19 is awful. Climate change could be worse," G
Notes, August 4, 2020, www.gatesnotes.com/Energy/Climate-and-COVI

5. Bill Gates, "Climate change and the 75% problem," Gates Notes, Oc
17, 2018, www.gatesnotes.com/Energy/My-plan-for-fighting-climate-cha

6. Nicholas Bloom, Charles I. Jones, John Van Reenen and Michael Webb, "Are ideas getting harder to find?," *American Economic Review*, volume 110, issue 4, pp. 1104–1144 (April 2020), www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.20180338, p. 1138.

7. Mark Aguiar, Mark Bils, Kerwin Kofi Charles and Erik Hurst, "Leisure luxuries and the labor supply of young men," National Bureau of Economic Research, Working Paper 23552, June 2017, www.nber.org/papers/w23552.

Notes

[1 ←]
الانفجار الكمبري يقصد به ظهور الكائنات الحية على الأرض تميز الحدث بظهور العديد من الشعب الرئيسية (بين 20 و35) التي تشكل الحياة الحيوانية الحديثة، والتي انقرضت الغالبية العظمى منها خلال الخمسين إلى 100 مليون سنة التالية. (المترجم)

[2 ←]
في الواقع، أصدرت شركة تسلا في تشرين الأول عام 2020، إصداراً مبكراً لما تسميه «حزمة القيادة الذاتية المتكاملة»، حيث وفّرت الشركة البرنامج لعدد محدود من مالكي سيارات تسلا من خلال التحميل، مع وجود مخطط لديها لتوسيع نطاق توفره خلال الأشهر اللاحقة؛ يوفر البرنامج ميزات مثل ركن السيارة التلقائي وقدرة محدودة على التنقل الذاتي في شوارع المدينة، ولكنه لا يقترب حالياً مما يمكن تسميته بشكل منطقي «بالقيادة الذاتية الكاملة». وَعدت تسلا بترقية الحزمة، وأعلنت عن زيادات في الأسعار في المستقبل من أجل تحفيز المالكين على شراء نسخة مبكرة. لاحظت الإدارة الوطنية لسلامة المرور على الطرق السريعة هذه الحزمة وأعلنت أنّها «ستراقب التكنولوجيا الجديدة عن كثب» وأنّها «لن تتردد في اتخاذ الإجراءات اللازمة لحماية العامة من المخاطر غير المنطقية التي تهدد سلامتهم». (انظر الحاشية 2، الفصل الثالث).

[3 ←]
هي شخصية خيالية في الشريط الهزلي بيناتس، من تأليف ورسم تشارلز شولتز. توصف لوسي بأنها فتاة متسلطة تتنمر على معظم الشخصيات الأخرى في الشريط، ولا سيما لينوس وتشارلي براون. (المترجم)

[4 ←]
هذا المتوسط متشائم بالنسبة للاستطلاعات الأخرى التي تم إجراؤها، غالباً في مؤتمرات الذكاء الاصطناعي. وقد شمل ذلك عدداً أكبر بكثير من باحثي الذكاء الاصطناعي مع مستويات خبرة مختلفة على نطاق واسع. تحتوي معظم النتائج على مجموعات حول السنوات من 2040 إلى 2050 مع احتمال خمسين بالمئة للوصول للذكاء الاصطناعي في ذلك الوقت. انظر الباب 63، الفصل 5، للحصول على قائمة بهذه الاستطلاعات.

[5 ←]
يعتمد برنامج المسافر عبر الزمن على وزير الخزانة السابق ومدير المجلس الاقتصادي الوطني لورانس سمرز، الذي قدّر أن ربع إلى ثلث الرجال في سن العمل سيكونون خارج القوة العاملة بحلول عام 2050 في نوفمبر 2016. (انظر الهامش 1، الفصل 6).

[6 ←]
إذا كانت لديك أي شكوك حول قوة الشبكات العصبية العميقة عند تطبيقها على ترجمة اللغة، قارن هذين القسمين التمهيديين من «خطة تطوير الذكاء الاصطناعي للجيل الجديد» في الصين. إحداها هي ترجمة آلية من غوغل لوثيقة الحكومة الصينية الأصلية. الآخر تمت ترجمته بشكل احترافي من قبل فريق من أربعة لغويين.

الفقرة الأولى من كل وثيقة أدناه. هل يمكنك معرفة أيهما؟

أ: التطور السريع للذكاء الاصطناعي سيغير بشكل عميق المجتمع البشري والعالم. من أجل اغتنام الفرص الاستراتيجية الكبرى في تطوير الذكاء الاصطناعي، وبناء الميزة الأولى في تطوير الذكاء الاصطناعي في الصين، وتسريع بناء دولة مبتكرة وقوة عالمية للعلم والتكنولوجيا، تمت صياغة هذه الخطة وفقا لمتطلبات الانتشار للجنة المركزية للحزب ومجلس الدولة.

ب. التطور السريع للذكاء الاصطناعي (الذكاء الاصطناعي) سيغير بشكل عميق المجتمع البشري والحياة ويغير العالم. لاغتنام الفرصة الإستراتيجية الكبرى لتطوير الذكاء الاصطناعي ولبناء ميزة الحركة الأولى للصين في تطوير الذكاء الاصطناعي ولتسريع بناء دولة مبتكرة وقوة عالمية في العلوم والتكنولوجيا، وفقاً لمتطلبات اللجنة المركزية للحزب الشيوعي الصيني ولمجلس الدولة.

الجواب هو أن (ب) هي النسخة التي ترجمها الإنسان. (انظر الحاشية 8).