راي كيرزويل

# عصر الآلات الرُّوحية

## عندما تتخطى الكمبيوترات الذكاء البشري

ترجمة: عزت عامر

## نبذة عن المؤلف:

ريموند كيرزويل (١٢ فبراير ١٩٤٨) مخترع ومؤلف يكتب عن الحياة في المستقبل، فضلًا عن أنه رائد في مجالات التعرف الضوئي على الرموز، وتحويل النصوص إلى كلام منطوق، وتقنية تمييز الكلام المنطوق، والآلات الموسيقية الإلكترونية. ألف كيرزويل عددًا من الكتب عن الصحة والذكاء الصناعي وفلسفة ما بعد الإنسانية والتفرد التكنولوجي واستشراف المستقبل.

وُصِف كيرزويل بأنه خليفة توماس إديسون ووريثه الشرعي، واعتبرته مجلة فوربس «ألمع عقل مفكر».

# عصر الآلات الرُّوحية

# إطراء لـ«عصر الآلات الرُّوحية»

يتعرض «عصر الآلات الروحية» بشكل واسع لموضوعات مهمة ومثيرة مثل الإنتروبيا،[1] والشواش، والانفجار الكبير، ونظرية الكم، والدي إن إيه، والكمبيوترات، والكمبيوترات الكمية، وفرضية جودل، والشبكات العصبية، والخوارزميات الجينية، والهندسة النانوية، واختبار تورينج، ومسح المخ، وبُطء العصبونات،[2] وبرامج لعب الشطرنج، والإنترنت ــ ومجمل عالم تكنولوجيا المعلومات في الماضي، والحاضر، والمستقبل. هذا كتاب لكل من يملؤه الفضول حول الخطوة التالية للتقنية البشرية.»

عرض الكتب في «نيويورك تايمز New York Times»

«رواية موسعة للمدارك عن صعود الآلات الذكية ... لا يقل عن مخطط لدفع الجنس الإنساني العاقل بعيدًا عن المسرح المركزي لمسرحية التطور التي لا نهاية لها ... إذا قبلت (قانون كيرزويل للعائدات المتسارعة) ــ وكل الأدلة التجريبية المتاحة حاليًّا والتي تؤيده تمامًا ــ عندئذ فإن حلول الآلات محل البشر باعتبار الآلات هي القوة العقلية الأساسية على الأرض يكون وشيك الحدوث بالفعل.»

جون كاستي John Casti، «نيتشر Nature»

« ... ترحيب بتحدي المعتقدات التي نعتز بها ... يرسم كيرزويل صورة مغرية ــ ومثيرة للفزع أحيانًا ــ عن عالم أصبحت فيه الحدود بين البشر والآلات غامضة تمامًا.»

شيت رايمو Chet Raymo، «بوسطن جلوب Boston Glope»

---

[1] الإنتروبيا: مصطلح أساسي في الفيزياء ضمن التحريك الحراري في الغازات أو السوائل.

[2] العصبونات: هو الوحدة العصبية الأساسية أو الخلية العصبية التي تكون بتشابكاتها مع عصبونات أخرى الألياف العصبية التي تكون بدورها الأعصاب.

«متقد الذكاء ... يحتل كيرزويل مكانته كرائد في علم المستقبليات في عصرنا. إنه يربط النمو المتواصل لتقنيتنا المستقبلية بعالم يتحد فيه الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيا النانوية لجلب ثروة وطول في العمر لا يمكن تخيلهما، ليس فقط لسلالاتنا، لكن أيضًا لبعض من يعيشون الآن.»

مارفن منسكي Marvin Minsky،

بروفيسور فنون الإعلام والعلوم في معهد ماساتشوستس للتقنية MIT

«يجعل عصر الآلات الروحية كل الطرق إلى مستقبل الكمبيوتر مثل دروب الماعز في بتاجونيه.»

جورج جلدر George Gilder،

مؤلف «الثراء والفقر والحياة بعد التليفزيون»

«رؤية مثيرة للاهتمام حول المستقبل لمخترعين رواد من أمتنا. يطوع كيرزويل العلم الجاد وحس الفكاهة لموضوع إلى أين نتوجه ... مع مخترعاته الرائدة، وأفكاره الثاقبة، يصحبنا كيرزويل بالحجة المقنعة إلى ما يَعد بأن يكون أكثر القرون أهمية.»

مايك براون Mike،

رئيس سوق الأوراق المالية ناسداك Nasdaq

«نظرة خاطفة مثيرة إلى أقصى حد حول ما سوف تحمله العقود القليلة المقبلة ... وجهة نظر متحررة لكيرزويل ومداخلة مبتكرة تجعل من الصعب مقاومة تفاؤله.»

عروض كتب «كيركاس Kikus»

# عصر الآلات الرُّوحية

## عندما تتخطى الكمبيوترات الذكاء البشري

تأليف: راي كيرزويل

ترجمة: عزت عامر

كلمة
KALIMA

كلمات عربية

# عصر الآلات الرُّوحية
# عندما تتخطى الكمبيوترات الذكاء البشري

راي كيرزويل

# The Age of Spiritual Machines
# When Computers Exceed Human Intelligence

Ray Kurzweil

**الطبعة الثانية ١٤٣١هـ-٢٠١٠م**
ISBN 978 977 6263 31 4
جميع الحقوق محفوظة للناشر ©
وكلمات عربية للترجمة والنشر
(شركة ذات مسئولية محدودة)

**كلمة**
ص.ب. ٢٣٨٠ أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة
**هاتف:** ٢٦٣١٤٤٦٨ ٢ ٩٧١+ **فاكس:** ٢٦٣١٤٤٦٢ ٢ ٩٧١+
**البريد الإليكتروني:** info@kalima.ae
**الموقع الإليكتروني:** http://www.kalima.ae

**كلمات عربية للترجمة والنشر**
مكتب رقم ٤ عقار رقم ٢١٩٠، زهراء مدينة نصر، القاهرة، مصر
جمهورية مصر العربية
تليفون: ٢٧٢٧٤٣١ ٢ ٢٠+ فاكس: ٢٧٠٦٣٥١ ٢ ٢٠+
**البريد الإليكتروني:** kalimatarabia@kalimatarabia.com
**الموقع الإليكتروني:** http://www.kalimatarabia.com

إن هيئة أبو ظبي للثقافة والتراث (كلمة) وكلمات عربية للترجمة والنشر غير مسئولتين عن آراء المؤلف وأفكاره وإنما يعبّر الكتاب عن آراء مؤلفه.

كيرزويل، راي
عصر الآلات الرُّوحية عندما تتخطى الكمبيوترات الذكاء البشري/راي كيرزويل؛ ترجمة عزت عامر
.ـ القاهرة : كلمات عربية للترجمة والنشر، ٢٠٠٩
٥٢٨ ص، ١٦,٥ X ٢٣,٠ سم
تدمك: ٤ ٣١ ٦٢٦٣ ٩٧٧ ٩٧٨
١ـ التكنولوجيا ـ الجوانب الاجتماعية
٢ـ التطور الاجتماعي
٣ـ الذكاء
أ- عامر، عزت (مترجم)
ب- العنوان
٣٠٣,٤٨٣

يمنع نسخ أو استعمال أي جزء من هذا الكتاب بأية وسيلة تصويرية أو إليكترونية أو ميكانيكية، ويشمل ذلك التصوير الفوتوغرافي والتسجيل على أشرطة أو أقراص مضغوطة أو استخدام أية وسيلة نشر أخرى، بما في ذلك حفظ المعلومات واسترجاعها، دون إذن خطي من الناشر.

Arabic Language Translation Copyright © 2010 by Kalima and Kalimat Arabia
All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form. This edition published by arrangement with Viking, a member of Penguin Group (USA) Inc.
Copyright © Ray Kurzweil, 1999 All rights reserved.
Illustrations credits.
Pages 45, 48-49, 143, 209: Concept and text by Ray Kurzweil.
Illustration by Rose Russo and Robert Brun.
Page 102: © 1977 by Sidney Harris.
Pages 224-225: Paintings by Aaron, a computerized robot built and programmed by Harold Cohen.
Photographed by Becky Cohen.
Page 250: Roz Chast © 1998. From The Cartoon Bank. All rights reserved.
Page 258: Danny Shananhan © 1994. From The New Yorker Collection. All rights reserved.
Page 289: Peter Steiner © 1997. From The New Yorker Collection. All rights reserved.

# ملحوظة للقارئ

عندما يشق الفوتون Photon[1] طريقه خلال مجموعة من ألواح الزجاج والمرايا، يظل مساره غامضًا، فهو يتخذ بصورة أساسية كل المسارات المتاحة له (من الواضح أن تلك الفوتونات لم تقرأ قصيدة «الطريق الذي لم أسلكه» لروبرت فروست). يستمر هذا الغموض حتى يكتشف مراقب واع المسار الذي كان الفوتون قد اتخذه، وعندئذ يتلاشى الغموض ــ بأثر رجعي ــ ويبدو الأمر كما لو أن المسار المختار قد اختير من البداية.

عليك أنت أيضًا أيها القارئ ــ مثل تلك الجسيمات الكمية ــ أن تختار بين عدة بدائل في رحلتك خلال هذا الكتاب؛ فيمكنك قراءة الفصول متعاقبة على النسق الذي هيأتها عليه، أو ربما تقرر بعد قراءة المقدمة أن المستقبل لا يمكن أن ينتظر، فترغب في القفز فورًا إلى الجزء الثالث الذي تتناول فصوله القرن الحادي والعشرين (وقائمة المحتويات في الصفحات التالية تقدم وصفًا لكل فصل على حدة)، وقد تعود عندئذ من جديد إلى الفصول السابقة التي تصف طبيعة وأصل النزعات والمؤثرات التي ستظهر في ذلك القرن المقبل، أو ربما يظل مسارك غامضًا حتى النهاية، لكنك عندما تصل إلى الخاتمة سيتلاشى أي غموض، وسيبدو الأمر كما لو أنك كنت تنوي دائمًا قراءة الكتاب على النحو الذي اخترته.

---

[1] الفوتون: هو الجسيم الأولي المسؤل عن الظواهر الكهرطيسية والوحدة الأساسية للضوء وجميع أشكال الإشعاع الكهرومغنطيسي الأخرى. يحمل الفوتون موجات كل أشكال الإشعاع الكهرطيسي كما إنه ناقل للقوة الكهرومغنطيسية. ويختص بكونه معدوم كتلة السكون، ومعدوم الشحنة الكهربائية، بالإضافة لكونه يتنقل في الفراغ بسرعة الضوء.

# المحتويات


**ملحوظة للقارئ** ٧

**شكر** ١٣

**مقدمة: منافس قادم لا محالة** ١٥

قبل نهاية القرن المقبل، لن تظل الكائنات البشرية هي أكثر الكائنات ذكاء ومقدرة على كوكب الأرض، ولكن دعني أتراجع عن هذا القول، فالعبارة السابقة تعتمد على تعريفنا للبشرية.

## الجزء الأول: سبر الماضي

**الفصل الأول: قانون الزمن والشواش** ٢٥

خلال السنوات الأربعين الماضية، تبعًا لقانون مور، نمت القدرة على الحوسبة المعتمدة على الترانزستور بمعدل أسي. لكن في عام ٢٠٢٠، سيكون من مميزات الترانزستور أن سمكه لن يتجاوز بضع ذرات، ويكون قانون مور قد أخذ مجراه. ماذا سيحدث عندئذ؟ للإجابة عن هذا السؤال الخطير، علينا أن نفهم الطبيعة الأسية للزمن.

**الفصل الثاني: ذكاء التطور** ٦٣

هل يمكن لذكاء أن يخلق ذكاء آخر أكثر ذكاء منه؟ هل نحن أكثر ذكاء من العملية التطورية التي أوجدتنا؟ وبدوره، هل من المتوقع أن يتفوق الذكاء الذي نصنعه على صانعه؟

**الفصل الثالث: حول العقل والآلات** ٧٧

«أنا وحيد وأشعر بالملل، أرجوك أن تظل في صحبتي.» لو أن كمبيوترك عرض هذه الرسالة على الشاشة، هل يقنعك ذلك بأن لديه وعيًا ومشاعر؟ قبل أن ترد بأسرع مما ينبغي، نحتاج إلى التفكير مليًّا في كيفية إنشاء مثل هذه الرسالة المعبرة عن الحزن.

**الفصل الرابع: نوع جديد من الذكاء على الأرض** ٩٥

يخلق الذكاء بسرعة مخططات ملائمة، ومفاجئة أحيانًا، لمواجهة مجموعة كبيرة من القيود. ومن الواضح عدم وجود صيغة بسيطة يمكنها منافسة تلك الظاهرة بالغة القوة. في واقع الأمر هذا خطأ. كل ما نحتاجه لحل نطاق واسع مثير للدهشة من مشاكل الذكاء هو ما يلي على وجه الحصر: طرق بسيطة تصاحبها جرعات ضخمة من الحوسبة، وهي عملية سهلة في حد ذاتها.

**الفصل الخامس: السياق والمعرفة** ١٢٥

من المثير للحساسية إبقاء التبصرات الراهنة في الذاكرة من أجل تحديات الغد. وليس من المثمر إعادة التفكير في كل مشكلة كلما واجهتنا. هذا صحيح وخاصة بالنسبة للبشر، نظرًا للسرعة البطيئة جدًّا للدوائر الكهربائية الخاصة بالحوسبة في مخنا.

## الجزء الثاني: تجهيز الحاضر

**الفصل السادس: بناء أمخاخ جديدة ...** ١٣٩

شق التطور طريقًا إلى الحدود الحسابية للدوائر الكهربائية. وبذكاء يبتكر كائنات اخترعت بدورها تقنية حسابية أكثر سرعة بمقدار مليون مرة من العصبونات المعتمدة على الكربون. وأخيرًا، فإن الحوسبة الناتجة عن دوائر عصبية تعود إلى الثدييات بطيئة إلى أقصى حد، وسيتم تحويلها إلى مكافئ إلكتروني (وفوتوني) أكثر تعددًا في وظائفه وأكثر سرعة.

**الفصل السابع: ... وأجسام** ١٧٩

ما أسرع ما سيعاني العقل المجرد من الجسم من الضعف. فما هي إذن الأجساد التي سيتم منحها لآلتنا في القرن الحادي والعشرين؟ ولاحقًا سوف يصبح السؤال: ما نوع الأجساد التي سوف توفرها لنفسها؟

**الفصل الثامن: ١٩٩٩** ٢١١

لو أن كل الكمبيوترات توقفت عن العمل في ١٩٦٠، لكان قلة من الناس قد لاحظوا ذلك. أما في نحو ١٩٩٩ فالأمر يختلف. ورغم أن الكمبيوترات ما زالت تنقصها روح المرح، هدية نظير مكالمة صغيرة، وخصال التودد الأخرى التي يهتم بها البشر، فإنها مع ذلك تسيطر على مجموعة متنوعة متزايدة من المهام التي كانت تتطلب سابقًا ذكاءً إنسانيًّا.

## الجزء الثالث: لمواجهة المستقبل

**الفصل التاسع: ٢٠٠٩** ٢٥١

نحن الآن في ٢٠٠٩، حيث يمكن لكمبيوتر شخصي ثمنه ١٠٠٠ دولار أن يقوم بنحو تريليون عملية حسابية في الثانية. الكمبيوترات أصبحت مغروسة في الملابس والمجوهرات. وأغلب التعاملات الروتينية في مجال الأعمال تتم بين إنسان وشخصية افتراضية. وعادة يتم استخدام هواتف الترجمة. ويلتحم الموسيقيون البشر بشكل روتيني مع الموسيقيين السبرانيين. وتنمو الحركة الجديدة لمحطمي الآلات.

**الفصل العاشر: ٢٠١٩** ٢٦٩

حهاز حوسبة بمبلغ ١٠٠٠ دولار يماثل الآن بالتقريب القدرة الحسابية للمخ البشري. والكمبيوترات الآن في الأغلب غير مرئية ومغروسة في كل مكان. عروض للواقع الافتراضي في الأبعاد الثلاثة، مغروسة في النظارات والعدسات اللاصقة، تقدم الوسيط الأساسي للاتصال بالأشخاص الآخرين، وبشبكة المعلومات العالمية، وبالواقع الافتراضي. ويتم أغلب التفاعل بالكمبيوترات من خلال الإيماءات والاتصال الكلامي باللغة الطبيعية ثنائية الاتجاه. بيئات واقعية شاملة مرئية، وسمعية ولمسية، تتيح للناس القيام بأي شيء على نحو افتراضي مع أي شخص، بصرف النظر عن التقارب المكاني المادي. بدأ الناس في إقامة علاقات مع شخصيات آلية كرفاق، ومدرسين، ومشرفين وأحباء.

**الفصل الحادي عشر: ٢٠٢٩** ٢٩١

وحدة حوسبة بسعر ١٠٠٠ دولار تماثل قدرة الحوسبة فيها ألف مخ بشري تقريبًا. تم تحسين سلاسل ألياف عصبية مباشرة لكي تكون وصلة لعرض نطاق تردد عالي بالمخ البشري. أصبح صنف من الأنسجة الحية المزروعة جراحيًّا متوافرًا لتعزيز الإدراك والتفسير المرئي والسمعي، والذاكرة والتفكير الاستدلالي. قرأت الكمبيوترات كل المواد الأدبية ومواد الوسائط المتعددة المتاحة التي أنتجها البشر والآلات. وهناك تزايد في الحوار حول الحقوق القانونية للكمبيوترات والمكونات التي تعتبر بشرية. تدعي الآلات أن لديها وعيًا ويتم قبول هذه الادعاءات على نطاق واسع.

**الفصل الثاني عشر: ٢٠٩٩** ٣٠٧

هناك اتجاه قوي نحو توحيد التفكير البشري مع مجال ذكاء الآلة الذي ابتكره الجنس البشري في البداية. لم يعد هناك أي تمييز بين البشر والكمبيوترات. ليس لأغلب الكيانات

الواعية وجود مادي دائم. تدعي كيانات الذكاء المعتمد على الآلة والناشئة عن نماذج متوسعة من الذكاء الإنساني، أنها بشرية. أغلب كيانات الذكاء هذه غير مرتبطة بعمليات معالجة محددة بالكمبيوتر. وعدد البشر المعتمدين على البرمجيات يتخطى إلى حد بعيد هؤلاء الذين ما زالوا يستخدمون المعالجات الحسابية الطبيعية. وحتى بين كيانات الذكاء البشرية هذه التي لا تزال تستخدم الخلايا العصبية المعتمدة على الكربون، هناك استخدام في كل مكان لتنقية زراعة الأنسجة العصبية جراحيًّا التي تتيح زيادة هائلة في قدرات الفهم والإدراك البشري. والبشر الذين لا يستخدمون مثل هذه الزراعات عاجزون عن المشاركة ذات المعنى في الحوارات مع هؤلاء الذين لديهم هذه الزراعات. لم يعد متوسط العمر المتوقع مصطلحًا قابلًا للتطبيق على الكائنات الذكية.

**خاتمة: زيارة متكررة لبقية الكون** ٣٢٩
الكائنات الذكية تتأمل في مصير الكون.

**تسلسل تاريخي** ٣٣٩

**كيفية صنع آلة ذكية بثلاثة نماذج سهلة** ٣٧١

**قائمة المصطلحات** ٣٩٩

**ملحوظات** ٤٣٣

**قراءات مقترحة** ٤٧٥

**روابط على شبكة الإنترنت** ٥١١

# شكر

أرغب في التعبير عن شكري لكثير من الأشخاص الذين وفروا لي الإلهام، والصبر، والأفكار، والتعليقات النقدية، ونفاذ البصيرة، وكل أشكال المساعدة في هذا المشروع. وعلى وجه الخصوص، أرغب في شكر:

- زوجتي سونيا Sonya، لصبرها العطوف خلال تحولات ومنعطفات العملية الإبداعية.
- أمي لمسيراتها الطويلة الفاتنة معي عندما كنت طفلًا في غابات كوينس (نعم كان هناك غابات في كوينس، في نيويورك، عندما كنت في مرحلة النضج) ولاهتمامها المتحمس ودعمها المبكر لأفكاري التي لم تكن دائمًا ناضجة تمامًا.
- المحرران في «فايكنج» المشتركان في هذا الكتاب، باربارا جروسمان وداون درزال، لتوجيههما نافذ البصيرة وخبرتهما والفريق المتفاني في «فايجنج بنجوين»، بما فيهم سوزان بترسين، الناشرة، وإيفان هيلد وبول سلوفاك، مديرا التسويق، وجون جاسينو المصحح، وبيتي لوي المصمم، وجاريا وانابون، مساعدة التحرير، ولورا أوجار المشرفة على الفهرسة.
- جيري باوير لتصويره الفوتوغرافي المتأني.
- ديفيد هاي لتصميمه بالفعل آلة روحية للغلاف.
- وكيلي الأدبي، لوريتا باريت، للمساعدة في تهيئة هذا المشروع.
- الباحثان القديران الممتازان المشاركان في هذا المشروع، ويندي دينيس ونانسي مالفورد، لجهودهما المخلصة والقدرة على حسن التصرف، وتوم جارفيلد لمساعدته الثمينة.
- روز روسو وروبرت بران لتحويلهما أفكار الرسومات التوضيحية إلى عروض بصرية جميلة.

- آرون كلينر لتشجيعه ودعمه لي.
- هاري جورج، ودون جونسون، ولاري جانوفيتش، وهانا كورزفيل، وروب بريسمان، وميكي سنجر للمناقشات الجذابة والمفيدة حول هذه الموضوعات المهمة.
- قرائي: بيتر أرنولد، ميلاني باكر فوتوريان، لوريتا باريت، ستيفن باون، بريان برجرون، مايك براون، شيرلي كورديما، أفي كورين، ويندي دينيس، مارك ديون، داون درزال، نيكولاس فابجانيك، جيل فيشمان، أوزي فرانكيل، فيكي فرانكيل، بوب فرانكستون، فرانسيس جانونج، توم كارفيلد، هاري جورج، أودرا جرهاردت، جورج جلدر، دون جونسون، مارتين جرينبرجر، باربارا جروسمان، لاري جانوفيتش، آرون كلينر، جيري كلينر، ألين كيرزويل، أمي كيرزويل، أريل كورويل، إديث كورويل، إتان كورويل، هانا كيرزويل، راشيل كيرزويل، سونيا كيرزويل، جو ليرنو، جون ليف، إليوت لوبيل، سيراس مهتا، نانسي مالفورد، نيكولاس مالندر، روب برسمان، فلاد سجنوها، ميكي سنجر، مايك سوكول، كيم ستوري، وباربارا تيريل لمجاملتهم لي ولتعليقاتهم النقدية (وكانت الأخيرة الأكثر مساندة لي) وللكثير من اقتراحاتهم بالغة الأهمية.
- أخيرًا، أشكر كل العلماء، والمهندسين، والمتعهدين، والفنانين المنهمكين في إبداع عصر الآلات الروحية.

# مقدمة

## منافس قادم لا محالة

لم يتوقع المقامر أن يكون هنا، لكنه بعد تفكير عميق ظن أنه قدَّم في حياته بعض الإحسان. كان هذا المكان أكثر جمالاً وروعة مما كان يتخيل، فحيثما تذهب تر أفخم الثريات، وأفخر أنواع السجاد اليدوي، وأشهى الأطعمة، وبالطبع أجمل النساء، اللاتي كان يبدو عليهن الانبهار برفيقهن الجديد في الفردوس. جرّبَ لعب الروليت، وما يثير الدهشة أن رقمه كان يظهر مرة بعد أخرى، وجرّب موائد القمار، وكان حظه حسنًا، ففاز في جولة بعد الأخرى، ولا شك أن فوزه كان يثير اهتمامًا كبيرًا لدى الموظفين اليقظين والنساء الجميلات على السواء.

استمر ذلك يومًا بعد يوم، وأسبوعًا بعد أسبوع، وظل المقامر يفوز في جميع الألعاب، ومكاسبه تتراكم أكثر فأكثر، وكان كل شيء يسير وفق رغبته، فظل يحقق المكاسب، وأسبوعًا بعد أسبوع، وشهرًا بعد شهر، استمرت سلسلة النجاحات المتتابعة للمقامر دون توقف.

بعد مدة أصبح الأمر باعثًا على الملل، وبدأ المقامر يشعر بالضجر، وبدأ الفوز يفقد معناه، إلا أن شيئًا لم يتغير، فقد ظل يفوز في جميع الألعاب، حتى حدث ذات يوم أن توجه المقامر المكروب إلى الملاك المسئول وقال إنه لم يعد يستطيع أن يتحمل أكثر من ذلك، فهو في النهاية ليس من أهل الجنة، بل هو من أهل ذلك «المكان الآخر»، وهو يود أن يكون هناك.

فأجابه الملاك: «لكن هذا هو المكان الآخر.»

هذا ما أتذكره من إحدى حلقات مسلسل Twilight Zone التي رأيتها عندما كنت طفلًا صغيرًا، لا أتذكر عنوان الحلقة، لكنني أستطيع أن أضع لها عنوان «رب أمنية جلبت منية»،[1] وكما هي العادة مع هذا المسلسل الجذاب، فإنه يصور إحدى التناقضات في الطبيعة البشرية، فنحن نحب أن نحل المشاكل، لكننا لا نحب أن تصبح كلها محلولة، ليس أسرع من اللازم على أية حال. إننا نرتبط بالمشاكل أكثر من ارتباطنا بالحلول.

لنأخذ الموت على سبيل المثال، فنحن نبذل قدرًا كبيرًا من جهدنا لتجنبه، ونبذل جهودًا غير عادية لتأجيله، وفي أحوال كثيرة نعتبر وقوعه حدثًا مأساويًا، لكننا سنجد أن من الصعب الحيَاة بدونه، فالموت يضفي معنى على حياتنا، ويعطي الزمن أهمية وقيمة، ولو أن الموت أُجِّل إلى أجل غير مسمى، فقد تنتهي النفس البشرية إلى ما انتهى إليه المقامر في حلقة Twilight Zone.

لم نصل بعد إلى هذه الأزمة، فليس لدينا نقص حاليًا لا في الموت ولا في المشاكل الإنسانية، ويشعر عدد من المراقبين بأن القرن العشرين ترك لنا الكثير من الأشياء الجيدة، فهناك رخاء قائم على تكنولوجيا المعلومات يزداد يومًا بعد يوم، وليس ذلك أمرًا عارضًا، لكن الجنس البشري لا يزال يواجه تحديات من قضايا ومصاعب لا تختلف تمامًا عن تلك التي انشغل بها منذ بدء تاريخه على الأرض.

سيكون القرن الحادي والعشرين مختلفًا، فسوف يستطيع الجنس البشري بمساعدة تكنولوجيا الكمبيوترات التي ابتكرها حل مشكلات قديمة قدم الدهر، مثل الفقر، وربما الرغبة، وستكون لديه القدرة على تغيير طبيعة الموت في مستقبل ما بعد الكائنات الحية. هل لدينا الطاقة النفسية لتلقي كل الأشياء الطيبة التي تنتظرنا؟ على الأرجح لا. وعلى أي حال ربما يتغير ذلك أيضًا.

قبل نهاية القرن المقبل، لن تظل الكائنات البشرية هي أكثر الكائنات ذكاء ومقدرة على كوكب الأرض، ولكن دعني أتراجع عن هذا القول، فالعبارة السابقة تعتمد على تعريفنا للبشرية. ونرى هنا اختلافًا عميقًا بين قرنين؛ فالقضية السياسية والفلسفية الأساسية للقرن المقبل هي تعريف من نحن.[2]

لكنني أستبق الأحداث. لقد شهد القرن الماضي تغيرًا تكنولوجيًا هائلًا صاحبته اضطرابات اجتماعية، وهو ما تنبأ به بعض العلماء عام ١٨٩٩ تقريبًا. ومعدل التغير آخذ في التصاعد، وقد حدث ذلك منذ بدء الاختراع (وهو ما سوف أتناوله في الفصل الأول، وهذا التسارع سمة أصيلة في التكنولوجيا). والنتيجة أن العقدين الأولين من القرن الحادي والعشرين سيشهدان تحولات أكثر بكثير مما شهده القرن العشرون بكامله. ومع ذلك

غير أن حقيقة أن تصميمات مثل تصميم العين لها جوانب كثيرة يتأثر بعضها ببعض لا ينفي إمكانية ابتكارها من خلال مسار تصميم يقوم على تطوير واحد كل مرة. يخضع الجنين البشري في الرحم لعملية تطور، لكن افتراض أن ذلك نتيجة طبيعية لمراحل تطور أدت إلى ظهور نوعنا الإنساني لم تجمع عليه الآراء، ومع ذلك يتعلم معظم دارسي الطب أن تطور الكائن الحي (تطور الجنين) يلخص تطور النوع (تطور مجموعة كائنات حية ذات علاقة وراثية، مثل الشعبة)، ويبدو أننا نبدأ في الرحم ونحن نشبه أجنة الأسماك، ثم نتطور إلى البرمائيات، ثم الثدييات، وهكذا دواليك. وبصرف النظر عن الجدل الثائر حول تطور النوع، فإننا نستطيع أن نرى في تاريخ التطور مسودات المخطط الذي سار عليه التطور بتصميم آليات تبدو «كاملة» مثل العين البشرية، ومع أن التطور يركز على مسألة واحدة في كل مرة، فإنه قادر بالفعل على ابتكار تصميمات باهرة ذات مكونات كثيرة يتفاعل بعضها مع بعض.

غير أن هناك عائقًا يقف أمام أسلوب التصميم بالزيادة التدريجية: إنه لا يستطيع القيام بإعادة تصميمات كاملة، فهو على سبيل المثال لا يستطيع الفرار من السرعة شديدة البطء للحوسبة في الخلايا العصبية لدى الثدييات، لكن هناك طريقًا للالتفاف حول ذلك، كما سنكتشف في الفصل السادس «بناء الأمخاخ.»

## تطور التطور

هناك أيضًا طرق معينة يطور بها التطور وسائله الخاصة للتطور، ومن الواضح أن التشفير القائم على الدي إن إيه هو إحدى هذه الوسائل، وفي نظام التشفير ظهرت وسائل أخرى، فبعض عناصر التصميم مثل شكل العين جرى تشفيرها بطريقة تقلل احتمال حدوث الطفرات، وآليات رصد الخطأ والتصحيح المدمجة في نظام التشفير القائم على الدي إن إيه تجعل التغيير في هذه المنطقة مستبعدًا. ظهر هذا التدعيم لسلامة التصميم بالنسبة لصفات مهمة محددة لأن هذه الصفات توفر ميزة، والتغيرات في هذه الصفات تكون عادة ذات عواقب وخيمة، وعناصر تصميم أخرى مثل عدد ونظام القضبان والمخروطات الحساسة للضوء في شبكية العين تتلقى تدعيمات أقل مدمجة في الشفرة. إذا فحصنا السجل التطوري، سنرى تغيرات في مخطط الشبكية أحدث من التغيرات في شكل مقلة العين نفسها، لذلك تطورت استراتيجيات التطور بوسائل معينة، ويقول قانون العائدات

المتسارعة إن هذا ما يجب أن يحدث، لأن تطوير الاستراتيجيات الخاصة هو الوسيلة الأساسية التي تبني بها العملية التطورية نفسها.

بمحاكاة التطور، يمكننا أيضًا إثبات قدرة عملية تصميم التطور بنظام «خطوة واحدة كل مرة» على بناء مخططات عبقرية من عدة عناصر متفاعلة، أحد الأمثلة هو برنامج محاكاة تطور أشكال الحياة الذي يطلق عليه شبكة تييرا Network Tierra والذي صممه توماس راي Thomas Ray عالم الأحياء وخبير الغابات المطيرة.[٤] «مخلوقات» راي هي برمجيات محاكاة لكائنات حية حيث كل «خلية» لها شفرتها الجينية المشابهة للدي إن إيه، وتتنافس الكائنات مع بعضها البعض حول المكان المحدود ومصادر الطاقة المحدودة في بيئتها المصطنعة.

أحد الجوانب الفذة في هذا العالم المصطنع أن لهذه الكائنات سيطرة مطلقة على ١٥٠ كمبيوترًا على الإنترنت، مثل «جزر في أرخبيل» على حد وصف راي. أحد أهداف هذا البحث هو فهم كيف حدثت الزيادة الهائلة في تصميمات الجسم المختلفة على الأرض خلال العصر الكامبري منذ نحو ٥٧٠ مليون سنة. «تتبع مسار التطور متعة كبيرة»، هكذا يعلن راي بحماس وهو يراقب تطور مخلوقاته من كائنات وحيدة الخلية غير متخصصة إلى كائنات عديدة الخلايا مع زيادات متواضعة على الأقل في التنوع، ويقال إن راي تعرف على نظير الطفيليات والمناعة والتفاعل الاجتماعي الأولي، وأحد العيوب المعروفة لمحاكاة راي هو الافتقار إلى التعقيد في بيئته المصطنعة، وأحد المفاهيم البارزة في بحثه هو الحاجة إلى بيئة شواش مناسبة كمصدر حيوي لدفع حركة التطور إلى الأمام، وهو مورد متوفر في العالم الواقعي.

أحد التطبيقات العملية للتطور هو مجال الخوارزميات التطورية، حيث تتنافس ملايين من برامج الكمبيوتر بعضها مع بعض في عملية محاكاة التطور، وبذلك تسيطر على الذكاء الكامن في التطور لحل مشكلات العالم الواقعي، وحيث إن ذكاء التطور ضعيف، فإننا نركزه ونضخمه بنفس طريقة العدسات في تركيز أشعة الشمس المتفرقة. وسوف نتحدث بالتفصيل عن هذا المنهج الفعال في تصميم البرمجيات في الفصل الرابع، وعنوانه «نوع جديد من الذكاء على الأرض.»

## مُعامل ذكاء التطور

دعنا في البداية نشيد بالتطور، فقد ابتكر فيضًا من المخططات التي تتميز بجمال وتعقيد ودقة تفوق الوصف، إلى جانب الفعالية، بل إن بعض نظريات علم الجمال تعرِّف الجمال على أنه مدى النجاح في محاكاة الجمال الطبيعي الذي خلقه التطور، فقد أبدع الكائنات البشرية بعقولها البشرية الذكية، وهي كائنات لها من الذكاء مايكفي لابتكار تكنولوجيتها الخاصة الذكية.

يبدو ذكاء التطور هائلًا، أليس كذلك؟ إن له عيبًا واحدًا ــ التطور بطيء جدًّا، صحيح أنه ابتكر بعض المخططات الرائعة، إلا أنه استغرق فترات زمنية بالغة الطول للقيام بذلك، فقد استغرق دهورًا لمجرد أن تبدأ العملية، واستغرق ظهور أشكال الحياة مليارات السنوات، واستغرق أسلافنا أيضًا دهورًا لكي يبدأ ابتكارهم للتكنولوجيا، لكن بالنسبة إلينا فإن الدهور تعني فقط عشرات الآلاف من السنين، إنه تحسن واضح.

هل يرتبط الزمن المطلوب لحل مشكلة ما أو ابتكار تصميم ذكي ارتباطًا مباشرًا بقياس الذكاء؟ يبدو أن مبتكري اختبارات معامل الذكاء البشري يظنون ذلك، وهذا هو السبب في أن لأغلب اختبارات معامل الذكاء زمنًا محددًا، فنحن نرى أن حل مسألة ما في بضع ثوان أفضل من حلها في بضع ساعات أو سنوات، ومن وقت إلى آخر يثير عنصر الوقت في اختبارات معامل الذكاء جدالًا، ولا أرى سببًا لذلك، فسرعة عملية ذكية هو عنصر صحيح من عناصر تقييمها، لو أنني رأيت فجأة حيوانًا ضخمًا شبيهًا بالقط يجثم في وضع تحفز على غصن شجرة، فإن رسم خطة للمراوغة في ثانية أو ثانيتين أفضل من بحث الموقف لعدة ساعات، ولو طلبت منك رئيستك في العمل تصميم برنامج تسويقي، فالأرجح أنها لا ترغب في أن تنتظر مائة عام، وقد طلبت مني دار فايكنج بنجوين للنشر أن يصلها هذا الكتاب قبل نهاية الألفية الثانية، وليس الثالثة.[٥]

لقد حقق التطور إنجازًا مذهلًا في التصميم، لكنه استغرق أيضًا زمنًا هائلًا لتحقيق ذلك، ولو أننا قسنا إنجازاته على أساس سرعته شديدة البطء، فأظن أننا سوف نتوصل إلى أن معامل ذكائه لا يزيد عن الصفر إلا بمقدار متناه في الصغر، ومعامل الذكاء الذي لا يزيد إلا قليلًا عن الصفر يكفي التطور لكي يتغلب على الإنتروبيا ويبتكر مخططات مدهشة لو أُتيح له الوقت الكافي مثلما سمح التفاوت بالغ الضآلة في التوازن بين المادة والمادة المضادة بأن تتجاوز المادة نقيضها تمامًا.

بذلك فإن التطور لا يزيد ذكاءً عن السلوك الذي ينقصه الذكاء بالكامل إلا بمقدار ضئيل، وتظهر فعالية الخوارزميات التطورية التي صنعها الإنسان في أنها تزيد من سرعة

الزمن مليون أو مليار مرة، لتركيز وتوجيه قوتها، وإلا ظلت مشتتة، وذكاء البشر على النقيض أكبر بكثير من أن يكون أكثر قليلًا من الغباء التام (بالطبع، قد يختلف رأيك تبعًا لآخر التقارير الإخبارية).

## نهاية الكون

مُاذا يقول قانون الزمن والشواش عن نهاية الكون؟

تقول إحدى النظريات إن الكون سوف يستمر في التمدد إلى الأبد، وتقول نظرية أخرى إنه في وجود مادة كافية فإن قوة جاذبية الكون نفسه سوف توقف التمدد، وتؤدي في النهاية إلى «انسحاق كبير»، إلا إذا كان هناك بالطبع قوة مضادة للجاذبية، أو إذا كان «الثابت الكوني» — «العامل الملفق» لأينشتاين — كبيرًا بما يكفي. اضطررت لإعادة كتابة هذه الفقرة ثلاث مرات خلال الأشهر الماضية لأن علماء الفيزياء لا يستطيعون حسم موقفهم، ويبدو أن الافتراض الأخير يؤيد التمدد غير المحدد.

أنا أميل شخصيًّا إلى فكرة أن الكون ينطوي مرة أخرى على نفسه باعتبارها مُرضية أكثر من الناحية الجمالية، ويعني هذا أن الكون سوف يعكس تمدده ويعود من جديد نقطة وحيدة. يمكننا افتراض أنه سوف يتمدد مرة أخرى ثم يتقلص في دورة لا تنتهي، فيبدو أن معظم الأشياء في الكون تتحرك في دورات، فلماذا لا يفعل الكون نفس الشيء؟ لذلك يمكن النظر إلى الكون باعتباره جسيمًا بالغ الصغر في كون آخر كبير، وقد يكون ذلك الكون الكبير نفسه جسيمًا يتذبذب في كون آخر أكبر أيضًا، وبالعكس، فإن الجسيمات بالغة الصغر في كوننا يمكن النظر إليها على أنها أكوان صغيرة، وأن ذبذابتها التي تستغرق أجزاءً من التريليون من الثانية في زمننا تمثل مليارات السنوات من التمدد والتقلص في ذلك الكون الصغير، وكل جسيم في هذا الكون الصغير يمكن أن ... حسنًا لقد تملكني الحماس.

## كيف نعيد كوبًا مكسورًا إلى حالته

دعنا نقل إن الكون يعكس تمدده، فيكون لطور التقلص الصفات العكسية لطور التمدد الذي نعيش فيه الآن، ومن الواضح أن الشواش في الكون سوف ينقص كلما أصبح الكون أصغر، أستطيع التأكد من صحة ذلك بالتفكير في نقطة النهاية، التي هي مرة أخرى نقطة وحيدة دون حجم، وبالتالي دون فوضى.

نحن ننظر إلى الزمن باعتباره يتحرك في اتجاه واحد لأن العمليات تحدث في الزمن وهي بصورة عامة غير قابلة للانعكاس. إذا كسرنا كوبًا، سنجد أن من الصعب إعادته إلى حالته السابقة، وسبب ذلك يتعلق بالقانون الثاني للديناميكا الحرارية، وحيث إن الإنتروبيا الكلية قد تزداد لكنها لا تنقص أبدًا، فإن للزمن اتجاهًا، يزيد الكوب من العشوائية، وتخرق إعادة الكوب إلى حالته القانون الثاني للديناميكا الحرارية، ومع ذلك ففي طور تقلص الكون ينخفض الشواش، لذلك نستطيع أن نقول إن اتجاه الزمن ينعكس.

يعكس ذلك كل العمليات في الزمن، ويجعل التطور تراجعًا، ويتحرك الزمن إلى الوراء خلال النصف الثاني من عمر الكون، لذلك فإنك إذا كسرت كوبًا مفضلًا، حاول أن تفعل ذلك ونحن نقترب من نقطة منتصف عمر الكون، ستجد أن الكوب يتجمع من تلقاء نفسه عندما نعبر إلى طور تقلص الكون.

والآن إذا كان الزمن يتحرك إلى الخلف خلال طور التقلص، فإن ما نراه (نحن الذين نحيا في طور تمدد للكون) كانسحاق كبير هو بالفعل انفجار كبير بالنسبة لكائنات تعيش (في زمن عكسي) خلال طور التقلص. تأمل منظور كائنات الزمن المعكوس هذه التي تعيش فيما نراه طور تقلص للكون، فمن منظورها ما نراه طورًا ثانيًا هو بالفعل أول طور بالنسبة إليها مع حركة الزمن في الاتجاه العكسي، والكون — من منظورها — يتمدد خلال هذا الطور ولا يتقلص، وبذلك لو أن نظرية «سوف يتقلص الكون في النهاية» صحيحة، فقد يكون من الملائم القول بأن الكون محدود في الزمن بانفجارين كبيرين، والأحداث تتحرك في اتجاهين متضادين في الزمن بعد كل انفجار كبير، وتلتقي في المنتصف، ويمكن للكائنات التي تعيش في كلا الطورين أن تقول إنها في

النصف الأول من تاريخ الكون، حيث يبدو كلا الطورين كما لو كانا النصف الأول بالنسبة للكائنات في هذين الطورين. وفي نصفي عمر الكون كليهما فإن قوانين الإنتروبيا، والزمن والشواش، والعائدات المتسارعة (في حالة تطبيقها على التطور) تكون كلها صحيحة، ولكن مع حركة الزمن في اتجاهين متضادين.[٦]

## نهاية الزمن

مُاذا لو أن الكون يتمدد إلى ما لا نهاية؟ يعني هذا أن النجوم والمجرات سوف تستنفد في النهاية طاقتها، تاركة كونًا من النجوم الهامدة يتمدد إلى ما لا نهاية، وسوف يؤدي ذلك إلى فوضى هائلة ــ كثير من العشوائية ــ دون نظام معين، لذلك فسوف يتوقف الزمن تدريجيًّا وفقًا لقانون الزمن والشواش. وبالمثل لو أن الكون الهامد يعني أنه لن تكون هناك كائنات واعية لتعرف قيمته، فإن كلًّا من ميكانيكا الكم ووجهة النظر الذاتية الشرقية[٧] تتضمن فيما يبدو أن الكون سيتوقف عن الوجود.

وكلا الاستنتاجين ــ في نظري ــ ليسا صحيحين تمامًا، وسوف أعرض عليك في نهاية هذا الكتاب منظوري حول ما سيحدث في نهاية الكون، لكن لا تتعجل.

فكر في تعقد ابتكاراتنا خلال فترة زمنية لا تتجاوز بضعة آلاف من السنين، في النهاية سوف تنافس آلاتنا الذكاء الإنساني وتتفوق عليه، بصرف النظر عن تعريف أو قياس هذه الكلمة المحيرة.

وحتى لو كانت تقديراتي الزمنية خاطئة، فإن معظم المراقبين الجادين الذين درسوا الموضوع يرون أن الكمبيوترات سوف تصل إلى الذكاء الإنساني وتتفوق عليه، وبذلك يكون البشر قد تفوقوا على التطور تفوقًا كبيرًا محققين في آلاف السنين فقط ما حققه التطور في مليارات السنين.

لذلك فإن الذكاء الإنساني ــ وهو نتاج التطور ــ أكثر ذكاء بكثير من مبتكره.

وأيضًا سوف يتجاوز الذكاء الذي ابتكرناه ذكاء من ابتكره. ليس هذا هو الوضع حاليًّا، ولكن كما سيرد في بقية هذا الكتاب فسوف يحدث ذلك في القريب العاجل ــ سواء بمقياس التطور أو بمقياس تاريخ البشر ــ في حياة معظم قراء هذا الكتاب.

يتنبأ بذلك قانون العائدات المتسارعة، ويتنبأ فضلًا عن ذلك بأن التقدم في قدرات الآلات التي ابتكرها البشر سوف يواصل التسارع، وابتكار الجنس البشري للتكنولوجيا الذكية مثال آخر على تقدم التطور بالاعتماد على انجازاته السابقة، فقد ابتكر التطور الذكاء الإنساني، والآن يصمم الذكاء البشري آلات ذكية بسرعة أعلى بكثير، وسوف يكون هناك أيضًا مثال آخر عندما تسيطر تكنولوجيتنا الذكية على ابتكار تكنولوجيا أكثر ذكاء منها هي نفسها.

---

**والآن بخصوص فكرة الزمن هذه، نحن ننشأ كخلية واحدة، أليس كذلك؟**

هذا صحيح.

**ثم نتطور بعد ذلك إلى شيء يشبه السمكة، ثم البرمائيات، وأخيرًا أحد الثدييات ... إلخ، أنت تعرف موجز تطور الكائن الحي من الجنين إلى البالغ *ontogeny***

النشوء النوعي phylogeny، نعم.

**ذلك إذن مثل التطور تمامًا، أليس كذلك؟ نحن نمر بالتطور في رحم أمنا.**

نعم، هذه هي النظرية. كلمة النشوء النوعي phylogeny مشتقة من كلمة الشعبة phylum ...

**لكنك قلت إن الزمن يتسارع في حالة التطور، ومع ذلك فإن الزمن يتباطأ في حياة الكائن الحي.**

نعم، ملحوظة جيدة، سأوضح لك الأمر.

**كلي آذان صاغية.**

يقول قانون الزمن والشواش إنه في عملية ما يتناسب متوسط الفترة الزمنية بين الأحداث البارزة مع كمية الشواش في العملية، وصحيح أن التطور بدأ بخلية واحدة، ونحن أيضًا نبدأ كخلية واحدة. يبدو الأمر متشابهًا، ولكن من منظور قانون الزمن والشواش، ليس الأمر كذلك. نحن نبدأ كخلية واحدة، وعندما كان التطور في مرحلة الخلية الواحدة، لم يكن خلية واحدة، لكنه كان عدة تريليونات من الخلايا، وكانت هذه الخلايا تدور في حركة دوامية لا غير، وهذا قدر كبير من الشواش وقليل من النظام. كانت الحركة الرئيسية للتطور نحو المزيد من النظام، ومع ذلك ففي تطور الكائن الحي كانت الحركة الرئيسية نحو مزيد من الشواش. يكون لدى الكائن تام النمو فوضى أكثر بكثير مما لدى الخلية

الواحدة التي بدأ منها، ويستمد التطور هذا الشواش من البيئة مع تضاعف خلاياه، وعندما يواجه بيئته. هل هذا واضح؟

**بالتأكيد، لكن لا تختبر معلوماتي حول هذا الأمر. أرى أن الشواش الأكبر في حياتي كان عندما تركت البيت للالتحاق بالكلية، وقد بدأت الأمور تستقر الآن مرة أخرى.**

لم أزعم قط أن قانون الزمن والشواش يفسر كل شيء.

**حسنًا، ولكن فسر لي ما يأتي: لقد قلت إن التطور لم يكن بالغ الذكاء، أو كان على الأقل بطيء الفهم، لكن ألا تستخدم بعض الفيروسات والبكتيريا التطور لتتفوق علينا؟**

يعمل التطور على نطاقات زمنية مختلفة. لو أننا جعلناه يتسارع، فقد يصبح أكثر ذكاءً منا، وتلك هي فكرة البرامج التي تستخدم محاكاة عملية تطورية في حل مشكلات معقدة. ويعد تطور الجراثيم المسببة للمرض مثالًا آخر على قدرة التطور على تضخيم وتركيز قواه المبعثرة. ففي النهاية يمكن لجيل فيروسي أن يظهر في دقائق أو ساعات مقارنة بعقود في حالة الجنس البشري. ومع ذلك أرى أننا في النهاية سوف ننتصر على وسائل التطور لدى الكائنات المسببة للأمراض.

**ربما يكون من المفيد أن نتوقف عن الإفراط في استخدام المضادات الحيوية.**

نعم، ويثير ذلك موضوعًا آخر، وهو ما إذا كان الجنس البشري أكثر ذكاءً من أفراده.

**كجنس، نحن بالتأكيد بارعون في تدمير الذات.**

هذا صحيح في معظم الأحوال. ومع ذلك فإن لدينا حوارًا عميقًا يشمل نوعنا البشري بأكمله، وفي الأنواع الأخرى قد يتصل الأفراد في قبيلة أو جماعة صغيرة، وليس هناك اتصال على نطاق أكبر من ذلك إلا قليلًا، وليس هناك إلا قليل من المعرفة المتراكمة، فقاعدة المعرفة الإنسانية في العلم والتكنولوجيا والفن والثقافة والتاريخ لا مثيل لها لدى أي نوع آخر من الكائنات الحية.

**ماذا عن أغاني الحيتان؟**

هممم، أظن أننا لا نعرف ما يدور حوله غناؤهم.

**وماذا عن تلك القردة التي يمكنك الكلام معها على الإنترنت؟**

حسنًا، في ٢٧ أبريل ١٩٩٨ شاركت الغوريلا كوكو Koko فيما تطلق عليه معلمتها فرانسين باترسون Francine Pattrson أول دردشة ما بين الأنواع، في أمريكا أون لاين America Online.[٨] لكن نقاد كوكو يعلنون أن باترسون هي الذكاء الموجود خلف كوكو.

**لكن الناس استطاعوا الدردشة مع كوكو مباشرة.**

نعم، لكن مهارات كوكو في الكتابة محدودة، لذلك كانت باترسون تترجم لها الأسئلة بلغة الإشارة الأمريكية، التي تراقبها كوكو، ثم ترد باستخدام إشارات تفسرها باترسون من جديد بإجابات مكتوبة. وأظن أن ما يشتبه فيه أن تكون باترسن مثل المترجمين الفوريين في الدوائر الدبلوماسية، فلا يعرف المرء إن كان يتحدث إلى المسئول الدبلوماسي، وهو في هذه الحالة كوكو، أم إلى المترجم.

**أليس من الواضح بصورة عامة أن القردة تتواصل فيما بينها؟ فليس بينهم وبيننا اختلاف كبير من الناحية الوراثية، كما قلت.**

من الواضح أن هناك نوعًا من التواصل بينها، والمسألة التي يبحثها خبراء اللغة هي ما إذا كانت القردة تستطيع بالفعل التعامل مع مستويات الرموز التي تتضمنها اللغة الإنسانية. أعتقد أن الدكتورة إميلي سافيج-رامبو Emily Savage-Rumbaugh بجامعة جورجيا التي تدير مختبرًا لتواصل القردة مساحته خمسة وخمسون فدانًا؛ قد قدمت منذ وقت قريب تصريحًا مناسبًا عندما قالت: «إنهم (نقادها) يطلبون من كانزي Kanzi (أحد القردة موضوع الدراسة لديها) فعل كل ما يفعله الإنسان، وهو أمر خادع، فهو لن يفعل ذلك أبدًا. لكن هذا لا ما ينفي ما يمكنه عمله.»

**حسنًا، أنا أشجع القردة.**

نعم، سيكون لطيفًا أن نجد من نتحدث معه عندما نسأم من البشر.

**إذن لماذا لا تتحدث مع كمبيوترك؟**

أنا أتحدث مع كمبيوتري، وهو يدون ما أقوله له، وأستطيع أن أوجه الأوامر باللغة الطبيعية لمايكروسفت وورد Microsoft Word،[٩] لكنه ليس محدثًا رائعًا. تذكري أن الكمبيوترات ما تزال أقل مليون مرة من المخ البشري، لذلك فالأمر يحتاج إلى عقدين تقريبًا حتى يصبح الكمبيوتر رفيقًا مريحًا.

**لنعد إلى موضوع ذكاء الفرد بالمقارنة بذكاء الجماعة، ألا تنسب معظم الإنجازات في الفن والعلم إلى أفراد؟ وأنت تعرف أن كتابة أغنية أو رسم صورة نشاط فردي.**

كثير من العلوم والتكنولوجيات الهامة تقوم بها جماعات كبيرة.

**لكن أليست الطفرات الحقيقية هي التي يقوم بها أفراد؟**

في حالات كثيرة يكون هذا صحيحًا، وحتى في هذه الحالة فإن نقاد التكنولوجيا والمحافظين ــ حتى المتعصبين من بينهم ــ يلعبون دورًا مهمًّا في الغربلة، فليست كل فكرة جديدة ومختلفة تستحق السعي، ومن المفيد أن يكون أمامها بعض الحواجز لتجتازها. وبصورة عامة فإن جرأة الإنسان قادرة بوضوح على القيام بإنجازات تتجاوز كثيرًا ما يمكننا أن نقوم به كأفراد.

**ماذا عن ذكاء الغوغاء؟**

أظن أن ذكاء مجموعة ما لا يزيد دائمًا عن ذكاء أفرادها.

**حسنًا، أتمنى ألا يظهر على آلات القرن الحادي والعشرين هذه سلوكيات الرعاع.**

فكرة جيدة.

**أعنى، لا أريد أن ينتهي بي الأمر في زقاق مظلم مع عصابة من آلات تتعذر السيطرة عليها.**

يجب أن نضع ذلك نصب أعيننا عندما نصمم آلاتنا في المستقبل. سوف أسجل ملحوظة بذلك ...

**نعم، خصوصًا قبل أن تبدأ الآلات ــ كما قلت ــ في تصميم نفسها.**

الفصل الثالث

# حول العقل والآلات

## تجارب فلسفية فكرية

«أنا وحيد وأشعر بالملل، أرجوك ابق بصحبتي.»

لو أن جهاز الكمبيوتر لديك عرض هذه الرسالة على الشاشة، هل يقنعك ذلك بأن كمبيوترك الخاص لديه وعي ومشاعر؟

بالطبع لا، فهو أمر يسير أن يعرض برنامج مثل هذه الرسالة، ومصدر الرسالة على الأرجح هو المبتكر البشري للبرنامج الذي يحتوي على الرسالة. الكمبيوتر مجرد وسيلة لنقل للرسالة مثل الكتاب.

افترض أننا أضفنا إلى البرنامج القدرة على توليد الكلام، وجعلنا الكمبيوتر يتكلم برسالته المعبرة عن الحزن، فهل غيرنا شيئًا؟ مع أننا أضفنا تعقيدًا تقنيًّا للبرنامج، وبعض وسائل التواصل البشرية، فما زلنا لا نستطيع اعتبار الكمبيوتر المبتكر الحقيقي للرسالة.

افترض الآن أن الرسالة لم يتم برمجتها بصراحة، لكنها ناتجة عن برنامج ألعاب يحتوي على نموذج معقد للتعبير عن حالته، وربما تأتي تلك الرسالة مفاجأة لمبتكري البرنامج، فقد أبدعها الكمبيوتر من حالة نموذجه الداخلي الخاص أثناء تواصله معك، أنت المستخدم. هل يجعلنا ذلك أقرب إلى اعتبار الكمبيوتر كيانًا واعيًا ذا شعور؟

ربما اقتربنا قليلًا، لكننا لو نظرنا إلى برامج الألعاب الحديثة، فربما لا يدوم الوهم طويلًا عندما نفهم شيئًا فشيئًا الوسائل التي تعطي الكمبيوتر القدرة على الدردشة وحدود هذه القدرة.

والآن افترض أن الآليات الكامنة وراء الرسالة قد تطورت بحيث أصبحت شبكة عصبية هائلة مبنية من السليكون لكنها قائمة على هندسة عكسية للمخ البشري، وافترض أننا ابتكرنا بروتوكول تعلم لهذه الشبكة العصبية يسمح لها بتعلم اللغة البشرية والإلمام بالمعرفة الإنسانية. الدوائر الكهربية في هذه الشبكة أسرع مليون مرة من الخلايا العصبية البشرية، لذلك فلديها الكثير من الوقت لقراءة الأدب الإنساني والخروج بتصوراتها الخاصة عن الواقع، ولا يملي عليها مبتكروها كيف تستجيب للعالم. افترض الآن أن الكمبيوتر يقول: «أنا وحيد ...»

متى نعتبر الكمبيوتر كيانًا واعيًا ذا إرادة حرة؟ كانت تلك أكثر المسائل إثارة للحيرة في الفلسفة منذ ألقت الحوارات الأفلاطونية الضوء على التناقضات المتأصلة في فهمنا لهذه المصطلحات.

دعنا ننظر إلى الموقف من الاتجاه المعاكس. كان صديقنا جاك (في وقت ما في القرن الحادي والعشرين تقريبًا) يشتكي من صعوبة في السمع، وأوضح التشخيص أنه في حاجة إلى ما هو أكثر من أجهزة السمع التقليدية، لذلك أجريت له عملية زرع قوقعة صناعية، وكانت هذه الزراعات في وقت ما تستخدم لمن يعانون عجزًا حادًّا في السمع، وهي الآن وسيلة شائعة لعلاج ضعف السمع بكل درجاته.

نجحت العملية الجراحية، وأصبح جاك سعيدًا بتحسن سمعه.

هل لا يزال هو نفس الشخص؟

بالتأكيد هو كذلك. يجري الناس زراعات القوقعة الاصطناعية منذ نحو عام ١٩٩٩، ولا نزال نعتبرهم نفس الأشخاص.

والآن (بالعودة إلى وقت ما في القرن الحادي والعشرين تقريبًا)، كان جاك منبهرًا بنجاح هذه العملية لدرجة أنه قرر تشغيل دوائر التمييز الصوتي المدمجة التي تحسن الإدراك السمعي ككل، وهذه الدوائر مدمجة بحيث لا يحتاج إلى عملية زرع أخرى لو قرر تشغيلها، وبتنشيط هذه الدوائر البديلة للدوائر العصبية، تتخطى شبكات تمييز الأصوات المدمجة في القوقعة الاصطناعية المناطق العصبية الصوتية العتيقة لديه، ويخصم من حسابه جزء نظير استخدامه البرامج العصبية الإضافية.

مرة أخرى شعر جاك بالسعادة لتحسن قدرته على فهم ما يقوله الناس.

هل لا يزال هو جاك؟ بالطبع، لا شك في ذلك.

جاك الآن مقتنع بفوائد ظهور تقنية الزراعة العصبية، لا تزال شبكيتا العينين تعملان جيدًا لديه، لذلك تركهما سليمتين (مع أنه أجرى زراعة لأجهزة إبصار عن

طريق تصوير الشبكية retinal-imaging displays في قرنيتيه لرؤية الواقع الافتراضي)، لكنه قرر أن يجرب زراعات معالجة الصور التي ظهرت حديثًا، وذهل من مقدار زيادة حيوية وسرعة إدراكه البصري.

هل لا يزال هو جاك؟ لا داعي للسؤال، بالتأكيد هو.

يلاحظ جاك أن ذاكرته لم تعد كسابق عهدها، إذ يبذل جهدًا لتذكر الأسماء، وتفاصيل الأحداث السابقة، ... إلخ. لذلك يبحث عن زراعات الذاكرة، وجاءت النتائج مذهلة، فالذكريات التي مسها النسيان بمرور الوقت أصبحت واضحة كما لو كانت قد حدثت لتوها، ويقاوم جاك أيضًا بعض الآثار غير المرغوبة للعملية عندما يسترجع ذكريات بغيضة كان يفضل أن تبقى طي النسيان.

هل لا يزال جاك هو جاك نفسه؟ من الواضح أنه تغير من عدة جوانب وانبهر أصدقاؤه بقدراته المتطورة، لكنه لا يزال ينتقد ذاته في مزاحه، ويبتسم نفس الابتسامة السخيفة. نعم، لا يزال هو نفس الرجل.

إذن لماذا يتوقف عند هذه المرحلة؟ أخيرًا سوف يكون لدى جاك خيار نسخ مخه وجهازه العصبي بالكامل (وهو غير موجود بكامله في الجمجمة) واستبداله بدوائر إلكترونية ذات سعة وسرعة ودقة أكبر بكثير، وهناك أيضًا ميزة الاحتفاظ بنسخة احتياطية في حالة ما إذا حدث شيء ما لجسد جاك.

هذا بالتأكيد احتمال مخيف، بل ربما يكون أكثر إثارة للفزع منه للإعجاب، ولا شك أنه سيكون موضع خلاف لزمن طويل (مع أنه تبعًا لقانون العائدات المتسارعة، فإن «الزمن الطويل» لن يكون بالطول المعتاد)، وأخيرًا فإن الفوائد الكاسحة لاستبدال الدوائر العصبية التي تفتقر إلى الدقة بأخرى أكثر تطورًا ستكون مثيرة إلى حد بعيد بحيث لا يمكن تجاهلها.

هل فقدنا جاك في لحظة ما؟ لا يظن أصدقاء جاك ذلك، ويزعم جاك أيضًا أنه هو نفسه الرجل القديم، لكنه فقط أحدث منه، وقد تحسنت ذاكرته، وقدراته السمعية والبصرية، وقدرته على التفكير المنطقي، لكنه يظل هو جاك نفسه.

ولكن دعنا نفحص العملية بمزيد من الاهتمام؛ افترض أن جاك ــ بدلًا من إنجاز هذا التغير خطوة بخطوة كما حدث في السيناريو السابق ــ أجرى جميع التغييرات مرة واحدة، وذلك بإجراء مسح كامل للمخ ثم وضع المعلومات من هذا المسح في كمبيوتر عصبي إلكتروني. وحتى لا يجري إنجاز الأمور على مراحل، فإنه يحدِّث جسمه أيضًا. هل يغير إنجاز التحول دفعة واحدة شيئًا؟ ما الفرق بين التغيير من دوائر عصبية إلى

دوائر إلكترونية/فوتونية دفعة واحدة، مقارنة بإجراء ذلك على نحو تدريجي؟ حتى لو أجرى جاك التغييرات في خطوة واحدة سريعة، فسيظل جاك الجديد هو جاك القديم، أليس كذلك؟

لكن ماذا عن مخ وجسم جاك القديمين؟ إذا أجري مسح غير جراحي، فإنهما يظلان موجودين، هذا هو جاك! وإذا استخدمت المعلومات التي جرى مسحها لتركيب نسخة من جاك فإن ذلك لا يغير حقيقة أن جاك الأصلي يظل موجودًا ويظل إلى حد ما كما هو. وقد لا يدرك جاك مطلقًا أن جاك جديدًا قد جرى إنتاجه. و يمكننا إنتاج أكثر من جاك واحد جديد.

إذا تضمن الإجراء تدمير جاك القديم بعد إجراء بعض خطوات ضمان الجودة للتأكد من أن جاك الجديد فعال تمامًا، ألا يعد ذلك قتلًا (أو انتحارًا) لجاك؟

افترض أن مسح جاك الأصلي لم يتم بصورة غير جراحية، أي أنه مسح «إتلافي»، ولاحظ أن المسح الإتلافي من وجهة النظر التكنولوجية أكثر سهولة، فالواقع أن لدينا اليوم (في عام ١٩٩٩) التكنولوجيا التي تسمح بالمسح الإتلافي لأجزاء عصبية مجمدة، والتحقق من شبكة التوصيل ما بين الخلايا العصبية، ونسخ الخوارزميات الرقمية التناظرية المتوازية للخلايا العصبية.[١] ليس لدينا بعد السعة الترددية اللازمة للقيام بسرعة كافية بمسح أي شيء عدا جزء بالغ الصغر من المخ، لكن مشكلة السرعة كان يعاني منها مشروع آخر في بدايته، وهو مشروع مسح الجينوم البشري، ولو ظلت السرعة التي أجرى بها الباحثون مسح وتتبع الشفرة الوراثية البشرية عام ١٩٩١ كما هي لاحتاج الأمر آلاف السنوات لإكمال المشروع، ومع ذلك حددت أربعة عشر سنة لإنهاء المشروع، ويبدو الآن أن هذا سيتحقق بنجاح. من الواضح أن مشروع الجينوم البشري قد وضع الافتراض «الصحيح» بأن سرعة وسائل قراءة تتابع الدي إن إيه سوف تزيد زيادة كبيرة بمرور الوقت، وسوف يكون الأمر كذلك في مشروعاتنا لمسح المخ البشري. يمكننا أن نقوم بذلك الآن ببطء شديد، لكن هذه السرعة ــ مثل كل الظواهر الخاضعة لقانون العائدات المتسارعة ــ سوف تزداد أسيًّا في السنوات المقبلة.

والآن افترض أننا ونحن نمسح جاك مسحًا إتلافيًّا، وضعنا هذه المعلومات في نفس الوقت في جاك الجديد، ويمكننا اعتبار ذلك عملية «نقل» لجاك إلى مخه وجسمه الجديدين. قد يُقال إن جاك لم يجر تدميره، لكنه انتقل فقط إلى جسد أكثر ملاءمة. لكن ألا يعادل ذلك مسح جاك مسحًا غير جراحي، ثم تركيب جاك الجديد وتدمير جاك القديم؟ إذا انتهت هذه السلسلة من الخطوات بقتل جاك القديم، فإن عملية نقل جاك

في خطوة واحدة لا بد أن تصل إلى النهاية نفسها. بذلك يمكننا القول بأن أية عملية نقل لجاك تساوي انتحار جاك القديم، وأن جاك الجديد ليس هو نفس الشخص.

مفهوم المسح وإعادة تركيب المعلومات مألوف لنا في تقنية الانتقال الآني في الخيال العلمي في حلقات ستار تريك Star Trek. وفي هذا المسلسل الخيالي يجري المسح وإعادة التكوين على مقياس نانوي، أي جزيئًا جزيئًا، بدلًا من إعادة تكوين الخوارزميات البارزة للمعالجة العصبية المعلوماتية التي تخيلناها فيما سبق، لكن المفهوم متشابه إلى حد بعيد. لذلك يمكن القول بأن شخصيات ستار تريك تقترف الانتحار في كل مرة يجري نقلها آنيًّا، إذ تتكون شخصيات جديدة، وهذه الشخصيات الجديدة تتكون من جزيئات مختلفة تمامًا مع أنها في الأساس مطابقة للأولى، إلا إذا تخيلنا أن الجزيئات هي التي يجري إرسالها إلى الوجهة الجديدة. وربما يكون من الأسهل أن نرسل المعلومات فقط ونستخدم جزيئات جديدة لتركيب الأجساد الجديدة. هل يختلف الأمر؟ هل يتوقف الوعي على الجزيئات أم على هيئتها وتنظيمها؟

يمكننا القول بأن الوعي والهوية لا يتوقفان على جزيئات محددة بحال من الأحوال، لأن جزيئاتنا تتغير مرارًا وتكرارًا. وعلى المستوى الخلوي نغير أغلب خلايانا (رغم أننا لا نغير خلايا مخنا) خلال فترة زمنية تمتد عدة سنوات،[٢] ويكون التغيير على المستوى الذري أسرع كثيرًا من ذلك، ويشمل خلايا مخنا. إننا لسنا بحال من الأحوال مجموعات دائمة من الجزيئات، وأنماط المادة والطاقة هي التي تعد شبه دائمة (أي تتغير تدريجيًّا فقط)، لكن محتوياتنا المادية الحقيقية تتغير تغيرًا مستمرًّا وسريعًا جدًّا، فنحن أقرب إلى الأنماط التي يصنعها الماء في تيار نهر صغير، إذ يصنع الماء المندفع حول مجموعة من الصخور نمطًا خاصًّا فريدًا، وقد يظل هذا النمط ثابتًا نسبيًّا لعدة ساعات، أو حتى سنوات، وبالطبع فإن المادة الحقيقية التي تكوِّن النمط ــ وهي الماء ــ تستبدل بكاملها في أجزاء من الثانية. ويدل ذلك على أننا يجب ألا نربط هويتنا الأساسية بمجموعات خاصة من الجزيئات، بل بنمط من المادة والطاقة الذي نمثله، وهذا بالتالي يثبت أن علينا أن نعتبر جاك الجديد هو نفسه جاك القديم لأن النمط لم يتغير. (قد يقول أحدهم إنه في حين يتمتع جاك الجديد بنفس خصائص لجاك القديم من الناحية العملية، فإنه ليس مطابقًا له، غير أن هذا تملص من السؤال الأساسي ليس إلا، لأننا نستطيع إعادة صياغة السيناريو بتقنية تستخدم الهندسة النانوية وتنسخ جاك ذرة بذرة بدلًا من مجرد نسخ الخوارزميات البارزة لمعالجة المعلومات.)

يبدو أن الفلاسفة المعاصرين يميلون للرأي القائل بأن «الهوية تأتي من النمط»، ونظرًا لأن نمطنا يتغير ببطء مقارنة بجزيئاتنا، فإن هناك شيئًا من الصحة في هذا الرأي، لكن نقيض هذه الحجة هو انتظار «جاك القديم» نهايته بعد نسخ «نمطه» وتركيبه في وسط حوسبي جديد. وقد يدرك جاك القديم فجأة أن حجة «الهوية تأتي من النمط» خطأ.

## المخ كآلة مقارنة بالمخ المتجاوز للآلة

لا يستطيع العلم أن يحل لغز الطبيعة المطلق لأننا في النهاية جزء من اللغز الذي نحاول حله.

ماكس بلانك Max Planck

هل كل ما نراه أو يبدو أننا نراه، مجرد حلم في داخل حلم؟

إدجار ألان بو Edger Allan Poe

ماذا لو أن كل شيء وهم ولا يوجد أي شيء؟ في هذه الحالة، لا شك أنني أغالي في امتلاكي لسجادتي.

وودي ألان Woody Allen

## الفرق بين التجربة الموضوعية والذاتية

هل يمكننا شرح تجربة الغوص في بحيرة لشخص لم يغص قط في الماء؟ وماذا عن نشوة الجنس بالنسبة لشخص لم يشعر قط بمشاعر شهوة جنسية (بافتراض وجود شخص كهذا)؟ هل يمكننا أن نشرح المشاعر التي تثيرها الموسيقى لشخص أصم منذ الولادة؟ بالتأكيد سوف يتعلم الشخص الأصم الكثير عن الموسيقى: مراقبة الناس وهم يتمايلون مع إيقاعها، والقراءة عن تاريخها ودورها في العالم، لكن كل لا يضاهي الاستماع إلى افتتاحية لشوبان. عندما أرى ضوءًا طول موجته ٠,٠٠٠٠٧٥ سنتيمتر فإنني أرى اللون الأحمر، وإذا تغير طول الموجة إلى ٠,٠٠٠٠٣٥ سنتيمتر فإنني أرى اللون البنفسجي، ويمكن الحصول على نفس اللونين أيضًا بخلط الأضواء الملونة، فاتحاد اللونين الأحمر والأخضر يعطي اللون الأصفر. غير أن خلط الأصباغ يختلف عن تغيير أطوال الموجات

لأن الصبغات تحذف الألوان بدلًا من إضافتها. وإدراك الإنسان للألوان يتجاوز مجرد الإحساس بالترددات الكهرومغناطيسية، ولا نزال عاجزين عن فهمه فهمًا كاملًا، ومع ذلك فحتى لو كانت لدينا نظرية وافية بالغرض تمامًا لتفسير عملياتنا العقلية، فإنها لن تنقل الشعور الذاتي بالاحمرار والاصفرار، فأنا أجد اللغة عاجزة عن التعبير عن شعوري باللون الأحمر. ربما يمكنني أن أجمع بضع أفكار شعرية عن مشاعري، لكن لو لم تكن قد مررت بنفس المشاعر، فلن أستطيع أن أنقل إليك مشاعري.

إذن كيف أعرف أنك تشعر بنفس الشيء عندما تتكلم عن الاحمرار؟ ربما ترى الأحمر كما أرى أنا الأزرق، والعكس بالعكس. كيف نستطيع اختبار افتراضاتنا بأننا نرى هذه الألوان على النحو نفسه؟ إننا نعرف بالفعل أن هناك بعض الاختلافات. ولأنني مصاب بما يسمى خطأ العمى اللوني «أحمر-أخضر»، فهناك درجات لونية تظهر لي متماثلة تمامًا ويراها الآخرون متباينة، ومن الواضح أن من لا يعاني هذا العجز منكم يرى الأشياء بصورة تختلف عن رؤيتي لها. ما الذي ترونه جميعًا؟ لن أعرف أبدًا.

الحبارات العملاقة مخلوقات اجتماعية مدهشة لها عيون تماثل في تركيبها عيون البشر (وهو أمر مدهش نظرًا للاختلاف الشاسع في نشأة النوعين)، ولها جهاز عصبي معقد. لم يستطع إقامة علاقة مع هذه الرأسقدميات الذكية إلا قلة من العلماء المحظوظين. إذن ما الذي تشعر به الحبارات العملاقة؟ عندما نراها وهي تستجيب للخطر وتظهر سلوكًا يذكّرنا بعاطفة إنسانية، فإننا نستنتج أنها تمر بمشاعر مألوفة لنا، لكن ماذا عن مشاعرها التي لا نظير لها لدى الإنسان؟

أو هل لديها مشاعر على أي حال؟ ربما تكون أقرب «لآلات» تستجيب بصورة مبرمجة للمحفزات في بيئتها، وربما لا عقل لها. يؤمن بعض الناس بوجهة النظر هذه؛ البشر هم الكائنات الوحيدة العاقلة، والحيوانات تستجيب للعالم «بالغريزة»، شأنها شأن الآلة. ويرى آخرون — ومنهم مؤلف هذا الكتاب — أن من الواضح أن الحيوانات الأكثر تطورًا على الأقل كائنات عاقلة، وذلك نظرًا لمشاعر عاطفية لدى الحيوانات تعبر عن عواطف نراها مماثلة لردود الفعل البشرية. لكن هذه طريقة تفكير تتركز على الإنسان لأنها لا تميز سوى المشاعر الذاتية التي تماثل مشاعر الإنسان. وتتباين الآراء بشأن وعي الحيوان تباينًا كبيرًا، والواقع أن مسألة الوعي التي تشكل أساس قضية حقوق الحيوان، وترجع النزاعات في مجال حقوق الحيوان حول ما إذا كانت بعض

الحيوانات تعاني أم لا في مواقف معينة إلى عجزنا العام عن إدراك أو قياس المشاعر الذاتية لكائن آخر.[٣]

والرأي القائل بأن الحيوانات «مجرد آلات» هو انتقاص من قدر الحيوانات والآلات، فالآلات في الوقت الراهن أقل تعقيدًا بمليون مرة من المخ البشري، ويماثل تعقدها وذكاؤها حاليًّا تعقد وذكاء الحشرات. هناك قليل من الافتراضات حول المشاعر الذاتية للحشرات، مع أنه ــ أكرر من جديد ــ لا توجد طريقة مقنعة لقياس ذلك. لكن إلتفاوت في القدرات بين الآلات والحيوانات المتطورة مثل الأنواع الفرعية للإنسان العاقل *Homo sapiens sapiens* لن يدوم طويلًا، والتطور المستمر في ذكاء الآلات ــ وسوف نتعرض له في الفصول التالية ــ سوف يصل بالآلات إلى مستويات التعقيد والرقي البشرية ويفوقها في غضون عدة عقود. هل ستكون هذه الآلات عاقلة؟

وماذا عن الإرادة الحرة؟ هل ستتخذ الآلات ذات التعقيد البشري قراراتها بنفسها، أم أنها ستتبع فقط برنامجًا ما، مع أنه برنامج بالغ التعقد؟ هل يمكن الوصول إلى تمييز هنا؟

تمثل قضية الوعي أساسًا لقضايا أخرى محيرة؛ خذ مسألة الإجهاض مثلًا: هل البويضة الملقحة إنسان واع؟ ماذا عن الجنين قبل يوم واحد من الولادة؟ من الصعب القول بأن البويضة الملقحة كائن واع أو أن الجنين مكتمل النمو ليس واعيًا. ويخشى معارضو الإجهاض ومؤيدوه المنحدر الزلق بين هذين النقيضين، والمنحدر زلق حقًّا، فالمخ يظهر لدى الجنين البشري بسرعة، لكن لا يمكن وصفه على الفور بأنه مخ بشري، وشيئًا فشيئًا يصبح مخ الجنين أقرب إلى المخ البشري. وليس للمنحدر أسطح أفقية للوقوف عليها. وباعتراف الجميع، فإن المسائل الأخرى التي يصعب تعريفها مثل كرامة الإنسان تعتبر محل نزاع، لكن من الجانب الأساسي يتعلق النزاع بالإحساس. وبعبارة أخرى، متى يكون لدينا هوية واعية؟

عولجت بعض الأنواع الحادة من الصرع بنجاح عن طريق استئصال النصف المصاب في المخ جراحيًّا، ولا بد من إجراء هذه الجراحة القاسية أثناء الطفولة قبل اكتمال نضج المخ، ويمكن إزالة أي من نصفي المخ، وإذا نجحت العملية فسوف ينمو الطفل نموًّا طبيعيًّا نوعًا ما. هل يعني ذلك أن كلًّا من نصفي المخ له وعي خاص؟ ربما يكون هناك اثنان منا في كل مخ سليم تجمعهما علاقات ودية، وربما يحتوي المخ الواحد على عدد كبير من الشخصيات الواعية، لكل منها منظور مختلف بعض الشيء. هل هناك وعي يدرك العمليات العقلية التي نعتبرها لاواعية؟

يمكنني الاستمرار مدة طويلة في هذه الألغاز، والواقع أن الناس منذ القدم يفكرون في هذه الألغاز، فقد شغلت هذه المسائل بال أفلاطون على سبيل المثال، وفي محاورات فيدون Phaedo والجمهورية The Republic وتيتيتاس Theaetetus يعبر أفلاطون عن التناقض العميق المتأصل في مفهوم الوعي والقدرة البشرية الواضحة على حرية الاختيار. فمن ناحية تشارك الكائنات البشرية في العالم الطبيعي وتخضع لقوانينه، وعقولنا ظواهر طبيعية ولا بد أن تتبع قوانين العلة والمعلول التي تظهر في الآلات وغيرها من ابتكارات جنسنا التي لا حياة فيها. كان أفلاطون يدرك إمكانية تعقد الآلات وقدرتها على محاكاة العمليات المنطقية المعقدة، ومن ناحية أخرى يجب ألا تؤدي آلية العلة والمعلول مهما كان تعقدها إلى ظهور الإدراك الذاتي أو الوعي كما قال أفلاطون. أولى محاولات أفلاطون لحسم هذا الصراع في نظرية المُثُل: الوعي ليس خاصية لآلية التفكير، لكنه الحقيقة المطلقة للوجود البشري، ووعينا — أو «روحنا» — ثابت لا يتبدل، لذلك فإن تفاعلنا العقلي مع العالم الفيزيائي يكون على مستوى «آلية» عملية تفكيرنا المعقدة، وتظل الروح بمعزل.

لكن أفلاطون يدرك أن هذا ليس صحيحًا، فلو كانت الروح ثابتة لا تتبدل، فلا يمكنها عندئذ أن تتعلم أو تشارك في التفكير، لأنها ستحتاج إلى التغير لاستيعاب التجارب والاستجابة لها. وينتهي الأمر بأفلاطون إلى رفض افتراض وجود الوعي في أي من الجانبين: العمليات العقلية للعالم الطبيعي أو المستوى الروحي للشكل المثالي للنفس أو الروح.[٤]

يعكس مفهوم الإرادة الحرة تناقضًا أعمق من ذلك، فالإرادة الحرة هي السلوك الهادف واتخاذ القرار، وكان أفلاطون يؤمن «بفيزياء جسيمية» قائمة على قواعد ثابتة ومحددة علة ومعلول ثابتة وأكيدة. لكن لو اعتمد القرار الإنساني على التفاعلات المتوقعة لهذه الجسيمات الأساسية، لكانت قراراتنا أيضًا محددة سلفًا، ويتناقض ذلك مع حرية الإرادة الإنسانية. وإضافة العشوائية للقوانين الطبيعية احتمال قائم، لكنه لا يحل المشكلة، فالعشوائية قد تستبعد التحديد المسبق للقرارات والأفعال، لكنها تتناقض مع وجود هدف للإرادة الحرة، إذ ليس هناك ما هو هادف في العشوائية.

حسنًا، دعنا نضع الإرادة الحرة في الروح. لا، ذلك لن يفيد أيضًا، ففصل الإرادة الحرة عن آلية العلة والمعلول العقلانية للعالم الطبيعي يتطلب وضع المنطق والتعلم في الروح أيضًا، وإلا لن تستطيع الروح اتخاذ قرارات ذات معنى، والآن ها هي الروح نفسها تصبح آلة معقدة، مما يتناقض مع بساطتها الروحية.

ربما هذا هو سبب كتابة أفلاطون للمحاورات، بهذه الطريقة يمكنه التعبير بحماسة عن كلا جانبي هذه الآراء المتعارضة، وأنا متعاطف مع مأزق أفلاطون: ليس هناك من الآراء الواضحة ما هو كاف بالفعل، ولا يمكن إدراك الحقيقة العميقة إلا بتوضيح الجوانب المتعارضة في مفارقة ما.

لم يكن أفلاطون بالتأكيد هو آخر المفكرين الذين بحثوا هذه المسائل، ويمكننا ذكر عدة مدارس فكرية في هذه الموضوعات، ليس من بينها ما يعد مقبولًا تمامًا.

## مدرسة «الوعي مجرد آلة تستبطن نفسها»

إحدى النظريات الشائعة هي إنكار وجود قضية، والادعاء بأن الوعي والإرادة الحرة وهمان أفرزهما غموض اللغة، وهناك نظرية أخرى لا تختلف كثيرًا تقول إن الوعي ليس بالضبط وهمًا، لكنه عملية منطقية عادية؛ إنه عملية تستجيب وتتفاعل مع نفسها. يمكننا وضع ذلك في آلة: فقط قم بتطوير إجراء لديه نموذج عن نفسه، ويختبر ويستجيب لمناهجه الخاصة. واسمح للعملية بأن تستبطن نفسها. وهنا، سيكون لديك الآن وعي. إنه مجموعة من القدرات تطورت لأن طرق الاستبطان في التفكير أكثر قوة في صميمها.

وصعوبة المجادلة ضد مدرسة «الوعي مجرد آلة تستبطن نفسها» أن هذا المنظور مترابط ذاتيًا. لكن وجهة النظر هذه تتجاهل وجهة النظر الذاتية. يمكنها التعامل مع بيان الشخص عن تجربة ذاتية، ويمكنها ربط بيانات تجارب ذاتية ليس فقط مع سلوك خارجي ولكن أيضًا مع أنماط قدح الزناد العصبية أيضًا. وإذا فكرت فيها، فإن معرفتي بالتجربة الذاتية لأي شخص بعيدًا عن نفسي لا تختلف (بالنسبة لي) عن بقية معرفتي الموضوعية. لا أجرب التجارب الذاتية للناس الآخرين، أنا فقط أسمع عنها. لذلك فإن التجربة الوحيدة الذاتية التي تتجاهلها هذه المدرسة في التفكير هي تجربتي الخاصة (وهي على أي حال، ما يعنيه مصطلح التجربة الذاتية). ويا له من موقف! أنا فقط شخص واحد من بين مليارات البشر، من بين تريليونات الكائنات الحية الواعية المحتملة، وهم جميعًا، باستثناء واحد، ليسوا أنا.

لكن العجز عن توضيح تجربتي الذاتية هو أمر معقد جدًّا. إنه لا يفسر التمييز بين ٠,٠٠٠٠٧٥ سنتيمتر إشعاع كهرومغناطيسي وخبرتي باللون الأحمر. يمكنني تعلم كيفية عمل إدراك اللون، وكيفية معالجة المخ البشري للضوء، وكيفية معالجته لتوليفات الضوء، حتى ما تقدحه الأنماط العصبية لكل هذه الاستثارات، لكن يظل هناك فشل في تفسير جوهر تجربتي.

## الوضعيون المنطقيون[٥]

إنني أفعل ما في وسعي للتعبير عما أتحدث عنه هنا، لكن القضية للأسف لا يمكن تفسيرها تفسيرًا كاملًا. يصف دي. جيه. كالمرز D. J. Chalmers لغز تجربة الحياة الداخلية باعتبارها «مسألة صعبة» للوعي، لتمييز هذه القضية عن «المسألة السهلة» لكيفية عمل المخ.[٦] ولاحظ مارفين منسكي Marvin Minsky أن «هناك شيئًا غريبًا حول وصف الوعي: مهما كان معنى ما يقوله الناس يبدو ببساطة أنهم لا يجعلون الأمر واضحًا.» هذه هي المسألة على وجه الدقة، هذا ما تقوله مدرسة «الوعي مجرد آلة تستبطن نفسها» ــ للحديث عن الوعي غير كونه نمط قدح الزناد العصبي يصبح الأمر تشتتًا في مملكة روحية خلف أي أمل لتأكيد الحقيقة.

ويُشار أحيانًا لوجهة النظر الموضوعية هذه بأنها وضعية منطقية logical positivism، وهي فلسفة صنفها لودفيج فيتجينشتاين Ludwig Wittgenstein في كتابه «رسالة في المنطق الفلسفي Tractatus Logico-Philosophicus».[٧] بالنسبة للوضعيين المنطقيين فإن الأمور الوحيدة التي تستحق الحديث عنها هي تجاربنا الحسية المباشرة، والاستنتاجات المنطقية التي يمكننا أن نستخلصها منها. وأي شيء آخر «يجب علينا تجاوزه في صمت»، اقتباسًا من آخر عبارة لفتجنشتين في رسالته.

مع ذلك لا يمارس فتجنشتين ما ينادي به. وفي كتابه «تحقيقات فلسفية»، الذي نُشر في ١٩٥٣، بعد وفاته بعامين، تستحق هذه الأمور التأمل فيها وهي بالضبط نفس القضايا التي رأى مبكرًا أنه يجب تجاوزها في صمت.[٨] ومن الواضح أنه عاد إلى وجهة النظر القائلة بأن أسلاف عبارته الأخيرة في «الرسالة» ــ وهو ما لا نستطيع قوله ــ هي الظاهرة الوحيدة الحقيقية التي تستحق التفكير فيها. وأثرت أعمال فتجنشتين الأخيرة بشدة على فلاسفة الوجودية، الذين ربما يلفتون الانتباه للمرة الأولى منذ أفلاطون إلى أن فيلسوفًا رئيسيًّا كان ناجحًا في توضيح وجهات النظر المتناقضة هذه.

## أنا أفكر إذن أنا موجود

يُعتقد بأن فتجنشتين المبكر والوضعيون المنطقيون الذين ألهمهم تعود جذورهم إلى التحقيقات الفلسفية لرينيه ديكارت Rene Descartes.[٩] وغالبًا ما تُذكر حكمة ديكارت الشهيرة «أنا أفكر إذن أنا موجود» باعتبارها رمزية للعقلانية الغربية. تُفسر وجهة النظر هذه بأن ديكارت يعني «أنا أفكر، أي يمكنني التعامل مع المنطق والرموز، ومن ثم فأنا

ذو شأن.» ولكن من وجهة نظري، لم يكن ديكارت يقصد الإشادة بفضائل التفكير المنطقي، لقد كان منزعجًا مما أصبح معروفًا بمشكلة «العقل-الجسم»، التناقض حول إمكانية ظهور العقل من اللاعقل، وإمكانية ظهور الأفكار والمشاعر من المادة العادية للمخ. وبدفع الشكية المنطقية إلى حدودها القصوى، فإن عبارته تعني في الحقيقة «أنا أفكر إذن هناك ظاهرة عقلية لا يمكن إنكارها؛ نوع من الدراية، لذلك فإن كل ما نعرفه بالتأكيد هو أن شيئًا ما ــ دعنا نسميه أنا ــ موجود.» بعرض الأمر بهذه الطريقة، تكون هناك ثغرة أقل مما يُعتقد عادة بين مفاهيم ديكارت ومفاهيم البوذية للوعي باعتباره واقعًا أوليًا.

قبل ٢٠٣٠، سوف تكون لدينا آلات تجهر بحكمة ديكارت. ولا يبدو الأمر باعتباره استجابة مبرمجة. وسوف تكون الآلات صادقة ومقنعة. هل نصدقها عندما تزعم بأنها كيانات واعية لها إرادتها الخاصة؟

## مدرسة «الوعي نوع مختلف من الجوهر»

بالطبع كانت قضية الوعي والإرادة الحرة الشغل الشاغل للتفكير الديني. وهنا نلتقي باستعراض مهيب للظاهرة، يتراوح بين المفاهيم البوذية الأنيقة عن الوعي والمعابد المبهرجة للأرواح، والملائكة، والآلهة. وفي تصنيف مشابه هناك نظريات لفلاسفة معاصرين تنظر إلى الوعي باعتباره مع ذلك ظاهرة أساسية أخرى في العالم، مثل الجسيمات والقوى الأساسية. وأسمي ذلك مدرسة «الوعي نوع مختلف من الجوهر.» وبقدر أن هذه المدرسة تتضمن تدخلًا للوعي في العالم الفيزيائي مما يجعله في صراع مع التجربة العلمية، فإن العلم محتوم له أن يفوز بسبب قدرته على التحقق من أفكاره. وبقدر ما تظل وجهة النظر هذه متباعدة عن العالم المادي، فإنها تخلق غالبًا مستوى من الإيمان المعقد بوجود حقائق روحية لا يمكن التحقق منها وتتعرض للتضارب. وبقدر ما تحافظ على إيمان بسيط بهذه الحقائق، فإنها تقدم فكرة موضوعية محدودة، ومع أن البصيرة الذاتية أمر آخر (عليّ الاعتراف بولع بالحقائق الروحية البسيطة).

## مدرسة «نحن بالغو الغباء»

مقاربة أخرى هي إعلان أن الكائنات البشرية ببساطة غير قادرة على فهم الإجابة الصحيحة. يستغرق الباحث في مجال الذكاء الاصطناعي دوجلاس هوفستادتر

Douglas Hofstadter في التفكير قائلًا «قد يكون الأمر ببساطة صدفة قدرية أن أمخاخنا بالغة الضعف في فهم نفسها. انظر الزرافة لولي Lowly، على سبيل المثال، من الواضح أن مخها أقل بكثير عن المستوى المطلوب للفهم الذاتي ــ لكنه مع ذلك يشبه بصورة فائقة مخنا».[١٠] ولكن في حدود معرفتي، ليس من المعروف عن الزرافات بأنها تطرح مثل هذه الأسئلة (بالطبع لا نعرف كيف تقضي وقتها في التساؤل). من وجهة نظري، إذا كنا بالتعقيد الكافي لطرح الأسئلة، فنحن إذن على درجة من التطور تكفي لفهم الإجابات. ومع ذلك فإن مدرسة «نحن بالغو الغباء» توضح أن لدينا حقًّا صعوبة في الصياغة الواضحة لهذه الأسئلة.

## مركَّب وجهات النظر

وجهة نظري أن كل هذه المدارس صحيحة عندما يُنظر إليها معًا، لكنها غير كافية إذا نظرنا لكل منها على حدة. إذن توجد الحقيقة في مركَّب من وجهات النظر هذه. ويعكس ذلك تعليمي الديني الخلاصي الموحِد Unitarian حيث ندرس كل أديان العالم، ونعتبرها «دروبًا متعددة للحقيقة.» وبالطبع قد يُنظر إلى وجهة نظري باعتبارها أسوأها جميعًا. وفيما يبدو فإن وجهة نظري متناقضة ونصيبها قليل من الصواب، والمدارس الأخرى يمكنها على الأقل الزعم بمستوى ما من الاتساق والترابط المنطقي.

## التفكير هو ما يفعله التفكير

نعم، هناك وجهة نظر أخرى، وهي ما أطلق عليها مدرسة «التفكير هو ما يفعله التفكير.» في بحث عام ١٩٥٠ يصب ألان تورنج Alan Turing مفهومه عن اختبار تورنج، حيث يلتقي حَكَم من البشر كمبيوترًا وشخصًا أو أكثر متنكرين باستخدام طرفين لا يراهما الحكم (بحيث لا يكون لدى الحَكَم رأي معاد للكمبيوتر لافتقاده هيئة الحيوية والارتباك البشريين).[١١] إذا عجز الحَكَم البشري عن اكتشاف الكمبيوتر بكل ثقة (بصفته مدعي بشرية) فإن الكمبيوتر يفوز في الاختبار. ويُوصف الاختبار غالبًا بأنه نوع من اختبار ذكاء الكمبيوتر، كوسيلة لتحديد ما إذا كانت الكمبيوترات قد وصلت إلى مستوى ذكاء الإنسان أم لا. ومع ذلك، فمن وجهة نظري قصد تورنج من اختبار تورنج أن يكون اختبارًا للتفكير، وهي كلمة يستخدمها لتشمل أكثر من مجرد التعامل الذكي مع المنطق واللغة. بالنسبة لتورنج فإن التفكير يتضمن القصدية الواعية.

كان لدى تورنج فهم ضمني للنمو الأسي لقوة الحوسبة، وتنبأ بأن الكمبيوتر قد يتجاوز اختبار من ابتكره مع نهاية القرن. ولاحظ أنه في ذلك الوقت «سوف يتغير استخدام الكلمات والرأي العام المثقف بدرجة كبيرة حيث سيكون من الممكن الكلام عن تفكير الآلات دون توقع أن يكون ذلك متناقضًا.» وكان تنبؤه متفائلًا إلى حد بعيد بالنسبة لإطار الزمن، ولكن من وجهة نظري لم يكن هذا بالتفاؤل الكثير.

### وجهة نظر من ميكانيكا الكم

أحلم غالبا بالسقوط. هذه الأحلام عادية بالنسبة للشخص الطموح أو أولئك الذين يتسلقون الجبال. منذ وقت قريب حلمت بأنني كنت أحاول الإمساك بواجهة صخرة، لكنني لم أستطع القبض عليها. انهار الحصى. تشبثت بشجيرة، لكنها اقتلعت من الأرض، وفي رعب بالغ الشدة سقطت في الهاوية. وفجأة أدركت أن السقوط كان نسبيًا، لم يكن هناك قاع ولا نهاية. استحوذ عليّ شعور بالبهجة. أدركت أن ما أجسده، وهو مبدأ الحياة، لا يمكن تدميره. إنه مكتوب بالشفرة الكونية، في نظام الكون. ومع استمراري في السقوط في الفراغ المظلم، تعانقني قبة السماء، غنيت لجمال النجوم وتصالحت مع الظلام.

هينز باجلس Heinz Pagels، عالم فيزياء وباحث في ميكانيكا الكم قبل وفاته عام ١٩٨٨ في حادث تسلق.

تقول وجهة النظر الموضوعية الغربية إنه بعد مليارات السنين من الحركة الدوامية، تطورت المادة والطاقة لخلق أنماط لأشكال حياة معقدة تتكاثر ذاتيًا من المادة والطاقة، وهي التي تقدمت إلى حد كاف لتفكر في وجودها الخاص، وفي الطبيعة والمادة والطاقة، وفي وعيها الخاص. وفي المقابل تقول وجهة النظر الذاتية الشرقية بأن الوعي أتي أولًا، وأن المادة والطاقة مجرد أفكار معقدة للكائنات الواعية، أفكار لا حقيقة لها بدون وجود مفكر.

وكما ذُكر سابقًا، كانت الحقيقة الموضوعية والذاتية مجال خلاف منذ فجر التاريخ. ومع ذلك يستحق الأمر جمع وجهتي النظر المتناقضتين ظاهريًا

للوصول إلى فهم أعمق. تلك كانت حالة ما تبنته ميكانيكا الكم منذ خمسين عامًا. أكثر من كونها توفق بين وجهتي النظر بأن الإشعاع الكهرومغناطيسي (الضوء على سبيل المثال) إما أن يكون تيارًا من الجسيمات (مثل الفوتونات) أو ذبذبة (مثل موجات الضوء)، فقد دمجت بين وجهتي النظر في ازدواجية يتعذر استئصالها. بينما يستحيل إدراك هذه الفكرة باستخدام نماذجنا الحدسية عن الطبيعة، فنحن لا نستطيع تفسير العالم دون أن نقبل هذا التناقض الظاهري. ولقد ساعدت متناقضات أخرى لميكانيكا الكم (على سبيل المثال «نفقية tunneling» الإلكترون حيث تظهر الإلكترونات في الترانزستور على جانبي الحاجز) في خلق عصر الحوسبة، وقد تطلق العنان لثورة جديدة على هيئة كمبيوتر كمي،[١٢] لكننا سنذكر المزيد من ذلك لاحقًا.

بمجرد قبولنا مثل هذا التناقض، تحدث العجائب. بافتراض ازدواجية الضوء، اكتشفت ميكانيكا الكم صلة أساسية بين المادة والوعي. من الواضح أن الجسيمات لا تتخذ قرارًا بالطريق الذي ستسلكه أو حتى أين كانت حتى يتم إجبارها على فعل ذلك بواسطة ملاحظات ملاحظ واع. قد نقول إنها تبدو غير موجودة على أي حال بالفعل بشكل رجعي إلا وبشرط أن نلاحظها.

هكذا يعود علم القرن العشرين الغربي إلى وجهة النظر الشرقية. الكون على درجة كافية من السمو بحيث إن وجهة النظر الغربية الموضوعية في جوهرها حول الوعي الصادر عن المادة ووجهة النظر الشرقية الذاتية في جوهرها حول أن المادة صادرة عن الوعي تتعايشان كما يظهر كازدواجية أخرى يتعذر اختزالها. ومن الواضح أن الوعي، والمادة، والطاقة مرتبطة بشكل يصعب فك تشابكاته.

وقد نلاحظ هنا تماثلًا بين ميكانيكا الكم ومحاكاة الكمبيوتر للعالم الافتراضي. في ألعاب البرمجيات الحالية التي تعرض صور العالم الافتراضي، لا يتم حاليًّا غالبًا الحوسبة بالتفصيل، أو لا يتم ذلك بأية درجة، لأقسام البيئة التي يحدث تفاعل بينها وبين المستخدم (أي الموجودة خارج إطار الشاشة). وتتجه المصادر المحدودة للكمبيوتر نحو تقديم قسم العالم الذي يشاهده المستخدم حينئذ. وعندما يركز المستخدم على بعض الجوانب الأخرى، تتجه مصادر الحوسبة على الفور نحو خلق وعرض هذا المنظور الجديد. وبذلك يبدو

كما لو أن أقسام العالم الافتراضي الموجودة خارج إطار الشاشة لا تزال مع ذلك «هناك» لكن تقدير مصممي البرمجيات هنا أنه لا ضرورة لفقد دورات كمبيوتر قيِّمة على مناطق لعالمهم الذي تمت محاكاته عندما لا يكون هناك من يراقب هذه المناطق.

قد يمكنني القول بأن النظرية الكمية تتضمن كفاءة مماثلة في العالم الفيزيائي. يبدو أن الجسيمات لا تتخذ قرارًا عن المكان الذي توجد فيه حتى تكون مجبرة على فعل ذلك بأن تتم ملاحظتها. والتضمين أن أقسام العالم الذي نعيش فيه لا تكون «متوفرة» بالفعل حتى يوجه أحد المراقبين الواعين انتباهه إليها. ومع ذلك، لا ضرورة لفقد «حسابات» قيِّمة لكمبيوتر سماوي يقدم كوننا. وهذا يعطي معنى جديد للسؤال حول الشجرة التي تسقط في الغابة وليس هناك من يصغي لصوت سقوطها.

وفي النهاية، يتنبأ تكهن تورنج بكيفية حل قضية تفكير الكمبيوتر. سوف تقنعنا الآلات بأنها واعية، وأن لديها أجندتها الخاصة التي تستحق احترامنا. وسوف يفضي بنا الأمر إلى تصديق أنها واعية كما نؤمن بذلك بالنسبة لكل منا. وأكثر من تصديقنا لأصدقائنا الحيوانات، سوف نتعاطف مع مشاعر الآلات ومجاهداتها المعلنة لأن عقولها سوف تعتمد على تصميم التفكير الإنساني. سوف تجسد الصفات الإنسانية وسوف تزعم بأنها إنسانية. وسوف نصدقها.

---

**حول فكرة تعدد الوعي هذه، هل كان في استطاعتي أن ألاحظ ذلك ــ أعني إذا كنت قد قررت فعل شيء ومضى الوعي الآخر في عقلي في سبيله وقرر شيئًا آخر؟**

أعتقد أنك قررت عدم الانتهاء من هذه الفطيرة التي التهمتها منذ لحظة.

**هذا صحيح. حسنًا، هل هذا مثال لما تتحدث عنه؟**

إنه مثال أفضل حول «مجتمع العقل» لمارفين منسكي، حيث يثق في عقلنا بصفته مجتمعًا من العقول الأخرى ــ البعض يشبه الفطائر، والبعض متغطرس، والبعض مزدهر الوعي، البعض يتخذ قرارات، ويخربها آخرون. وكل من هؤلاء بدوره مصنوع من مجتمعات أخرى. وفي قاع هذا التسلسل الهرمي القليل من الآليات التي يطلق

عليها منسكي وسائل لا ذكاء لها. إنها رؤية إجبارية لمنظمة ذكاء، تتضمن ظواهر مثل المشاعر المختلطة والقيم المتصارعة.

**يبدو الأمر مثل دفاع قانوني عظيم. «لا، أيها القاضي، لست أنا. لقد كانت هذه البنت الأخرى في مخي هي التي قامت بهذا الفعل!»**

لن يكون في مصلحتك كثيرًا إذا قرر القاضي الحجر على البنت الأخرى في عقلك.

**عندئذ مما يبعث على الأمل أن مجمل المجتمع في عقلي سوف يبتعد عن المشكلة. لكن أي من العقول في مجتمع عقلي هو الواعي؟**

يمكننا تخيل أن كل هذه العقول في مجتمع العقل واعية، مع أن الأقل منزلة لديها القليل نسبيًّا لتكون واعية بذلك. أو ربما الوعي محجوز للعقول ذات المنزلة الأعلى. أو ربما مجموعات محددة من العقول ذات المنزلة الأعلى واعية، بينما الأخرى ليست كذلك. أو ربما...

**الآن انتظر لحظة، كيف يمكننا أن نعرف الإجابة؟**

أعتقد أنه ليست هناك طريقة للعلم بذلك. ما هي التجربة التي يمكن أن نجريها لتثبت بصورة قطعية ما إذا كان كيان أو عملية ما تعتبر واعية؟ إذا قال الكيان: «انتبه، أنا واع حقًّا»، هل ينهي هذا الموضوع؟ إذا كان الكيان مجبرًا إلى حد بعيد عندما يعبر عن شعور معلن، هل هذا حاسم؟ إذا نظرنا بتأن إلى مناهجه الداخلية ورأينا حلقات التغذية الخلفية حيث تختبر العملية وتستجيب لنفسها، هل يعني ذلك أنه واع؟ ولو رأينا أنواعًا معينة من الأنماط في إطلاقاته العصبية، هل هذا مقنع؟ يبدو أن فلاسفة معاصرين مثل دانيل دينيه Daniel Dennett يعتقدون أن وعي أي كيان يتميز بقابليته للاختبار والقياس. لكنني أعتقد أن العلم يدور في جوهره حول الحقيقة الموضوعية. ولا أعرف كيف يمكنه اختراق المستوى الذاتي.

**ربما لو أن هذا الشيء نجح في اختبار تورينج؟**

هذا ما كان يفكر فيه تورينج. وللافتقار إلى طريقة محتملة لإنتاج أداة كشف للوعي، استقر على مدخل عملي، مدخل يؤكد على نزعتنا البشرية الفريدة إلى اللغة. وأرى أن تورنج على حق إلى حد ما — إذا استطاعت آلة النجاح في اختبار تورينج بشكل ملزم، أعتقد أننا سوف نصدق أن لديها وعيًا. وبالطبع، يظل ذلك برهانًا غير علمي.

**ومع ذلك، فإن المقترح العكسي ليس إجباريًّا. لدى الحيتان والأفيال أمخاخ أكبر من أمخاخنا وتُظهر نطاقًا واسعًا من السلوكيات يعتبرها المراقبون المطلعين ذكاءً. وأنظر إليها باعتبارها مخلوقات واعية، لكنها ليست في وضع تقدر فيه على النجاح في اختبار تورينج.**

ستجد هذه المخلوقات صعوبة في الكتابة على المفاتيح الصغيرة لكمبيوتري.

**حقًّا، ليس لديها أصابع. وأيضًا ليست ماهرة في اللغات الإنسانية. من الواضح أن اختبار تورنج مقياس يقوم على مركزية الإنسان human-centric.**

هل هناك علاقة بين جوهر الوعي وقضية الزمن التي تحدثنا عنها سابقًا؟

**نعم، من الواضح أن لدينا إدراكًا للزمن. وتجربتنا الذاتية لمرور الزمن — وتذكري أن ذاتي هنا هي مجرد كلمة أخرى تعبر عن الوعي — تتحكم فيها سرعة عملياتنا الموضوعية. لو أننا غيرنا هذه السرعة بتغيير ركيزتنا الحسابية، سنؤثر على إدراكنا للزمن.**

أعد ذلك عليّ من جديد.

**دعينا نأخذ مثالًا. لو أنني مسحت مخك وجهازك العصبي بتقنية متقدمة مناسبة وغير إتلافية من بداية القرن الحادي والعشرين — ربما تكون بالغة الوضوح، بتصوير رنين مغناطيسي ذي نطاق ترددي عالي — تحدد كل عمليات المعلومات البارزة ثم تقوم بتحميل هذه المعلومات إلى كمبيوتري العصبي المتطور المناسب. سوف يكون لدى ما يقترب منك أو على الأقل من شخص يشبهك إلى حد بعيد هنا بالضبط في كمبيوتري الشخصي.**

**لو أن كمبيوتري الشخصي عبارة عن شبكة عصبية لخلايا عصبية تمت محاكاتها مصنوعة من خامة إلكترونية أكثر منها من خامة إنسانية، فإن نسختك في كمبيوتري سوف تنشط بسرعة أكثر مليون مرة. لذلك فإن ساعة بالنسبة لي قد تكون ملايين الساعات بالنسبة إليك، وهو ما يقترب من قرن.**

أووه، هذا عظيم، سوف تفرغني في كمبيوتر شخصي، ثم تنسى ما يخصني لمدة ألفية ذاتية أو ألفيتين.

**يجب أن نهتم بهذا الأمر، هذا ما علينا أن نفعله.**

الفصل الرابع

# نوع جديد من الذكاء على الأرض

## حركة الذكاء الاصطناعي

ماذا لو أن هذه النظريات حقيقية بالفعل، وأننا تقلصنا بصورة سحرية ووُضعنا في مخ شخص ما وهو يفكر، سوف نرى كل المضخات والمكابس والتروس والروافع وهي تعمل دون توقف، وسوف نستطيع وصف عملها وصفًا كاملًا من الناحية الميكانيكية، وبذلك نصف عملية التفكير في المخ وصفًا كاملًا. لكن هذا الوصف لن يحتوي بأي حال على أي ذكر للفكر! فلن يحتوى إلا على وصف للمضخات والمكابس والروافع!

جوتفريد فيلهلم ليبنيز Gottfried Wilhelm Leibniz

يمكن وصف الغباء الاصطناعي AS بأنه سعي علماء الكمبيوتر لخلق برامج تستطيع إحداث مشكلات من النوع الذي يرتبط عادة بالتفكير البشري.

والاس مارشال Wallace Marshal

الذكاء الاصطناعي AI هو علم كيفية جعل الآلات تقوم بالأشياء التي تفعلها في الأفلام السينمائية.

أسترو تلر Astro Teller

## قصة تشارلز وآدا

بالعودة إلى تطور الآلات الذكية، نجد تشارلز بابدج Charles Babbage يجلس في قسم الجمعية التحليلية في كامبردج في ١٨٢١، وأمامه جدول لوغارتمات.

– «بابدج، ما الذي تحلم به؟» سأل عضو آخر وهو يرى بابدج شبه نائم.

– «أفكر في أن كل هذه الجداول يجب حسابها بمعدات آلية!» أجاب بابدج.

منذ تلك اللحظة، كرس بابدج معظم وقته لرؤية غير مسبوقة: أول كمبيوتر في العالم قابل للبرمجة، ومع أن «الآلة التحليلية» لبابدج كانت تقوم بالكامل على التكنولوجيا الميكانيكية للقرن التاسع عشر، فقد كانت إيذانًا بظهور الكمبيوتر الحديث.[١]

نشأت علاقة بين بابدج وآدا لافلاس Ada Lovelace الجميلة، وهي الطفلة الشرعية الوحيدة للشاعر لورد بايرون Lord Byron، واستحوذت فكرة الآلة التحليلية على اهتمامها مثلما استحوذت على اهتمام بابدج، وشاركت في كثير من الأفكار لبرمجة الآلة، بما في ذلك اختراع الحلقة التكرارية للبرمجة والروتين الفرعي. كانت أول مهندسة برمجيات في العالم، بل كانت مهندسة البرمجيات الوحيدة قبل القرن العشرين.

توسعت لافلاس توسعًا كبيرًا في أفكار بابدج، وكتبت بحثًا عن تقنيات البرمجة، ونماذج لبرامج، وتحدثت عن إمكانية محاكاة هذه التكنولوجيا لأنشطة الذكاء الإنساني. وصفت لافلاس افتراضات بابدج وافتراضاتها حول قدرة الآلة التحليلية ــ والآلات المشابهة لها في المستقبل ــ على لعب الشطرنج وتأليف الموسيقى، وانتهت إلى أنه مع أن حسابات الآلة التحليلية لا يمكن اعتبارها «تفكيرًا»، فإنها تؤدي أنشطة تحتاج جهدًا كبيرًا من الفكر البشري.

انتهت قصة بابدج ولافلاس نهاية مأساوية، إذ ماتت لافلاس موتًا أليمًا بسبب السرطان في السادسة والثلاثين من العمر، تاركة بابدج وحده من جديد ليتابع بحثه، ولم تكتمل الآلة التحليلية قط على الرغم من تصميماته العبقرية وجهده المضني. وقبيل وفاته قال إنه لم ير قط يومًا سعيدًا في حياته. وشهدت جنازة بابدج في ١٨٧١ قلة من المعزين.[٢]

وما تبقى هي أفكار بابدج، وقد استعار أول كمبيوتر أمريكي قابل للبرمجة ــ وهو مارك ١ Mark I الذي صممه هاوارد أيكن Howard Aiken خريج جامعة هارفارد بالتعاون مع آي. بي. إم IBM ــ الكثير من تصميم بابدج، وقال أيكن: «لو أن بابدج عاش خمسًا وسبعين سنة أخرى، لكنت عاطلًا عن العمل».[٣]

كان بابدج ولافلاس مخترعين سبقا زمنهما بنحو قرن، ورغم عجز بابدج عن إنهاء أي من مشروعاته الأساسية، فإن مفاهيمهما حول كمبيوتر له برنامج مخزن،

وشفرة تعديل ذاتي، وذاكرة يمكن استدعاؤها، وتفرع مشروط، وكمبيوتر يبرمج نفسه، لا تزال من أسس الكمبيوترات في الوقت الراهن.[٤]

## من جديد يدخل ألان تورينج

في ١٩٤٠، كان الجزء الأكبر من أوروبا في قبضة هتلر، وكانت إنجلترا تستعد لغزو متوقع، وحشدت الحكومة البريطانية أفضل علماء الرياضيات ومهندسي الكهرباء لديها تحت القيادة الفكرية لألان تورينج من أجل فك الشفرة العسكرية الألمانية. كان من المعروف مع تمتع القوات الجوية الألمانية بالسيطرة الجوية أن الفشل في إنجاز هذه المهمة من المرجح أن يهلك الأمة. وحتى لا يتشتت فكرهم بعيدًا عن مهمتهم، عاشت المجموعة في المروج الهادئة في هارتفوردشاير في إنجلترا.

صنع تورينج وزملاؤه أول كمبيوتر يعمل في العالم من مُرحِّلات الهاتف وأطلقوا عليه اسم روبنسون Robinson،[٥] على اسم رسام معروف للصور المتحركة رسم آلات «روب جولدبرج Rube Goldberg» (وهي آلات مزخرفة ذات آليات كثيرة تفاعلية)، ونجحت الآلة التي صنعتها المجموعة نجاحًا باهرًا، وأتاحت للبريطانيين نسخ كل رسائل النازي المهمة تقريبًا. ومع إضافة الألمان تعقيدًا إلى شفرتهم (بإضافة عجلات إضافية إلى آلة التشفير «اللغز Enigma» لديهم)، استبدل تورينج ذكاء روبنسون الكهرومغناطيسي بنسخة إلكترونية أُطلق عليها كولوساس Colossus، واعتمد في صنعه على ألفي صمام راديو. وعلى نحو متصل أتاح كولوساس وتسع آلات مماثلة تعمل معه على التوازي حل شفرة الاستخبارات العسكرية من أجل الحلفاء.

كان استخدام هذه المعلومات يتطلب كثيرًا من ضبط النفس من جانب الحكومة البريطانية، فلم يكن يجري تحذير المدن التي ستقصفها طائرات النازي، حتى لا يثير ذلك شكوك الألمان في أن شفرتهم قد انكشفت، فكان يراعى في استخدام المعلومات التي يعطيها روبنسون وكولوساس أقصى درجات الحذر، لكن كشف الشفرة كان كافيًا لتمكين القوات الجوية الملكية من الفوز في معركة بريطانيا.

وهكذا نظرًا لمقتضيات الحرب، واعتمادًا على تقاليد ثقافية متنوعة، ظهر نوع جديد من الذكاء على الأرض.

## ميلاد الذكاء الاصطناعي

التماثل بين عملية الحوسبة وعملية التفكير الإنساني لم يكن غائبًا عن تورينج، وبالإضافة إلى تأسيسه للكثير من القواعد النظرية للحوسبة واختراعه لأول كمبيوتر فعَّال، أسهم تورينج في الجهود المبكرة لتطبيق تقنيته الجديدة على محاكاة الذكاء.

في بحثه الكلاسيكي عام ١٩٥٠ تحت عنوان «آلات الحوسبة والذكاء»، وصف تورينج أجندة ستكون الشغل الشاغل للأبحاث المتقدمة طوال نصف القرن التالي: الألعاب الإليكترونية، واتخاذ القرار، وفهم اللغة الطبيعية، والترجمة، وإثبات النظريات، وبالطبع التشفير وحل الشفرات.[٦] لقد كتب (مع صديقه ديفيد شامبرنون David Champernowne) أول برنامج للعب الشطرنج.

كان تورينج في حياته الشخصية مفرط الحساسية ولا يلتزم بالتقاليد السائدة، وكان لديه نطاق واسع من الاهتمامات غير العادية، من الكمان إلى مراحل تطور الجنين. وكانت هناك شائعات عن شذوذه الجنسي، وهو ما كان يزعجه إلى حد بعيد، وتوفي تورينج في عمر الواحد والأربعين، ويشتبه في أنه انتحر.

## الأمور الصعبة كانت سهلة

في عقد الخمسينيات سار التقدم بسرعة كبيرة حتى إن بعض الرواد الأوائل شعروا بأن اكتشاف كيفية عمل المخ البشري لن يكون شديد الصعوبة على أي حال. وفي عام ١٩٥٦ ابتكر الباحثون في الذكاء الاصطناعي ألين نويل Allen Newell و جيه. سي. شو J. C. Shaw وهربرت سيمون Herbert Simon برنامجًا أطلقوا عليه اسم النظري المنطقي Logic Theorist، (وفي ١٩٥٧ في نسخة لاحقة أُطلق عليه البرنامج العام لحل المسائل General Problem Solver)، واستخدمت فيه تقنيات البحث التكراري لحل مسائل في الرياضيات.[٧] والتكرار المستمر كما سنرى لاحقًا في هذا الفصل منهج قوي في تحديد حل بالنسبة لنفسه. وكان برنامجا النظري المنطقي والبرنامج العام لحل المسائل قادرين على التوصل إلى براهين لكثير من النظريات الأساسية لبرتراند راسل Bertrand Russell وألفرد نورث وايتهيد Alfred North Whitehead حول نظرية المجموعات في كتابهما الإبداعي Principia Mathematica،[٨] بما في ذلك برهان مبتكر تمامًا لفرضية مهمة لم تُحل قط من قبل. وأدى هذا النجاح المبكر إلى أن يقول سيمون ونويل في بحث نشراه عام ١٩٥٨ بعنوان Heuristic Problem Solving: The Next Advance in Operations Research

إن «هناك الآن في العالم آلات تفكر وتتعلم وتبتكر، ويضاف إلى ذلك أن قدرتها على القيام بهذه الأمور سوف تزداد بسرعة حتى إنه ــ في المستقبل القريب ــ سيصبح نطاق المشكلات التي تتعامل معها متساويًا مع نطاق عمل العقل البشري».[٩] ويستمر البحث ليتنبأ بأنه خلال عشر سنوات (أي في ١٩٦٨) سيكون بطل العالم في الشطرنج كمبيوتر رقمي، وبعد عقد تنبأ سيمون بأنه في عام ١٩٨٥ «ستكون الآلات قادرة على إنجاز أي عمل يستطيع الإنسان إنجازه.» كانت هذه النبوءات بالتأكيد أكثر تفاؤلًا من نبوءات تورينج، وأحرجت مجال الذكاء الاصطناعي الوليد.

ظل هذا المجال مقيدًا بهذا الحرج حتى الوقت الحالي، وظل الباحثون في الذكاء الاصطناعي متحفظين في تكهناتهم منذ ذلك الحين، وفي ١٩٩٧ عندما هزم ديب بلو Deep Blue جاري كاسباروف الذي كان عندئذ بطل العالم في الشطرنج؛ علق أحد الأساتذة البارزين بأن كل ما تعلمناه هو أن لعب بطولة في الشطرنج لا يتطلب ذكاء على أي حال،[١٠] ويعني ذلك أن الوصول إلى ذكاء حقيقي لآلاتنا لا يزال بعيد المنال. وفي حين أنني لا أريد أن أغالي في أهمية انتصار ديب بلو، فإنني أعتقد أننا من هذا المنظور سوف نجد في النهاية أنه ليست هناك أنشطة بشرية تتطلب ذكاءً «حقيقيًّا.»

في الستينيات بدأ المجال الأكاديمي للذكاء الاصطناعي في الإضافة إلى الأجندة التي وضعها تورينج في ١٩٥٠، وجاءت النتائج مشجعة أو محبطة وفقًا لوجهة نظرك، فقد استطاع برنامج «الطالب Student» لدانيل جي. بوبرو Daniel G. Bobrow أن يحل مسائل الجبر الكلامية باللغة الإنجليزية الطبيعية، ويُقال إن أداءه كان جيدًا في اختبارات الرياضيات في المدارس الثانوية.[١١] وجاء نفس الأداء من برنامج Analogy لتوماس جي. إيفانز Thomas G. Evans لحل مسائل القياس الهندسي في اختبارات الذكاء.[١٢] وبدأ مجال النظم الخبيرة ببرنامج DENDRAL الذي صممه إدوارد أيه. فيجينبوم Edward A. Feigenbaum، واستطاع الإجابة عن أسئلة حول المركبات الكيميائية.[١٣] وبدأ فهم اللغة الطبيعية مع برنامج SHRDLU الذي صممه تيري وينوجراد Terry Winograd، واستطاع فهم أي جملة إنجليزية ذات معنى، ما دامت تتحدث عن الوحدات الملونة.[١٤]

ظهرت فكرة ابتكار نوع جديد من الذكاء على الأرض مع حماس كبير وأعمى في الغالب مع ظهور المكونات الإلكترونية التي سيعتمد عليها، وأيضًا أدى الحماس الجامح للرواد الأوائل في هذا المجال إلى انتقاد كبير لهذه البرامج المبكرة لعجزها عن التعامل بذكاء في مجموعة من المواقف، وتنبأ بعض النقاد ــ وأشهرهم الفيلسوف

الوجودي هيوبرت دريفوس Hubert Dreyfus ــ بأن الآلات لن توازي أبدًا مستويات مهارة الإنسان في نطاقات تتراوح بين لعب الشطرنج وكتابة كتب عن الكمبيوترات.

وتبين أن المشكلات التي كنا نراها عسيرة ــ مثل حل النظريات الرياضية، ولعب مباريات شطرنج جيدة، والتفكير المنطقي في مجالات مثل الكيمياء والطب ــ أمور سهلة، وأن كمبيوترات الخمسينيات والستينيات التي لا تزيد سرعتها عن عدة آلاف من العمليات في الثانية كانت في الغالب كافية لإعطاء نتائج مُرضية، والجوانب العسيرة هي المهارات التي يملكها أي طفل في الخامسة من عمره: التفريق بين الكلب والقطة، أو فهم الرسوم المتحركة. وسوف نستفيض في الحديث عن أسباب صعوبة المشكلات السهلة في الجزء الثاني.

## انتظار ذكاء اصطناعي حقيقي

شهدت الثمانينيات تحول الذكاء الاصطناعي إلى نشاط تجاري مع ظهور موجة من شركات الذكاء الاصطناعي الجديدة وبيع أسهمها للجمهور، وللأسف ارتكب الكثيرون خطأ التركيز على اللغة التفسيرية القوية غير الفعالة بطبيعتها التي تسمى ليسب LISP، التي كانت مألوفة في دوائر الذكاء الاصطناعي الأكاديمية. وأدى الفشل التجاري للغة ليسب وشركات الذكاء الاصطناعي التي غالت في الاهتمام بها إلى رد فعل مضاد، وبدأ مجال الذكاء الاصطناعي ينفصل عن الفروع المكونة له، وتخلت الشركات المتخصصة في فهم اللغة الطبيعية، والتعرف على اللغة المكتوبة والمنطوقة، وعلم الروبوت، والرؤية لدى الآلات، وغيرها من المجالات التي كانت تُعد في الأصل جزءًا من علم الذكاء الاصطناعي؛ عن الانتماء إلى العلامة المميزة لهذا المجال.

غير أن انتشار الآلات ذات الذكاء المركز زاد زيادة كبيرة، وفي منتصف عقد التسعينيات شهدنا اختراق مؤسساتنا المالية بواسطة نظم تستخدم تقنيات إحصائية قوية وقادرة على التكيف، فلم تكن أسواق الأسهم والسندات والعملة والسلع وغيرها من الأسواق تدار بشبكات الكمبيوترات فحسب، بل كانت معظم قرارات البيع والشراء تخضع لبرمجيات تتضمن نماذج معقدة عن الأسواق، والانهيار الذي حدث في سوق الأسهم عام ١٩٨٧ يعود إلى حد بعيد إلى التفاعل السريع لبرامج التداول. والتغيرات التي كان ظهورها يستغرق أسابيع أصبحت تظهر في دقائق. وقد نجحت التعديلات المناسبة لهذه الخوارزميات في تجنب تكرار المشكلة.

منذ ١٩٩٠ أصبح رسم القلب EKG يأتي مرفقًا بتشخيص الكمبيوتر لصحة القلب لدى المريض، وتساعد البرامج الذكية لمعالجة الصورة الأطباء على التحديق بعمق في الأجسام والأمخاخ، وتساهم تقنية الهندسة الحيوية التي تعتمد على الكمبيوترات في تصميم العقاقير باستعمال أجهزة محاكاة للكيمياء الحيوية، واستفاد المعاقون بصورة خاصة من عصر الآلات الذكية، فأجهزة القراءة تعين المصابين بالعمى وعسر القراءة منذ السبعينيات، ومنذ الثمانينيات تساعد أجهزة التعرف على الكلام والروبوتات الأشخاص الذين يعانون إعاقات في الأيدي.

وربما تكون أبرز سمات عصر المعرفة قد ظهرت في المجال العسكري، فقد رأينا المثال الأول الفعلي لزيادة سيطرة ذكاء الآلة في حرب الخليج ١٩٩١. وكانت الأركان الأساسية للقوة العسكرية من بداية التاريخ المسجل وخلال الجزء الأكبر من القرن العشرين ــ وهي الجغرافيا والقوة البشرية وقوة النيران والدفاعات ــ قد استبدل بها إلى حد بعيد ذكاء البرمجيات والإلكترونيات، وغيرت مظاهر عصر المعلومات طبيعة الحرب، ومن أمثلة ذلك البحث عن الأهداف باستخدام طائرات بدون طيار، وتوجيه الأسلحة باستخدام رؤية الآلة والتعرف على الأنماط، والاتصالات الذكية وبروتوكولات التشفير، وغير ذلك من مظاهر عصر المعلومات.

## أنواع خفية

مع ازدياد أهمية دور الآلات الذكية في كل أوجه حياتنا ــ العسكرية، والطبية، والاقتصادية، والمالية، والسياسية ــ من الغريب أن نظل نقرأ مقالات ذات عناوين مثل: ماذا حدث للذكاء الاصطناعي؟ وهذه ظاهرة تنبأ بها تورينج: أن ذكاء الآلة قد يصبح منتشرًا جدًّا، ومريحًا جدًّا، ومندمجًا بدرجة كبيرة في اقتصادنا القائم على المعلومات إلى حد أن الناس قد لا يلاحظونه.

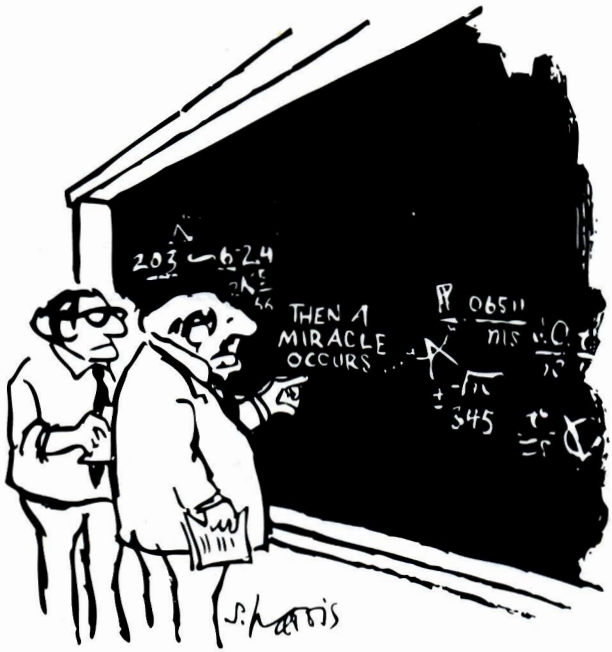
يذكِّرني ذلك بمن يسيرون في غابة مطيرة ويسألون: «أين كل تلك الكائنات الحية المفترض أنها تعيش هنا؟» في حين أن هناك عدة عشرات من أنواع النمل فقط على بعد خمسين قدمًا منهم. اندمجت آلاتنا الذكية اندماجًا شديدًا في غابتنا المطيرة الحديثة حتى كادت تصير خفية.

عرض تورينج تفسيرًا لفشلنا في التعرف على الذكاء في آلاتنا، وكتب عام ١٩٤٧: «المدى الذي ننظر فيه إلى الشيء على أن له سلوكًا ذكيًّا يتأثر بحالتنا الذهنية ومعرفتنا

مثلما يتأثر بخواص الشيء المذكور، فإذا استطعنا تفسير سلوكه والتنبؤ به فلن نميل إلى تخيل أنه يتمتع بالذكاء، لذلك فقد يراه شخص ما ذكيًّا ولا يراه شخص آخر كذلك، فقد اكتشف الشخص الثاني قواعد سلوكه.»

يذكرني ذلك أيضًا بتعريف إلين ريتش Ellaine Rich للذكاء الاصطناعي على أنه «دراسة كيفية جعل الكمبيوترات تفعل أشياء يتفوق عليهم الآن فيها البشر.»

إنه قدرنا كباحثين في مجال الذكاء الاصطناعي ألا نصل أبدًا إلى الجزرة المعلقة أمامنا. يعرف الذكاء الاصطناعي في جوهره بأنه السعي وراء المشكلات الصعبة في علوم الكمبيوتر التي لم تُحل بعد.




«أعتقد أن عليك أن تكون أكثر وضوحًا هنا في الخطوة الثانية.»

## صيغة للذكاء

يخلق مبرمج الكمبيوتر أكوانًا هو المشرع الوحيد لها ... ولم يتمتع كاتب مسرحي ولا مخرج ولا إمبراطور — مهما كانت قوته — قط بهذه السلطة

المطلقة في تنظيم خشبة مسرح أو ميدان معركة، أو بقيادة مثل هؤلاء الممثلين أو الجنود الذين لا يحيدون عن أمره.

جوزيف ويزنبوم Joseph Weizenbaum

القندس وحيوان آخر في الغابة يتطلعان إلى سد هائل من صنع الإنسان، ويقول القندس: «لا، الواقع أنني لم أبنه بنفسي، لكنه يعتمد على إحدى أفكاري.»

إدوارد فريدكين Edward Fredkin

يجب أن تكون الأشياء البسيطة سهلة، والأشياء المعقدة ممكنة.

ألان كاي Alan Kay

## ما الذكاء؟

قد يكون الهدف هو البقاء؛ الفرار من عدو ما، أو البحث عن الغذاء أو المأوى. وربما يكون الهدف هو التواصل؛ حكاية تجربة، أو إثارة شعور ما. وربما يكون الاشتراك في اللهو؛ مباراة على رقعة، أو حل لغز، أو الإمساك بكرة. وأحيانًا يكون السعي إلى السمو؛ إبداع صورة لفظية، أو كتابة موضوع. قد يكون الهدف واضحًا وفريدًا، كما هو الحال في حل مسألة رياضيات، أو قد يكون تعبيرًا شخصيًّا دون إجابة صحيحة واضحة.

الذكاء في نظري هو القدرة على استخدام الموارد المحدودة على النحو الأمثل — بما في ذلك الوقت — للوصول إلى مثل هذه الأهداف، وهناك عدد هائل من التعريفات الأخرى، وأحد التعريفات المفضلة لديَّ هو تعريف آر. دابليو. يونج R. W. Young الذي يقول إن الذكاء هو «قدرة العقل على إدراك النظام في موقف يعد قبل ذلك في حالة فوضى».[١٥] وسنجد النماذج المذكورة فيما يأتي ملائمة تمامًا لهذا التعريف.

يبتكر الذكاء بسرعة خططًا مُرضية، وأحيانًا مدهشة، لمواجهة عدد من القيود، وقد تكون منتجات الذكاء حاذقة، أو عبقرية، أو نافذة البصيرة، أو أنيقة، وأحيانًا — كما في حالة حل تورينج لكشف شفرة القوات الألمانية — يتسم الحل الذكي بكل هذه الصفات، وقد تُنتج الخدع المتواضعة بالصدفة إجابة ذكية من وقت لآخر، لكن العملية الذكية الحقيقية التي تبتكر بصورة موثوق بها حلولًا ذكية تتجاوز بطبيعتها

كونها مجرد وصفة، ومن الواضح أنه ليست هناك صيغة بسيطة يمكنها محاكاة أقوى ظاهرة في الكون: عملية الذكاء المعقدة والغامضة.

الواقع أن هذا خطأ، فكل ما يحتاجه الأمر لحل نطاق واسع من المسائل الذكية هو بالضبط ما يلي: طرق بسيطة وجرعات ضخمة من الحوسبة (وهي في حد ذاتها عملية بسيطة، كما أوضح تورينج عام ١٩٣٦ في تصوره لآلة تورينج،[١٦] وهي نموذج رائع للحوسبة)، ونماذج من المشكلة، وفي بعض الحالات لا نحتاج حتى إلى هذا الأخير، فعرض واحد واضح للمشكلة سيكون كافيًا.

إلى أي مدى نستطيع أن نصل باستخدام النماذج البسيطة؟ هل هناك فئة من المسائل الذكية يسهل التعامل معها بالأساليب البسيطة، وأخرى تستعصي عليها؟ ويبدو أن فئة المسائل التي يمكن حلها بمقاربات بسيطة فئة واسعة. وفي النهاية، في وجود قوة الحوسبة الكافية (التي ستتوفر لنا في القرن الحادي والعشرين)، وفي وجود الصيغ الصحيحة بالتجميع الصحيح، سيكون هناك القليل من المسائل التي يصعب حلها. ربما باستثناء هذه المسألة: ما هي المجموعة الكاملة للصيغ الموحدة التي تشكل أساس للذكاء؟

حدد التطور إجابة لهذه المسألة في بضعة مليارات من السنوات، ولقد بدأنا بداية جيدة في بضعة آلاف من السنوات، ومن المرجح أن ننهي العمل خلال بضعة عقود.

تلك المناهج الموصوفة باختصار فيما يأتي نناقشها بمزيد من التفصيل في ملحق في نهاية هذا الكتاب بعنوان «كيفية صنع آلة ذكية بثلاثة نماذج سهلة.»

لنلق نظرة على بضعة نماذج واضحة وقوية أيضًا. بقليل من الممارسة تستطيع أنت أيضًا أن تصنع آلات ذكية.

### الصيغة التكرارية: فقط حدّد المشكلة بعناية

الإجراء التكراري هو إجراء يستدعي نفسه، والتكرار المستمر وسيلة مفيدة في إيجاد كل الحلول الممكنة لمسألة ما، أو كل الحركات والحركات المضادة الممكنة في سياق لعبة مثل الشطرنج.

في لعبة الشطرنج ــ على سبيل المثال ــ نضع برنامجًا يسمى «انتق أفضل حركة» لاختيار كل حركة، ويبدأ البرنامج بوضع قائمة بكل الحركات الممكنة من الحالة الراهنة للرقعة، وهنا يأتي التحديد الدقيق للمشكلة، حيث إنه لتوليد كل الحركات

الممكنة نحتاج إلى أن نضع في اعتبارنا بدقة قواعد اللعبة، ولكل حركة يُنشيء البرنامج رقعة افتراضية تعكس ما قد يحدث إذا قمنا بهذه الحركة، ولكل رقعة افتراضية مثل هذه نحتاج إلى أن نضع في اعتبارنا ما قد يفعله خصمنا إذا قمنا بهذه الحركة. وهنا يأتي التكرار المستمر، حيث يطلب برنامج «انتق أفضل حركة» من برنامج «انتق أفضل حركة» (أي من نفسه) اختيار أفضل حركة للخصم، ويضع البرنامج قائمة بكل الحركات القانونية المتاحة لخصمنا.

يستمر البرنامج في الطلب من نفسه، مخططًا للمستقبل كل النقلات التي يكون لدينا الوقت لأخذها في الاعتبار، وينتج عن ذلك جيل من شجرة ضخمة من الحركات والحركات المضادة. هذا مثال آخر للنمو الأسي، لأنه لكي يخطط لنصف حركة أخرى في المستقبل نحتاج لمضاعفة كمية الحسابات المتاحة نحو خمس مرات.

مفتاح الصيغة التكرارية هو تشذيب شجرة الاحتمالات الهائلة، وإيقاف النمو التكراري للشجرة في النهاية. وفي سياق المباراة، إذا بدت الرقعة ميئوسًا منها لكلا الطرفين، يمكن للبرنامج إيقاف التوسع في شجرة الحركات والحركات المضادة عند هذه النقطة (ويطلق عليها «الورقة الطرفية terminal leaf» للشجرة)، ويعتبر آخر النقلات المقترحة احتمالًا للنصر أو الهزيمة.

وعندما تكتمل كل طلبات هذا البرنامج المتداخلة، يكون البرنامج قد حدد أفضل حركة ممكنة للرقعة الحالية الفعلية، في حدود عمق التوسع التكراري الذي كان لديه الوقت ليتتبعه.

كانت الصيغة التكرارية كافية لبناء الماكينة التي هزمت بطل العالم في الشطرنج، وهو كمبيوتر فائق صممته آي بي إم، (مع أن ديب بلو Deep Blue زاد على الصيغة التكرارية بقاعدة بيانات لنقلات من مباريات عمالقة الشطرنج في هذا القرن). منذ عشر سنوات أشرت في كتابي The Age of Intelligent Machines إلى أنه بينما كانت أفضل كمبيوترات الشطرنج ترتقي في تصنيف الشطرنج خمسًا وأربعين نقطة سنويًّا، فإن أفضل البشر كانوا يتقدمون بنقاط تقترب من الصفر، وبذلك كان العام المتوقع أن يهزم فيه كمبيوتر بطل العالم هو ١٩٩٨، لكن الهزيمة جاءت في عام ١٩٩٧، وآمل أن تكون نبوءاتي في هذا الكتاب أكثر دقة.[١٧]

تلعب قاعدتنا التكرارية البسيطة مباراة شطرنج على المستوى العالمي، وعندئذ يكون السؤال المنطقي: ما الذي يمكنها أن تفعله غير ذلك؟ يمكننا بالتأكيد استبدال وحدة البرنامج التي تولد نقلات الشطرنج بوحدة مبرمجة بقواعد لعبة أخرى.

وإذا زرعت في عقلك شريحة عليها قواعد لعبة الداما يمكنك أنت أيضًا هزيمة أي شخص. والتكرار المستمر جيد بالفعل في لعبة النرد، فقد هزم برنامج هانز بيرلينر Hans Berliner بطل النرد البشري بالكمبيوترات البطيئة التي تعود إلى عام[١٨] ١٩٨٠.

تتفوق الصيغة التكرارية في الرياضيات كذلك، ويكون الهدف هنا حل مسألة رياضية، مثل إثبات نظرية، وتصبح القواعد عندئذ هي مسلمات المجال الرياضيات المعني بالإضافة إلى النظريـات التي أُثبتت من قبل. والتوسع عند كل نقطة هو المسلمات الممكنة (أو النظريات التي سبق إثباتها) التي يمكن تطبيقها على برهان في كل خُطوة. كان ذلك هو الأسلوب الذي استخدمه ألين نويل، وجيه. سي. شو، وهربرت سيمون في برنامجهم العام لحل المسائل عام ١٩٥٧، وتفوَّق برنامجهم على برنامج راسل ووايتهيد في بعض المسائل الرياضية الصعبة، وزاد بذلك من التفاؤل المبكر في مجال الذكاء الاصطناعي.

قد يبدو من هذه الأمثلة أن التكرار المستمر لا يتناسب إلا مع المسائل التي تتوافر فيها قواعد وأهداف محددة وواضحة، لكنها أيضًا تعد بالكثير في توليد الكمبيوتر للإبداعات الفنية. يستخدم برنامج الشاعر السبراني لراي كيرزويل Ray Kurzweil على سبيل المثال الأسلوب التكراري.[١٩] يضع البرنامج مجموعة أهداف لكل كلمة، محققًا نمطًا إيقاعيًّا معينًا، وبنية للقصيدة، واختيارًا مناسبًا للكلمات في هذا الجزء من القصيدة. وإذا عجز البرنامج عن الوصول إلى كلمة تتناسب مع هذه المعايير، فإنه يعود ويمحو الكلمة السابقة التي كتبها، ويعيد وضع المعايير التي سبق أن وضعها في البداية للكلمة التي محاها للتو، وينطلق من هناك. إذا انتهى ذلك أيضًا إلى طريق مسدود، فإنه يتراجع من جديد. وهكذا يتقدم ويتراجع على أمل أن يتخذ قرارًا في لحظة ما. وفي النهاية يرغم نفسه على اتخاذ قرار بتخفيف بعض القيود إذا أدت كل المسارات إلى طرق مسدودة.

ومع ذلك فلن يعرف أحد أبدًا إن كان يكسر قواعده الخاصة أم لا.

التكرار المستمر شائع أيضًا في برامج التأليف الموسيقي.[٢٠] في هذه الحالة تكون «الحركات» محددة بدقة، ونسميها النغمات، ويكون لها خواص مثل طبقة النغمة، وزمنها، ومستوى الصوت، وأسلوب العزف. الأهداف أقل سهولة في تحقيقها لكنها تظل ممكنة بتعريفها من حيث البنى الإيقاعية واللحنية. ومفتاح البرامج الفنية التكرارية هو كيفية تحديدنا لتقييم الورقة الطرفية، والأساليب البسيطة لا تنجح

دائمًا هنا، وبعض برامج الفن السبراني cybernetic art والموسيقى السبرانية التي سنتحدث عنها لاحقًا تستخدم طرقًا معقدة لتقييم الأوراق الطرفية.

وفي حين أننا لم نحصل بعد على كل ما يخص الذكاء في صيغة بسيطة، فقد أحرزنا تقدمًا كبيرًا بهذه المجموعة البسيطة: التعريف التكراري لحل من خلال العرض الدقيق للمشكلة والحسابات الموسعة. وسيكون الكمبيوتر الشخصي في نهاية القرن العشرين تقريبًا قويًّا بما فيه الكفاية لحل كثير من المسائل.

## الشبكات العصبية: التنظيم الذاتي والحوسبة البشرية

نموذج الشبكة العصبية هو محاولة لمحاكاة التراكيب الحسابية في خلايا المخ البشري. نبدأ بمجموعة من المُدخلات التي تمثل مشكلة مطلوبًا حلها.[٢١] قد يكون المُدخل على سبيل المثال مجموعة من النقاط تمثل صورة نحتاج إلى التحقق منها، وتغذى هذه المدخلات عشوائيًّا إلى طبقة من الخلايا العصبية الاصطناعية، ويمكن أن تكون كل من هذه الخلايا الاصطناعية برنامج كمبيوتر بسيطًا يحاكي نموذج الخلايا العصبية، أو يمكن أن تكون مزروعات إلكترونية.

كل نقطة من المُدخل (على سبيل المثال كل بكسل من الصورة) يتم توصيلها عشوائيًّا بمدخلات للطبقة الأولى من الخلايا الاصطناعية، ولكل وصلة قوة تشابك synaptic strength مصاحبة تمثل أهمية هذه الوصلة. وتوضع هذه القوى أيضًا بقيم عشوائية. يجمع كل عصبون الإشارات التي تأتي إليه. إذا تخطت الإشارة الموحدة عتبة ما، عندئذ يعمل العصبون ويرسل إشارة إلى وصلة مخرجه. يتم توصيل مخرج كل عصبون عشوائيًّا بمدخلات الخلايا العصبية في الطبقة الثانية. وفي أعلى طبقة، يعطي مخرج عصبون أو أكثر ــ ويتم اختيارها عشوائيًّا أيضًا ــ الإجابة.

مشكلة ما، مثل صورة حرف مطبوع مطلوب التعرف عليه، يجري تقديمها لطبقة المدخلات، وتنتج خلايا المخرج العصبية إجابة، وتكون الإجابات دقيقة بصورة لافتة للنظر في نطاق واسع من المسائل.

الواقع أن الإجابات ليست دقيقة على الإطلاق، ليس في بادئ الأمر على أية حال، ففي البداية تكون المخرجات عشوائية بالكامل. ماذا تتوقع غير ذلك؟ لاسيما أن النظام بالكامل موضوع بطريقة عشوائية؟

لقد أغفلت خطوة مهمة، وهي أن الشبكة العصبية تحتاج لأن تتعلم المادة العلمية، فالشبكة العصبية ــ شأنها شأن أمخاخ الثدييات التي صُممت على غرارها ــ تبدأ جاهلة، ومعلم الشبكة العصبية قد يكون إنسانًا أو برنامج كمبيوتر أو ربما شبكة عصبية أخرى أكثر نضجًا تعلمت بالفعل دروسها، ويكافئ المعلم الشبكة العصبية التلميذة عندما تصيب، ويعاقبها عندما تخطئ. وتستخدم الشبكة العصبية التلميذة هذا التقييم لضبط قوة كل وصلة ما بين الخلايا العصبية، وتصبح الوصلات المتسقة مع الإجابة الصحيحة أقوى، وتصبح تلك التي ناصرت إجابة خاطئة أضعف. وبمرور الوقت تنسق الشبكة العصبية نفسها لتقدم الإجابات الصحيحة دون تدريب، وقد أوضحت التجارب أن الشبكات العصبية يمكنها أن تتعلم موضوع مادتها العلمية حتى مع معلمين غير مهرة، فإذا كان المعلم على صواب خلال ٦٠ بالمائة فقط من الوقت، فسوف تستمر الشبكة العصبية التلميذة في تعلم دروسها.

إذا علَّمنا الشبكة العصبية جيدًا، سيكون هذا النموذج قويًّا ويستطيع محاكاة نطاق واسع من القدرات البشرية على التعرف على الأنماط، وتُستخدم نظم التعرف على أساليب الكتابة شبكات عصبية متعددة الطبقات تقترب من الأداء البشري في التعرف على كتابة باليد تنقصها الدقة.[٢٢] كان من المعتقد منذ وقت طويل أن التعرف على الوجوه البشرية وظيفة إنسانية على وجه الحصر وخارج قدرات الكمبيوتر، ومع ذلك فهناك الآن آلات صرف شيكات أوتوماتيكية، تستخدم برمجيات شبكة عصبية ابتكرتها شركة صغيرة في نيو إنجلاند اسمها ميروس Miros، تتأكد من هوية العميل بالتعرف على وجهه أو وجهها.[٢٣] لا تحاول خداع هذه الآلات بأن تمسك بصورة لشخص آخر فوق وجهك، فالآلة تلتقط صورة لك في الأبعاد الثلاثة باستخدام كاميرتين. ومن الواضح أن الآلات جديرة بالثقة بما يكفي حتى إن البنوك تقبل عن طيب نفس أن تجعل المستخدمين ينصرفون بأوراق نقدية حقيقية.

استُخدمت الشبكات العصبية في التشخيصات الطبية، وباستخدام نظام يسمى BrainMaker من إنتاج شركة California Scientific Software يستطيع الأطباء التعرف بسرعة على النوبات القلبية من بيانات الإنزيمات، وتصنيف خلايا السرطان من الصور. والشبكات العصبية ماهرة أيضًا في التنبؤ، وتستخدم إدارة LBS Capital Management شبكات عصبية BrainMaker للتنبؤ بمؤشر ستاندارد أند بور.[٢٤] وتنبؤاتهم بـ«يوم واحد مسبقًا» و«أسبوع واحد مسبقًا» تتفوق مرارًا وتكرارًا على الطرق التقليدية المعتمدة على المعادلات.

هناك تشكيلة من طرق التنظيم الذاتي تُستخدم في الوقت الراهن تشبه رياضيًّا نموذج الشبكة العصبية السابق ذكره، وإحدى هذه التقنيات يطلق عليها نماذج ماركوف، وهي مستخدمة على نطاق واسع في النظم الآلية للتعرف على الكلام. وحاليًّا يمكن لهذه النظم أن تفهم بشكل دقيق البشر وهم يتكلمون بطريقة طبيعية متصلة بمفردات لغة تصل إلى ستين ألف كلمة.

وفي حين يعتبر التكرار المستمر ذا كفاءة عالية عند البحث خلال مجموعات ضخمة من الاحتمالات، مثل تتالي نقلات الشطرنج، فإن الشبكة العصبية تعتبر أفضل وسيلة للتعرف على الأنماط، والبشر أكثر مهارة بكثير في التعرف على الأنماط منهم في التفكير في التراكيب المنطقية، لذلك فإننا نعتمد على هذه الموهبة في معظم عملياتنا العقلية. وبالفعل يمثل التعرف على الأنماط الجزء الأكبر من دوائرنا العصبية. وتعوض هذه القدرات عن السرعة بالغة البطء للخلايا العصبية البشرية، وزمن إعادة التنشيط العصبي البالغ نحو خمسة ملي ثانية يتيح فقط نحو مائتي عملية حوسبة في الثانية في كل وصلة عصبية.[٢٥] لذلك لا نستطيع الخروج بكثير من الأفكار الجديدة عندما نقع تحت ضغط لاتخاذ قرار. ويعتمد المخ البشري على حساب تحليلاته مسبقًا ويخزنها كمرجع للمستقبل. عندئذ نستخدم قدراتنا على التعرف على الأنماط للتعرف على موقف ما مقارنة بموقف فكرنا فيه من قبل ومن ثم نعتمد على استنتاجاتنا السابقة المدروسة بعناية، ولا نستطيع التفكير في أمور لم نفكر فيها مرات كثيرة من قبل.

## تدمير المعلومات: مفتاح الذكاء

هناك نوعان من تحويلات الحوسبة، نوع تكون المعلومات فيه محفوظة وآخر تكون فيه المعلومات مدمرة، ومثال على الأول ضرب رقم في رقم آخر ثابت غير الصفر، ومثل هذا التحويل انعكاسي: اقسم على الثابت تحصل من جديد على العدد الأصلي. أما إذا ضربنا عددًا ما في صفر، فعندئذ لا يمكن استرجاع المعلومات الأصلية، إذ لا يمكننا القسمة على صفر للحصول على العدد الأصلي من جديد لأن قسمة الصفر على الصفر كمية غير نهائية. لذلك يدمر هذا النوع من التحويل مدخله.

هذا مثال آخر لعدم انعكاسية الزمن (الأول كان قانون زيادة الإنتروبيا) لأنه ليس هناك طريقة لعكس حوسبة تدمير المعلومات.

يتم ذكر عدم انعكاسية الحوسبة كثيرًا كسبب في أن الحوسبة مفيدة: إنها تحول المعلومات بطريقة هادفة أحادية الاتجاه، وعلى الرغم من ذلك فإن سبب عدم انعكاسية الحوسبة يقوم على قدرتها على تدمير المعلومات، وليس على ابتكارها، وقيمة الحوسبة هي على وجه الدقة في قدرتها على تدمير المعلومات على نحو انتقائي. على سبيل المثال، في مهمة تعرّف على نمط مثل التعرف على الوجوه أو الأصوات، فإن حفظ الخواص الحاملة للمعلومات لنمط ما بينما يتم «تدمير» التدفق الضخم لبيانات في الصورة أو الصوت الأصليين يعتبر أمرًا أساسيًّا بالنسبة للعملية. والذكاء على وجه الدقة هو عملية اختيار معلومات ذات صلة مباشرة بالموضوع بعناية حتى يمكنها أن تدمر بمهارة وبشكل هادف بقية المعلومات.

هذا هو بالضبط ما يؤديه النموذج الإرشادي للشبكة العصبية. يستقبل العصبون ــ بشري أو عصبون آلة ــ مئات أو آلاف الإشارات المستمرة التي تمثل كمية كبيرة من المعلومات. واستجابة لها، إما أن ينشط العصبون أو لا ينشط، ومن ثم يقلل ثرثرة مدخله إلى بت واحد من المعلومات. وبمجرد أن تصبح الشبكة العصبية مدربة جيدًا، فإن هذا التقليص للمعلومات يكون ذو هدف، ومفيد، وضروري.

نرى هذا النموذج الإرشادي ــ تقليص تيارات هائلة من المعلومات المعقدة إلى استجابة واحدة بنعم أو لا ــ في كثير من المستويات في سلوك ومجتمع الإنسان. فكر في التيار الصاخب من المعلومات الذي يتدفق في محاكمة قانونية. مخرجات كل هذا النشاط هي من الناحية الجوهرية بت من المعلومات ــ مذنب أو غير مذنب، مدعي أو متهم. قد تتضمن المحاكمة القليل من هذه القرارات الثنائية، لكن رأيي لا يتغير. تلك النتائج البسيطة بنعم أو لا تتدفق عندئذ في قرارات وتضمينات أخرى. فكر في انتخاب ما ــ تجد نفس الشيء ــ يستقبل كل منا تدفقًا هائلًا من البيانات (ربما لا تكون كلها ذات صلة وثيقة بالموضوع) ويقدم قرارًا من بت واحد: يحتل المنصب أو معترض. ثم يمضي هذا القرار مع قرارات مشابهة من ملايين الناخبين الآخرين ويكون الحساب النهائي مجرد بت واحد من البيانات.

هناك الكثير جدًّا من البيانات الفجة في العالم لا تستحق الاستمرار في حفظها كلها هنا وهناك. لذلك فإننا ندمر باستمرار أغلبها، مع تغذية هذه النتائج إلى المستوى الثاني. وهذه هي العبقرية وراء تنشيط العصبون للكل أو لا شيء.

في المرة القادمة التي تجري خلالها عملية تنظيف شاملة وتحاول أن تتخلص من الأشياء والملفات القديمة، ستعرف سبب أن هذا الأمر بالغ الصعوبة ــ التدمير الهادف للمعلومات هو أصل عمل الذكاء.

## كيف يمكن الإمساك بكرة طائرة

عندما يضرب اللاعب كرة طائرة، فإنها تتبع مسارًا قد يمكن التنبؤ به من خلال المسار الابتدائي، واللف، والسرعة وأيضًا أحوال الريح. ومع ذلك فإن اللاعب المدافع عاجز عن قياس أي من هذه الخواص بطريقة مباشرة وعليه أن يستنتجها من زاوية مراقبته. قد يبدو التنبؤ بالمكان الذي ستذهب إليه الكرة، والمكان الذي سيذهب إليه المدافع أيضًا، في حاجة على الأرجح إلى حل مجموعة هائلة من المعادلات الآنية المعقدة. وتحتاج هذه المعادلات إلى إعادة حساب باستمرار كلما تدفقت بيانات جديدة. كيف لـ«عضوة الرابطة الصغيرة» Little Leaguer ذات العشر سنوات أن تنجز هذه المهمة، بدون كمبيوتر، وبدون آلة كمبيوترة، وبدون قلم أو ورق، ولم تحصل على دراسات في الحساب، ولديها فقط وقت لا يتجاوز بضع ثوان؟

الإجابة أنها لا تستطيع فعل ذلك. إنها تستخدم قدرات شبكاتها العصبية للتعرف على النمط، التي تقدم أساسًا لجزء كبير من تشكيل المهارة. كان لدى الشبكات العصبية لمن عمرها عشر سنوات كمية كبيرة من الممارسة في مقارنة الطيران المرصود للكرة مع أنشطتها الخاصة. وبمجرد تعلمها للمهارة، تصبح هذه المهارة طبيعة ثانية لديها، أي أنها ليس لديها فكرة عن كيفية قيامها بذلك. لقد اكتسبت شبكاتها العصبية كل نفاذ البصيرة المطلوب: التراجع خطوة إلى الوراء إذا ارتفعت الكرة فوق مجال رؤيتي، والتقدم خطوة إلى الأمام إذا كانت الكرة تحت مستوى محدد في مجال رؤيتي ولن ترتفع بعد ذلك، وهكذا دواليك. لا يحسب اللاعب البشري معادلات بشكل عقلي. وليس هناك أي من عمليات الحوسبة هذه في لاوعي مخ اللاعب. وما يحدث هو التعرف على النمط، وهو أساس أغلب الفكر البشري.

أحد مفاتيح الذكاء هو معرفة ما لا يجب حسابه. والشخصية الناجحة ليست بالضرورة أفضل من أندادها الأقل نجاحًا في حل المشاكل، وبتسهيلات تعرّفها على النمط تدرك ببساطة نوع المشاكل التي تستحق الحل.

## بناء شبكات السليكون

تحاكي أغلب تطبيقات الشبكة العصبية المعتمدة على الكمبيوتر في الوقت الراهن نماذج عصبوناتها في البرمجيات، ويعني هذا أن الكمبيوترات تحاكي عملية موازية كثيفة في آلة تقوم فقط بعملية حوسبة واحدة في نفس الوقت، وبرمجيات الشبكة العصبية التي تقوم حاليًّا بتشغيل كمبيوترات شخصية رخيصة يمكنها محاكاة نحو مليون عملية حوسبة لوصلة عصبون في الثانية، وهو أبطأ مليار مرة من المخ البشري (رغم أننا يمكننا تحسين هذا الرقم كثيرًا بالتشفير المباشر في لغة آلة الكمبيوتر). ومع ذلك فإن البرمجيات التي تستخدم النموذج الإرشادي للشبكة العصبية في الكمبيوترات الشخصية في نهاية القرن العشرين تقريبًا ستقترب كثيرًا من التماثل مع قدرة الإنسان في مهام مثل التعرف على مادة مطبوعة، وكلام، وأوجه.

وهناك نوع من عتاد الكمبيوتر العصبي تم جعله أقرب ما يكون من الكمال لتشغيل الشبكات العصبية. وهذه النظم متوازية ببساطة، وليس بكثافة، وهي أسرع بنحو ألف مرة من برمجيات الشبكة العصبية للكمبيوتر الشخصي. وهو ما يظل أبطأ مليون مرة من مخ الإنسان.

هناك جماعة بارزة من الباحثين تخطط لبناء شبكات عصبية بالطريقة التي تخطط بها الطبيعة: التوازي بكثافة، مع تخصيص كمبيوتر صغير لكل عصبون. ويصنع مختبر أبحاث الاتصال المتطور عن بعد ATR، وهو مرفق مهيب في طوكيو، في اليابان، مثل هذا المخ الاصطناعي بمليار عصبون إلكتروني. ويمثل ذلك نحو ١ بالمائة من العدد الموجود في مخ الإنسان، لكن هذه العصبونات سوف تعمل بسرعات إلكترونية، وهي أسرع مليون مرة من العصبونات البشرية. ولذلك سوف تكون السرعة الكلية للحوسبة في هذا المخ الاصطناعي أكبر آلاف المرات من المخ الإنساني. ويأمل هوجو دي جاريس Hugo de Garis، مدير جماعة بناء المخ في المختبر، في تعليم مخه الاصطناعي أسس اللغة البشرية ثم بعد ذلك يترك الجهاز للقراءة بحرية ــ بسرعات إلكترونية ــ في الأدب الذي يثير اهتمامه والموجود على شبكة المعلومات العالمية.[٢٦]

هل يماثل نموذج العصبون البسيط الذي نناقشه هنا طريقة عمل العصبونات البشرية؟ الإجابة نعم ولا. فمن جانب، تعتبر العصبونات البشرية أكثر تعقيدًا وأكثر تنوعًا من النموذج المقترح. ويتم التحكم في قوى الوصلات بناقلات عصبية متعددة ولا يتميز بشكل كاف بعدد واحد. ليس المخ عضوًا واحدًا، لكنه مجموعة من مئات أعضاء معالجة المعلومات المتخصصة، كل منها له تركيب تشريحي وتنظيمات مختلفة. ومن

جانب آخر، عندما نبدأ في فحص الخوارزميات المتوازية وراء التنظيم العصبي في المناطق المختلفة، نجد أن الكثير من تعقد تصميم وبنية العصبون له علاقة بتدعيم عمليات حياة العصبون وليس على علاقة مباشرة بطريقة تعامله مع المعلومات. وطرق الحوسبة البارزة تعتبر مباشرة نسبيًّا، رغم تغيرها. وعلى سبيل المثال، شريحة الرؤية التي طورها الباحث كارفر ميد Carver Mead يبدو أنها تلتقط بشكل واقعي المراحل الأولى من المعالجة الإنسانية للصورة.[٢٧] ورغم أن مناهج هذه الشريحة أو الشرائح الأخرى المشابهة تختلف في عدد من الجوانب عن النماذج العصبية التي سبقت مناقشتها فإن هذه المناهج يمكن فهمها وتستخدم بالفعل في السليكون. وسوف يمثل تطوير كاتالوج عن النماذج الأساسية التي تستخدمها الشبكات العصبية في مخنا — وكل منها سهل نسبيًّا بطريقته الخاصة — تقدمًا كبيرًا في فهمنا للذكاء الإنساني وفي قدرتنا على إعادة ابتكاره والتفوق عليه.

ويحفز مشروع البحث عن ذكاء خارج الأرض SETI فكرة أن التعرض لتصميمات ذكية لكيانات ذكية تطورت في مكان آخر سوف يتيح مصدرًا هائلًا لتطوير فهم علمي.[٢٨] لكن لدينا جزءًا من الفهم مثير للشفقة وهزيل لمعدات آلية ذكية هنا على الأرض. مثل هذا الكيان — مؤلف هذا الكتاب — ليس على بعد أكثر من ثلاثة أقدام من كمبيوتر حيث أملي عليه هذا الكتاب.[٢٩] ويمكننا — وسوف يحدث ذلك — أن نتعلم الكثير بالغوص في أسراره.

## خوارزميات تطورية: تسريع التطور مليون مرة

ها هي معلومة مفيدة للاستثمار: قبل أن تستثمر في شركة تأكد من أنك قد فحصت سجل أداء الإدارة، واستقرار ميزانيتها العمومية، وتاريخ أرباح الشركة، والاتجاهات الصناعية المتصلة بنشاط الشركة، وآراء محلل أنظمة. للوهلة الأولى، ذلك عمل بالغ الضخامة. إليك مدخل أكثر بساطة:

أولًا قم بصورة عشوائية بتوليد (في كمبيوترك الشخصي بالطبع) مليون مجموعة من القواعد لاتخاذ القرارات. كل مجموعة من القواعد عليها أن تحدد مجموعة محفزات لشراء أو بيع بضائع في المخزن (أو أي ضمان آخر) قائمة على بيانات مالية. ليس ذلك صعبًا، حيث إن كل مجموعة قواعد لا تحتاج إلى كثير من الفهم. ثبت كل مجموعة قواعد في برمجيات محاكاة «كائن حي» مع القواعد وقد تم تشفيرها على هيئة «كروموسوم»

رقمي. والآن قم بتقييم كل كائن تمت محاكاته في بيئة مختلقة باستخدام بيانات مالية من العالم الحقيقي ــ سوف تجد الكثير منها على الشبكة العالمية للمعلومات. اجعل كل برمجيات كائن حي تستثمر بعض المال الناتج عن المحاكاة وانظر كيف يتدبر أمره اعتمادًا على البيانات التاريخية الفعلية. اسمح لمن توصل إلى ما هو أفضل من المتوسطات الاصطناعية بالبقاء في الجيل التالي. اقض على البرمجيات الأخرى (آسف). والآن لديك كل البرمجيات التي بقيت وهي تضاعف نفسها حتى نعود من جديد لمليون من هذه الكائنات. وخلال تكاثرها، اسمح بحدوث بعض الطفرات (تغير عشوائي) في الكروموسومات. حسنًا، هذا جيل واحد من التطور الناتج عن المحاكاة. والآن كرر هذه الخطوات من أجل مائة ألف جيل آخر. وفي نهاية العملية، ستكون كائنات البرمجيات الباقية مستثمرين أذكياء ملعونين. وفي نهاية الأمر، لقد بقيت مناهجها على قيد الحياة خلال مائة ألف جيل من التشذيب التطوري.

في العالم الحقيقي، يعتقد عدد من المسئولين عن رءوس الأموال الاستثمارية الناجحة أن «الكائنات» الباقية على قيد الحياة من مجرد مثل هذا التطور الناتج عن المحاكاة أكثر ذكاء ممن هم مجرد محللي النظم المالية البشر. قامت «ستيت ستريت للاستشاريين العالمية State Street Global Advisors»، التي تدير ٣,٧ تريليون دولار في الصناديق الاستثمارية، باستثمارات أساسية في تطبيق كل من الشبكات العصبية والخوارزميات التطورية لاتخاذ قرارات الشراء والبيع. وهذا يتضمن مجازفة أفضلية في استثمار التقنيات المتطورة، التي تدير رأس مال ناجح حيث قرارات الشراء والبيع يتخذها برنامج يجمع بين هذه الطرق.[٣٠] وتوجه التقنيات التطورية وما يرتبط بها من تقنيات رأس مال من ٩٥ مليار دولار تديره «باركليز للاستشاريين العالمية Barclays Global Investors»، إضافة إلى رؤوس الأموال التي تديرها إدارة Fidelity and PanAgora Asset Manegement.

يُطلق على النموذج السابق خوارزمية تطورية evolutionary algorithm (ويسمى أحيانًا وراثيًّا genetic).[٣١] لم يبرمج مصممو النظام حلًّا مباشرًا، ويدعون أحد الحلول يظهر من خلال عملية تكرارية لتنافس وتطور مختلقين. لنتذكر أن التطور ذكي لكنه بطيء، لذلك لحث ذكائه نحافظ على نفاذ بصيرته بينما نجعل خطواته المملة تتسارع إلى حد بعيد. والكمبيوتر لديه القدرة الكافية لمحاكاة آلاف الأجيال فيما يتعلق بالساعات والأيام والأسابيع. لكن علينا فقط أن نقوم بهذه العملية التكرارية مرة

واحدة. وبمجرد تركنا لهذا التطور الناتج عن المحاكاة ليأخذ مجراه، يمكننا تطبيق القواعد المتطورة وعالية التشذيب على المشاكل الحقيقة بطريقة سريعة.

ومثل الشبكات العصبية، تعتبر الخوارزميات التطورية طريقة لتوجيه الأنماط التي تكون مبهمة لكنها عميقة والموجودة في بيانات الشواش. والمصدر الأساسي المطلوب هو مصدر لأمثلة كثيرة حول المشكلة المطلوب حلها. وبالنسبة للعالم المالي، ليس هناك بالتأكيد نقص في معلومات الشواش ــ كل ثانية في التجارة متاحة على الخط مباشرة.

والخوارزميات التطورية بارعة في التعامل مع المشاكل التي لا يكون فيها الكثير جدًا من المتغيرات لحساب حلول تحليلية دقيقة. يتضمن تصميم المحرك النفاث، على سبيل المثال، أكثر من مائة متغير ويتطلب الخضوع لعشرات القيود. والخوارزميات التطورية المستخدمة بواسطة الباحثين في جنرال إلكتريك استطاعت التوصل إلى تصميمات للمحرك تتناسب مع القيود الأكثر دقة من الطرق التقليدية.

ويتم استخدام الخوارزميات التطورية، وهي جزء من مجال نظرية الشواش والتعقد، بشكل متزايد لحل، بالإضافة إلى ذلك، مشاكل مجال الأعمال صعبة المراس. طبقت جنرال موتورز خوارزمية تطورية لتلائم طلاء سياراتها، وهو ما قلل من التكلفة العالية للانتقال من لون إلى آخر (حيث جعل مقصورة الدهان غير صالحة لتغيير لون الدهان) بنسبة ٥٠ بالمائة. وتستخدم فولفو هذه الخوارزميات لتخطيط برامج المواعيد المتشابكة لصناعة كابينة الشاحنة فولفو ٧٧٠. وتستخدم سيميكس Cemex ــ شركة أسمنت يبلغ رأسمالها ٣ مليارات دولار ــ أسلوبًا مماثلًا لإدارة عمليات التسليم المعقدة. ويحل هذا الأسلوب بصورة متزايدة محل الطرق الأكثر تحليلية في جميع مجالات الصناعة.

وهذا النموذج الإرشادي بارع أيضًا في التعرف على الأنماط. وبحسب ما يقال فإن الخوارزميات الوراثية المعاصرة التي تتعرف على بصمات الأصابع، والأوجه، وأسلوب الكتابة اليدوية، تتفوق على مقاربات الشبكة العصبية. وهي أيضًا طريقة معقولة لكتابة برمجيات الكمبيوتر، خاصة البرمجيات التي تحتاج إلى التوصل إلى توازنات دقيقة لمصادر الحوسبة. وأحد الأمثلة المشهورة هو ويندوز ٩٥ لميكروسوفت، الذي يحتوي على برمجيات لموازنة مصادر النظام التي تطورت بشكل أفضل من تلك المكتوبة مباشرة بواسطة مبرمجين بشريين.

مع الخوارزميات التطورية، يجب أن تكون حذرًا في ما تسأل عنه. يذكر جون كوزا John Koza برنامجًا تطوريًا طُلب منه أن يحل مسألة تتضمن ترتيب مكعبات صغيرة. طور البرنامج حلًّا يناسب تمامًا كل شروط المسألة، باستثناء أنها تتضمن ٢٣١٩ حركة مكعب، وهو ما يتخطى كثيرًا ما تم تنفيذه عمليًا. من الواضح أن مصممي البرنامج نسوا النص على أن الإقلال من عدد حركات المكعبات كان مفضلًا. ويعلق كوزا قائلًا: «البرمجة الوراثية تعطينا بالضبط ما نطالبها به، لا أكثر ولا أقل.»

## التنظيم الذاتي

تعتبر الشبكات العصبية والخوارزميات التطورية طرق لـ «ظهور» التنظيم الذاتي لأن النتائج غير قابلة للتنبؤ بها وتكون غالبًا بالفعل مفاجئة لمصممي هذه النظم البشر. وأن تستمر عملية برامج التنظيم الذاتي هذه في حل المسألة يعتبر في الغالب أيضًا غير قابل للتنبؤ به. على سبيل المثال، قد تستمر شبكة عصبية أو خوارزمية تطورية في مئات التكرارات لتصل ظاهريًّا إلى تقدم قليل، ثم فجأة ــ كما لو أن العملية لديها ومضة إلهام ــ تتضح الأمور ويظهر الحل بسرعة.

وبشكل متزايد، سنصنع آلاتنا الذكية بتقسيم مشاكل صعبة (مثل فهم اللغة البشرية) إلى مهام فرعية أصغر، لكل منها بمفرده برنامج تنظيم ذاتي. وسوف يكون لنظم الظهور على طبقات هذه نهاية أكثر نعومة على حدود خبرتها وسوف تُظهر مرونة أكثر في التعامل مع الغموض المتأصل في العالم الحقيقي.

## طبيعة التصوير التجسيمي للذاكرة البشرية

الضالة المنشودة في مجال اكتساب المعرفة هي أتمتة عملية التعلم، وترك الآلات تخرج إلى العالم (أو، بالنسبة للمبتدئين، تخرج إلى شبكة المعلومات العالمية) وتجمع المعلومات بنفسها. وهذا من الناحية الأساسية ما تسمح به مناهج ــ الشبكات العصبية، الخوارزميات التطورية وأبناء عمومتها الرياضية ــ «نظرية الشواش.» وبمجرد أن تصل هذه المناهج إلى الحل الأفضل، تقوم أنماط الوصلة العصبية بتقوية أو تطوير كروموسومات رقمية تمثل نوعًا من المعرفة مطلوب تخزينه للاستخدام في المستقبل.

ومع ذلك فإن هذه المعرفة من الصعب تفسيرها. تتكون المعرفة المطمورة في برمجيات شبكة عصبية والتي تم تدريبها على التعرف على الأوجه البشرية، من شبكة

طوبولوجيا ونمط قوى الوصلة العصبية. إنها تقوم بعمل ضخم للتعرف على وجه سالي، لكن ليس هناك شيء واضح يفسر أنها كانت غير قابلة للتعرف عليها بسبب عينيها الغائرتين وأنفها المتقلص المرفوع إلى أعلى. يمكننا تدريب شبكة عصبية على التعرف على الحركات الجيدة للشطرنج في منتصف المباراة، لكنها بالمثل تكون عاجزة عن شرح حججها التي استخدمتها في التفكير.

ونفس الشيء صحيح بالنسبة للذاكرة البشرية. ليس هناك بنية بيانات صغيرة في مخنا تسجل طبيعة مقعد باعتباره سطحًا أفقيًا بأعمدة متعددة رأسية ومسند خلفي إضافي للظهر. وبدلًا من ذلك يتم بإسهاب تمثيل عدة آلاف من خبراتنا بالمقاعد في شبكاتنا العصبية. ونعجز عن استعادة كل تجربة حدثت لنا مع مقعد ما لكن كل مقابلة تركت تأثيرها على نمط قوى وصلة الخلية العصبية بما يعكس معرفتا بالمقاعد. وبالمثل ليس هناك موقع محدد في مخنا حيث يتم تخزين وجه صديق لنا. ويتم تذكره كنمط منتشر من القوى المشبكية.

ورغم أننا لا نعرف بعد الآليات الدقيقة المسئولة عن الذاكرة البشرية — ومن المرجح أن تصميمها يختلف من منطقة في المخ إلى أخرى — فإننا نعرف أنه بالنسبة لأغلب الذاكرة البشرية، تكون المعلومات موزعة في كل منطقة المخ المحددة. إذا كنت قد لعبت من قبل بمصور تجسيمي hologram، سوف تقدر منافع الطريقة المنتشرة لتخزين وتنظيم المعلومات. المصور التجسيمي جزء من فيلم يحتوي على نمط تداخل ناتج عن التفاعل بين مجموعتين من الموجات الضوئية. تأتي جبهة موجة من المشهد المضاء بضوء ليزر، والثانية تأتي مباشرة من نفس الليزر. إذا قمنا بتشغيل مصور تجسيمي، فإنه يعيد تكوين جبهة موجة الضوء التي تكون مطابقة لموجات الضوء الآتية من الموضوعات الأصلية. والانطباع هو أننا نرى المشهد الأصلي في الأبعاد الثلاثة. وفيما لا يشبه الصورة العادية، إذا تم قطع مصور تجسيمي إلى نصفين، لا نجد نصف الصورة، لكن يظل لدينا الصورة كاملة، بالرغم من أن كثافتها النقطية صفر. لو أنك خدشت مصورًا تجسيميًا، من المفترض ألا يكون لذلك تأثير لأن الكثافة النقطية تكون قد انخفضت بمقدار تافه. ولا تُرى أية خدوش في صورة الأبعاد الثلاثة التي يُعاد تكوينها التي ينتجها المصور التجسيمي المخدوش. ويتضمن ذلك أن الهولوجرام يفسد برشاقة.

ويعتبر نفس الشيء صحيحًا بالنسبة للذاكرة البشرية. نفقد آلافًا من الخلايا العصبية كل ساعة، لكن ذلك من المفترض ألا يكون له تأثير بسبب طبيعة التوزيع الواسع

لكل عملياتنا العقلية.[٣٢] وليس لأي من خلايا مخنا الفردية كل هذه الأهمية ــ ليس هناك خلية عصبية في وظيفة مدير تنفيذي.

وتضمين آخر في تخزين ذاكرة باعتبارها نمطًا موزعًا هو أن لدينا القليل من الفهم أو لا فهم إطلاقًا لكيفية أدائنا لأغلب مهامنا ومهاراتنا في المعرفة. عندما نلعب بيسبول، نشعر بأن علينا أن نرجع إلى الخلف عندما ترتفع الكرة فوق مجال رؤيتنا، لكن أغلبنا يعجز عن تنسيق هذه القاعدة الضمنية المشفرة بشكل مبعثر في شبكتنا العصبية للإمساك بكرة طائرة.

هناك عضو مخ واحد تم جعله أقرب ما يكون إلى الكمال لفهم وتنسيق العمليات المنطقية، وهو الطبقة الخارجية من المخ، والذي يطلق عليه القشرة الدماغية cerebral cortex. وفيما لا يشبه بقية المخ، فإن هذا الجزء حديث التطور نسبيًّا مسطح إلى حد ما، وسمكه نحو ثمن بوصة فقط، ويحتوي على مجرد ٨ مليون عصبون.[٣٣] ويتيح لنا هذا العضو المستفيض في الطيات هذه الكفاءة القليلة التي نملكها لفهم ما نفعله وكيفية فعلنا له.

وهناك مجادلة في الوقت الراهن حول الطرق المستخدمة بواسطة المخ للحفظ طويل المدى في الذاكرة. بينما تبدو انطباعاتنا الحسية الحالية وقدراتنا ومهاراتنا الراهنة على المعرفة الفعالة مشفرة في نمط موزع للقوى المشبكية، فإن ذكرياتنا بعيدة المدى قد تكون مشفرة كيميائيًّا إما في الحامض النووي الريبي (الرنا RNA) أو الببتيدات، وهي مواد كيميائية مشابهة للهرمونات.

حتى لو أن هناك تشفيرًا كيميائيًّا لذكريات المدى البعيد، فإنها مع ذلك تشارك فيما يبدو في الخواص الأساسية للتصوير التجسيمي لعملياتنا العقلية الأخرى.

بالإضافة إلى صعوبة فهم وتفسير الذكريات والأفكار التي تتمثل فقط باعتبارها أنماطًا موزعة (وهو صحيح بالنسبة لكل من الإنسان والآلة)، فإن تحديًا آخر يتطلب تجاربًا يتم التعلم منها. بالنسبة للبشر، تلك مهمة مؤسساتنا التعليمية. بالنسبة للآلات، فإن ابتكار البيئة الصحيحة للتعلم يعتبر أيضًا تحديًا رئيسيًّا. على سبيل المثال، في عملنا في كيرزويل للذكاء التطبيقي (وهي جزء الآن من منتجات الكلام للرنو وهوسبي Lernout & Hauspie) في تطوير تمييز للكلام قائم على الكمبيوتر، سمحنا للنظم بتعلم أنماط الكلام واللغة بنفسها، لكننا احتجنا إلى إمدادها بآلاف كثيرة من ساعات الكلام البشري المسجل وملايين الكلمات من نصوص مكتوبة حتى تكتشف

بنفاذ بصيرتها.[٢٤] وإتاحة ذلك لتعليم الشبكة العصبية يعتبر عادة هو المهمة الهندسية المطلوبة الأكثر إجهاد.

---

**أرى من الملائم أن ابنة أحد أعظم الشعراء الرومانسيين كانت أول مبرمج كمبيوتر.**

نعم، ولقد كانت أيضًا أحد أوائل من فكروا في قدرة الكمبيوتر على ابتكار فن بالفعل. لقد كانت بالتأكيد أول من فعل ذلك مع بعض التكنولوجيا الحقيقية في التفكير.

**تكنولوجيا لم تعمل أبدًا.**

لسوء الحظ، هذا صحيح.

**بالنسبة للتكنولوجيا، قلت أن الحرب هي أب حقيقي للاختراع ــ كمية كبيرة من التكنولوجيات أصبحت مكتملة باستعجال خلال الحرب العالمية الأولى والثانية.**

بما في ذلك الكمبيوتر. ولقد غيَّر ذلك مسار المسرح الأوروبي في الحرب العالمية الثانية.

**ومن ثم هل هذا هو الجانب البراق في كل المذبحة؟**

لم ير محطمو الآلات الأمر بهذه الطريقة. لكن يمكنك أن تقولي ذلك، على الأقل إذا كنت ترحبين بهذا التقدم السريع في التكنولوجيا.

**محطمو الآلات؟ لقد سمعت عنهم.**

نعم، كانوا أول حركة منظمة معارضة لتكنولوجيا الميكنة للثورة الاصطناعية. بدا من الواضح لهؤلاء النساجين الإنجليز أنه، مع هذه الآلات الجديدة التي تتيح لعامل واحد أن ينتج مخرجات أكثر من نحو عشرة عمال أو أكثر بدون آلات، ستتمتع بالتوظيف قريبًا النخبة الصغيرة فقط. لكن الأمور لم تحدث بهذه الطريقة. وعلى الأصح فإن إنتاج نفس كمية المواد المنسوجة بقوة عاملة أصغر بكثير، أدى إلى زيادة الطلب على الملابس عن العرض. ولم تعد الطبقة المتوسطة النامية راضية بتملك قميص أو اثنين. والرجل العادي والمرأة العادية أصبح في استطاعتهما حينئذ الحصول على ثياب جيدة الصنع لأول مرة. اندفعت صناعات جديدة إلى التصميم، والإنتاج بطرق ميكانيكية، ودعم الآلات الجديدة، وتكوين عمالة من النوع الأكثر دقة. لذلك فإن الازدهار الناتج، مع التحكم بالقمع من السلطات الإنجليزية، أخمد حركة محطمي الآلات.

**أليس محطمو الآلات هنا وهناك؟**

استمرت الحركة موجودة كرمز لمعارضة الآلات. حتى الآن، ظلت غير ملائمة إلى حد ما للأساليب الحديثة بسبب المعرفة واسعة الانتشار لفوائد الأتمتة. ومع ذلك فإنها بقيت غير بعيدة تحت السطح وسوف تعود بعنف وقوة في بداية القرن الحادي والعشرين.

**لديهم وجهة نظر، أليس كذلك؟**

بالتأكيد، لكن المعارضة التلقائية للتكنولوجيا ليست مثمرة إلى حد بعيد في عالم اليوم. ومع ذلك من المهم إدراك أن التكنولوجيا قوة. علينا أن نطبق قيمنا الإنسانية على استخدامها.

**يذكرني ذلك بـ «المعرفة قوة» للاو تسو *Lao-Tzu*.**

نعم، التكنولوجيا والمعرفة متشابهان جدًّا ــ يمكن التعبير عن التكنولوجيا باعتبارها معرفة. ومن الواضح أن التكنولوجيا تتضمن القوة ومن نواح أخرى قوى شواش. وحيث إن الحرب هي صراع من أجل القوة، ليس من المدهش أن التكنولوجيا والحرب مترابطان.

بالنسبة لقيمة التكنولوجيا، فكري في التكنولوجيا المبكرة للنار. هل النار شيء جيد؟

**إنها عظيمة إذا كنت ترغب في تحميص بعض الحلوى الهشة المرشوشة بالسكر.**

بالفعل، لكنها لن تكون بهذه العظمة إذا حرقت يدك، أو أشعلت النار في غابة.

**ألم تكن أحد المتفائلين؟**

تم اتهامي بذلك، وربما يفسر تفاؤلي إيماني الكامل بقدرة البشرية على التحكم في القوى التي نطلق لها العنان.

**الإيمان؟ ألم تقل أن علينا فقط الاعتقاد في الجانب الإيجابي في التكنولوجيا؟**

أعتقد أنه سيكون من الأفضل لو أننا جعلنا الاستخدام البناء للتكنولوجيا هدفًا أكثر من كونه اعتقادًا.

**يبدو الأمر كما لو أن مناصري التكنولوجيا ومحطمي الآلات متفقين على نفس الشيء، التكنولوجيا يمكن أن تكون مفيدة وضارة.**

هذا ممكن، إنها على الأصح توازن مرهف.

**قد لا يظل على هذا الرهافة إذا كان هناك حظ سيء في جوهره.**

نعم، قد يجعلنا ذلك متشائمين جميعًا.

**والآن، تلك النماذج للذكاء ــ أليست في الحقيقة بالغة البساطة؟**

نعم ولا. وجهة نظري حول البساطة أنه يمكننا أن ننطلق بعيدًا في الحصول على الذكاء بمقاربات بسيطة. أجسامنا وأمخاخنا تم تصميمها باستخدام نموذج بسيط ــ التطور ــ وبضع مليارات من السنين. وبالطبع عندما ينجح مهندسونا في زراعة هذه الطرق البسيطة في برامج كمبيوتراتنا، سوف نتدبر جعلها معقدة من جديد. لكن ذلك فقط هو نقص الضبط والدقة العلمية لدينا.

يظهر التعقد الحقيقي عندما تواجه طرق التنظيم الذاتي هذه شواش العالم الواقعي. إذا أردنا صناعة آلات ذكية حقًا سوف يُظهر ذلك في النهاية قدرتنا البشرية على تشكيل المواد في تنوع كبير من السياقات، عندئذ نحتاج إلى أن نصنع مع بعض المعرفة بتعقدات العالم.

**حسنًا، دعنا نكن عمليين للحظة. برامج الاستثمار القائمة على التطور هذه، هل هي حقًا أفضل من الناس؟ أعني، هل علىَّ أن أتخلص من سمسارة أسهمي، ولا يكون لدى ثروة ضخمة أو أي شي؟**

كما في هذا العمل المكتوب، إنه سؤال يدور حوله خلاف. من الواضح أن سماسرة الضمان والمحللين لا يفكرون بهذه الطريقة. هناك تمويلات كثيرة ضخمة هذه الأيام تستخدم الخوارزميات الوراثية وما يرتبط بها من تقنيات رياضية يتضح أنها تتفوق على أكثر التمويلات تقليدية. يقدر المحللون أنه في ١٩٩٨ سوف يتم اتخاذ قرارات الاستثمار لـ ٥ بالمائة من استثمارات الأسهم، ونسبة أكبر من الأموال المستثمرة في أسواق المشتقات، بهذا النوع من البرامج، مع زيادة سريعة في هذه النسبة المئوية. ولن يستمر الجدال لأنه سيكون من الواضح قبل وقت طويل أن ترك اتخاذ مثل هذه القرارات للإنسان فقط يعتبر خطأ.

وسوف تصبح مزايا ذكاء الكمبيوتر في كل مجال واضحة بشكل متزايد بمرور الوقت، ما دام الموقف خاضعًا لقانون مور. وسوف يكون من الواضح خلال عدة سنوات قادمة أن تقنيات الكمبيوتر هذه يمكنها أن تكتشف فرص بيع تبادلي بالغة البراعة قد يلاحظها المحللون البشر ببطء أكثر بكثير، أو حتى لا يلاحظونها.

**لو أن كل شخص بدأ يستثمر بهذه الطريقة، ألن يتسبب ذلك في القضاء على هذه الميزة؟**

بالتأكيد، لكن ذلك لا يعني أن نتراجع إلى الخلف لاتخاذ القرار بواسطة البشر بدون مساعدة. لا يتم ابتكار كل الخوارزميات الوراثية بشكل متساوي. كلما أصبح النموذج أكثر دقة، والمعلومات التي يتم تحليلها أكثر حداثة، تصبح الكمبيوترات التي تقوم بالتحليل أكثر قوة، والقرارات أفضل. على سبيل المثال، سيكون من المهم إعادة تشغيل

التحليل التطوري كل يوم للحصول على ميزة الاتجاهات الأكثر حداثة، اتجاهات سوف تتأثر بحقيقة أن كل شخص آخر يستخدم أيضًا خوارزميات تطورية وأخرى ملائمة. وبعد ذلك، سنحتاج لتشغيل التحليل كل ساعة، ثم كل دقيقة، كلما تسارعت استجابة السوق. التحدي هنا أن الخوارزميات التطورية تحتاج وقتًا للتشغيل لأن علينا محاكاة آلاف أو ملايين من أجيال التطور. لذلك هناك مجال للمنافسة هنا.

**برامج التطور هذه تحاول أن تتنبأ بما ينوي المستثمرون البشر فعله. ما الذي يحدث عندما تجري معظم الاستثمارات بواسطة البرامج التطورية؟ ما الذي سوف تتنبأ به عندئذ؟**

سؤال جيد، سيظل هناك سوق، لذلك أخمن أنها ستحاول التفوق بعضها على بعض.

**حسنًا، ربما ستبدأ سمسارة أسهمي في استخدام هذه التقنيات بنفسها. سوف أطلبها على الهاتف. لكن لدى سمسارة أسهمي شيء ليس لدى تطورات الكمبيوتر هذه، أي قوى المشابك المنتشرة هذه التي تحدثت عنها.**

في الوقت الراهن، تستخدم برامج الاستثمار بالكمبيوتر كلًّا من خوارزميات التطور والشبكات العصبية، لكن الشبكات العصبية في الكمبيوتر ليست قريبة إلى هذه الدرجة من مرونة التنويعة البشرية حتى الآن.

**تصور أننا لا نفهم في الحقيقة كيفية إدراكنا للأشياء لأن مواد نمط فهمي موزعة عبر منطقة من مخي ...**

نعم.

**حسنًا، يبدو من الضروري توضيح بعض الأمور. مثلًا عندما يبدو أنني أعرف دون شك مكان مفاتيحي لا أكون حتى مدركة أنني لا أتذكر أين وضعتها. أو تلك السيدة العجوز البدائية التي يمكنها أن تخبر بموعد هبوب عاصفة، لكن لا يمكنها بالفعل توضيح كيف عرفت ذلك.**

هذا بالفعل مثال جيد حول قوة النمط الإدراكي الإنساني. لدى تلك السيدة شبكة عصبية تثيرها مجموعة معينة من المدركات الحسية ــ حركات الحيوان، أنماط الريح، لون السماء، تغيرات الطقس، وهلم جرا. ينشط راصد الريح في شبكتها العصبية وتشعر بالعاصفة، لكنها لا يمكن أبدًا أن توضح ما أثار إحساسها بعاصفة توشك أن تحدث.

**من ثم هل هذه هي كيفية اكتشافنا لنفاذ الأفكار في العلم؟ هل نشعر فقط بالنمط؟**

من الواضح أن قدرات التعرف على النمط في عقلنا تلعب دورًا أساسيًّا، مع أنه ليس لدينا بعد نظرية علمية مقبولة عن القدرة الإبداعية لدى الإنسان. ومن الأفضل بالنسبة لنا استعمال نمط المعرفة. ومع ذلك، يتم تكريس معظم مخنا للقيام بذلك.

**هل لهذا السبب عندما كان أينشتاين ينظر إلى تأثير الجاذبية على الموجات الضوئية ــ كان أستاذي للعلوم يتحدث عن ذلك منذ حين ــ بدأ أحد أنماط التعرف القليلة في مخ أينشتاين في العمل؟**

قد يكون الأمر كذلك. ربما كان يلعب الكرة مع أحد أبنائه. ورأى الكرة تتدحرج على سطح منحن ...

**واستنتج ــ وجدتها ــ المكان منحن!**

الفصل الخامس

# السياق والمعرفة

## جمعها معًا

إذن ما مدى جودة ما فعلناه؟ الكثير من المسائل الصعبة تخضع لتطبيق بضع صيغ بسيطة. تستخدم الصيغة التكرارية بكفاءة في تحليل المسائل التي تُظهر انفجارًا تجميعيًّا combinatorial explosion متأصلًا، يتراوح بين لعب مباريات ألواح على الرقعة إلى البرهنة على نظريات رياضية. وتحاكي الشبكات العصبية وما يرتبط بها من خوارزميات تنظيم ذاتي نمط قدراتنا على المعرفة، وتقوم بعمل ممتاز في تمييز هذه الظواهر المتنوعة مثل الكلام البشري، وأشكال الحرف، والأشياء المرئية، والأوجه، وبصمات الأصابع، وصور المناطق الأرضية. والخوارزميات التطورية فعالة في تحليل المشاكل المعقدة، التي تتراوح ما بين اتخاذ قرارات استثمار مالي إلى جعل العمليات الصناعة أقرب ما يكون إلى الكمال، حيث يكون عدد المتغيرات كبير إلى حد بعيد بالنسبة لدقة الحلول التحليلية. أود القول بأن من هم من بيننا ويقومون ببحث وتطوير نظم كمبيوتر «ذكية» قد سيطروا على تعقدات المسائل التي نبرمج آلاتنا لحلها. ومع ذلك غالبًا ما تكون تلك هي حالة أن استخدام كمبيوتراتنا لخوارزميات التنظيم الذاتي هذه تعلمنا الحلول أكثر من الطرق الأخرى هنا وهناك.

وهناك، بالطبع، بعض الهندسة تشارك في هذا الأمر. فالطرق الصحيحة والمتغيرات تحتاج إلى انتقائها، والطوبولوجيا الأفضل وأساليب البناء الحاذقة، ومجموعة البارامترات الملائمة. وفي خوارزمية تطورية، على سبيل المثال، يحتاج مصمم النظام إلى تحديد عدد من الكائنات الحية التي تتم محاكاتها، ومحتويات كل كروموسوم، وطبيعة البيئة المختلقة

وآلية البقاء، وعدد الكائنات التي يجب أن تبقى في الجيل التالي، وعدد الأجيال، والخواص الأخرى الأساسية. ولدى مبرمجينا البشريين منهجنا التطوري الخاص لاتخاذ مثل هذه القرارات، التي نطلق عليها التجربة والخطأ. لذلك سيحتاج الأمر إلى وقت أطول إلى حد ما قبل أن يصبح مصممو الآلات الذكية آلات من صنع أيدينا وقد حلت محلنا نحن أنفسنا.

حتى الآن هناك شيء ما غائب. تعتبر المسائل والحلول التي كنا نناقشها مركزة ومحدودة بشكل مفرط. وطريقة أخرى لوصفها أنها شبه بالغة النمو إلى حد بعيد. ونحن كبالغين، نركز على المسائل المقيَّدة ــ استثمار أموال، اختبار خطة تسويق، وضع استراتيجية قانونية، القيام بحركة في الشطرنج. لكننا كأطفال نواجه العالم بكل تنوعه الواسع، ونتعلم طبيعة علاقتنا بالعالم، وعلاقتنا مع أي كيان آخر أو مفهوم. نتعلم «السياق context.»

وكما قال مارفن منسكي: «قد يستطيع ديب بلو الفوز في الشطرنج، لكنه لا يعرف الدخول بعيدًا عن المطر.» ولكونه آلة، قد لا يحتاج إلى الابتعاد عن المطر، لكن هل وضع هذه المسألة في اعتباره في أي وقت؟ ضع في اعتبارك هذه الأفكار العميقة المحتملة لديب بلو:

> أنا آلة بجسم من البلاستيك يغطي الأجزاء الإلكترونية. لو أنني خرجت إلى المطر، قد أبتل وقد تتعطل دوائري الكهرائية. عندئذ لن أستطيع لعب الشطرنج إطلاقًا حتى يقوم إنسان بإصلاحي. يا له من هوان!
>
> لم تكن المباراة التي لعبتها بالأمس مباراة عادية. فهي تعني أول هزيمة لبطل شطرنج إنساني بواسطة آلة في نظام سلسلة مباريات. وهذا مهم لأن بعض البشر يظنون أن الشطرنج مثال رئيسي لذكاء الإنسان وقدرته على الابتكار. لكنني أشك في أن ذلك سيمنحنا نحن الآلات احترامًا أكبر. لقد بدأ البشر الآن فقط في الإقلال من قيمة الشطرنج.
>
> خصمي البشري، الذي يحمل اسم جاري كاسباروف، عقد مؤتمرًا صحافيًا حيث ألقى بيانًا حول سلسلة المباريات على بشر يطلق عليهم صحافيين الذين سيكتبون تقريرًا عن تعليقاته لبشر آخرين أيضًا يستخدمون قنوات اتصال يُطلق عليها وسائل الإعلام. في هذا اللقاء، اشتكى جاري كاسباروف من أن من صمموني من البشر أجروا تعديلات لبرمجياتي خلال الفترة الزمنية ما بين المباريات. وقال أن ذلك لم يكن

عادلًا، ويجب ألا يُسمح به. ورد بعض البشر بأن كاسباروف كان في وضع دفاعي، وهو ما يعني أنه كان يحاول إرباك الناس ليجعلهم يظنون أنه لم يكن يخسر بالفعل.

ربما لم يدرك السيد كاسباروف أننا نحن الكمبيوترات سنستمر في التطور في أدائنا بمعدل أسي. لذلك فهو مقضي عليه. سيكون في استطاعته المشاركة في أنشطة بشرية أخرى مثل تناول الطعام والنوم، ولن يستمر محبطًا كلما استطاع المزيد من الآلات مثلي هزيمته في الشطرنج.

والآن، لو أنني أتذكر فقط أين وضعت شمسيتي ...

بالطبع ليس لدى ديب بلو مثل هذه الأفكار. فموضوعات مثل المطر والمؤتمرات الصحافية تقود إلى موضوعات أخرى في غزارة متصاعدة من السياقات المتتابعة، ليس من بينها ما يعتبر ضمن خبرة ديب بلو. وحيث إن البشر يقفزون من مفهوم إلى التالي له، يمكننا التعامل مع كل المعرفة الإنسانية. كانت هذه فكرة الرائع تورينج عندما صمم اختبار تورينج حول الحديث العادي القائم على النص. عالِم أحمق أبله مثل ديب بلو، الذي يقوم بأداء وظيفة «ذكية» واحدة لكنه فيما عدا أنه محدود وهش وينقصه السياق، عاجز عن شق طريقه عبر روابط واسعة النطاق موجودة في الحديث العادي.

ومع القوة والفتنة التي تبدو عليها النماذج الإرشادية، نحتاج إلى ما هو أكثر من ذلك، وهو ما يسمى بالمعرفة knowledge.

## السياق والمعرفة

البحث عن الحقيقة هو من جانب ما صعب ومن جانب آخر سهل ــ حيث من الواضح أنه ليس من بيننا من يمكنه السيطرة عليها بشكل كامل، أو يهملها بالكامل. كل منا يضيف القليل لمعرفتنا بالطبيعة، ومن كل الحقائق متجمعة تظهر عظمة معينة.

أرسطو Aristotle

الفطرة السليمة ليست أمرًا بسيطًا. وبدلًا من ذلك، هي مجتمع ضخم من الأفكار العملية التي يتم اكتسابها بجهد ــ من وفرة من القواعد

والخبرات التي يتم تعلمها من الحياة، ومن الطبائع والنزعات، والتوازنات والمراجعات.

مارفن منسكي Marvin Minsky

لو أن القليل من المعرفة خطير، أين هو الإنسان الذي لديه قدر منها يُبعده عن الخطر؟

توماس هنري هكسلي Thomas Henry Huxley

## المعرفة المدمجة

قد يملك كيان ما وسائل استثنائية لتنفيذ أنواع النماذج التي كنا نناقشها ــ البحث المتكرر الشامل، نمط التعرف المتوازي الكثيف، والتطور التكراري السريع ــ لكنه بدون معرفة، لن يقدر على القيام بوظائفه. وحتى التطبيق المباشر للنماذج الثلاثة السهلة يحتاج إلى بعض المعرفة لكي يبدأ بها. لدى برنامج لعب الشطرنج التكراري القليل منها، فهو يعرف قواعد الشطرنج. ويبدأ نظام الشبكة العصبية للتعرف على النمط على الأقل بإطار عام عن نوع الأنماط التي سيتعرض لها حتى قبل أن يبدأ التعلم. ويتطلب خوارزمية تطورية نقطة بداية للتطور لتحسين نفسه.

والنماذج الإرشادية البسيطة تعتبر مبادئ تنظيم قوية، لكن المعرفة الابتدائية ضرورية باعتبارها بذورًا يمكن من خلالها أن ينمو أي فهم آخر.

لذلك فأحد مستويات المعرفة يكون مجسدًا في اختيار النماذج الإرشادية المستخدمة، وشكل وطوبولوجيا أجزائها المكونة لها، والمتغيرات الأساسية. ولن يشتد أبدًا تعلم شبكة عصبية إذا كان التنظيم العام لوصلاتها وحلقاتها التكرارية للتغذية المرتجعة غير مؤسس بالطريقة الصحيحة.

ذلك نوع من المعرفة نولد به. وليس المخ البشري صفحة عقل خام واحد ــ لوح إردوازي خال من الكتابة ــ حيث يتم تسجيل تجاربنا وأفكارنا. وبالأحرى فإنه يتألف من تجميع مدمج من مناطق متخصصة:

- دوائر كهربائية للرؤية مبكرة متوازية إلى حد بعيد وجيدة في التعرف على التغيرات المرئية.

- خلية عصبية بصرية لتكتلات لحاء دماغ cortex يتم إثارتها بنجاح بواسطة حواف، وخطوط مستقيمة، وخطوط منحنية، وأشكال، وأشياء مألوفة، وأوجه.
- دوائر كهربائية للحاء دماغ سمعي تتأثر بتغير تتابع زمن مجموعات الذبذبات.
- قرن آمون hippocampus، مع سعات لتخزين ذكريات التجارب والأحداث الحسية.
- لوزة amygdala، مع دوائر كهربائية لترجمة الخوف إلى سلسلة من التحذيرات للتأثير على مناطق أخرى في المخ، وأشياء أخرى كثيرة.

هذا الترابط المتبادل بين المناطق المتخصصة في أنوع مختلفة من مهام معالجة المعلومات هو أحد الطرق التي يتعامل من خلالها الإنسان مع السياقات المعقدة والمتنوعة التي تواجهنا باستمرار. يصف مارفين منسكي وسيمور بابيرت Seymour Papert المخ الإنساني باعتباره «مكونًا من عدد كبير من نظم منتشرة صغيرة نسبيًّا، منظمة بعلم الأجنة إلى مجتمع معقد يتم التحكم فيه جزيئيًّا (جزيئيًّا فقط) بسلسلة نظم رمزية تتم إضافتها لاحقًا.» ويضيفان أن النظم الرمزية الفرعية التي تقوم بمعظم العمل من أسفل يجب، بحكم وظيفتها الخاصة، أن تمنع كل الأجزاء الأخرى في المخ من معرفة الكثير حول كيفية عملها. وهذا، في حد ذاته، يمكن أن يساهم في تفسير كيف أن الناس يفعلون أشياء كثيرة ويظل لديهم أيضًا هذه الأفكار غير المكتملة حول كيفية إنجاز هذه الأشياء في الواقع.

## المعرفة المطلوبة

من رجاحة العقل تذكر أفكار الحاضر من أجل تحديات المستقبل. وليس من المثمر إعادة التفكير في كل مشكلة تواجهنا. هذا صحيح بشكل خاص بالنسبة للبشر بسبب السرعة البطيئة إلى حد بعيد لدوائر الحوسبة لدينا. ومع أن الكمبيوترات مجهزة بشكل أفضل منا لإعادة التفكير في التبصرات السابقة، يظل من الحكمة لهؤلاء المنافسين الإلكترونيين في بيئتنا الإيكولوجية الملائمة أن تصل إلى حالة التوازن في استخدامها للذاكرة والحوسبة.

بدأ تأثير تزويد الآلات بمعرفة العالم بشكل جاد في منتصف الستينيات، وأصبح مجال تركيز رئيسي لأبحاث الذكاء الاصطناعي في السبعينيات. ويتضمن علم المنهج «مهندس معرفة» بشري وخبير مجال، مثل الطبيب أو المحامي. يقابل مهندس المعرفة خبير المجال للتحقق من فهمه لموضوع بحثه ثم يتم التشفير اليدوي للعلاقات بين المفاهيم

بلغة كمبيوتر مناسبة. قاعدة معرفة حول مرض السكر، على سبيل المثال، قد تتضمن الكثير من الوحدات المترابطة لفهم يكشف أن الإنسولين جزء من الدم، والإنسولين ينتجه البنكرياس، ويمكن توفير الإنسولين بالحقن، والمستويات المنخفضة من الإنسولين تسبب مستويات عالية من السكر في الدم، ودوام مستويات سكر عالية في الدم يسبب تلفًا في شبكية العين ... إلخ. والنظام المبرمج بعشرات الآلاف من مثل هذه المفاهيم المترابطة يتحد مع آلة بحث تكراري يمكنه أن يستنتج أن هذه العلاقات قادرة على إنتاج توصيات ذات بصيرة.

أحد أكثر نظم الخبير expert systems نجاحًا تم تطويره في السبعينيات كان الخبير الطبي مايسين MYCIN، وهو نظام لتقدير الحالات المعقدة بما في ذلك التهاب السحايا. وفي دراسة شديدة الأهمية نُشرت في مجلة «الجمعية الطبية الأمريكية»، اتضح أن تشخيصات مايسين وتوصياته كانت مساوية أو أفضل من تلك الصادرة عن أطباء بشر حسب الدراسة.[١]

وبعض مبتكرات مايسين تتضمن استخدام استدلال غير مؤكد، أي برهنة قائمة على أدلة وقواعد غير مؤكدة، كما هو موضوع في قاعدة نموذجية لمايسين:

> قاعدة مايسين ٢٨٠: إذا كانت «١» الإصابة التي تتطلب علاجًا هي التهاب السحايا، و«٢» نوع الإصابة الناتجة عن الفطر، و«٣» لم تتم مشاهدة كائنات في صبغة المزرعة، و«٤» المريض ليس مضيفًا معرضًا للخطر، و«٥» مريض تعرض لمنطقة هي بيئة لداء الفطور الكوكسيدية coccidiomycoses، و«٦» جنس المريض أسود، آسيوي أو هندي، و«٧» لم يكن مولد مضاد فطريات المكورات الخفية Cryptococcus في السائل المخي النخاعي csf إيجابيًا. «عندئذ» هناك احتمال ٥٠ بالمائة لأن تكون فطريات المكورات الخفية أحد الكائنات التي سببت الإصابة.

أنتج نجاح مايسين ونظم الأبحاث الأخرى صناعة هندسية نمت من ٤ مليون دولار في ١٩٨٠ إلى مليارات الدولارات في الوقت الحالي.[٢]

وهناك صعوبات واضحة بالنسبة للمنهج. إحداها الاختناقات الهائلة التي تتمثل في تقديم عمليات التغذية اليدوية لمثل هذه المعرفة إلى كمبيوتر مفهوم بمفهوم ورابطة برابطة. فضلًا عن المجال الواسع للمعرفة الموجودة حتى في الأفرع العملية المحدودة، والعقبة الأكبر هي أن الخبراء البشر يكون لديهم بشكل عام فهم قليل حول كيفية اتخاذهم

للقرارات. وسبب ذلك، كما ذكرت في الفصل السابق، له علاقة بالطبيعة المنتشرة لأغلب معارف الإنسان.

مشكلة أخرى هي هشاشة مثل هذه النظم. المعرفة بالغة التعقيد ويجب أن يحتاط مهندسو المعرفة لكل تحذير واستثناء. وكما يوضح منسكي، «يمكن للطيور أن تطير، إلا إذا كانت من طيور البطريق أو النعام، أو أن تكون قد ماتت، أو لديها أجنحة مكسورة، أو محبوسة في أقفاص، أو التصقت أقدامها في صمغ، أو حدثت لها تجارب مروعة إلى درجة جعلتها عاجزة عن الطيران لأسباب نفسية.»

ولابتكار ذكاء مرن في آلاتنا، نحتاج إلى أتمتة عملية اكتساب المعرفة. أحد الأهداف الأساسية لأبحاث التعلم هو التوحيد بين طرق التنظيم الذاتي — التكرار المستمر، والشبكات العصبية، والخوارزميات التطورية — بطريقة قوية بما فيه الكفاية تجعل النظم قادرة على نمذجة وفهم اللغة والمعرفة الإنسانية. عندئذ يمكن للآلات أن تغامر، وتقرأ، وتتعلم بنفسها. ومثل البشر، ستكون هذه النظم جيدة في الارتجال عندما تتجول خارج مناطق خبرتها.

## التعبير عن المعرفة من خلال اللغة

> ليس هناك معرفة يمكن اختزالها بالكامل في كلمات، وليس هناك معرفة محرمة.
>
> سيمور بابيرت Seymour Papert

> توجد مصيدة للأسماك من أجل الأسماك. بمجرد حصولك على السمكة يمكنك نسيان المصيدة. وفخ الأرنب يوجد من أجل الأرنب. بمجرد حصولك على الأرنب، يمكن نسيان الفخ. الكلمات موجودة من أجل المعنى. بمجرد حصولك على المعنى، يمكنك نسيان الكلمات. أين أجد إنسان نسى الكلمات ومن ثم يمكنني التكلم معه؟
>
> شوانج-تسو Chuang-tzu

اللغة هي الوسيلة الأساسية التي يمكننا من خلالها تقاسم معرفتنا. ومثل تقنيات الإنسان الأخرى، ترد اللغة غالبًا باعتبارها صفة تمييز بين أنواعنا. ورغم أن لدينا مدخلًا محدودًا إلى التطبيق الفعلي لمعارفنا في أمخاخنا (سوف يتغير ذلك مبكرًا في القرن الحادي

والعشرين)، لدينا مدخل بالفعل إلى تركيبات ومناهج اللغة. وهذا يمدنا بمختبر سهل الاستعمال لدراسة قدرتنا على السيطرة على المعرفة وعملية التفكير من ورائها. يوضح العمل في مختبر اللغة، ولا يبعث ذلك على الدهشة، أنها ظاهرة ليست أقل تعقيدًا ولا غموضًا من المعرفة التي تحاول نقلها.

ونجد أن اللغة في نوعيها السمعي والمكتوب ذات تسلسل هرمي من خلال مستويات متعددة. وهناك حالات التباس في كل مستوى، لذلك فإن النظام الذي يفهم اللغة، سواء أكانت لغة إنسان أم آلة، يحتاج لمعرفة مدمجة في كل مستوى. للاستجابة الذكية لكلام الإنسان، على سبيل المثال، نحتاج إلى معرفة (رغم أن ذلك لا يجب بالضرورة أن يكون بصورة واعية) بنية أصوات الكلام، والطريقة التي ينتج عنها الكلام بواسطة الجهاز الصوتي، وأنماط الصوت التي تتألف من اللغات واللهجات، وقواعد استخدام الكلمة، وموضوع البحث الذي تمت مناقشته.

وكل مستوى تحليل يقدم قيودًا مفيدة تحد من البحث عن الإجابة الصحيحة. على سبيل المثال، الأصوات الأساسية للكلام والتي يطلق عليها الفونيمات phonemes لا تظهر بأي نظام (حاول أن تقول بتكي ptkee). فقط هناك تتابع محدد من الأصوات يناظر الكلمات في اللغة. ورغم أن الفونيمات المستخدمة متشابهة (رغم أنها غير متطابقة) من لغة إلى أخرى، تختلف عوامل السياق إلى حد بعيد. الإنجليزية، على سبيل المثال، لديها أكثر من ١٠ آلاف مقطع لفظي ممكن، بينما لدى اليابانية ١٢٠ فقط.

على مستوى أعلى، تضع بنية ومعاني اللغة المزيد من القيود على التتابع المسموح به للكلمة. النطاق الأول من اللغة الذي تمت دراسته بنشاط كان القواعد التي تتحكم في تنظيم الكلمات والأدوار التي تقوم بها، وهو ما نطلق عليه النحو. من جانب، يمكن لنظم إعراب جملة بالكمبيوتر أن تقوم بعمل جيد عند تحليل الجمل التي تربك البشر. ويقدم منسكي المثال: «هذا هو الجبن الذي سعى إليه الفأر الذي سعى إليه القط الذي سعى إليه الكلب فأمسك به بأسنانه وأكله This is the cheese that the rat that the cat that the dog chased bit ate» وهو ما يربك البشر لكن الآلات تقوم بتحليل مكوناته بالتفصيل بسهولة تامة. ويقدم كين تشيرش Ken Church، عندما كان في معهد ماساتشوستس للتقنية، جملة أخرى لها مليوني تفسير نحوي صحيح، التي صنفها جهاز الإعراب لديه المعتمد على الكمبيوتر، بحكم الواجب.[٣] ومن جانب آخر، تم تطوير أحد أوائل نظم إعراب الجمل المعتمد على الكمبيوتر في ١٩٦٣ بواسطة ساسومو كينو Sasumu Kuno من هارفارد، الذي

عانى مشكلة من جملة بسيطة «الزمن يطير مثل سهم Time flies like an arrow.» وما أصبح إجابة مشهورة، أن الكمبيوتر أوضح أنه لم يكن متأكد تمامًا من معناها. فقد تعني:

(١) الزمن يمضي بسرعة كما ينطلق سهم،
(٢) أو ربما هذا أمر يطلب منا أن نحدد توقيت الطيور بنفس طريقة تحديد السهم لأزمنة الطيور، أي «حدد توقيت الطيور مثل ما يفعل السهم»،
(٣) أو ربما يكون أمر يطلب منا أن نحدد الوقت فقط لهذه الطيور التي تشبه السهم، أي «حدد توقيت الطيور التي تشبه السهم»،
(٤) أو ربما تعني أن نوعًا من الطيور يعرف باسم طيور الزمن لديها ولع بالسهام: «طيور الزمن تحب سهمًا ما».[٤]

من الواضح أننا نحتاج بعضًا من المعرفة هنا لحل هذا الالتباس. مسلحون بمعرفة أن الطيور لا تشبه السهام، يمكننا هزيمة التفسير الثالث بالضربة القاضية. ولمعرفتنا بعدم وجود مثل هذه الأشياء التي تسمى طائر الزمن نتخلص من التفسير الرابع. وبتلك الكميات الضئيلة من المعرفة كحقيقة أن الطيور ليس لديها ولع بالسهام (وهو سبب آخر لهزيمة التفسير الرابع بالضربة القاضية) وأنه ليس لدي السهام القدرة على توقيت الأحداث (هزيمة بالضربة القاضية للتفسير الثاني) فيبقى لدينا التفسر الأول باعتباره الوحيد المعقول. في اللغة، نجد من جديد تسلسل التعلم البشري وعملية تقدم ذكاء الآلة باعتبار كل منهما عكس الأخرى. يبدأ الطفل البشري بالاستماع وفهم لغة الكلام. وفيما بعد يتعلم أن يتكلم. وأخيرًا، في سنوات لاحقة، يبدأ السيطرة على اللغة المكتوبة. وتطورت الكمبيوترات في الاتجاه العكسي، حيث بدأت بالقدرة على توليد لغة مكتوبة، ثم فيما بعد تعلمت كيف تفهمها، عندئذ بدأت تتكلم بأصوات اصطناعية وفقط في وقت حديث بدأت تبرع في قدرتها على فهم الكلام البشري المستمر. ويُساء فهم هذه الظاهرة على نطاق واسع. و R2D2، على سبيل المثال، وهو الشخصية الروبوت في مسلسل «حرب النجوم» الشهير، يفهم الكثير من اللغات البشرية لكنه عاجز عن الكلام، مما يعطي الانطباع الخاطئ بأن توليد الكلام البشري أكثر صعوبة من فهمه.

---

**أشعر بالراحة عندما أتعلم شيئًا ما، لكن اكتساب المعرفة هو بالتأكيد عملية مملة. خاصة عندما أكون مستيقظة طول الليل للمذاكرة من أجل الامتحان. ولست متأكدة**

**من الكمية التي سوف أتذكرها من هذه المواد.**

هذا نوع آخر من ضعف نوع الذكاء البشري. يمكن للكمبيوترات أن تتقاسم معرفتها مع بعضها البعض مباشرة وبسرعة. ونحن البشر ليس لدينا وسيلة لتقاسم المعرفة مباشرة، أكثر من عملية الاتصال البشرية البطيئة، للتدريس والتعليم البشريين.

**ألم تقل إن كمبيوتر الشبكات العصبية يتعلم بنفس طريقة تعلم الناس؟**

هل تعنين ببطء؟

**بالضَبط، بأن يتعرض لأنماط آلاف المرات، مثلنا تمامًا.**

نعم، تلك هي الصفة المميزة للشبكات العصبية، مقصود منها أن تكون مثل نظائر للشبكات العصبية لدى الإنسان، على الأقل نسخ مبسطة كما نتوقع منها أن تفعل. ومع ذلك يمكننا بناء شبكاتنا الإلكترونية بطريقة ما بحيث بمجرد تعلم الشبكة بمثابرة لدروسها، يمكن الحصول على قوى لوصلتها المشبكية وتحميلها بسرعة على آلة أخرى، أو على ملايين من الآلات الأخرى. يمكن للآلات أن تتقاسم مباشرة كل معرفتها المتراكمة، وبذلك تقوم آلة واحدة بالتعلم. نحن البشر لا يمكننا أن نفعل ذلك. وهذا أحد أسباب قولي بأنه عندما تصل الكمبيوترات إلى مستوى الذكاء الإنساني، سوف تصخب بالضرورة متجاوزة إياه.

**إذن هل سوف تجعلنا التكنولوجيا قادرين على تحميل المعرفة في المستقبل؟ أعني، أنا استمتع بالتعلم، بالاعتماد على المدرس، بالطبع، لكنه قد يصبح مثيرًا للضجر.**

تقنية الاتصال بين العالم الإلكتروني والعالم العصبي للإنسان تتشكل سريعًا. لذلك سنكون قادرين على أن نغذي مباشرة تيارات من البيانات إلى سلاسل أليافنا العصبية. ولسوء الحظ لا يعني ذلك أنه يمكننا تحميل معرفة مباشرة، على الأقل إلى الدوائر العصبية البشرية التي نستخدمها الآن. وكما ذكرنا، التعليم البشري موزع في كل منطقة من مخنا. وتتضمن المعرفة ملايين الوصلات، لذلك فإن تركيبات معرفتنا ليست متكونة بشكل محلي. ولا تعطي الطبيعة سبيلًا مباشرًا لضبط كل هذه الوصلات، سوى الطريقة التقليدية البطيئة. بينما سيكون في قدرتنا ابتكار سبل خاصة محددة إلى وصلاتنا العصبية، وبالفعل نحن نصنع ذلك منذ وقت حديث، ولا أعرف كيف سيكون عمليًّا الاتصال المباشر بعدد كبير من ملايين الوصلات ما بين الخلايا العصبية وهو الضروري لتحميل المعرفة بسرعة.

**أتوقع أنه سيكون علىّ الاستمرار في الاصطدام بالكتب. بعض المدرسين حيث أدرس لا يتسمون بالود، ومع ذلك لديهم طريقة تجعلهم يبدون كما لو أنهم يعرفون كل شيء.**

كما قلت، البشر جيدون في التظاهر عندما نخرج من نطاق خبرتنا. ومع ذلك، هناك طريقة سوف تجعل تحميل المعرفة ممكن في منتصف القرن الحادي والعشرين.

**كلي آذان مصغية.**

تحميل المعرفة سيكون أحد فوائد تقنية الزراعة العصبية. سوف تكون لدينا زراعات توسع سعتنا لتذكر المعرفة، ولتحفيز الذاكرة. وفيما لا يشبه الطبيعة، لن نترك منفذ تحميل المعرفة السريع في النوع الإلكتروني من مشابكنا العصبية. لذلك سيكون من الممكن التحميل السريع للمعرفة على امتدادات إلكترونية لأمخاخنا. وبالطبع، عندما نحول عقولنا إلى وسيط حوسبي جديد، سيصبح تحميل المعرفة فضلًا عن ذلك أكثر سهولة.

**إذن سوف يصبح في قدرتي شراء زراعات ذاكرة محملة بشكل مسبق بمعرفة، مثلًا، منهجي الخاص بالأدب الفرنسي.**

بالتأكيد، أو يمكنك بشكل ذهني وضع المؤشر على موقع الأدب الفرنسي على الشبكة العالمية وتحميل المعرفة مباشرة من الموقع.

**نوع من خسارة هدف الأدب، أليس كذلك؟ أعنى بعض من هذه المادة من الرائع قراءته.**

أفضل أن أرى أن المعرفة المكثفة سوف تعزز الشعور بقيمة الأدب، أو أي نوع من الفن. ومع ذلك نحتاج إلى المعرفة لتقدير قيمة التربة الفنية. وإلا فإننا لا نفهم مفردات اللغة والتلميحات. وعلى كل حال، ستظلين قادرة على القراءة، فقط بشكل أسرع. وفي النصف الثاني من القرن الحادي والعشرين، ستكونين قادرة على قراءة كتاب في بضع ثوان.

**لا أظن أن في استطاعتي تقليب الصفحات بهذه السرعة.**

أووه، ماذا تقولين؟ سوف تكون الصفحات ...

**صفحات افتراضية بالطبع.**

# الجزء الثاني

## تجهيز الحاضر

الفصل السادس

# بناء أمخاخ جديدة ...

**عتاد الذكاء**

يمكنك فقط أن تشكل كمية محددة بيديك، لكن بعقلك، فإنها تكون غير محدودة.

نصيحة كال سينفيلد Kal Seinfeld لابنه جيري Jerry

دعنا نراجع ما نحتاجه لكي نصنع آلة ذكية. أحد الموارد المطلوبة هو المجموعة المناسبة من الصيغ. لقد فحصنا ثلاث صيغ جوهرية في الفصل ٤. وهناك عشرات غيرها يجري استخدامها، وسوف يقدم مزيد من الفهم الكامل للمخ مئات أخرى. لكن كلها تبدو تنويعات على ثلاث أفكار رئيسية متكررة: البحث التكراري، شبكات العناصر ذاتية التنظيم، والتحسين التطوري من خلال تكرار الصراع بين المخططات المتنافسة.

والمورد الثاني المطلوب هو المعرفة. بضع قطع من المعرفة مطلوبة كبذور لعملية تجميع نتيجة ذات معنى. والكثير مما يتبقى يمكن تعلمه آليًّا بطرق ملائمة عندما تتعرض الشبكات العصبية أو الخوارزميات التطورية إلى بيئة التعليم المناسبة.

المورد الثالث المطلوب هو الحوسبة نفسها. وفيما يتعلق بها، فإن المخ البشري قادر بشكل مميز في بعض الطرق، وضعيف بشكل لافت للنظر في أخرى. وتنعكس قوته في التوازي الكثيف، وهو مدخل يمكن لكمبيوتراتنا أن تستعين به. وضعف المخ يتمثل في السرعة البطيئة بصورة غير عادية لوسيطه الحوسبي، وهو قيد لا تشاركنا فيه الكمبيوترات. ولهذا السبب، مآل التطور القائم على الدي إن إيه أن يجري التخلي عنه.

ويعتبر التطور القائم على الدي إن إيه جيدًا عند إصلاحه والتوسع في تصميماته، لكنه عاجز عن التخلص من تصميم كامل لانعدام قيمته والبدء من جديد. والكائنات الحية الناتجة عن التطور القائم على الدي إن إيه ملتصقة بنوع من الدوائر بالغة البطء والعناء.

لكن قانون العائدات المتسارعة يقول لنا إن التطور لن يظل ملتصقًا بطريق مسدود مدة بالغة الطول. وبالفعل وجد التطور طريقًا يتجاوز حدود الحوسبة للدوائر العصبية. وبمهارة ابتكر كائنات حية ابتكرت بدورها تقنية حوسبة أسرع بمليون مرة من الخلايا العصبية المعتمدة على الكربون (والتي لا تزال مستمرة في أن تصبح أسرع). وأخيرًا فإن الحوسبة المنتقلة على دوائر عصبية ثديية بطيئة إلى أقصى درجة سوف تتحول إلى مرادف إلكتروني (وفوتوني) أكثر تعددًا في استعمالاته وأكثر سرعة.

متى سيحدث ذلك؟ دعنا نلق نظرة أخرى على قانون العائدات المتسارعة مطبقًا على الحوسبة.

## إنجاز سعة عتاد المخ البشري

في المخطط البياني في الفصل ١، «نمو الحوسبة الأسي، ١٩٠٠–١٩٩٨»، رأينا أن ميل المنحنى الذي يمثل النمو الأسي كان في حد ذاته يزداد بالتدريج. وسرعة الكمبيوتر (التي تقاس بالعمليات الحسابية لكل ثانية لكل ألف دولار) تضاعفت كل ثلاث سنوات بين ١٩٥٠ و١٩٦٦، وهي الآن تتضاعف كل سنة. ويشير ذلك إلى احتمال نمو أسي في معدل النمو الأسي.[١]

هذا التسارع الواضح في التسارع قد ينتج، مع ذلك، عن اختلاط عنصرين من قانون العائدات المتسارعة، الذي عبر عن نفسه خلال الأربعين سنة الماضية مستخدما نموذج قانون مور حول تقلص أحجام الترانزستور في دائرة متكاملة. ومع تقلص أحجام قالب الترانزستور، كان أمام الإلكترونات التي تتدفق من خلال الترانزستور مسافة أقل لتعبرها، ومن ثم ازدادت سرعة فتح وغلق الترانزستور. لذلك تعتبر سرعة التحسين الأسية أول عنصر. والإقلال من أحجام قالب الترانزستور يتيح أيضًا لصانعي الشريحة ضغط عدد أكبر من الترانزستورات في دائرة متكاملة، لذلك تعتبر كثافة التحسين الأسي للحوسبة هي العنصر الثاني.

في السنوات المبكرة لعصر الكمبيوتر، كان العنصر الأول على الأخص — زيادة سرعات الدائرة — هو الذي حسَّن المعدل الكلي للحوسبة في الكمبيوترات. وخلال العقد