2. سعياً وراء المخلوق الاصطناعي

استخدم الجنس البشري على الدوام تقانة العصر لصنع صور حقيقية ومتخيلة للحيوانات، وللبشر. فرسومات كهف شوفي بون دارك (Chauvet pont D'Arc) في فرنسا، التي تعود إلى ما قبل 30 ألف سنة من الآن، تصور خراتيت، ودببة، وأسوداً، وفيلة الماموث، جنباً إلى جنب مع صور لأذرع بشرية وغيرها من أعضاء الجسم البشري. أما في كهوف لاسكو (Lascaux) في فرنسا أيضاً، فتوجد صور لأشخاص يقنصون حيوانات البيسون (الثور الأمريكي) تعود إلى ما قبل 17 ألف سنة.

إلى جانب الأواني الفخارية التي كانت تحوي الطعام والشراب، وتعود إلى حوالي 7000 آلاف سنة من الآن، بدأ الأوروبيون والصينيون بصنع تماثيل فخارية صغيرة تمثل حيوانات وأشخاصا. كما نحت البشر في حقب مبكرة تماثيل من الخشب والصخر. وحالما أصبح بالإمكان صهر المعادن،

قبل حوالي أربعة آلاف سنة، ظهرت تماثيل معدنية لحيوانات وأشخاص. ولا شك أن هذه التماثيل الجامدة قد لعبت أدواراً فنية ودينية في حياة البشر منذ ما قبل التاريخ المكتوب.

كانت هذه الرسومات والمنحوتات تمثيلات للحيوانات وللبشر، لكنها لم تكن «تعمل» أو «تتحرك» بأي طريقة من الطرق. فقد كانت بحاجة للتقانات الآلية لإضفاء هذا الجانب الواقعي من المخلوقات الاصطناعية.

«المخلوقات» الآلية

حين اخترعت العجلة والمفصلة، استخدم كل منهما بسرعة في صنع تماثيل متحركة على شكل أشخاص، أو حيوانات يمكن جرها على الأرض بواسطة خيط. لقد وجدت منحوتات لخنازير وأسود صنعت بنفس الطريقة من الحجر الكلسي في معبد سوسه في إيران، تعود إلى ما قبل حوالي ثلاثة آلاف ومائة سنة. وفي أوج الحضارة الفرعونية القديمة صنعت تماثيل متحركة (وناطقة في بعض الأحيان باستخدام حيلة الممرات التي يخرج عبرها الصوت من الفم) يتحكم بها الكهنة بطريقة سرية. في طيبة، قام تمثال متحرك لآمون باختيار الملك الجديد عن طريق الإشارة بذراعه (بواسطة كاهن متوار عن الأنظار) حين كان أعضاء الأسرة المالكة الذكور يسيرون في موكب أمامه.

تم تطوير الساعة المائية خلال العصرين الإغريقي والروماني. أما أبكر النماذج منها، كتلك التي عثر عليها في ضريح امنحوتب الأول الذي دفن قبل حوالي 3500 سنة، فكانت تجمع نقط الماء بطريقة بسيطة. وقبل 2000 سنة، أضاف اليونان والرومان الكبّاس، وجهاز التعشيق لنقل الحركة، وترس السقاطة، بحيث يمكن إضافة النموذج القديم لوجه الساعة الحديث. وبحلول عام 100م، صنع «بطل الإسكندرية» أشكالا بشرية تتحرك بالهواء المضغوط .

كما كتب بإسهاب عن الساعة المائية، وصنع محركاً بخارياً بدائياً.

بعد ذلك، وخلال معظم فترات العصور الوسطى، لم يتحقق شيء يستحق الذكر في مجال التقدم الميكانيكي أو التكنولوجي. وعلى الرغم من المزاعم التي تشير إلى أن روجر بيكون بنى «رأسا» ميكانيكيا ناطقا في القرن الثالث عشر، إلا أنه لا يوجد الكثير من الدلائل التي تثبت ذلك؛ ومن المرجح أن التلسكوب الذي ابتكره إضافة إلى غيره من الاختراعات، كانت مجرد نتاج لتأملاته الحاذقة والدقيقة أكثر من كونها تركيبات عملية صنعها في الواقع الفعلي.

اعتباراً من الفترة الممتدة بين أوائل وأواسط القرن الرابع عشر وحتى القرن السابع عشر، شهدت أوروبا شغفا شديدا بصنع تصاميم آلية تحاكي حركات الكواكب السماوية. ولم يقتصر ذلك على عرض مراحل حركة القمر ومجموعات النجوم في المجرة، مقاسة بالزمن الحقيقي، لكنها كانت أيضاً تحدد الوقت ساعة بساعة. في بعض التصاميم صنعت شخوص متحركة تعلن الوقت. ثم أصبحت هذه التكنولوجيا في نهاية المطاف في متناول الناس العاديين واستخدمت لإنتاج ساعات بالجملة بعد أن صمم أنطون كيتر حوالي عام 1840 أول ساعة تعلن الوقت بواسطة عصفور آلي.

في أثناء ذلك، صمم المبدع الفذ ليوناردو دافنشي، اعتماداً على دراساته التفصيلية التي تناولت البنية التشريحية للجسد البشري، آلة ميكانيكية تشبه الإنسان في وقت مبكر من القرن السادس عشر. وعلى شاكلة العديد من اختراعاته العظيمة، لم يتم بناء هذه الآلة خلال حياته، ومازالت في الواقع تنتظر تنفيذها.

حين كان لويس الرابع عشر (ملك فرنسا بين عامي 1643–1715) طفلا، صنع حرفي ماهر يدعى كامو مجموعة من الألعاب المعقدة والمتطورة من

أجله. وكانت تتألف من عربة وخيول مع سائس، إضافة إلى ركاب العربة الذين كانوا كلهم من الدمى المتحركة. وفي وقت متأخر من حكمه، صنع حرفي آخر طاووسا يمشي ويأكل. ولربما شكل ذلك مصدر إلهام لجاك دي فوكانسون، الذي صنع في القرن الثامن عشر أشهر المخلوقات الآلية.

اشتهر فوكانسون بالبطة الميكانيكية التي صنعها بجناحين معقدي التصميم، كانت تحاكي البطة الحقيقية محاكاة دقيقة. فهي تجدف برجليها وتصيح وتمد عنقها لأخذ الطعام والماء. كانت بطة فوكانسون تأكل وتتغوط أيضا، رغم احتدام الجدل مدة طويلة حول ما إذا كانت عملية الهضم آلية أم مجرد خدعة.

شملت اختراعات فوكنسون الأخرى ثلاث آلات على هيئة البشر، إحداها على شكل عازف مندولين، كان يغني وينقر بقدمه على وقع الموسيقا. والثانية على شكل عازف بيانو «يتنفس» ويحرك رأسه. والثالثة على شكل عازف ناي. كافة الروايات الوصفية التي تناولت هذه الآلات أكدت على مدى محاكاتها للحياة الواقعية. لكن ينبغي على المرء أن يتذكر كم تتغير معايير محاكاة الحياة الواقعية بتغير الزمن. فأول فيلم سينمائي صوّر بالأبيض والأسود لقطار يقترب من الكاميرا سبب ذعرا بين النظارة ودفعهم للهرب أثناء عرضه في أحد مسارح باريس. أما الآن فنحن لا نكاد نجفل حين نشاهد أكثر الأفلام الثلاثية الأبعاد واقعية، كما تبدو لنا أفلام الأبيض والأسود نوعا من التمثيلات التجريدية وليست محاكاة للحياة الواقعية.

على أية حال، شكلت أعمال فوكانسون مصدر إلهام لمبتكرين آخرين، وسرعان ما صنعت وعرضت سلسلة من الآلات الميكانيكية المتحركة التي تحاكي البشر والحيوانات في مختلف أنحاء أوروبا. وفي أواخر القرن الثامن عشر، صنع بيير جاكي . دروز وابنه هنري . لويس عددا من الآلات الشبيهة

بالبشر، بما فيها عازفة على الأورغن. حاكت هذه الآلة امرأة تتنفس وتحدق بعينيها، وتنظر إلى المشاهدين، وإلى يديها. أما هنري ميلاردي فقد صنع عام 1815 آلة تكتب باللغتين الفرنسية والإنكليزية وترسم مناظر متنوعة، وهي موجودة الآن في معهد فرانكلين في فيلادلفيا.

أثارت هذه الآلات المتحركة مخيلة واهتمام الناس في عصرها، وبقي أكثرها تطورا يدخل الرهبة في نفوس زوار المتاحف حين يرونها تعمل. لكن هذه المخلوقات الاصطناعية تفتقد التلقائية والعفوية. فهي تعيد نفس الحركة الرتيبة بالضبط كلما جرى تشغيلها، ولا «تستجيب» لبيئتها بأية طريقة من الطرق، لأنها بحاجة إلى التقانات الإلكترونية التي تعطي هذا الجانب الإضافي من الواقعية إلى الآلات الاصطناعية المتحركة.

«المخلوقات» الإلكترونية

صنعت أولى الحاسبات الرقمية خلال عقدي الثلاثينات والأربعينات من القرن العشرين، واستخدمت الحاكمات الكهرومغناطيسية (electromagnetic relays) أو الأنابيب المفرَّغة (vacuum tubes) بمثابة مفاتيح تبديل (switching elements) فيها.

تتكون الحاكمة الكهرومغناطيسية من نواة مركزية من الحديد مع سلك ملتف عليها آلاف المرات، مثل الخيط على البكرة. وحين يمر تيار في السلك، يستحث حقلا مغناطيسيا، وهذا يجذب مفتاحا موضوعا عند نهاية النواة المركزية. والحاكمات سلعة متوفرة بكثرة بسبب دورها في شركات الهاتف، حيث تمثل الدعامة الأساسية للمعدات التي توجه (ترسل) آليا المكالمة الهاتفية. استطاعت هذه المعدات الحلول محل عامل البدالة الذي كان يقوم بتوجيه وإرسال المكالمات الهاتفية بشكل يدوي في الأيام المبكرة من خلال وصل الكبلات بين المرسل والمستقبل.

أما الأنابيب المفرغة فقد ارتقت انطلاقا من التكنولوجيا التي تطورت لصنع المصباح الكهربائي المتوهج. حيث استخدم أنبوب زجاجي يحتوي سلكا دقيقا متوهجا، عدل في هذه الحالة ليطلق الإلكترونات بدلا من الفوتونات، وصفيحة معدنية لجمعها وتشكيل دارة، وشبكة معدنية صغيرة في الوسط بينهما. وحين تزود الشبكة بالتيار الكهربائي، يتم تعديل تدفق الإلكترونات بين السلك الدقيق والصفيحة المعدنية وبذلك يمكنها العمل كمفتاح إلكتروني. الأنابيب المفرغة متوفرة بكثرة لأنها تشكل العنصر الرئيس في مكونات الراديو ثم التلفزيون فيما بعد.

بدأ مختلف الأفراد والفرق في ألمانيا، وبريطانيا، والولايات المتحدة، بجمع هذه العناصر معا لتشكيل حاسبات رقمية بدائية. وحفز تطورَ هذه الأجهزة خلال الحرب العالمية الثانية استخدامُ الحاسبات لتفكيك شيفرة رسائل العدو التي يتم اعتراضها. لكن الآلات كانت هائلة الحجم. في عام 1950، كان «إينياك» (ENIAC) في «كلية مور للهندسة الإلكترونية» بجامعة بنسلفانيا أول حاسب إلكتروني «حديث» يضم الملامح الجوهرية التي نراها في كمبيوترات اليوم. لكنه كان يشغل مساحة ثلاث غرف، ويحتوي على 1800 من الأنابيب المفرغة، كما بلغ المعدل الوسطي للأعطال عشرين دقيقة فقط. الأنابيب المفرغة تتعطل دائما في نهاية المطاف، مثلما يحدث للأجهزة التي تطورت منها، أي المصابيح المتوهجة، والتي مازالت تتعطل حتى الآن في منازلنا. فالسلك الدقيق المتوهج يهترئ نتيجة الاستهلاك في النهاية. ولذلك ظلت عملية صنع أنابيب مفرغة تعيش مدة أطول ميدانا رئيسا للتطوير بالنسبة للمصنعين، لكن ما زال عمرها الافتراضي لا يتجاوز بضعة آلاف من الساعات كحد أقصى. فجهاز الراديو الذي يحوي أربعة أو خمسة أنابيب مفرغة لا يمكن تشغيله لمدة تزيد عن بضع مئات من الساعات قبل أن يحترق أحد الأنابيب ويضطر صاحبه إلى الذهاب إلى المصلح لاستبدال

الأنبوب. العديد من الناس استطاعوا إصلاح مثل هذا العطل بأنفسهم، لكن بالنسبة للكمبيوتر الرقمي الذي يحوي عدداً إجمالياً من الأنابيب المفرغة يفوق عدد ساعات العمر الوسطي الافتراضي لكل منها، لا بد من تعطل أحد الأنابيب بعد أقل من ساعة تشغيل. وبعد ذلك تبرز مهمة العثور على الأنبوب التالف من بين آلاف من الأنابيب. هذه الحاسبات المبكرة، رغم أنها أقل قوة من ساعة نبتاعها هذه الأيام بخمسة دولارات، كانت باهظة السعر واستخدمت لحل المشكلات العسكرية. كما لم تمثل الميدان المناسب لمن ينوي صنع «مخلوقات» اصطناعية ويفتقد المهارة اللازمة. وحتى لو فكر شخص باستخدامها فإنه لن يتمكن فعلا من اكتشاف كيفية برمجتها لتكون بمثابة جهاز عصبي لأي «مخلوق» اصطناعي.

مفاتيح التبديل المفردة كانت متوفرة بأسعار معتدلة. ومفتاح التبديل هو العنصر المفقود في كافة المحاولات السابقة لبناء مخلوقات اصطناعية. فهذه العناصر تعطي المخلوقات الاصطناعية القدرة على الاستجابة للبيئة المحيطة. لكن وفرت كل من الحاكمة الكهرومغناطيسية والأنبوب المفرغ الوسيلة لتغيير سلوك الآلة اعتمادا على الإشارات التي يتم تلقيها من أجهزة الحواس. وبرغم وجود هذه التقانات الجديدة، إلا أن المحاولات الهادفة إلى تصنيع مخلوقات اصطناعية كانت قليلة جدا، ومعظمها لم يوثق ولم يتم في معاهد أكاديمية متخصصة. الفيلسوف الشهير دانييل دينيت عثر بالصدفة في أحد متاجر السلع المستعملة في باريس على نموذج مدهش لـ«مخلوق» آلي، كان عبارة عن كلب متحرك. بعد ذلك أمضى ساعات طوال لمعرفة تاريخ هذه الآلة لكن دون جدوى، واستمتع في محاولة اكتشاف كيفية عملها، وتشغيل أجزاء منها مرة أخرى. كان الكلب، الآلة قادراً على النباح والتحرك على عجلاته، كما كان حساساً للضوء على ما يبدو.

صنع بعض الأشخاص، مثل توماس روس، وآر. إيه. والاس، وكلود

شانون الشهير، نماذج للإنسان الآلي وجدت الطريق إلى خارج المتاهة، لكن تلك الآلات لم تكن تشابه حركة الحيوانات عند تشغيلها. إلا أن محاولة غراي والتر هي الوحيدة التي حققت نجاحا في إنتاج آلة تتصرف وتتحرك كالحيوان وموثقة توثيقا جيدا.

غراي والتر مواطن أمريكي غريب الأطوار نوعا ما، شغل منصب رئيس القسم الفيزيولوجي في «معهد بوردن العصبي في بريستول» (الواقعة غرب إنكلترا). ومعظم صفحاته المائة والسبعين التي تركها مكرسة لعلم تخطيط الدماغ الكهربائي، الذي يقيس الموجات الدماغية لدى الإنسان من خلال التقاط النشاط الكهربائي بواسطة قطب يوضع على فروة رأس المريض. في الحقيقة يعتمد هذا العلم على المشاهدة الخارجية . فهو ليس علما تستطيع به اقتحام رأس المريض وتغيير ما بداخله ثم رؤية ما يحدث عندها. أدرك والتر بأنه إذا صنع نماذج كهربائية . ميكانيكية لحيوانات، يستطيع إجراء تجارب على أجزائها الداخلية والحصول على رؤية متعمقة ربما حول كيفية عمل الجهاز العصبي.

بدأ والتر حوالي عام 1943، بمساعدة زوجته فيفيان، بصنع نماذج صغيرة من الروبوتات. واستخدم الزوجان الحاكمات الكهرومغناطيسية والأنابيب المفرغة كعناصر تبديل، إضافة إلى تروس التعشيق من العدادات القديمة، ومحركات كهربائية بسيطة كمشغلات ميكانيكية. كان والتر مهتما بصنع مخلوقات آلية لا تظهر سلوكا تلقائيا وعفويا فقط، بل استقلالا ذاتيا وآليا أيضاً[1]. وبحلول عام 1948، نجح الاثنان في بناء أول سلسلة من الآلات التي أطلق والتر عليها اسما بيولوجيا ساخرا هو «ماشينا

1. انظر الفصل الخامس، «الطواطم، والدمى، والأدوات»، من كتاب والتر «الدماغ الحي» (1955).

سبيكيولاتريكس» Machina speculatrix (الآلات المفكرة)، وعرضاها أمام مراسلي صحيفة «ديلي اكسبرس» في كانون الأول/ديسمبر 1949. في عامي 1950 و 1951، نشر والتر مقالين قصيرين حول هذه الآلات في مجلة «سينتيفيك أمريكان» (Scientific American)، كان الأول بعنوان «محاكاة للحياة». وبدا واضحا من كتاباته الأخرى أنه يجد البهجة والسرور في الطريقة التي تتحرك وتستجيب بها آلاته للعالم الخارجي على شاكلة الحيوانات. ومثل فوكانسون وغيره ممن سبقوه، أثارت والتر فكرة صنع نسخة ميكانيكية عن الحيوان.

كانت الروبوتات التي صنعها والتر بحجم علبة متوسطة الحجم وبدت كأنها حلزونات عملاقة: صدفة بلاستيكية مدورة لها رأس صغير بارز عند المقدمة. ودعيت هذه الآلات دوما بـ«السلاحف». في إحدى صفحات المسودة التي كتبها، يستشهد والتر بقول لويس كارول في «مغامرات أليس في بلاد العجائب»: قالت موك السلحفاة غاضبة: «دعوناه السلحفاة لأنه علمنا. أنت بليد حقاً!».

كان لكل سلحفاة محركان كهربائيان، أحدهما للتوجيه والآخر للتحريك، كمشغلين ميكانيكيين، وصنعت الأنظمة الآلية من التروس المنتزعة من الساعات القديمة وعدادات الغاز. كما كانت هناك ثلاثة دواليب مرتبة على شكل الدراجة ثلاثية العجلات، حيث يقوم الدولاب الأمامي بكل العمل. فهو دولاب الحركة والتوجيه في آن معاً (يقوم محرك بدفع السلحفاة وتحريكها، ويقوم آخر بتدويرها باستمرار دون أية حدود للتوجيه، بحيث يمكنها الاستدارة إلى الخلف أو إلى أي اتجاه آخر). في الأحوال العادية، يدفع محرك التوجيه الآلة بصورة مستمرة وبسرعة معتدلة بينما يقوم عمود التوجيه بالمسح باستمرار.

اعتمدت الأجهزة الإلكترونية على أنابيب مفرغة صغيرة وحاكمات كهرومغناطيسية. وكان لجميع الروبوتات مصدّ واحد في المقدمة يعمل كمجس حساس، زرع كحاشية متدلية بطريقة تقفل مفتاح التشغيل إذا ارتطمت بشيء من كافة الاتجاهات. كما زودت جميعها بجهاز حساس للضوء مركب على عمود التوجيه، بحيث يمكن للسلحفاة تحديد كثافة الضوء ومن ثم وجهة التحرك، بينما يقوم محرك التوجيه بعملية المسح.

كان لبعض الروبوتات مجسات أو حساسات (sensors) إضافية، مثل الميكروفونات. كما أضيف إلى بعضها الآخر «كوخ» خاص، مع ضوء واضح في الداخل وآلية خاصة لإعادة الشحن، إذا دخلته السلحفاة تتصل بمحطة إعادة الشحن.

دعي الجيل الأول من السلاحف التي صنعها والتر باسم «الآلات المفكرة»، لأنها أظهرت على ما يبدو «سلوكا استكشافيا ومتفكرا يميز معظم الحيوانات»، وكان لها أنبوبان مفرغان، وجهازان للإحساس (ضوء ومصد)، علاوة على المشغلين أو المحركين الميكانيكيين المعياريين.

أبسط أشكال السلوك الذي أظهرته السلاحف هو انجذابها للضوء. فمحرك التوجيه يوقف عملية المسح كلما وجد ضوءا معتدلا أمام جهاز الإحساس مباشرة، وبذلك تبدأ الآلة بالتوجه نحو مصدر الضوء. ولربما تنحرف عرضا حين يحرفها الدولابان الخلفيان عن اتجاهها، لكنها تبدأ آنئذ عملية المسح مجددا، وسرعان ما تلتقط الضوء مرة أخرى، وتبدأ بالتقدم نحوه تدريجيا.

للسلاحف أيضاً سلوك أساسي آخر. فحين يشتغل المصدّ الحساس، يتم كبح المؤثرات الحساسة للضوء لفترة من الزمن وتزويد كلا المحركين بقوة ذبذبات كاملة، الأمر الذي يدفع السلحفاة إلى التحرك في «سلسلة

متوالية من الحركات نحو الأمام، والخلف، والجانب إلى أن يوقف التداخل أو يطوق».

تم ترتيب الدارات لتكون لاخطية. فتحت معدلات معتدلة من الضوء، يوقف محرك التوجيه المسح وتتحرك السلحفاة باتجاه مصدر الضوء. وحين يكون المصدر المعياري للضوء المستخدم في التجارب على بعد حوالي 15 سم من السلحفاة، يتم تشغيل حاكمة (relay) كهرومغناطيسية، ويدور محرك المسح . التوجيه بسرعة مضاعفة، مما يجعل السلحفاة تستدير فجأة. في الأحوال العادية، تبدأ هذه الاستجابة قبل أن تجد السلحفاة طريقها إلى «كوخها» الذي ينيره ضوء من الداخل. لكن مع ازدياد ضعف البطاريات تتناقص الحساسية تجاه الضوء وتجد الآلة نفسها داخل الكوخ قبل أن تبدأ آلية الانطلاق. وحالما تصبح في الداخل وتوصل بمصدر الطاقة، يتوقف المحركان حتى يتم شحن البطاريات بالكامل. عند هذه النقطة تصبح مرة أخرى شديدة الحساسية للضوء وتجد طريقها إلى خارج «الكوخ». إن حقيقة قدرة السلحفاة على «اتخاذ قرار» بمغادرة الكوخ تعتبر مثالا على ظهور سلوك يقرن بشكل لاخطي (nonlinearly) السلوكيات الأكثر بساطة وبدائية في بيئة محيطية محددة، بطريقة يظهر فيها سلوك آخر يوصف عادة بتعابير مختلفة.

هنالك حالات أخرى لسلوك ناشئ أيضا. فقد جهزت السلاحف بمصباح يعطي إشارة حين يتم تشغيل محرك التوجيه. وعندما تمر السلحفاة أمام مرآة، يحدث اتصال مع المحيط الخارجي وتبدأ الذبذبات. ولسوف ينجذب الروبوت نحو ضوئه المنعكس، مما يقفل فورا محرك التوجيه والضوء، حيث يتوقف عن الانجذاب، فيعود الضوء وهكذا دواليك. هنالك أمور أخرى مثيرة تحدث حين تتقابل اثنتان من السلاحف وجها لوجه.

صنع والتر فيما بعد دارة أكثر تطورا لسلاحفه. واحتدم الجدل حول ما إذا كانت الدارة متضمنة فعلا داخل السلحفاة كما توحي كتاباته، أم أنها

جهاز خارجي يتصل بها عبر الأسلاك. الدارة تمكّن السلحفاة من تعلم الأشياء. أما الاسم الذي أطلقه على السلاحف الجديدة فهو «الآلات المتعلمة» (Machina docilis).

أراد والتر أن تكون السلاحف قادرة على تعلم الأفعال المنعكسة الشرطية. التجارب الأصلية التي أظهرت أن الحيوانات يمكن أن تتعلم بهذه الطريقة، أجراها العالم الفيزيولوجي الروسي بافلوف (1849–1936) على الكلاب في وقت مبكر من القرن العشرين: حين يدخل الطعام في فم الكلب يتدفق اللعاب. هذا فعل منعكس بسيط متأصل في الحيوان على ما يبدو. اعتبر بافلوف الطعام مثيرا خاصا أو غير شرطي. وعلى مدى عدة تجارب وضع جرسا يرن كلما قدم الطعام إلى الكلب. وأشار إلى صوت الجرس بوصفه مثيرا شرطيا أو حياديا. وقبل أن يمر وقت طويل، تعلم الكلب الربط بين المثيرين (المنبهين)، وابتدأ لعابه يسيل حين يرن الجرس، حتى وإن لم يكن ثمة طعام أمامه.

أظهرت «الآلات المتعلمة» «تعلما» للفعل المنعكس الشرطي. وتم استحضار الفعل المنعكس غير الشرطي عن طريق «ركل» السلحفاة. وهذا يشغّل المصد الحساس فيها، ليدور محرك التوجيه بسرعة مضاعفة مع تحركها السريع. استخدم والتر نغمة بقوة 3000 هرتز كمثير حيادي. كان من الأسهل بكثير الكشف عن جهاز إحساس ونظام إدراك حسي يمكنهما تمييز كل أنواع أصوات الأجراس، مقارنة بصنعهما. وقبل مرور وقت طويل، ستتعلم السلحفاة كيف تهرب على صوت النغمة. وسيمكنها أيضاً تعلم التداعيات التي ترتبط مع المثيرات غير الشرطية الأخرى، مثل الضوء المشرق على حساساتها (sensors) المستقبلة للضوء.

لاحظ والتر أن سلوك السلاحف «مدهش من حيث عدم القدرة على

توقعه». وتبين أن هنالك العديد من مصادر التنويعات البارعة على السلوك. على سبيل المثال، تحدث تغيرات في مستوى الضوء المستقبل بسبب تبدلات بسيطة في التيارات الكهربائية داخل دارات الاستكشاف مع سحب المحركين قدرا أكبر أو أقل من التيار استجابة لقوى متفاوتة مطبقة على السلحفاة مع تغير زاوية التوجيه. هذه التأثيرات المصغرة تتجمع بطرائق معقدة بحيث يصبح من الصعب جداً توقع سلوك السلحفاة.

هنالك عدد من الدروس المستفادة من هذه التجارب المبكرة مع المخلوقات الاصطناعية، أهمها أنه يمكن حتى للمخلوق البسيط جداً أن يظهر على ما يبدو سلوكا بالغ التعقيد في العالم المادي بسبب الطريقة التي يمكن فيها للتنويعات الصغيرة فيما يستشعره، وكيفية تفاعل المشغلات الميكانيكية مع العالم المحيط، أن تغير السلوك الفعلي للنظام. ثانيا، يمكن حتى لأكثر المخلوقات الاصطناعية بساطة، والتي لا تضم أكثر من بضعة عناصر لاخطية، أن تفرز في النهاية جملة متنوعة من السلوكيات الأكثر تعقيدا، حيث تتفاعل السلوكيات الابتدائية المتعددة مع البيئة المحيطة لإنتاج أكثر من مجرد سلسلة أو مجموعة من الافتراضات المتعلقة بالسلوك الابتدائي. ويجد المراقب أن من السهل وصف سلوك «السلاحف» بعبارات ترتبط عادة بالإرادة الحرة. «قررت [السلحفاة] الذهاب إلى كوخها!». بدل التفسيرات الميكانيكية التي تتناول التفاصيل المحددة المعروفة لما نقلته بالضبط أعضاء الحواس سابقا. ثالثا، توضح التوصيفات التفصيلية للتجارب التي أجراها والتر مدى صعوبة تطبيق البنية النظرية أو السيكولوجية أو العصبية على نظام مجسد ماديا. إذ لا تعتبر هذه التفاصيل مهمة في أغلب الأحوال على مستوى التمييز النظري، لكنها جوهرية من أجل الحصول على أمثلة واقعية للنظرية المدمجة في كافة القيود الأخرى التي تكبل الجسم والعالم المادي. ورغم أن والتر كان يستعمل منبها صوتيا أكثر بساطة

للسلحفاة التي صنعها مقارنة بما استخدمه العالم بافلوف مع كلابه (نغمة مجردة وليس صوت قرع الجرس)، فإنه اضطر لإجراء سبعة توسعات منفصلة على وصف بافلوف للعملية لكي يجعلها تشتغل. على سبيل المثال، دمج بشكل واضح دارة تحفظ في الذاكرة معلومة تشير إلى أن النغمة قد جرى سماعها مؤخرا، بحيث تظل المعلومات متوفرة حين «تركل» السلحفاة. لقد تطلبت تجارب والتر تصميما دقيقا جداً لمحاكاة القدرات التعليمية للحيوانات البسيطة.

التقنيات الرقمية

أجهزة الترنزستور، وهي عناصر تشغيل صلبة مصنوعة من الجيرمانيوم أو السيليكون، مكنت من صنع حواسب موثوقة يمكن أن تعمل لساعات وحتى لأيام دون أن تتعطل مكوناتها الصلبة. وبدءا من أواخر الخمسينات، أخذت هذه الحواسب تحقق نجاحا في تثوير المحاسبة التجارية والاستقصاءات العلمية. وبحلول أواخر الستينات، بنيت هذه حول الدارات المتكاملة، التي مثلت أولى الرقائق الإلكترونية. في هذه الأيام، تتكون وحدة المعالجة المركزية (CPU) من رقاقة إلكترونية واحدة، أو معالج دقيق، لكن في الستينات كانت وحدة المعالجة المركزية مكونة من مجموعة ضخمة من الرقائق تشغل مكانا واحدا أو أكثر من الحوامل الإلكترونية. فالحاسب الذي استخدم في البحث العلمي الجاد كان يشغل مساحة غرفة كبيرة، ويتم تشغيله بواسطة كادر مكون من بضعة أشخاص يعمل بدوام كامل، في معدات ضخمة حقاً قد تبلغ الذاكرة الرئيسية فيها ميغا بايت. الذاكرة في ذلك الوقت كانت تتكون في المقام الأول من مراكز (قلوب) مغناطيسية. وكل بت بمفرده (هنالك ثمانية بتات في كل بايت من الذاكرة) تمثله حلقة معدنية بقطر مليمتر واحد. تتم مغنطة هذه المراكز بواسطة تيارات مارة من خلال أسلاك متعددة

تخترقها، فيما يتمثل القطب الشمالي لهذا المغنطيس الصغير برقم صفر أو واحد. هنالك سلك آخر لـ«الإحساس» يمر عبر المراكز، في حين يؤثر توجيه الحقل المغناطيسي في تيار اختبار يتدفق عبر السلك. ومن أجل تصحيح معدل الأخطاء المرتفع للمراكز (القلوب) المغناطيسية، وضعت ذاكرة باستطاعة ميغا بايت تطلبت عشرة ملايين من هذه الحلقات الصغيرة، يتألف كل منها من ثلاثة أو أربعة أسلاك مجدولة معا. وبغض النظر عن الحجم المادي للذاكرة، فإن متطلبات الطاقة لكافة الدارات، وتبريدها، كانت هائلة الحجم هي الأخرى. كانت هذه الحواسب ضخمة إلى حد يستحيل معه تحميلها على أي إنسان آلي، لكن بعض الخبراء بدؤوا يفكرون بإنسان آلي (روبوت) متحرك يكون فيه العقل المفكر منفصلا عنه: أي أن يربط جهاز تلفزيون أو راديو كتلة العجلات، والمحركات، والحساسات (sensors) التي لا عقل لها بكمبيوتر ضخم يقوم بمهمة التفكير ويعيد إرسال الأوامر إلى جسده المادي (صَدَفة الروبوت) في المحيط الخارجي.

أشهر هذه الآلات الذكية كان «شيكي» «الرعاش»، وهو روبوت صنع في «معهد ستانفورد للأبحاث» (SRI) في مينلو بارك بولاية كاليفورنيا. (نتيجة لانفصاله عن جامعة ستانفورد خلال حرب فيتنام، فإن المعهد الذي تموله وزارة الدفاع الأمريكية أصبح يعرف الآن باسم «معهد ستانفورد الدولي للأبحاث» (SRI International). هناك، قاد نيلز نيلسون فريقاً من الباحثين خلال الفترة الممتدة بين عامي 1968 ـ 1972، لصنع وبرمجة الروبوت «شيكي»، كما قدم العديد من الإسهامات الأساسية في الذكاء الاصطناعي[2]. كان نيلز رجلا طويل القامة، أشيب الشعر، يؤكد مظهره الخارجي، وسلوكه

2. من المفاجئ عدم توفر توصيف عمومي لمشروع «شيكي» من قبل مبتدعيه. هنالك عدد من أوراق البحث المتفرقة التي ألقيت في المؤتمرات وتناولت المشروع، كما ورد ذكره في

التأملي الهادئ، وطبعه الودود، سماته الاسكندنافية الموروثة. ومن اللافت أن سلوك «شيكي» عكس الكثير من صفات مبدعه. فهو بحجم الفتى البالغ، «أسكنه» نيلز وفريقه مجموعةً من الغرف المبنية والمصممة بعناية، تحوي كتلا وأوتادا خشبية ملونة، تمكن من «استشعارها» ودفعها على الأرضية. في الحالة النموذجية، يمكن لـ«شيكي»، الذي استعار اسمه (الإنكليزي) من الطريقة التي ترتعش فيها كاميرته وعمود مرسله التلفزيوني حين يتحرك، تلقي الأوامر للذهاب إلى غرفة معينة ودفع كتلة خشبية محددة اللون إلى غرفة أخرى. وعلى الطريق، قد يواجه مدخلا مسدودا بوتد ملون يتوجب إزاحته والسير حسب الخطة الموضوعة. في نهاية المطاف، يستطيع «شيكي» بلوغ هدفه الذي يبعد بضعة أمتار عن نقطة الانطلاق لتنفيذ المهمة الموكولة إليه. بعد ست أو ثماني ساعات من لحظة البدء. كان «شيكي»، الصدفة الآلية، يربض جامدا معظم الوقت، بينما عقله «البعيد» يفكر ويوازن بين سلسلة طويلة من الحركات للوصول إلى هدفه النهائي. أما كاميرته المحمولة فكانت تبث إشارة تلفزيونية معيارية يتم استقبالها وترقيمها كل بضع دقائق بواسطة الكمبيوتر الرئيسي. كما ترسل الحساسات (sensors) الموضوعة على المصد، ومجسات سرعة الدواليب تقارير لعدة مرات في الثانية عن طريق نظام إرسال لاسلكي. ثم يقوم الكمبيوتر الرئيسي بإرسال أوامر بين الفينة والأخرى لتدوير الدواليب أو تحريك الكاميرا عموديا وأفقيا، أو إمالتها.

يصعب اعتبار «شيكي» مخلوقا آليا تبعا للطريقة التي سلكتها «مخلوقات» غراي والتر. فقد استخدم مقاربة مختلفة تمام الاختلاف للوجود

العديد من النصوص التدريسية كمرجع مقبول ينبثق منه العديد من الحقول الفرعية للأبحاث الكلاسيكية المتصلة بالذكاء الاصطناعي. إضافة إلى الإشارة إليه في العديد من الكتب الشعبية. أما الوصف التقني المتكامل الوحيد فهو مجموعة من الأوراق والذكريات التي جمعت معاً بواسطة رئيس المشروع كأرشيف تقني لمعهد ستانفورد للأبحاث.

في العالم الخارجي. إذ لم تكن للسلاحف معرفة قَبْلية حول الظروف المحددة التي قد تجد نفسها فيها حين يتم تشغيلها. وتوجب عليها استشعار كل شيء بنفسها. لكن بالنسبة لـ«شيكي»، صنع الباحثون خارطة مكتملة ثنائية البعد للعالم قبل أن يتم تشغيله، وخزنت في ذاكرة الكمبيوتر. كما تضمنت عملية برمجته افتراض أن تكون أرضية الغرف مستوية ومنبسطة تماما، وأن لا يتوضع شيء فوق الآخر، وبالتالي يكون البعد الثنائي كافيا. وحين يتحرك «شيكي»، يتم تعديل هذا النموذج، بحيث تتغير «معرفته» المسبقة المتعلقة بمكان الكتل الخشبية الملونة على أساس «مدركاته» الحسية البصرية. لكن «شيكي» بالكاد تصرف بشكل يحاكي الحيوانات. فقد كان يربض دون حراك لعدة دقائق كل مرة بينما يقوم «دماغه» البعيد بعملية الحساب والتفكير. ومن الواضح أنه لم يملك إحساسا بالمحيط المباشر: فإذا ما جاء شخص وحرك الأشياء أو غير مواضعها بينما «شيكي» «يفكر»، فإنه سيعود إلى البداية مجددا، ويتصرف كما لو أن المحيط الخارجي ظل على نفس حالته قبل التغيير. لقد استخدم «شيكي» التفكير في الحالات التي تملك فيها الحيوانات الحقيقية روابط مباشرة بين الإدراك الحسي والفعل الحركي. إذ صمم على أساس الافتراض بأن حساباته الإدراكية/المعرفية يمكن أن تحافظ على نموذج دقيق للعالم المحيط، لكن ذلك صعب من الناحية التقنية بحيث أُجبر المصممون على اتباع نوع من الخداع لجعل العالم على درجة كبيرة من البساطة كي يصبح ذلك ممكنا.

بحلول أواخر السبعينات، ظهرت ثلاثة مشاريع مشهورة لإنتاج الروبوتات، استمدت إلهامها بطريقة أو بأخرى من عمل «شيكي»[3].

3. لن يكون من المفاجئ في تلك الفترة أن يجري العمل على مشروع مماثل في الأهمية في مكان ما من الاتحاد السوفييتي (السابق)، لكنني لم أتمكن من الكشف عنه.

في «مختبر دفع النفاث» (Jet Propulsion Laboratory)، التابع لوكالة الفضاء الأمريكية «ناسا» في باسادينا، بولاية كاليفورنيا، جرى استخدام روبوت عند إجراء التجارب الهادفة إلى بناء مركبة للسير على سطح المريخ، بلغ حجمه حجم سيارة صغيرة، وزود بذراع ميكانيكية محمولة عليه. لم يبذل الكثير من الجهد على حركته وقيادته، ولكن تركزت غالبية الأبحاث حوله على الكمبيوتر الموجه بالرؤية البصرية لالتقاط وجمع عينات من الصخور.

في «مختبر التحليل وبناء الأنظمة» (Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systemes) في تولوز بفرنسا، صنع روبوت متحرك يسير على ثلاث عجلات اسمه «هيلاري». الدعامتان الأساسيتان لمشروع «هيلاري» تمثلتا في عالم إسباني لطيف المعشر هو جورج جيرالت، ومفكر سوري مجتهد هو رجا شاتيلا، (حصل الاثنان على الجنسية الفرنسية). كان حجم «هيلاري» أكبر من عربة التسوق، واستخدم جهازا كاشفا يعمل بالأمواج الصوتية (السونار) والأشعة الليزرية لبناء نماذج ثنائية البعد لعالمه. عالم من الجدران الخشبية (البلايوود) المتحركة يضعها المصممان كعوائق تتحداه حين يتحرك. وهذا بالضبط ما فعله «هيلاري». إذ كان يمسح بحساساته (sensors) المكان ويركم الأدلة في ذاكرته حول موضع الجدران، ويخطط للعبور على طريق ثنائي البعد دون الاصطدام بها اعتمادا على أفضل ما لديه من معلومات راهنة، ثم يتحرك قليلا. بعد ذلك يقوم بدمج الأدلة الجديدة الموجودة أمام حساساته مع المعرفة المسبقة للعالم المحيط للحصول على أفضل نموذج متناغم يقدر عليه. بعدها، يخطط مرة أخرى ويقترب أكثر من هدفه. وعلى شاكلة «شيكي»، لا يعتبر «هيلاري» مؤهلا ليكون مخلوقا اصطناعيا.

خلال فورة النشاط المحموم للوصول إلى القمر من خلال برنامج

أبولو، أرسلت «ناسا» مركبات قمرية غير مأهولة (دعيت باسم «سرفييرز»). أما أهم المعلومات التي أتت من هذه المركبات فأشارت إلى أن سطح القمر يتمتع بقدر من الصلابة بحيث يمكن الهبوط عليه دون أن تبتلع الأتربة الناعمة المركبة الهابطة. وخلال تطوير قدرة المركبات على الارتطام، جرى لبعض الوقت وضع خطة لإرسال إنسان آلي بغرض اختبار إمكانية السير على السطح . فقد كان هناك تخوف من أن لا يتمكن رواد الفضاء من التنقل على سطح القمر بعد الهبوط بسلام عليه. عهدت «ناسا» إلى قسم الهندسة الميكانيكية في جامعة ستانفورد بمهمة بناء مركبة بأربع عجلات، لاختبار مدى القدرة على قيادتها من الأرض بواسطة الإشارات اللاسلكية. بينما انهمكت فرق الأبحاث الأخرى في صنع مركبات آلية قوية، تحولت في نهاية المطاف إلى سيارات كهربائية قادها رواد الفضاء خلال رحلات أبولو 15، 16، 17. في ستانفورد، تمثلت القضية في التحكم بالسيارة من الأرض مع الأخذ بعين الاعتبار الوقت اللازم لرحلة موجات الإشارات اللاسلكية (في الذهاب والعودة) والبالغ ثانيتين ونصف الثانية. وهكذا، تم صنع مركبة بسيطة نوعاً ما دعيت بـ«كارت» (Cart)، وزودت بأربع عجلات شبيهة بعجلات الدراجة الهوائية، مع نظام قيادة استخدم «جنزير» الدراجة، لكي يتم توجيه العجلتين الأماميتين بأسلوب مشابه لتوجيه السيارة. بلغ حجم «كارت» حجم الطاولة الصغيرة، وأخذت شكلها واستعاضت بالعجلات عن الأرجل. لكن سرعان ما تم التخلي عن فكرة إرسال عربة آلية «ذكية» إلى القمر، وبالتالي بقيت «كارت» رابضة في مختبرات ستانفورد. وقبل مرور وقت طويل، جذبت اهتمام العديد من العاملين في «مختبر ستانفورد للذكاء الاصطناعي»، وظلت الشغل الشاغل لثلاثة أجيال من خريجي الجامعة خلال معظم سنوات السبعينات.

تأسس «مختبر ستانفورد للذكاء الاصطناعي» (SAIL) عام 1963 بواسطة

رجل حالم كثير الرؤى هو جون مكارثي. وكان جون قد شارك من قبل في تأسيس وإدارة «مختبر الذكاء الاصطناعي» التابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (MIT) (الذي أديره أنا الآن) مع مارفن مينسكي، كما عرف بطموحه الكبير في ميدان الذكاء الاصطناعي، وهو تعبير نحته بنفسه لوصف مجال بحثي بدأه بتنظيم ورشة عمل استمرت ستة أسابيع في كلية دارتموث خلال صيف عام 1956، تحت عنوان «مشروع دارتموث البحثي الصيفي للذكاء الاصطناعي». أقام جون مختبر ستانفورد في مبنى «مختبر دي. سي. باور»، وهو مبنى خشبي شبه دائري يربض على التلال الواقعة على مسافة بضعة أميال من مبنى جامعة ستانفورد قرب سان أندرياس.

آمن جون بالعقل مرجعاً، وطبق ذلك مع بعض الإضافات الأخرى على علاقاته بالبشر وتفاعله معهم. كان يتمتع باحترام الناس وحبهم إلى درجة العبادة تقريبا، لكنه حافظ على مسافة تفصله عنهم. أما صديقه الموثوق فكان ليستر إيرنست الذي حمل مسؤولية إدارة العمليات اليومية في المختبر. كان ليستر رجلا رياضيا، طويل القامة، حلو المعشر، يحمل شهادة الدكتوراه، كما تدبر أمر توفير مكان للمكاتب وتمويل الأبحاث. وبتوجيه من مكارثي، أشرف ليستر على مراحل صنع أكثر حواسب العالم المركزية تقدما وتطورا وتفردا، والذي ظل مستخدما من قبل عشرات الطلاب المتخرجين في نفس الوقت الذي كان يتم فيه بناؤه. وفي وقت كانت فيه معظم الحواسب في الجامعات تستخدم البطاقات المثقبة (punched cards)، أو في أفضل الحالات طرفيات فيديو أحادية المتحول (character-only video terminals)، كان كمبيوتر مختبر ستانفورد قادرا على رسم مخططات بيانية كاملة البيتات (full bit-mapped graphics)، وتحويل الفيديو إلى أية محطة طرفية، وإعطاء صوت رقمي عند كل محطة، إضافة إلى طابعة ليزرية يمكنها أن تطبع رسوما بيانية بالأبيض والأسود. شجع ليستر روح المرح لدى الطلاب في المختبر،

واستجابوا لتشجيعه بإنتاج أولى ألعاب الفيديو «حرب النجوم»؛ وصنع أولى الأذرع الآلية الكهربائية؛ وبعض من أوائل الأصوات الموسيقية بواسطة الكمبيوتر؛ وأوائل برامج تحرير النصوص؛ وأنظمة تنضيد الأحرف التي استخدمت أنواعا مختلفة من أحجام الخطوط. كان «مختبر ستانفورد للذكاء الاصطناعي» موئلا للابتكار ومصنعا للخميرة الفكرية. لكنه لم يكن بالتأكيد معصوما عن الأخطاء. ففي أحد الأيام جاء شاب يدعى ستيف جوبز لمقابلة جون مكارثي حاملا معه حاسبا إلكترونيا على قاعدة خشبية، حيث أعلن أن جهازه يمثل مستقبل الحواسب. لكن مكارثي رفض قبول الاختراع وتجاهل صاحبه. بعد سنتين، عوض مكارثي عن غلطته برعاية «مشروع شبكة جامعة ستانفورد» الذي تحول إلى «صن مايكروسيستم».

في مثل هذه البيئة، وتحت إشراف جون مكارثي نفسه، حاول ثلاثة طلاب من خريجي ستانفورد، واحدا إثر الآخر، جعل «كارت» تقوم ببعض الأعمال الذكية. لم تؤثر في مكارثي مستويات العواطف اللامنطقية التي تتبدى في البشر حين يقودون السيارات. فقد أراد استبدال قيادة هؤلاء للسيارة بقيادة آمنة تعمل بالكمبيوتر.

الطالب الأول كان رودني شميدت، الذي بدأ هو ومكارثي عام 1967 بالتفكير في كيفية صنع سيارة تسير آليا ويمكنها العمل بكفاءة وسط زحمة المرور على طرق حقيقية غير معدلة خصيصا لها بعد الحصول على كافة المعلومات الضرورية من حساساتها (sensors) الخاصة. وحين قدم شميدت أطروحته بعد أربع سنين، أظهر كيف تمكنت «كارت» من السير باتباع خط أبيض مرسوم على الأرض لمسافة عشرين قدما تقريبا. تبين أن المشكلات أصعب مما كان متوقعا. لكن تمثل ابتكار شميدت الحقيقي في أن «كارت» قد وضعت في بيئتها، حيث لم يكن لها نموذج داخلي كامل مسبق الصنع

للعالم المحيط، بل استشعرت ما كان قائما أمام «عينها» مباشرة واستجابت له باتباع الخط الأبيض حين تميل وتنعطف. كما عملت في الهواء الطلق بدلا من الأمكنة المحصورة «المعقمة». وكانت بمثابة أول استشفاف لما سيكون عليه حال الروبوت في نهاية المطاف من حيث شبهه الكبير بالحيوان الاصطناعي، مستجيبة في ذلك لمحيطها البيئي بأسلوب مباشر وحقيقي بدلا من التفكر والتأمل قبل القيام بأية خطوة. نظرا لاحتوائها على حلقات محرك تستشعر ما حولها وليس معلومات مسبقة مخزنة في ذاكرتها.

لكن إغراء العقل والمنطق كان قويا. الطالب الثاني الذي استلم مشروع «كارت» كان بروس بومغارت، الذي حفزته على ما يبدو طبيعة الأرض المحيطة بالمختبر، حيث تكثر التلال المنحدرة وتعطي للمشهد منظرا ثلاثي الأبعاد، فقرر أن من الضروري صنع نماذج مشابهة للعالم المحيط (كان ذلك قبل شيوع الأنظمة البيانية ثلاثية الأبعاد)، وأن عليه ابتكار العديد من التقانات التي تستخدم الآن لإنتاج الكثير من الصور الخيالية التي نراها في السينما، والتلفزيون، والإعلانات، وألعاب الفيديو. لكن هذه المشكلة الثانوية تحولت إلى مشروع كبير، ومع أنه حقق النجاح والتأثير في النهاية، إلا أن ذلك كان يعني فشل بروس في إنجاز أي اختراق مهم في مشروع «كارت».

ورث المشروع هانز مورافيتش. وكان هذا شخصا غريب الأطوار حقا، يتميز بالذكاء اللماح، والمقدرة الإبداعية، مع شيء من الجنون كحال المبدعين. كما لا أنكر تأثيره الهائل في حياتي، حالما التحقت بستانفورد والتقيت به.

نشأت في مدينة اديلايد الواقعة في جنوب أستراليا، وهي مدينة هادئة تحتضنها من الشمال والجنوب مناطق زراعة العنب، وتتوضع بين مدينتي بيرث (على بعد ألفي ميل إلى الغرب)، وملبورن (على بعد خمسمائة ميل

إلى الشرق). كانت اديلايد مكانا قصيا ومنعزلا تفصلها مسافة شاسعة عن الإنجازات التكنولوجية والابتكارات العلمية في أوروبا وأمريكا الشمالية. كنا نحصل على الكتب والمجلات من إنكلترا (وطننا الثقافي) بعد مرور ثلاثة أشهر على تاريخ صدورها . وهي المدة التي تحتاجها السفن للوصول إلينا من هناك. بدأ ينمو لدي شغف بالتكنولوجيا في بيئة لم أعرفها، واعتدت التحديق عبر الواجهات إلى حاسب «أي بي إم» الإلكتروني في المركز المالي للمدينة، متلهفا للتقانة المتقدمة.

أمضيت فترة الطفولة وأنا أصنع الأشياء، وبحلول الوقت الذي بلغت فيه العاشرة من العمر، بدأت أعرف ما يكفي عن الكهرباء لمحاولة صنع حاسباتي الخاصة، اعتمادا على ميزانية لم تتجاوز عشرة سنتات في الأسبوع. بعد وقت قصير أحضر والدي إلى المنزل بعض أجهزة القياس «الخردة» من مختبرات الجيش، حيث كان يعمل كتقني كهربائي. صنعت آلات يمكن أن ألعب بها بعض الألعاب البسيطة، وحين بلغت الثانية عشرة، نجحت في صنع نموذج خال من العيوب للعبة الشهيرة «تيك تاك تو». لكن لسوء الحظ، وبسبب العدد المحدود من المكونات، تحددت احتمالات اللعبة ولم أستطع إقناع أي من البالغين الذين لعبت معهم بأنني لا أغش! بعد ذلك حصلت على طبعة «بليكان» من كتاب غراي والتر، وحاولت صنع نسختي الخاصة من «الآلات المفكرة»، وذلك باستخدام تقانة الترانزستور بدلا من الأنابيب المفرغة (تعرضت للكثير من الصدمات الكهربائية من التيار العالي وأنا أصنع تصميمي الخاص لمرسمة ذبذبات اعتمادا على الأنبوب المفرغ). صحيح أن براعة الأجهزة الإلكترونية الأصلية كانت تتجاوزني بقليل، إلا أنني تمكنت من صنع أول إنسان آلي (أسميته «نورمان»)، كان قادرا على التجول في الغرفة، والاستجابة للضوء، وشق طريقه بصعوبة متجنبا العقبات والعوائق.

بعد ذلك أمضيت ست سنوات في جامعة فليندرز في جنوب أستراليا، وأنا أدرس الرياضيات الكلاسيكية مع اللاجئين من تشيكوسلوفاكيا (بعد أحداث «ربيع براغ» عام 1968). لكنني استطعت منذ البدء الحصول على الإذن باستخدام كمبيوتر الجامعة دون قيود لمدة اثنتي عشرة ساعة في كل يوم أحد (استطاعة الجهاز بلغت 16 كيلوبايت). كان المكان بالنسبة لي فردوس النعيم. نجحت في تطوير لغة كمبيوترية مخصصة للذكاء الاصطناعي، وأقمت لها واجهة (interface) تفاعلية على لوحة التحكم الرئيسية. هناك، كتبت برامج توفر نظريات وتحل المشكلات الرياضية الرمزية المدمجة، وتفهم بعضا من جوانب اللغة الإنكليزية، وتعلم كيفية لعب بعض الألعاب. في نهاية المطاف، أدركت أن ذلك هو محور حياتي. وهكذا تركت الدراسة وأنا في منتصف الطريق للحصول على شهادة الدكتوراه في الرياضيات، واستطعت تأمين الحصول على منحة بحثية، بواسطة البريد، في «مختبر ستانفورد للذكاء الاصطناعي». لم يقبل المختبر سوى ثلاثة طلاب عام 1977، سنة انضمامي إليه، ومازلت أعجب بالحظ المدهش الذي أوصلني إلى «وادي السيليكون» في ذات الوقت الذي بدا فيه كل شيء «يزهر» حقاً هناك، وأنا الفتى المجهول الآتي من أقاصي الأرض ولا يعرف أحدا هنا. ترى، ما الذي كانت تفكر فيه لجنة القبول في تلك السنة؟

في «مختبر ستانفورد للذكاء الاصطناعي» قابلت هانز مورافيتش. كان قد سبقني إليه ببضع سنين، وتضلع من أكثر الجوانب غموضا في كمبيوتر المختبر، حيث أمضى الأشهر الستة الأخيرة وهو يعيش سرا تحت سقف المختبر في غرفة نوم بناها فيه. لم يغادر المختبر أبدا . كان أصدقاؤه يتسوقون حاجاته الضرورية، ويغتسل في حمام موجود في قبو المبنى! مثل ذلك بالنسبة لي سلوكا غريبا وشاذا نظرا لخلفيتي الاجتماعية المنتمية إلى الطبقة الوسطى. أما أكثر ما أثار انتباهي فهو الأفكار الخيالية الجامحة التي أتخمت

رأس هانز، بدءا بـ«الخطافات الفضائية» للوصول إلى الفلك بطريقة زهيدة التكلفة، مرورا بالحاسبات المتفرعة الهائلة، وانتهاء بالروبوت الذي يشبه الشجرة وتحميل محتوى الدماغ البشري على رقائق السيليكون!! لكن عمله على «كارت» كان مبتذلا نوعا ما.

اقتنع هانز بأن الخطوة الأولى باتجاه تحويل «كارت» إلى آلة تتصرف بذكاء في العالم المحيط، تتمثل في الحاجة إلى صنع نموذج دقيق وثلاثي الأبعاد لهذا العالم[4]. في محاولته الأولى في ستانفورد، استخدم رؤية «كمبيوترية» لاستشعار العالم بأبعاده الثلاثة. وتوجب عليه ابتكار مجموعة كاملة من التقنيات الجديدة. وجدت أنظمته الحسابية نقاطا واضحة المعالم . بصريا . في البيئة المحيطة، ومن خلال مقارنة الكيفية التي تظهر فيها عبر كاميرتين مختلفتين، أو «عينين» اثنتين، تمكن من حساب اتجاهها والمسافة التي تفصل بينها، بشكل يشابه استخدامنا نحن البشر لرؤيتنا المجسمة. وعلى وجه الدقة، لم تستخدم نسخة هانز من عربة «كارت» كاميرتين اثنتين، بل كاميرا مفردة كانت تنزلق من جانب إلى آخر، في تسعة مواضع، وتقارن الصور من منظور كل موضع. لذلك كانت الرؤية مجسمة بتسع «عيون»، حيث تتعدد مواقع الرؤية من كاميرا واحدة تلعب دور تسع عيون. تمكنت «كارت» من المرور بكافة هذه النقاط بشكل نمطي، بعد حساب واختيار الطريق الأفضل للوصول إلى هدفها متجنبة العوائق والعراقيل. ومن ثم تتحرك

4. ظل مؤمنا بهذا الاعتقاد الراسخ لمدة خمسة وعشرين عاما، أما آخر مشاريعه البحثية في جامعة كارنيجي ميلون فكان تطبيقه لبرنامج ثلاثي الأبعاد أعيد بناؤه بشكل أفضل. حاولت أن أقنعه على مدى السنين أن: 1) أنواع الحيوان، بما فيها البشر، لا تبني خرائط ثلاثية الأبعاد بدقة، وتتصرف رغم ذلك بشكل ذكي في العالم المحيط؛ 2) ما إن يحصل على هذه الخرائط، يتوجب عليه إضافة تعديلات ذكية عليها، ولذلك ربما ينبغي الآن التفكير بتلك المشكلة من أجل توجيه المتطلبات إلى خصائص الخرائط. لكنني لم أنجح في مسعاي حتى الآن.

على غير هدى متقدمة نحو الأمام لمسافة متر واحد تقريباً وتنظر إلى المحيط مرة أخرى، لتدمج نقاط العوائق الجديدة مع النموذج القديم المخزن في ذاكرتها، في محاولة للحصول على المقارنة الأكثر تناغما بين المشاهدات المتتابعة.

كانت مركبة «كارت» تبث صورا من كاميرتها إلى الكمبيوتر الرئيسي في المختبر باستخدام جهاز بث تلفزيوني، وتتلقى أوامر لاسلكية بالراديو فيما يتعلق بالتوجيه والقيادة. كما «اعتادت» أن تطوف بالمكان مرة كل خمس عشرة دقيقة، إذا لم يكن هنالك من مستخدمين للكمبيوتر الرئيسي في المختبر. ويمكن لهذا الدقائق الخمس عشرة أن تمتد في أوقات ذروة العمل على الكمبيوتر في فترة ما بعد الظهر لتغدو ثلاث ساعات أو أكثر. في نهاية المطاف انبثقت مشكلتان إضافيتان: أولا، كانت بطاريات «كارت» تضعف بعد مرور حوالي ست ساعات من التشغيل، وكان من الخطأ تحميل مزيد من البطاريات عليها. ثانيا، اضطر هانز للاعتماد على افتراض بقاء العالم المحيط جامدا وسكونيا خلال كل فترة تشغيل، وذلك من أجل إبقاء الأنظمة الحسابية تعمل بالسرعة المطلوبة. لكن المختبر كان كخلية النحل يتحرك فيها كل شيء باستمرار: الأشخاص، والأثاث، والأبواب.. في المساء تخف الحركة طبعا، إذ يغادر معظم الطلاب بعد منتصف الليل، ويبقى المكان هادئا حتى حوالي الساعة السادسة من صبيحة اليوم التالي، حين يأتي الطلاب العاملون في مجال إصدار الأصوات الموسيقية بواسطة الكمبيوتر من «مركز أبحاث الكمبيوتر في مجال الموسيقى والصوتيات». خلال صيف عام 1979، كان هانز يشغل «كارت» في كل ليلة ضمن القاعة الكبيرة المفتوحة داخل المختبر. وقمت شخصيا بإجراء التجارب والاختبارات لمدة ثمان وعشرين ساعة في اليوم . عشرون ساعة من العمل في المختبر تتبعها ثمان في المنزل . في ذلك الصيف، ولذلك أعتبر نفسي قد قدمت الكثير من العون

في تلك الليالي. كنا نضع عوائق من الكراسي، وعلب الكرتون متعددة السطوح، وجذوع أشجار صنعناها بأنفسنا، ونزود «كارت» بهدف يقع خلف الحائط البعيد على بعد حوالي ستين قدما، ثم نشغلها. خلال الفترات التي تتحرك فيها على غير هدى لمدة خمس عشرة دقيقة بينما تهضم المعلومات التي حصلت عليها بالمشاهدة، كنا نجري التعديلات الضرورية على مواقع الأشياء في الغرفة.

على وجه العموم، تمكنت «كارت» من العثور على طريقها بين الركنين المتقابلين في الغرفة بخلال فترة ست ساعات، لكن في كثير من الأحيان تصاب بالتشوش والارتباك في مواجهة العلب الكرتونية المتعددة السطوح وجذوع الأشجار. إذ لم يكن لها العديد من المعالم المتميزة التي يمكن رؤيتها، ولذلك كانت تصيب «كارت» بالعمى. لكن حين غطيناها بأكاليل الورد الملون أصبحت مرئية أكثر وسهّل على «كارت» تجنبها. أما ذروة هذه التجارب والاختبارات فقد ظهرت في يوم الأحد في أواخر شهر أكتوبر، حين كان هانز يستخدم الكمبيوتر بمفرده، وبرمج خطة لسير «كارت» في الهواء الطلق خارج جدران المختبر. كانت التجربة حدثا مشهودا، رغم أن «كارت» تحركت ببطء وهي تحاول شق طريقها بين نفس نماذج الكراسي والعلب الكرتونية التي وضعت في الخارج. لكن لسوء الحظ، انتهك العالم الخارجي واحدا من الافتراضات المفتاحية لهانز. فالظلال الواضحة التي تخلفها كل العوائق على الأرض لم تكن ساكنة. وفي الحقيقة، فقد تحركت قليلاً في فترات الخمس عشرة دقيقة التي تفصل بين مشاهدات العالم الخارجي. أصيبت «كارت» بارتباك شديد نتيجة تغير نموذج المحيط الخارجي المصمم لها، واضطر هانز للإسراع بتعديل العوائق كي تتوافق مع النموذج الداخلي: فقد كان من الأسهل تغيير العالم الخارجي الحقيقي مقارنة بتعديل النموذج الداخلي لهذا العالم في المركبة.

على الرغم من المقصد الجاد للمشروع، لم أستطع منع نفسي من الشعور بخيبة الأمل والإحباط. لقد استطاع غراي والتر جعل «سلاحفه» تعمل باستقلال ذاتي لساعات طويلة، متحركة هنا وهناك ومتفاعلة مع العالم الخارجي المتغير بصورة دينامية ومع بعضها بعضا. إضافة إلى أنه صنع آلاته الذكية من أجزاء ومكونات «مستعملة» لم تكلفه سوى بضع مئات من الدولارات. وها هنا، في مركز التقانة المتقدمة، لم يتمكن روبوت يتحرك معتمدا على معدات كلفت ملايين الدولارات من العمل بنفس القدر من النجاح على ما يبدو. صحيح أن «كارت» قد تفوقت على كل «سلاحف» والتر غراي فيما يتعلق بالمكونات الداخلية . كانت تبني نماذج دقيقة ثلاثية الأبعاد للعالم الخارجي وتصوغ خططا تفصيلية ضمن هذه النماذج. لكن بالنسبة للمراقب الخارجي، لم تكن كل هذه المدركات تستحق العناء. فهي تستحضر في الذهن القول المأثور الذي يتساءل عما إذا كان سقوط شجرة في غابة غير مأهولة بالبشر يحدث جلبة إن لم تكن ثمة أذن تسمعها. هل كانت النماذج الداخلية عقيمة وعديمة النفع حقا، أم هل هي خطوة أولية تمهد لأداء أفضل من قبل الأجيال المستقبلية لعربة «كارت»؟

مراجع إضافية للقراءة

Cohen, J. 1966. Human Robots in Myth and Science. London: George Allen & Unwin.

Dennett. D. C. 1998. Brainchildren. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Moravec, H. P. 1981. Robot Rover Visual Navigation. Ann Arbor: Mich.: UMI Research Press.

Nilson, N. J., ed. 1984. Shakey the Robot. SRI International Center, Technical Note 323.

Walter, W. G. 1950. "An Imitation of Life," Scientific American 182 (5): 42-45.

_____. 1951. "A Machine That Learns," Scientific American 185 (5): 60-63.

_____. 1953. The Living Brain. London: Duckworth. Republished in 1961 by Penguin, Harmondworth, United Kingdom.

Wood, G. 2001. Living Dolls: A History of the Quest for Mechanical Life. London: Faber & faber.

obeikandl.com