4. إنه العام 2001

في الثاني عشر من كانون الثاني/ يناير عام 1992، أقمت حفلة في منزلي دعوت إليها كافة الخريجين من طلابي. احتفلنا وأكلنا «الكاتو» وشاهدنا فيلما على الفيديو. كان عنوان الفيلم: «2001: أوديسة الفضاء». وجد معظم طلابي الفيلم بطيئا ومضجرا أخفقت فيه المؤثرات المشهدية الخاصة. لكنه أثار في ذهني حنينا جارفا إلى الماضي. لقد غير هذا الفيلم حياتي، أكثر من أي حدث مفرد آخر، وشكلت الشخصية المركزية في الفيلم على وجه الخصوص، الكمبيوتر المسمى «هال 9000»، مصدر إلهام لي حين كنت مراهقا في ادلايد في جنوب أستراليا، كي أكرس حياتي لصنع آلات ذكية. مازلت غير قادر على مشاهدته دون أن تتسارع نبضات قلبي وتمتلئ مآقي بالدموع. لقد ألهم الفيلم خيالي وأوقع الرهبة في نفسي.

يشير الفيلم إلى أن «هال 9000» قد جرى تشغيله في الثاني عشر من

كانون الثاني/ يناير عام 1992 (بينما تحدد القصة التي اقتبس عنها الفيلم التاريخ بالعام 1997). لكن عام 1992 كان ملائما بما فيه الكفاية بالنسبة لي، وأردت إقامة حفلة بمناسبة أهم حدث متخيل في حياتي، اليوم الذي بُعث فيه «هال 9000» حيا في حرم جامعة الينوي، تحت إشراف الدكتور تشاندرا[1]. تبين أن «هال» مضطرب العقل ذو ميول إجرامية، لكنني لم أشعر بكثير من الأسف لهذه الحقيقة. الأهم من ذلك أن «هال» يتمتع بذكاء اصطناعي مكنه من التفاعل مع الناس كأنه واحد منهم، مستخدما نفس الوسائل التي يستخدمونها للتفاعل مع بعضهم بعضا. كان «هال» كائنا موجودا، ومفعما بالحياة.

تمتع «هال» في الفيلم، بكينونة متحررة من الجسد، تمتلك مستويات من الذكاء تجعله يتفوق بها على البشر. فقد صنع كجزء لا يتجزأ من سفينة الفضاء «ديسكفري»، واعتاد التحدث إلى الطاقم بالإنكليزية. كما أن له العديد من شاشات العرض موزعة في كافة أنحاء السفينة، لكنه حصل على معظم المدخلات عن طريق الكلام، إضافة إلى كاميراته التي تشع بأنوار حمراء وتنتشر داخل السفينة. كان الكلام والرؤية هما المدخلات، في حين تتشكل المخرجات من الكلام، والشاشات، والتحكم بالسفينة.

في غمرة احتفالنا بالمناسبة، خطر على بالنا أن الواقع الحقيقي قد فشل في الارتقاء إلى مستوى الخيال الذي تطور منذ عام 1968. وبغض النظر عن السطح البيني (الواجهة) في برنامج «ماكنتوش»، فإن معظم الناس يستخدمون برنامج السطح البيني في «دوس» (DOS) أو «يونيكس» (UNIX) للتحدث مع حواسبهم الإلكترونية. كان فهم وتركيب الكلام عملية فجة لم تنضج بعد. ولم تكن رؤية الحاسب حية تعمل في وقت حقيقي، واقتصرت على

1. كان الدكتور شاندرا شخصية ثانوية في «2001»، لكنه لعب دوراً هاماً في «2010».

الظروف التي جرى التحكم بها بشكل دقيق. كان لدينا مخططات بيانية لمعظم الحواسب الإلكترونية لكنها بالأسود والأبيض فقط، وبدون ألوان. لم يتمكن أي كمبيوتر ـ تعلم وتطور من خلال التفاعل مع المدرسين والمبرمجين، مثل «هال» ـ من تعلم الغناء كما يفعل الطفل. في الواقع، لم تتوفر في تلك الأيام أية فرصة تتيح للمرء تشغيل كمبيوتر يشابه «هال» بحيث ينمو ويتطور ليصبح كائناً اصطناعياً.

على العكس تماماً من كافة قصص الخيال العلمي التي تناولت الحواسب الإلكترونية، فإن قصة «2001» لم يتجاوزها الواقع. فما زالت تمثل مخرجاً نافذاً مترعاً بالرؤى والأحلام، وتمتلك قدرة إبداعية متخمة بالخيال والتصورات.

كانت سينثيا بريزيل، التي حضرت الحفلة عام 1992، تعمل آنئذ على تطوير اثنين من الروبوتات، «اتيلا وهانيبال»، بحيث يمشيان بطريقة الحشرات. في التاسع من أيار/مايو2000، حققت ما وعد به «هال»، حيث دافعت في أطروحتها لنيل شهادة الدكتوراه من «معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا» عن إنسان آلي دعته «كيسمت»، يستخدم الرؤية والكلام كمدخلات رئيسية له، ويتابع الحديث مع الناس، بعد أن صنعته على نموذج الطفل الرضيع الذي ينمو ويتطور. وعلى الرغم من أن «كيسمت» لم يكن ذلك الشخص المحوري والموثوق الذي كانه «هال»، إلا أنه يعتبر أول إنسان آلي في العالم قادر على التواصل الاجتماعي الحقيقي مع الناس والتفاعل معهم على قدم المساواة، حيث قبلوا به كمخلوق «مؤنسن»، وتواصل معهم وتواصلوا معه بصرياً بذات الطريقة. لقد عرفوا حالته المزاجية من نبرة كلامه. وكان كل من يدانيه يدخل معه في علاقة تفاعلية تتميز ببعد اجتماعي طبيعي. كان الناس يتحدثون إليه، ويومئون له، ويقيمون صلات اجتماعية معه. كما

تعاملوا معه، على الأقل لوهلة، بوصفه كائناً حقيقياً. كان «كيسمت» إنسانا آليا «حيا». أو ليس هنالك من سبب يدعو للاعتقاد بغير ذلك. بتلك الطريقة تعامل الناس معه.

أفكار وتصورات حول «هال»

بعد بضعة شهور من الحفلة التي أقمتها وشاهدت فيها مع المدعوين «هال» على الشاشة، سافرت لقضاء إجازتي للسنة الأكاديمية 1992-1993. أردت فهم الارتقاء الصناعي والحياة الاصطناعية بشكل أفضل. لقد أمضيت السنوات القليلة الأخيرة في صنع «روبوتات» تشبه الحشرات في مسلكها. وفي حين تفوقت في الأداء على كل المخلوقات الآلية التي صنعت حتى ذلك الحين، إلا أنها لم تكن «مؤنسنة»، على شاكلة «هال». كنت أفكر بأن علينا، ربما بعد إكمال الجولة الحالية من صنع «الروبوتات» الشبيهة بالحشرات، أن ننتقل إلى «الروبوتات» المشابهة للزواحف. ومن ثم نتحول إلى الثدييات الصغيرة، والكبيرة، وأخيرا الثدييات الرئيسة (الإنسان، القرد..). لكننا أمضينا حتى الآن عشر سنين في إجراء التجارب على المخلوقات الآلية الشبيهة بالحشرات. في هذه الحال، ونظرا لأن العمر يتقدم بي مثل كل الآخرين، بدأ الأمر يبدو لي أن التاريخ قد يذكرني، لو حالفني الحظ حقا، باعتباري أول شخص يصنع أفضل قطة اصطناعية. لكن هذا الميراث لن يناسب تماماً الصورة التي كونتها عن الذات.

حين كنت أتأمل كل هذا وأفكر بـ«هال»، عقدت العزم على القيام بالمحاولة الجدية الأولى لصنع إنسان آلي يمتلك قدرات بشرية، المحاولة الجدية الأولى لصنع كائن على مستوى «هال».

أردت الابتعاد عن المخلوقات الآلية المتحركة والمتكاملة والاتجاه نحو

صنع إنسان آلي قادر على التفاعل مع الأشياء والأشخاص العاديين. تمثلت فكرتي الأولى في صنع ذراع آلية، مع كاميرا مركبة على السقف فوقها، بحيث تتفاعل مع الأشياء المتواجدة أمامها. لسوف تفسر كاميرا السقف الأشياء في المشهد المرئي، وتقوم الذراع بالتعامل معها ومعالجتها، ولربما تعرضها أمام الكاميرا للحصول على منظر أوضح.

أدركت أنني أرتكب نفس الخطأ الذي وقع فيه الباحثون في مجال الذكاء الاصطناعي مراراً وتكراراً. أما أهم الملامح التي ميزت مخلوقاتي الاصطناعية الشبيهة بالحشرات فهو أجسادها الموجودة في العالم المحيط. إذ لم يكن الإنسان الآلي بحاجة إلى قدرة تمكنه من تجنب العقبات، بل بالمستطاع برمجته بسهولة أكبر، عبر استشعار بيئته المرئية، كي يسعى بحثا عن السبل والممرات عبر الحيز المكاني الخاوي. ووفرت فيزياء وجوده ذاته في العالم المحيط ديناميات غنية من التفاعل المتبادل. ولجعله يتصرف بصورة ذكية، فإن كل ما احتجنا إليه هو دفع الديناميات بالاتجاه الصحيح. لم نكن بحاجة للقيام بعمليات الحساب والتفكير بشكل يسبق كل خطوة وكل حركة من عضو ثانوي ومشغل ميكانيكي.

إن امتلاك الإنسان الآلي لجسد مادي يوفر قاعدة انطلاق أساسية وطبيعية. كما يتوجب على كافة عمليات الحساب والتفكير والأتمتة والبرمجة التي تجري على الإنسان الآلي أن تكون في خدمة سلوكه في العالم الخارجي. أما الباحثون الذين اهتموا بالتفكير النظري المجرد فقد حصلوا على نتائج نظرية مجردة. ولم يكن هناك من طريقة لربط التفكير النظري المجرد بالإنسان المادي الفيزيائي. لقد حاولت مراراً تفسير هذا التزاوج المتنافر وتوصلت إلى نتيجة مفادها أن العمل على التفكير النظري المجرد لا يستهدف إلا أوراق البحث التي يقدمها الباحثون في المؤتمرات الدولية.

فهؤلاء يشتغلون في بيئة مصطنعة مقيدة، وحين يتابعون أفكار البحث المثيرة، يخضعون ويستسلمون لغواية جعل عالمهم النظري المجرد أكثر إثارة لأفكار أبحاثهم، وذلك بدلاً من حرصهم على التطابق مع واقع العالم المادي.

كان كل من كاميرا السقف والذراع الآلية بحاجة لأن تكون جزءاً لا يتجزأ من الإنسان الآلي المتجسد، وليست مجرد مكونات غير متجسدة محملة على سطح معين وسقف مناسب. كنت بحاجة لصنع كائن صناعي كامل، إنسان آلي بذراعين ورأس، «يعيش» بكليته ضمن العالم.

لكن ما هو الشكل الذي سيتخذه هذا الإنسان الآلي بالضبط؟ الجواب التلقائي تمثل في أن على الإنسان الآلي أن يتخذ شكلا بشريا لو أريد له أن يمتلك قدرات تشابه قدرات البشر. لكن من المؤكد أن ذلك يعتبر تبسيطا مخلا للمسألة. فهل هو سبب وجيه؟

تبين أن هنالك حجتين دامغتين لصنع الإنسان الآلي على هيئة بشرية. تتعلق الأولى بالكيفية التي يعطي فيها شكلنا البشري خبراتنا التي تعتمد عليها تمثيلاتنا للعالم. وتتصل الثانية بالطرائق التي سيتفاعل فيها الناس مع الإنسان الآلي المصنوع على هيئة البشر.

لا نعتبر نحن البشر مجرد نتاج لمورثاتنا. بل نتاج أيضاً لتنشئتنا الاجتماعية وتفاعلنا مع عالم الأشياء. كما أن ثقافتنا نتاج أيضاً لتجسدنا في العالم.

قدم الفيلسوف جورج لاكوف والفيلسوف مارك جونسون الحجة على أن كافة المستويات العليا من تمثيلاتنا للغة والفكر مؤسسة على استعارات مجازية لتفاعلاتنا الجسدية مع العالم. ملأت الحجج والبراهين التي قدمها كل منهما عددا من الكتب، ولذلك يمكنني في أفضل الأحوال الاستشهاد ببعض الأمثلة لإعطاء نكهة مميزة لأنواع الاستعارات المجازية التي يتحدثان عنها.

بدأ لاكوف وجونسون بالاستعارات الابتدائية التي زعما بأنها تتطور خلال مرحلة الطفولة انطلاقا من الخبرات والتجارب الجسدية والمادية والاجتماعية. فعلى سبيل المثال، يحاجج الاثنان على أن الحنان يستخدم الدفء كاستعارة مجازية معبرة عنه، لأن الطفل يتعرض لدفء وحرارة جسد الأم حين تظهر له الحنو والحنان. ولهذا تشير لغتنا إلى «الاستقبال الحار» لتعبر عن الترحيب الودي بالزوار. وعلى نحو مشابه، ترتبط «الأهمية»، كمفهوم معنوي، بالحجم الكبير (المادي/المتعين). ولذلك نشير مثلاً إلى «الليلة الكبيرة» لنعبر عن أهميتها، وهذا مرتبط في تداعياته مع الأهمية «الكبيرة» المعزوة لوجود الأبوين اللذين يشغلان «حيزا» - مكانيا ومجردا - كبيرا في حياة الطفل يهيمن في الواقع على مجال خبرته البصرية. كما تعتبر الصعوبات «عبئاً ثقيلاً»، وذلك حين نقول مثلا: «أنا أرزح تحت حمل ثقيل من المسؤوليات»، بسبب التعب والصعوبة المصاحبين لحمل الأشياء الثقيلة في مرحلة الطفولة.

المستويات العليا من المفاهيم مبنية كاستعارات مجازية يتقلص ارتباطها المباشر بالأشياء المادية مقارنة بالاستعارات الابتدائية، لكنها مع ذلك تعتمد على الخبرة الجسدية في العالم. فنحن نستخدم للزمن - مثلاً - استعارة مجازية تعبر عن الاندفاع للأمام، سيرا (الزمن يسير) أو ركضا (الزمن يجري)، على خط مستقيم. لهذا، يكون المستقبل «أمامنا»، ويصبح الحاضر معنا «حيث نكون»، في حين يقبع الماضي «خلفنا». ولو كنا مجرد مخلوقات «حسابية مجردة» دون أجساد (متعينة في العالم) ودون قدرة على التحرك بأية طريقة كانت، لما تمكنا، كما يحاجج لاكوف وجونسون، من تطوير مثل هذه الاستعارة المجازية المعبرة عن الزمن/الوقت. وهذه بالطبع ليست استعارتنا المجازية الوحيدة التي تعبر عن هذا المفهوم. إذ نفكر به أحياناً كسيل دافق يغمرنا، ولذلك نقول «المستقبل آت إلينا»، و«نحن نواجه الحاضر»،

و«الماضي ولى وانقضى». ومن الجدير بالذكر أن هذه وسواها من الاستعارات للوقت متجذرة في صلب فهمنا لفيزياء العالم وكيفية تحركنا فيه. إذن، يجري تجريد كل ذلك من أجل صياغة استعارات مجازية تمكننا من التعامل مع المفاهيم الأكثر صعوبة وتعقيدا. إن لغتنا هي التي تعكس هذه الاستعارات.

إذا أخذنا هذه الآراء على محمل الجد، نتبين أن على أي «كائن» يقوم بتطوير ذات الأنواع من الفهم النظري (المفهومي) للعالم كما نفعل نحن البشر، أن يطور نفس أنواع الاستعارات المصوغة من قبل البشر والمرتبطة بالجسد ارتباطاً جذرياً. لهذا السبب يصبح من الأهمية بمكان استكشاف جوانب صنع الإنسان الآلي على هيئة الجسد البشري، ورؤية نوع الاستعارات التي نجعله يستخلصها من تجربته الجسدية في العالم المحيط.

لربما أتعرض الآن، عند تقديم هذه الحجة الأولى، للاتهام بتبني علم «طائفة الشحنة السحرية». هذا «العلم» انتشر بين السكان الميلانيزيين المقيمين في بابوا - غينيا الجديدة خلال الحرب العالمية الثانية. فبعد أن شاهد هؤلاء «الطيور الفضية» اليابانية تهبط من السماء وتفرغ شحنتها، قام بعضهم ببناء مهابط مزودة بأبراج إرسال خشبية، ثم انتظروا صابرين هبوط «طيورهم الفضية»! الأخطر من ذلك أن بعضهم، مثل سكان جزر بياك، نحتوا مدافع خشبية هاجموا بها حشود القوات اليابانية في شهر تموز/يوليو من عام 1942. لكن مدافع اليابانيين كانت . بالطبع . مصنوعة من الحديد، ولم تتمكن المدافع «الطوطمية» التي صنعها شعب بياك من الخشب من فعل الكثير لوقف المذبحة التي أعقبت الهجوم .

«الروبوتات» التي صنعناها لم تكن بشرية ولا على هيئة البشر. وثمة خطر حقيقي تمثل في أنها لا تتصل بالبشر الحقيقيين سوى بعلاقة سطحية

واهية، تماماً مثلما لم ترتبط مدافع أهالي بياك «الخشبية» سوى بعلاقة سطحية - تفتقد القدرة الوظيفية - مع المدافع «الحديدية» التي استخدمها الجنود اليابانيون. ولربما تركنا الكثير من التفاصيل لهيئة الإنسان الآلي الشكلانية بحيث تفيده في الحصول على خبرات مشابهة لخبرات البشر. أو لربما تبين لنا أن من المهم حقاً صنع «روبوتات» من لحم ودم، وليس من السيليكون والمعدن. ولسوف نعود إلى هذه المواضيع في الفصلين الثامن والعاشر.

الحجة الثانية المقدمة لصالح صنع إنسان آلي على هيئة البشر تتمثل في أن الناس سوف يعرفون بشكل طبيعي كيفية التعامل مع مثل هذه «الروبوتات». فنحن البشر «مبرمجون» من خلال عملية الارتقاء الطبيعي للتفاعل مع بعضنا بعضا بطرائق مستقلة عن ثقافاتنا المحلية الخاصة. إذ نتواصل بصريا، أو نتفادى الاتصال البصري، لنشير إلى من يقع عليه الدور في الكلام مثلا. كما نشجع محدثنا من خلال الإيماءات والتمتمات والهمهمات شبه اللغوية، في إشارة إلى أننا نفهم ما يقوله. ونعلم بأننا نبالغ في الاقتراب من أحد الأشخاص من الطريقة التي يتململ فيها ويبتعد عنا. ونعرف متى يريد أحدهم أن نشارك في الحديث من الأسلوب الذي يحرك فيه رأسه نحونا، ويعطي الإشارة من خلال نظرة عينيه. كل هذه الأمور تأتينا بشكل طبيعي حين نتفاعل اجتماعياً مع الناس الذين لم نلتق بهم من قبل. لكن كافة هذه الإشارات والإيماءات التلميحية الاجتماعية تفتقدها العدسات الهامدة الحمراء التي زود بها «هال». ولسوف تغيب عن كاميرا الإنسان الآلي المعلقة على السقف. لقد بدا لي أن صنع إنسان آلي بشكل بشري سيسمح لنا باكتشاف قضايا التواصل اللاشعوري هذه.

بحلول شهر حزيران/ يونيو 1993، بدأت بصنع روبوت «مؤنسن».

ابتكرت سينثيا بريزيل اسم «كوغ» (Cog) لأول إنسان آلي صنعناه: الحروف الثلاثة اختصار لكلمة «إدراك» (بالإنكليزية)، كما تعني (بالإنكليزية أيضا) أحد أسنان ترس العجلة أو الدولاب. لذلك مثل الاسم تورية مناسبة، حيث ربط بدلالته بين الطبيعة الميكانيكية لإنساننا الآلي «المؤنسن»، والنماذج الذكية التي اعتزمنا تطبيقها عليه.

تفجر ثورة الروبوت «المؤنسن»

حين بدأنا العمل في مشروع «كوغ»، لم يكن هناك أي «روبوت مؤنسن» خارج سياق قصص الخيال العلمي. أما الاستثناء الوحيد فمثلته في هذا المجال جامعة واسيدا اليابانية. لكن الحال قد تغيرت الآن - فهناك «روبوتات مؤنسنة» في المختبرات المنتشرة في كافة أرجاء العالم، والعديد منها يدين بفضل البداية إلى جامعة واسيدا في طوكيو.

في حين أن غالبية الأبحاث العلمية في ميدان الذكاء الاصطناعي في الولايات المتحدة وأوروبا قد أجريت داخل أقسام علم الحاسب الإلكتروني، إلا أنها تمت في اليابان داخل أقسام الهندسة الميكانيكية والكهربائية، وذلك بالنسبة لصنع «الروبوتات» المتجسدة ماديا. ولم تكن واسيدا استثناء متفردا في هذه الحالة.

في أوائل السبعينات، بدأ البروفسور هيروكازو كاتو من جامعة واسيدا بصنع روبوت «مؤنسن»، وأثمر عمله هذا تأسيس «معهد الروبوت المؤنسن» الذي ضم حوالي مائة من الباحثين المتخصصين. أما أول «روبوت مؤنسن» صنعوه فكان «وابوت - 1» في عام 1973، الذي تمكن من السير لبضع خطوات على قدمين، والإمساك بالأشياء البسيطة بيديه، والتفاعل عن طريق بعض العبارات اللفظية البدائية والبسيطة مع الناس، لكنه لم يكن مخلوقاً

اصطناعياً. إذ لم يتواجد في بيئة خارجية استجاب لها، بل كان مجرد آله استعراض تنفذ واحدة من المهمات الموكولة لها بصورة صحيحة، دون أن تبدي اعتباراً كبيراً لما يحدث حولها في العالم المحيط. ولم يكن «وابوت - 1» مخلوقاً «موجوداً».

الإنسان الآلي التالي الذي صنعه البرفسور كاتو هو «وابوت-2»، حيث ظهر إلى حيز الوجود في عام 1984. وكان هذا إنساناً آلياً «موجوداً» أيضاً، إنما في مجال محدود جداً. وعلى شاكلة «وابوت-1»، كان للنسخة الجديدة رجلان وذراعان، لكنه مقيد بالعديد من المحددات الخاصة. فهو لم يستطع الوقوف، بل اكتفى بالجلوس على مقعد البيانو. أما قدماه فقد استخدمتا للضغط على بدالات الآلة الموسيقية، وقيدت حركة ذراعيه في إطار العزف على مفاتيحها. كان له في كل يد خمس أصابع واستطاع تحريك ذراعيه من جانب إلى آخر من أجل العزف على المفاتيح. أما ما جعل «وابوت-2» أكثر من مجرد آلية تعزف على البيانو فهو القدرة على قراءة «النوتة» الموسيقية. إذ كانت رأسه عبارة عن كاميرا تلفزيونية كبيرة، وحين توضع صفحة «النوتة» على الحامل فوق مفاتيح البيانو، فإن «وابوت-2» يستطيع قراءتها والعزف تبعا لها. من الممكن اعتبار «وابوت-2» إنساناً آلياً «موجوداً»، رغم القيود التي تحدد نشاطه، لأنه «تواجد» وتفاعل ضمن المجال المحدد له.

لم تحدث تطورات مهمة في ميدان «الروبوتات المؤنسنة» خلال السنوات القليلة التي تلت صنع «وابوت-2». استمر فريق جامعة واسيدا في صنع الروبوتات بأشكال بشرية، لكن معظم الجهود تركزت على تشغيل آلية المشي. ولم يكن ثمة تشجيع على جعل الإنسان الآلي «موجودا»، وقادراً على الأداء والعمل في العالم الحقيقي. لكن البرفسور أتسو تاكانيشي حقق تقدما عظيما في فهم ديناميات المشي على الرجلين، وإن كانت الروبوتات

التي قدر على صنعها كبيرة الحجم وخرقاء، ولم تتمكن أبداً من العمل بسلاسة ورشاقة. إذ لم تسمح الميزانية المقيدة لتاكانيشي بصنع روبوتات تملك ما يكفي من المحركات القوية والأرجل الخفيفة القادرة على الحركة بسهولة ويسر.

تبين أن هنالك شيئاً ما يحدث في ميدان الروبوت المؤنسن، فقد كان لدى شركة صناعة السيارات «هوندا» مشروع امتد لعشر سنوات بهدف صنع روبوت مؤنسن، لكنها أبقته طي الكتمان بعيدا عن عيون المؤسسة الأكاديمية اليابانية وغيرها، إلى أن أعلنته على الملأ عام 1997. وقد دعيت مرة لإلقاء محاضرة أمام «مركز أبحاث واكو» قرب طوكيو في البدايات المبكرة من التسعينات، وجرت العادة حين ألقي مثل هذه المحاضرات في مثل هذه المراكز البحثية أن يأخذني المسؤولون عنها في جولة في أرجائها ويطلعوني على أعمالهم المنشورة على الأقل. في هذه المناسبة بالذات، لم يسمح لي بالمرور عبر حاجز الأمن، بل قادني المسؤولون إلى قاعة خاوية وطلبوا مني التحدث عن الإنسان الآلي القادر على المشي بواسطة أرجله الست أمام جماعة مجهولة من المهندسين. سألتهم عن المشروع الذي يعملون عليه، وما إذا كان يتعلق بصنع إنسان آلي أم محولات حفازة (catalytic converters). لكنهم ردوا بأنهم لا يستطيعون إخباري عما يفعلونه في هذا المختبر. رفضت هذه المعاملة التي تفتقد روح التعاون البناء بين الأكاديميين، وحاولت المساومة لاستخلاص بعض المعلومات منهم قبل أن ألقي محاضرتي وأغادر. كل ما تمكنت من الحصول عليه هو التجول في أرجاء القاعة وسؤال كل باحث عن المجال العلمي الذي تخصص فيه حين كان طالباً في الجامعة.

عندما كشفت شركة «هوندا» عن إنسانها الآلي المؤنسن «ب2» عام 1997، ليتبعه بسرعة «ب3» عام 1998، توضح أنها استثمرت العديد من

المصادر في مشروعها البحثي . حيث كرس مائة من المهندسين جل وقتهم للعمل في المشروع لسنين طويلة. بدت الروبوتات وكأنها بشر بملابس الفضاء. لكن في جهاز الفيديو - على الأقل - كانت تمشي كالبشر. لقد ركز مهندسو شركة «هوندا» اهتمامهم على المشي - حيث اقتصر الإنسان الآلي الأول الذي صنعوه «ب1» على زوج من الأرجل مع وركين وثقل كبير فوقهما. كان للروبوتات المؤنسنة أيضاً جذع، وبطارية خلفية، وذراعان، ورأس. الرجلان وحدهما تعملان ذاتيا، وتتبعان نظاماً حسابياً للمشي (ZMP) طوره تاكانيشي في جامعة واسيدا. أما الذراعان والرأس فقد عملت بواسطة شخص يرتدي بدلة عادية (وليس لباس الفضاء). كان الإنسان الآلي يمشي بصورة جيدة، وشملت قدرته تسلق السلالم. كما تمكن من السير وتوجيه نفسه متجنباً العقبات، لكن كل ذلك تم بواسطة مشغّل عن بعد بعصا تحكم. روبوتات شركة «هوندا» ليست مخلوقات اصطناعية حقيقية، مثلها في ذلك مثل روبوتات جامعة «واسيدا» المبكرة. كانت في الواقع أجهزة كهربائية . ميكانيكية يمكنها تأدية بعض المهام والتصرفات التي لا تعتبر بمثابة استجابة حقيقية للوضع الذي تجد نفسها فيه في العالم . إذ تمثلت المشكلة في أنها لا تجد نفسها في العالم فعلا، حيث يتم التحكم بها من قبل شخص خارجي بدلا من أن تكون مستقلة ذاتيا بأي معنى من المعاني.

في وقت مبكر من عام 2001، أعلنت شركة «هوندا» عن صنع نسخة أخرى أصغر حجما من الروبوت المؤنسن، عرف باسم «اسيمو»[2]. ثم سوقته كجهاز تحكم عن بعد يصلح للاستخدام في مدن الملاهي. كان «اسيمو» إنسانا آليا «مؤنسنا» صغير الحجم (يماثل حجم طفل في العاشرة). وبواسطة جهاز تحكم عن بعد بيد شخص خارجي، يمكنه المشي،

2. من المؤكد أن الفضل في ذلك يعزى إلى كاتب قصص الخيال العلمي اسحق اسيموف.

والإمساك بالأشياء. وعبر نظام مكون من دارة تلفزيونية مغلقة، يستطيع المشغّل أن يتحدث إلى الناس ويرى تعابيرهم. صحيح أنه لم يكن يعمل مثل إنسان آلي مستقل ذاتيا، لكن كان القصد إقناع الناس بأنه كذلك.

في السنوات القليلة الماضية، تفجرت ثورة العمل على الروبوتات المستقلة ذاتيا. إذ أنتج فريق جامعة واسيدا مجموعة من الروبوتات المؤنسنة الجديدة. في حين عملت جامعة طوكيو، و«المختبرات الكهربائية التقنية» (Electro-technical Laboratories) في تسوكوبا، و«مختبر أبحاث الاتصالات المتقدمة (Advanced Telecommunications Research Lab). قرب كيوتو، عملت جميعاً على مشاريع رئيسية في هذا المجال. وعرضت شركة «سوني»، بعد الكلب الآلي الناجح الذي صنعته باسم «ايبو» (AIBO)[3]، إنساناً آلياً «مؤنسناً» بطول 50 سم، كان قادرا على المشي بواسطة البرنامج الحسابي (ZMP) الذي ابتكره تاكانيشي. أما «مختبرات أبحاث فوجيتسو» (Fujitsu Research Labs)، وجامعة طوكيو، فقد تعاونتا معا على صنع روبوتات مشابهة قادرة على المشي. في مختبر الذكاء الاصطناعي التابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، قام جيل برات وطلابه ببناء وتركيب حيوانات آلية جديدة مزودة بقدمين، وديناصور واحد، لكن الروبوت الآخر «المؤنسن» والمؤلف من رجلين «م2»، زوّد ببرامج حاسوبية أكثر قوة وكفاءة حسنت إلى حد بعيد من قدرته على المشي وذلك بالمقارنة مع الروبوتات التي صنعتها مجموعات الباحثين الأخرى. لقد صنع العديد من فرق البحث في إنكلترا، والمانيا، والولايات المتحدة، أجسادا، وأذرعا، ورؤوسا «مؤنسنة». وحاول معظمها تجاوز نموذج دمية شركة «هوندا» الباهظة الثمن، والتي كانت تفعل ما تؤمر به، ثم الانتقال إلى بناء أنظمة استشعار تفسح المجال للإنسان الآلي كي

3. لمزيد من التفاصيل حول «ايبو»، انظر الفصل الخامس.

يدرك بيئته المحيطة ويتصرف بأسلوب مناسب نوعاً ما. العديد من هذه الروبوتات كانت قادرة على الإحساس حين يتواجد الناس في محيطها، وعلى تغيير «حالتها المزاجية» من أجل التفاعل معهم بصورة مناسبة. بعض الروبوتات المتحركة (القادرة على المشي) استطاعت تجنب العقبات والعراقيل من تلقاء نفسها. وتمكنت روبوتات برات من المشي فوق سطوح وعرة لم تعرف نموذجا لها من قبل. واستطاع بعضها الآخر التنقل اعتمادا على رؤية بصرية معقدة أتاحت لها جمع المدركات الحسية من كل مكان حولها. لكن قلة قليلة منها استطاعت الوصول إلى/ والإمساك بالأشياء والأجسام المدركة حسيا من خلال برامج الرؤية الكمبيوترية التي زودت بها. في تلك الفترة، لم يكن أي من هذه الروبوتات يتمتع بقدرات «هال» من حيث اللياقة والذكاء. لكنها أظهرت أن صنع «الروبوتات المؤنسنة» ليس فكرة جنونية مطبقة. فالتقانة التي نملكها اليوم تتيح لنا الوصول إلى الهدف النهائي بصورة مختصرة. ولا تقيدنا محدودية قوة الحسابات الكمبيوترية أو الأفكار الذكية، لا يقيدنا سوى حدود الزمن، لكننا حين نمضي مزيداً من الوقت في العمل على مخلوقاتنا الذكية، تتعاظم قدرتنا على جعل أدائها يتحسن باطراد.

قوانين وحقائق أسيموف

خلال سنوات الخمسينات، ألف إسحق أسيموف سلسلة من الكتب حول الروبوتات المؤنسنة، استهلها بكتاب «أنا، الروبوت». أما الشخصيات الرئيسة فكانت عبارة عن روبوتات يصعب تقريباً تمييز بعضها عن البشر. فقد صنعت بحيث تخضع لثلاث قواعد تنظيمية أصبحت تعرف باسم «قوانين أسيموف»:

1. أن لا تسبب الضرر للإنسان، أو تسمح بأذيته حين تكون في حالة توقف عن العمل.

2. أن تطيع أوامر البشر باستثناء تلك التي تتعارض مع القانون الأول.
3. أن تحمي وجودها ذاته طالما أن مثل هذه الحماية لا تتعارض مع القانونين الأول أو الثاني.

تركزت العقدة في القصص القصيرة والكتب التي ألفها اسيموف حول هذه الروبوتات على الأوضاع المشتملة على تناقضات منطقية في تطبيق القوانين الثلاثة. الأمر الذي أدى على الدوام إلى بعض السلوكيات غير المتوقعة مسبقا من جانب الروبوتات في نضالها العنيد للالتزام بهذه القوانين.

كثيرا ما انتقد الصحفيون وغيرهم هذه القوانين، وفي الحقيقة فإن الإنسان الآلي الذي قدمه روبين وليامز في فيلم صوره عام 1999 بعنوان «إنسان المئوية الثانية»، قد أبرز هذه القوانين عبر وثيقة مكتوبة باليد حين سُلّم للمرة الأولى إلى أصحابه الجدد. وغالبا ما سأل الصحفيون عما إذا كانت الروبوتات الحالية قد صنعت بحيث تطيع هذه القوانين الثلاثة.

الجواب ببساطة هو أنها ليست كذلك. ولا يرجع السبب إلى كونها مصنوعة لتكون خبيثة أو شريرة، بل لأننا لا نعرف بالضبط كيف نصنع روبوتات تتمتع بما يكفي من الإدراك الحسي والذكاء العملي لإطاعة هذه القوانين. وقد تبدو القوانين للوهلة الأولى حميدة صادقة النية وتعتمد على الحس البدهي السليم والبسيط. لكن عند التفحص الدقيق يتبين لنا أنها على درجة كبيرة من المكر والمراوغة. عرف اسيموف ذلك بالطبع واستغل ذلك المكر لمآربه الخاصة. لكنه رغم ذلك لم يدرك حجم الحمل الإدراكي - الحسي الذي تضعه هذه القوانين على الإنسان الآلي.

حتى عام 1998، أو ربما عام 1999، لم تتح لأي إنسان آلي الفرصة لإطاعة أول قوانين اسيموف، حيث لم يمتلك أي منها ما يكفي من القدرة

حتى لاكتشاف وجود البشر. وباستثناء «بوللي»، فإن كافة الروبوتات المشار إليها في الفصل الثالث قد تعاملت مع البشر في أفضل الأحوال كعقبات حاولت تجنبها. وحتى «بوللي» نفسه تفادى البشر، عدا ما كان يحدث في بعض الظروف الخاصة المتمثلة في ظهور أي منهم على هيئة كتلة ساكنة منتصبة بصورة عمودية في الممرات والدهاليز.

لمَ يعتبر الإدراك الحسي على هذه الدرجة من الصعوبة والتعقيد؟ يبدو الإحساس بالنسبة لنا أمراً لا يحتاج لبذل أي مجهود. فنحن نفتح عيوننا وندرك كل ما يوجد في العالم حولنا. نرى الناس، والأشياء، والأمكنة، داخل الغرف المغلقة وفي الهواء الطلق سواء بسواء، كما نبصر أيدينا وأطرافنا. الأغلبية الساحقة من البشر قادرة على فعل ذلك. ومعظم الثدييات الأخرى تبلي بلاء حسنا على ما يبدو في مجال الرؤية البصرية - في حكم المؤكد أن القطط والكلاب تتصرف وكأنها ترى العديد من الأشياء في العالم. الطيور أيضاً تعتمد اعتمادا كبيرا على حاسة البصر، كما هو واضح. لقد تأكدت هذه الافتراضات من خلال التجارب العلمية الدقيقة، فالعديد من الكائنات الحية، مثل الدبابير، والنحل، وكثير من الزواحف، تتمتع أيضاً ببصر حاد. ورغم أن قدرة الروبوتات على الرؤية قد تحسنت تحسنا ملحوظا خلال السنتين أو الثلاث الأخير، إلا أنها مازالت حتى الآن متخلفة إلى حد كبير في مجال حدة الإبصار مقارنة بالثدييات والبشر.

شكلت حقيقة صعوبة رؤية الحاسب مفاجأة كبيرة للباحثين في ميدان الذكاء الاصطناعي. ففي عام 1963، أكمل لاري روبرتس[4] أول رسالة

4. في وقت لاحق من الستينات، أصبح لاري روبرتس واحدا من رواد شبكة ARP التي تحولت فيما بعد إلى ما يعرف اليوم بالانترنت. ومازال حتى الآن عالما دؤوبا وناشطا في مجال الشبكات.

دكتوراه في العالم حول رؤية الحاسب في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا. وباستخدام كمبيوتر مبكر في المعهد دعي باسم «ت اكس ـ 0» (T X-0)، تمكن من تمييز أشياء بيضاء بسيطة متعددة السطوح على خلفية سوداء.

تبع هذا النجاح المبكر تقدم طفيف استمر بضع سنين. فقد قرر مارفن مينسكي الذي شارك في تأسيس مختبر الذكاء الاصطناعي التابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، وعمل مستشاراً لستانلي كوبريك بين عامي 1967–1978 في فيلم «2001»، وساعده في تقديم تصور عن «هال»، قرر حل مشكلة رؤية الحاسب المزعجة إلى الأبد عام 1966. ومع أن الكل عرف أن لعب مباراة على مستوى عالمي بالشطرنج (على الكمبيوتر) كان احتمالاً بعيداً قد يتطلب تحققه عشر سنوات، إلا أن الرؤية ليست بمثل تلك الصعوبة حتما. فبإمكان حتى الأشخاص «الحمقى» القيام بذلك بكل براعة ومهارة. أوكل مارفن وسيمور بابرت هذه المهمة خلال فصل الصيف إلى طالب يدعى جيري سوسمان.

لم نحقق حتى الآن (2001) تقدما كبيرا يتجاوز ما تحقق في مشروع ذلك الصيف. فلدينا حواسب إلكترونية قادرة على إنزال الهزيمة ببطل العالم في الشطرنج، لكننا لا نملك أبداً كمبيوترات قادرة على الرؤية بشكل جيد. لقد فاتت هذه النقطة على مارفن كلية، الأمر الذي أثر تأثيراً بالغاً على الكيفية التي سيكون عليها «هال» عام 2001. لكن لسوء الحظ، ما زال غير قادر على ذلك بعد إخفاقه في حل مشكلة الرؤية خلال تلك الفترة التي امتدت طيلة أشهر الصيف، واستمر في التقليل من شأن ما اعتبرته على الدوام بمثابة المشكلات الصعبة الحقيقية التي ستبقى عالقة خلال السنوات الثلاثين التالية. هذه المشكلات الصعبة العصية على الحل تشمل أداء مهمات بصرية بسيطة مثل القدرة على تمييز أجسام متعينة كالكأس والقلم والسيارة

باعتبارها كأسا وقلما وسيارة بصورة موثوقة يمكن الاعتماد عليها. كما تشمل هذه المشكلات القدرة على تجميع منظر مستقر للعالم المحيط عندما يمشي الإنسان الآلي داخل غرفة مغلقة، إضافة إلى المقدرة على فهم أصوات مختلفة مثل صرير الأبواب، وزقزقة العصافير، أو الكلمات المنطوقة بنبرة ثقيلة (لمهاجر وصل حديثا إلى البلاد مثلاً)، والقدرة على رؤية الأشياء، والتقاطها، ودحرجتها بواسطة الذراع. سمعت ذات مرة مارفن يشتكي، خلال مؤتمر انعقد في أواسط الثمانينات حول الذكاء الاصطناعي، من أن العديد من الأشخاص يعملون في مجال الرؤية بالكمبيوتر والإنسان الآلي، لكن الأمر يبدو وكأن هؤلاء المضللين يعملون على قرص حروف الآلة الكاتبة. فقد كانت هذه تقانة خاصة بطبع الكلمات على الورق قبل ذيوع الطابعات الليزرية، وتبعا لرأي مارفن فإن رؤية الحاسب والإنسان الآلي عبارة عن علاقة بين مدخلات ومخرجات. أما المشكلات الحقيقية التي واجهت الذكاء الاصطناعي فتمثلت في أمور تتعلق بالتفكير، فبرغم كل شيء ينجح حتى أشد الناس غباء في القيام بجزء المدخلات هذا ـ أي سماع ومشاهدة الأشياء ومعالجتها.

يبدو أن هناك تفسيرا دقيقا وواضحا للكيفية التي يرى بها البشر. فهم يفتحون أعينهم، ويتلقون المدخلات مثلما تفعل كاميرا الفيديو، أو جهاز المسح، ومن ثم يرون ماذا يوجد في العالم حولهم. وحين يغمضونها يستطيعون تذكر ما شاهدوه، بل الإجابة عن الأسئلة المتعلقة بالأشياء التي كانوا «غير واعين» حين رأوها ـ الأمر الذي يشكل، رغم كل شيء، القاعدة المؤسسة لروايات شهود العيان في المحاكمات القضائية.

تبين أن هذا الفهم للكيفية التي نرى من خلالها كان فهما خاطئا بشكل كلي تقريبا. فأجهزة الرؤية البشرية هي في ذات الوقت أسوأ وأفضل أداء من

ذلك. علاوة على أن الآليات التي تدفع حركات عيوننا بحيث نتمكن من إدراك العالم المحيط تستخدم أيضاً في العديد من الجوانب الحاسمة لتفاعلاتنا الاجتماعية الأساسية. ولا يمكن فهم عملية الرؤية من دون فهم هذه التفاعلات الاجتماعية البشرية. وعلى نحو مشابه، لا يمكن التعرف على التفاعلات الاجتماعية دون معرفة الكيفية التي نرى من خلالها. ولهذا، نعتبر نحن البشر - في كثير من النواحي نتاجات لتجسدنا في العالم.

قواعد الرؤية والسلوك

لا تعتبر الرؤية عملية سلبية/ منفعلة. بل هي عملية ناشطة/ فاعلة ومستمرة. إذ تتحرك عيوننا بسرعة من مكان لآخر لتحصل على مجرد نتف من المعلومات حول ما يوجد في العالم المحيط بنا. ثم يقوم الدماغ بتجميع وتركيب العديد من التفاصيل التي ربما لا نكون رأيناها فعلا عبر عملية غير مفهومة تماماً حتى الآن. أما النتيجة فهي الشعور بأننا نرى منظرا مستقرا لعالم ساكن بتفاصيل بانورامية كاملة، بحيث لا يتطلب الأمر سوى اهتمامنا الواعي لإظهار التفاصيل الفردية.

لا تشبه العين الكاميرا الرقمية شبها كبيرا. فلهذه الأخيرة ثبات متسق عبر مجال رؤيتها البالغ خمسا وثلاثين درجة أو نحوها. ولربما تتمتع كاميرات الفيديو الرقمية الحديثة بعدد يصل إلى حوالي ثلاثة أرباع المليون من نقاط عناصر الصورة (pixels)، تتساوى في كل منها الرؤية على نحو جيد بالأحمر، والأخضر، والأزرق. لكن تبين أن هذه الحقيقة التقنية الجيدة قد فسدت نتيجة بعض التنازلات التي قدمت من أجل البث التلفزيوني. ورغم أن الكاميرات ذاتها تمتاز بأدائها الجيد في مجال التمييز بين الألوان في كل عنصر من عناصر الصورة، إلا أن الطريقة المعيارية لبث صور الفيديو تنبذ الكثير من تلك المعلومات اللونية. هنالك سببان اثنان لذلك: أولا، كانت

أجهزة التلفزيون المبكرة مخصصة لعرض الصور بالأسود والأبيض فقط. وحين ظهر التلفزيون الملون، أصبح من الضروري الاحتفاظ بطريقة تجعل من الممكن التقاط البث الملون بأجهزة الاستقبال والإرسال الموجودة - أي أن يتمكن المشاهدون الذين يملكون أجهزة تلفزيون قديمة من رؤية البرامج التي تبث بالألوان وكأنها تبث بالأسود والأبيض، ويستطيع أولئك الذين يملكون أجهزة تلفزيون حديثة استقبال محطات البث القديمة التي لم تتحول بعد إلى إشارات البث الملون. توجب إخفاء الجزء الملون من إشارة البث في مكان غير مستخدم من النظام الأصلي الذي يبث بالأسود والأبيض، لكن لم يكن ثمة متسع له في النظام. ثانيا، لا تعتبر العين البشرية متفوقة كثيراً في استقبال الألوان، ولذلك لم يكن يفوت على المشاهدين إشارة عرض الحزمة الملونة الكبيرة التي تعرض على أجهزتهم التلفزيونية - فكل شيء بدا على ما يرام بالنسبة لهم مع تقليص نطاق اللون الذي تشمله الإشارة. وبرغم أن ذلك اعتبر حلا تقنيا ذكيا آنذاك، إلا انه ظل يزعج الباحثين في مجال رؤية الحاسب، لأن العديد من الكاميرات الملونة تجمع الإشارات الملونة الجيدة، ثم تطرحها قبل أن تضعها على شكل مخرجات بث معيارية.

على العكس من كاميرا الفيديو، تمتلك العين البشرية حقلا من الرؤية يمتد على مسافة أفقية تبلغ 016 (وأكثر من ذلك بقليل، عمودياً). أما الشبكية ففيها حوالي مائة مليون من مستقبلات الضوء الساطع، تدعى العصيات، وحوالي خمسة ملايين من مستقبلات اللون، تدعى الخلايا المخروطية. لكن هذه لا تنتشر بصورة منتظمة على الإطلاق. هنالك منطقة متميزة جداً في حقل الرؤية تسمى «حفيرة الشبكية المركزية» (fovea). هذه المنطقة، التي تمتد بعرض خمس درجات، تتمتع بكثافة أكبر من المستقبلات وحساسية أشد تجاه اللون مقارنة بباقي سطح العين. وفي الحقيقة، لا يوجد في حفيرة الشبكية أية عصيات على الإطلاق، بل مجرد خلايا مخروطية. كما لا توجد

شعيرات دموية تتخلل المستقبلات في معبر الضوء مثلما توجد في بقية أجزاء الشبكية. أما الحواف الخارجية من حقل الرؤية فتدعى بالأطراف المحيطية.

من السهل إجراء بعض التجارب للتحقق من كل ذلك بأنفسنا. فمثلاً، اغلق عينا واحدة، وامدد ذراعيك أمامك، وحرك سبابتيك، ثم انظر أمامك وافتح ذراعيك حتى تصل كفاهما إلى حافتي حقل الرؤية . أي حتى النقطة التي تغيب عندها السبابتان عن بصرك. الآن تصنع ذراعك زاوية بمقدار 160 درجة مع الأخرى.

السبب الذي يدعو إلى تحريك سبابتي ذراعيك يكمن في أنك لا تستطيع أن تبصر الكثير فيما عدا الحركة على الطرف الأقصى من حقل الرؤية. إذ تفقد هنا تقريباً الرؤية الملونة والقدرة على تمييز الأشياء، حيث لا تتواجد هنا إلا قلة قليلة فقط من المستقبلات، كما أن التفاصيل تُجمل معا على شكل إشارات ترسل من عينيك إلى دماغك. هنالك حوالي مليون ونصف المليون من الألياف العصبية تمتد من الشبكية إلى منطقة الدماغ المسماة «ف1» (V1). أما بالنسبة لحفيرة الشبكية المركزية، فهنالك حوالي ثلاثة ألياف عصبية في كل مستقبل، لكن العدد في الحواف ينخفض إلى ليف عصبي واحد في كل مائة وعشرين مستقبلا. نصف منطقة «ف1» مكرسة للجزء المركزي (10 درجات عموديا وأفقيا) من حقل الرؤية - أي أن نصفها مكرس لحوالي 2٪ من حقل الرؤية، أو الجزء المركزي الذي يشمل الحفيرة.

قبل أن نترك الشبكية، من المهم الإشارة إلى أنها رديئة التصميم إلى حد لا يصدق. ولا يقتصر الأمر على مجرد أن توريدها بالدم يتم على سطح العناصر الحساسة للضوء فقط، بل إن الأعصاب التي تنقل المعلومات إلى الدماغ متوضعة أيضاً في الممر الواصل بين العدسة والمستقبلات. أما في عين الأخطبوط الأفضل تصميما، فإن حبل الخلايا العصبية القادم من الدماغ

يرتبط مع القسم الخلفي من الشبكية ويلتقط معلومات الصور من خلال الامتداد إلى خلف مستقبلات الضوء. في الثدييات، يأتي الحبل العصبي من الخلف ويحفر ثقبا في الشبكية على بعد 15 درجة فقط من مركز الحفيرة، ثم يمتد فوق سطحها (الشبكية)، الأمر الذي يؤدي إلى وجود نقطة عمياء في العين. وحين ننظر في أي اتجاه محدد بعين واحدة يعمى بصرنا كلياً عن رؤية الأشياء في الجهة الأخرى.

في العادة، نحن لا ندرك وجود النقاط العمياء في عيوننا، لكن تجربة بسيطة تكشف عنها. احضر ورقة بيضاء وارسم على جانب منها حرف X كبير الحجم ثم ارسم بقعة سوداء (بقطر ظفر خنصرك) على بعد حوالي 15 سم من الحرف. الآن احمل الورقة أمامك باليد اليسرى واغلق عينك اليمنى، ثم حدق بالعين اليسرى إلى الحرف. لسوف تتمكن من رؤية البقعة السوداء الموجودة إلى اليسار. ثبت عينك على الحرف وقرّب الورقة ببطء من وجهك. في بعض الأحيان سوف تختفي البقعة السوداء، ثم تعاود الظهور مع اقتراب الورقة من وجهك. اللحظة الّتي تختفي فيها البقعة السوداء تمثل مكان النقطة العمياء. اقلب الورقة رأسا على عقب وكرر العملية بعد إغلاق عينك اليسرى والتركيز باليمنى على الحرف الذي رسمته لتحديد النقطة العمياء الأخرى.

إذا توقفنا عن التفكير بكل ذلك لوهلة، رأينا مدى إثارة تفسيرنا العادي لرؤية العالم من حولنا. فتفكيرنا الذاتي الداخلي حول كيفية الرؤية يخبرنا أننا حين نحدق إلى العالم بنظرة ثابتة تتركز على جهة واحدة، نرى الأشياء الواقعة أمام نقطة التركيز مباشرة. أما التركيز على الأشياء الأخرى في حقل الرؤية فيتراجع باتجاه الحواف. عملية الاستبطان مصممة بحيث تجعل من الصعب علينا معرفة أن تمثيلنا اللوني يتضاءل بشكل حاد في الوقت ذاته.

والمفارقة أن معظم الناس قد يمضون حياتهم دون أن يلاحظوا وجود هذه النقاط العمياء في عيونهم. إذ يجهلونها بشكل كامل تقريبا. لنتخيل أن في شاشاتنا التلفزيونية مثل هذه النقاط العمياء المشابهة في الحجم في مواضع ثابتة بعيدا عن مركز الشاشة. سوف نلاحظها بلمح البصر، ونراها كلما شاهدنا برنامجا تلفزيونيا. لكن أجهزة الإدراك وأجهزة الإحساس ليست متماثلة لدينا.

لا يصعب كثيراً ملاحظة أننا نقوم بالعديد من عمليات التوجيه حول الحفيرة، وذلك حالما يتوضح لنا الأمر. إذ يقوم الجهاز البصري البشري بذلك بطريقة تجعل الجزء المسؤول في العين عن تركيز البصر والإحساس باللون ينظر إلى شيء وثيق الصلة بالسلوك الراهن. وبدورها، استفادت عمليات الارتقاء الطبيعي من حركات العين لتشكيل القاعدة المؤسسة للعديد من تفاعلاتنا الاجتماعية. لكن قبل استقصاء هذا البعد الاجتماعي بمزيد من التفصيل، سوف نتريث قليلاً ونتناول بالفحص والدراسة هذه الحركات.

تتمتع العين البشرية بالقدرة على التحرك السريع من نقطة إلى أخرى ثلاث أو أربع مرات في الثانية. ارفع مثلاً بصرك عن الصفحة أمامك ثم أعده إليها مجددا. لقد قامت عيناك بالعديد من الحركات التي يتوقف خلالها جهاز حركة الرؤية بحيث لا يبدو العالم وهو يفلت بسرعة من تحت سيطرتك. كما لا توجد تغذية إرجاعية بصرية إلى الدماغ خلال كل حركة. هنالك طبقة من الخلايا العصبية (العصبونات) في قسم الدماغ المسمى «النتوء العلوي» (superior collicus)، وهو الجزء المسؤول عن التعامل مع الانعكاسات البصرية والمشهد البانورامي الثنائي البعد أمام ناظريك. وحين تستثار مجموعة الخلايا العصبية في منطقة محددة، تتحرك العينان إلى المكان المعني. وإذا كان الهدف معلما بصريا تم اكتشافه مسبقا، فلسوف تقوم العين بحركة ثانوية

صغيرة لتصحيح الرؤية بعد الحركات الأكبر. أما في حالة وضع نظارات موشورية على العينين، فإن ذلك سوف يؤدي إلى ضغط كل المشاهد لتصبح في حجم نصف مدى زوايا الرؤية المعتادة، كما تفقد حركة العين دقة الرؤية. لكن بعد بضعة أيام سيقوم «النتوء العلوي» المسؤول عن التعامل مع المشهد البانورامي بعملية التكييف والتعديل بحيث تتمكن العين من الحركة بشكل صحيح كما كان حالها من قبل. وحين يتم رفع النظارة عن العين، تتطلب الحركات زمنا قدره ستين جزءا من مليون جزء من الثانية، تكون خلالها العين عمياء تماما. نحن طبعا لا نلاحظ ذلك. مرة أخرى نقول، إن جهازي الإدراك والإحساس ليسا متطابقين تماما. لنلاحظ أننا نملك قدرة تحكم إرادية على حركات العين: إذ يمكننا النظر إلى الأعلى، والأسفل، واليمين، واليسار، ثم العودة للنظر إلى الصفحة المقابلة. لكن ذلك يحدث في أغلب الأحوال دون وعي من جانبنا. في الحقيقة، لا يفكر معظم الناس بصورة واضحة أبداً بكيفية قيام العين بأداء هذه الحركات - لكن تبين أن معظمها على جانب كبير من الأهمية الحيوية الضرورية لقدرتنا على التفاعل الاجتماعي مع الناس الآخرين وجها لوجه.

حان الوقت لإجراء تجربة أخرى. ارفع بصرك عن الصفحة، وانقله ببطء وتمهل من اليسار إلى اليمين. لا يمكنك فعل ذلك. لأن عينيك تقومان بسلسلة من الرعشات والحركات من مكان آخر. لكن في المرة التالية، حين يمر شخص بك، أو ترى سيارة عابرة في الشارع، سوف تتمكن من متابعتهما بسهولة ويسر. ستقوم عيناك بمسح المشهد الممتد أمامك من اليسار إلى اليمين بسهولة تامة دون حدوث أي من تلك الارتعاشات والحركات، وهذه عملية تعرف بـ«المتابعة السلسة». لسوف نشير الآن إلى حركة لا يمكن أداؤها إلا بشكل إلزامي! إذ يمكنك أن تختار ما تريد اقتفاء أثره ببصرك وتحايل عينيك من أجل التحرك بسلاسة، وتسدد النظر إلى صورة جسم

يتحرك في العالم المحيط، لكنك لا تستطيع جعل عينيك تتحركان بسهولة ويسر بصورة تلقائية.

تمتلك العينان مزيداً من الخدع البصرية البارعة للتحرك. هنالك «الفعل المنعكس الدهليزي - العيني» (vestibular-ocular reflex). فحين يتحرك الرأس، تقيس الأذن الداخلية حجم الحركة وتتكيف أنت مع الوضع بواسطة تحريك العينين بحيث تظلان مسددتين باتجاه ثابت. وهو أمر يحدث، كما قلنا من قبل، بدون تغذية إرجاعية بصرية، ولذلك حتى لو استدار كل جسمك فجأة بضع درجات حين تكون عيناك مفتوحتين في الظلمة، فإنهما ستتكيفان مع الوضع وتحدقان إلى نفس المكان غير المرئي دون أن تبصرا شيئا. كذلك من المفيد الإشارة هنا إلى النظارات الموشورية - فبعد حوالي أسبوع من وضعها على العينين فإنهما (عيناك) سوف تتكيفان مع حالة الظلام وكأنهما تبصران شيئاً من خلال هذه العدسات المشوّهة/ المحرفة. يغيب الفعل المنعكس الدهليزي - العيني حين تشاهد فيلما سينمائيا على شاشة كبيرة الحجم، حيث تتحرك الكاميرا بوتيرة سريعة. أما حين تجلس في المقعد الأمامي من حافلة مسرعة تنعطف بشدة، فإن العالم يبدو لك ثابتا نتيجة تعويض الفعل المنعكس لحركتنا. لكن حين نشاهد فيلما من كاميرا محمولة على مقدمة حافلة مسرعة، يبدو لنا العالم برمته وكأنه يميل ويهوي خارجا عن السيطرة، لأن الدماغ لا يتلقى المعلومات من الإشارة الدهليزية حول حركة الحافلة.

تشرف العينان ببصرهما على الأشياء أيضا. فحين ينظر أحدنا إلى شيء في يده، فإن العين اليسرى والعين اليمنى لا تنظران باتجاهين متوازيين، بل ينظر كل منهما مباشرة إلى القلم الذي تمسك به اليد مثلا. بالنسبة للإنسان البالغ، يعني ذلك أن التوازي بين العينين قد اختل بمقدار ست درجات باتجاه بعضهما بعضا. ويكون القلم في بؤرة الصورة أمام كل عين، ومن

خلال مقارنة الصورة المحيطة بالمركز، يسهل على الدماغ تبين واستنتاج ماهية أجزاء المشهد المحيط الواقع في الأمام (إذا كانت الصور الأقرب متجمعة) والواقعة في الخلف قليلاً (إذا كانت الصور الأبعد متفرقة). يعرف ذلك باسم الرؤية المجسمة، وهنالك نسبة تصل إلى 90٪ من البالغين قادرة على القيام بذلك بشكل مباشر ودون جهد يذكر. لكن بعض الناس لا يتمكنون من تطوير هذه القدرة بشكل طبيعي، وإن استطاعوا إعادة بناء بُعد العمق من خلال الطريقة النسبية التي تتحرك فيها الأشياء في الصور القريبة على العينين وذلك مع تحرك الرأس في العالم المحيط. حين تتحرك العينان حول العالم المرئي، تشرفان على المشهد ويستخلص الدماغ معلومات تقريبية عن بعد العمق من خلال قياس الزوايا بين العينين. تبين أيضاً أننا نجري قياسا بصريا للزوايا بين البؤبؤين في عيني محدثنا حين ننظر إلى وجهه، ونستطيع القيام بتقدير تقريبي للمكان الذي ينظر إليه، ومدى بعد هذا المكان. لنلاحظ أن هاتين المهارتين - تحديد العمق، وتقدير مدى العمق الذي يركز عليه الشخص الآخر انتباهه - مستقلتان استقلالا تاما، لكن من الواضح أن الارتقاء الطبيعي قد استفاد من قدرتنا على الانسجام والتطابق ليعلمنا كيفية القيام بذلك.

هنالك جانب من جوانب جهاز الرؤية البشرية يشابه الآلة في طريقة عمله. وهو يؤدي وظيفته عادة في غياب سيطرتنا الواعية. ففي حين أننا نستطيع ممارسة التحكم الإرادي ببعض هذه الجوانب (حين نقوم بتحريك عيوننا مثلا)، إلا أننا عاجزون عن التحكم الإرادي ببعضها الآخر. لقد تمكن العديد من فرق البحث المتخصصة من نقل هذه الجوانب الميكانيكية للرؤية البشرية إلى الإنسان الآلي في السنوات الأخيرة. ومن السهولة بمكان فهم كل من هذه الأنظمة الفرعية، ومتى نجحنا حقاً في تجميعها معا في إنسان آلي، فإنها تعمل على نحو جيد تماماً مثلما هي الحال حين تجتمع في العين البشرية.

من الصعب في هذه المرحلة من تطورنا التقني نسخ وتكرار المراحل التالية المعقدة التي يمر بها الجهاز البصري البشري كي يؤدي مهمته على الوجه الأكمل. وعند التأمل بكافة الحركات الميكانيكية التي يؤديها جهازنا البصري، يصبح من المهم العودة إلى ذواتنا: العالم من حولنا مكان مستقر الأركان. نحن نتجول فيه، ونسدد إليه نظراتنا العجلى. العالم ثابت لا يتحرك، بل يبقى في مكان واحد. نحن نعرف الكثير عن اللوحة المعلقة على الجدار خلفنا، ولا نجد مشقة في الالتفات إليها. نعلم موقعها، فعيوننا تخبرنا أين تقع الأشياء بالضبط، وكيف تتوضع في العالم. لكن ربما يصبح ذلك مجرد وهم في أحد المستويات. أجهزتنا البصرية تثب باستمرار حول المكان المحيط بنا، موجهة الأجزاء الحساسة من عيوننا لتنظر إلى الأشياء والأجسام بأسلوب تسلسلي. لدينا ثقوب (بصرية) كبيرة في عيوننا، لكن لا يبدو أننا نلاحظ وجودها. اعتماداً على كل ذلك، يقوم الدماغ بتركيب منظر متناسق ومستقر وثلاثي الأبعاد للعالم، وكأننا نبني - حين تدور عيوننا المتجولة في المكان - نموذجا متسقا للعالم داخل رؤوسنا، وهذا ما يصل إليه دماغنا بشكل واع. لذلك السبب، يمكن لأي منا أن يكون شاهد عيان مقبول في المحكمة، حين يخبر المحلفين بصدق عما رآه ساعة الجريمة. كل شيء يتوضح بصورة صحيحة هناك في ذاكرتنا، التي تعيد تركيب بناء مستقر وثابت للعالم الخارجي كما كان.

لكن تبين أن ما ذكرناه ليس حقيقيا تماما. نعرف ذلك من التجارب التي أجراها الفريد ياربوس، عالم النفس الروسي الذي نشط في الخمسينات والستينات. طور ياربوس أول جهاز يمكن أن يتبع بدقة المكان الذي يركز عليه المرء عينيه حين ينظر إلى صورة ما. وحين أعطى أحد الأشخاص صورة لوجه رجل، قام الشخص (دوما) بعملية مسح للصورة نقل خلالها بصره بين العينين، ثم الأنف، ثم الشفتين، وبعدها طالت عملية المسح

حدود الوجه. فالناس يميلون إلى عدم التركيز على عظام الوجنتين، رغم اقتناعهم بأهميتها بالنسبة لجمال الوجه. لكن التجارب المذهلة التي أوردها ياربوس تمثلت في تلك التي عرض فيها نفس الصورة أمام عدة أشخاص، بعد أن طرح عليهم مسبقا بعض الأسئلة المتعلقة بالصورة التي هم على وشك رؤيتها. كان لمختلف الأشخاص أنماط متشابهة نوعيا لحركة العين حول ذات السؤال، لكن كل سؤال أظهر (بشكل موثوق) أنماطا شديدة الاختلاف عن الأسئلة الأخرى.

في واحد من أشهر الأمثلة، قدم للأشخاص نسخة من لوحة «العودة المفاجئة» التي رسمها الفنان الروسي إليا روبين عام 1884. في اللوحة امرأتان وطفلان في غرفة، مع خادم يقف خارج الباب مفسحا المجال لشخص هو الزائر المفاجئ كما يبدو بوضوح. وإذا ما طلب من أولئك الخاضعين للتجربة تقدير عمر الشخوص المرسومة في اللوحة، فإنهم ينظرون إلى كل واحد بدوره، لتمسح نظراتهم المحدقة والمركزة كل وجه دون النظر كثيراً إلى موضع آخر. أما إذا طلب منهم تذكر الملابس التي ارتداها كل شخص، فإنهم يقومون مرة أخرى بتفحص كل وجه بدوره، ومن ثم الجسم. وحين طلب منهم تقدير المسافة الفاصلة بين الزائر والشخوص الأخرى في اللوحة، ركزوا بصرهم لمرة واحدة على كل وجه، ثم أعادوا الكرة. اختلفت كافة هذه الأنماط اختلافا كبيرا عن بعضها بعضا، وكذلك عن عملية المسح العام التي قاموا بها حين عرضت عليهم اللوحة لكن بدون أسئلة محددة.

يبدو أنه بدلا من قيام الخاضعين للتجربة بـ«تصوير» اللوحة في أذهانهم، مثلما يزعم مؤيدو فكرة الذاكرة «الفوتوغرافية»، فقد بحثوا بنشاط عن مخزن المعلومات المتعلقة بالمهمة. وقررت دانا بالارد وماري هايهو وطلابهما في جامعة روشستر إجراء المزيد من الاستقصاء حول هذه الفرضية.

أجرت بالارد وهايهو تجربة قام فيها بعض الأشخاص بتركيب نماذج ثنائية البعد من مكعبات «الليغو». قدمت الباحثتان لكل منهم نموذجا من المكعبات الملونة موضوعة على الجانب الأيسر أمامهم، كما كان هناك بناء من المكعبات عن يمينهم بحيث يمكنهم تركيب نسخة عنه تماثله بدقة في الشكل واللون، إضافة إلى كومة من المكعبات أقرب مسافة إليهم. صدرت إليهم التعليمات بأن يلتقطوا مكعبا كل مرة من الكومة ثم يضيفوه إلى النسخة التي يقومون ببنائها.

لنفترض الآن صحة فرضية الذاكرة الفوتوغرافية التي اعتقد بها معظم الباحثين في ميدان الذكاء الاصطناعي لمدة تربو على الأربعين عاما. في تلك الحالة، لسوف يتوقع المرء أن ينظر الخاضعون للتجربة إلى النموذج ويعملون على تخزينه في ذاكرتهم. ثم ينظرون إلى الكومة، ويختارون مكعبا منها، ويحركون عيونهم لنسخ المنطقة بصريا، ويضعونه في مكانه، ثم يعودون ببصرهم إلى الكومة لتكرار ما فعلوه حتى تنتهي المهمة. لكن هذا لم يحدث قط. إذ نظر هؤلاء إلى النموذج، ثم إلى الكومة، وبعدها التقطوا مكعبا، وأعادوا النظر إلى النموذج، ومن ثم إلى الكومة مجددا. هذا أمر مفاجئ تماما. وحتى لو فكر المرء بأن النموذج بأكمله لم يخزن في الذاكرة، فإنه يعتقد بأن الأشخاص الخاضعين للتجربة سينظرون إلى النموذج، والكومة، والنسخة، والنموذج، والكومة، والنسخة..الخ. لكن بدلا من ذلك كان النسق هو: نموذج/ كومة/ نموذج/ نسخة/ نموذج/ كومة/ نموذج/ نسخة، الخ.. وبدا أن الأشخاص ربما لا يتذكرون في ذات الوقت لون المكعب الذي يتوجب عليهم التقاطه والموقع الذي يفترض عليهم وضعه فيه. وعوضا عن ذلك، بدت استراتيجية حركة عيونهم وكأنها تؤكد أنهم يتذكرون شيئاً واحدا بالنسبة لكل مكعب في كل مرة.

تمثلت المرحلة التالية بالنسبة لبالارد وهايهو في الخطوة «الذكية» الهادفة إلى تعميم وتنفيذ التجربة. وإذا كان صحيحا أن الناس يحتفظون بجزء واحد من المعلومات في أذهانهم كل مرة، فهل يمكن تغيير الأشياء الأخرى في العالم المحيط دون أن يلحظوا ذلك؟ يعرف العلماء الآن أن من الممكن مخادعة الحيوانات اللافقارية بهذه الطريقة. فبعض الدبابير الحفّارة تحفر نفقا لاستخدامه كعش، ثم تخرج لتقوم بتخدير يسروعة سوف تصبح مصدرا لطعام حي تغذي به صغارها. وبعد أن تجر اليسروعة باتجاه العش، تتركها على بعد حوالي 5 سنتيمترات، لتدخل العش وُتتحقق مما إذا اقتحمته حشرات أخرى. هذا أمر مفهوم ومعقول تماما، لأنها غابت عن العش فترة من الوقت خلال رحلة صيد اليسروعة. لكن يبدو أن الدبور لا يستنتج ذلك بشكل منطقي وعاقل على الإطلاق. بل إن عملية الارتقاء الطبيعي هي التي برمجت الدبور للتوقف دائما على بعد خمسة سنتيمترات من العش والتحقق مما يوجد داخله، مهما بعدت المسافة. أما التجربة التي تظهر ذلك فهي بسيطة نوعاً ما. فحين يكون الدبور داخل العش ليتحقق منه، نقوم بإبعاد اليسروعة بضعة سنتيمترات عن العش. سرعان ما يعود الدبور ويجد الغنيمة عن طريق الرائحة، ثم يقوم بسحبها باتجاه العش، لكنه حين يعبر عتبة الخمسة سنتيمترات الوهمية، يتوقف ويعود إلى العش للتحقق منه مرة أخرى. يمكن لذلك أن يتكرر حتى يُمِل من يجري التجربة أو الدبور أو كلاهما معا! إذا لم تتحرك اليسروعة، يعود الدبور ويمسك بها ويجرها إلى الحفرة، حيث تقوم بوضع البيض. هل يمكن أن يكون البشر الذين يقومون بمهمة تركيب مكعبات «الليغو» على هذا القدر من البلاهة؟

بَنَت بالارد وهايهو نسخة فعلية جديدة للتركيبة التي سيبنيها الأشخاص الخاضعون للتجربة. تم كل شيء على شاشة كمبيوتر مع «فأرة» ومربعات ملونة بدلا من مكعبات «الليغو». كما حدث قبلا، قام هؤلاء بالتركيز على

نفس المناطق التي ركزت عليها حركة عيون من قبلهم (على المكعبات). لكنهم أضافوا الآن تحولاً مثيراً. ففي حين أن الذين خضعوا لتجربة المكعبات لم ينظروا في اتجاه محدد، إلا أنهم غيروا لون المكعب في النموذج، وحرصوا على إبقائه متناسقا مع بقية أجزاء العالم الفعلي الذين كانوا يعملون فيه. ولم يلاحظوا أنهم على وشك النظر إلى النموذج قبل التقاط المكعب، حتى وإن نظروا إلى النموذج عدة مرات. وإذا ما التقطوا مكعبا وكانوا على وشك النظر إلى النموذج مرة أخرى، وكان المكعب الذي تغير لونه هو الذي يستخدمونه في نسخ النموذج، فإنهم سيتوقفون لوهلة فقط، ثم يختارون مكعبا يتناغم مع ذلك الذي التقطوه وينسخون موقعه بدلا من ذلك. لقد كانوا بالفعل يستخدمون العالم وليس ذاكرتهم للقيام بهذه المهمات البسيطة. ولن يلاحظوا تغير العالم حولهم. من المؤكد أنك لن تكون على هذه الدرجة من البله، أليس كذلك؟ لأن الأمر لا يبدو ممكنا.

لكن تبين أن ذلك مجرد شيء واحد من بين العديد من الأشياء التي نُخضع لها أنفسنا وتبدو متناقضة كليا مع تجربتنا مع العالم المحيط. وهي بمعنى من المعاني تعارض هذه التجربة. فالعالم لا يتغير على هذه الصورة. ونتيجة لذلك، فإن الارتقاء الطبيعي لم يجعلنا نلاحظ هذه التغيرات. فهي لا تحدث عادة، ولذلك ليس ثمة حاجة لدفع ثمن التحقق من الأشياء التي لا تحدث. أجرى كل من رون رينسينك، وكيفن أوريغان، وجيم كلارك، سلسلة من التجارب الأبسط التي فاجأت على الدوام طلابي حين أظهرتها لهم. فقد صور هؤلاء الباحثون أشرطة لصور يحدث فيها تغيرات حادة وجذرية بشكل منتظم. تتمثل «اللعبة» في مشاهدة الشريط ومحاولة ملاحظة ما هو الذي تغير. تطلب الشخص العادي زمنا يبلغ 24 ثانية لملاحظة أن أحد محركات طائرة البوينغ الأربعة يختفي ومن ثم يعاود الظهور في صورة الطائرة. لقد جلس الأشخاص الذين أخضعوا للتجربة وحدقوا ببصرهم إلى

الصورة ولم يتمكنوا من رؤية ما الذي يتغير، أو لم يلحظوا أي تغير على الإطلاق. لم يلحظوا أن المحرك يختفي ويعاود الظهور إلا حين نظروا بشكل مباشر إليه في نهاية المطاف - وبعد ذلك لم يستطيعوا إجبار أنفسهم على تجاهله. أما في المشهد الذي يعرض صورة لمطبخ فقد تطلب الأمر وقتاً بلغ 32،5 ثانية في المتوسط كي يلاحظوا أن لون غسالة الصحون قد تغير من البني إلى الأبيض قبل أن تستعيد لونها الأصلي مجدداً.

نعتقد أن كل ذلك ليس في صالح شهود العيان «العدول» في المحاكمات الجنائية!

تبين أن الجهاز البصري لدى البشر عبارة عن جملة من الترتيبات المعقدة من الحلول الجزئية لمشكلات صعبة. فهو نتاج لعملية الارتقاء الطبيعي، وربما يفتقد التصميم الهندسي الدقيق. ينطبق ذلك على كل ملمح من ملامحه. لكنه في الحقيقة أكثر من مجرد كاميرا، فهو نظام بديع في توازنه، مكون من دارات التحكم الحسية المتفاعلة، وهي ناشطة جداً في علاقتها السلوكية مع العالم المحيط. إن لأهداف وسلوك الشخص الراهن تأثيراً كبيراً على كيفية عمل جهازه البصري في أية لحظة محددة. لكن جهازنا البصري لا يؤدي عمله بنفس الطريقة الجيدة التي نظنها عندما نرى الأشياء من حولنا. لأن دماغنا يعمل على حل معظم الصعوبات الإشكالية ويجعلنا نتخيل أننا نعيش في عالم مستقر حيث نرى ونفهم كل شيء فيه تقريباً.

كان «هال 9000» يفتقد كافة المهارات المتحركة التي تعتمد عليها الرؤية البشرية. إذ زود بكاميرات ثابتة تنظر إلى العالم من خلال عدساتها. ويمكن للمرء تخيل أن هذه الكاميرات، بمساعدة ما يكفي من التقانة المتقدمة، عبارة عن نظم آلية ضخمة تنظر إلى العالم عبر عدسات تشبه عيون السمك. ولربما تمتلك آلافاً مؤلفة من عناصر نقاط الصورة (pixels) بدلا من بضع مئات فقط

مثلما هي الحال في الكاميرات العادية الشائعة في عام 2001. ثم إن هنالك الحاجة إلى تدوير الكاميرات لمسح المكان، كما تفعل مقلة العين بشكل لا إرادي. وعوضا عن ذلك، يمكن نقل عملية تركيز الانتباه الداخلي بحيث يستطيع «هال» التركيز على الأجزاء المناسبة من الصورة لتأدية المهمة المطلوبة. لكن ما سيفتقده «هال» هو الشيء المفقود على ما يبدو في كاميرا الفيديو. أي القدرة على التفاعلات الاجتماعية الطبيعية مع الناس، تلك التفاعلات المؤسسة على الاستخدام الأمثل (الذي تطور من خلال الارتقاء الطبيعي) لآلية جمع المعلومات المتعلقة بالعالم، وإعادة استخدامها باعتبارها آلية لتنظيم العلاقات الاجتماعية.

السلوك البصري والتفاعل الاجتماعي

حين ننظر إلى أحد الأشخاص، نحصل على العديد من الإشارات والتلميحات الدالة على ما يعتمل في صدره، وذلك من خلال رؤية عينيه وحركتهما والمكان الذي يسدد إليه نظراته.

وباعتبار أن كافة الكائنات اللافقارية تشترك في امتلاك عيون قابلة للتوجيه ومزودة ببؤرة للتركيز «الحفيرة» (كما هي الحال لدى العديد من الأنواع الحيوانية الأخرى، كالعناكب مثلا)، فمن المعقول أن تستفيد عملية الارتقاء الطبيعي من فهم الوجهة التي تسدد إليها نظرات العيون المحدقة. أما المبدأ الأساسي (في عالم الحشرات مثلاً) فيشير إلى أنه إذا نظر إليك كائن آخر- أكبر حجما - فمن المرجح أنه يريد افتراسك! ولهذا، برع العديد من الأنواع الحيوانية في فهم ومعرفة متى تكون هدفاً لنظرات الحيوانات الأخرى (المفترسة)، بغض النظر عما إذا ارتقت مع أنواع محددة في بيئتها الايكولوجية.

بعض أنواع الأفاعي مثلاً تتظاهر بالموت حين ترى أشخاصاً حولها، بل تبدو ميتة دون حراك إذا نظروا إليها «وجها لوجه». والزقزاق (Plover) الذي يبني عشه على الأرض، يتظاهر بأن جناحه مكسور لإجبار المفترسين على الابتعاد عن العش والصغار، ولسوف يتابع التمثيلية لمدة أطول إذا نظر شخص مباشرة إليه مقارنة بمجرد وجوده في الجوار. لا يقدم أي من هذه السلوكيات دليلا يثبت أنها سلوكيات واعية أو خداع «مقصود» من جانب الأفعى أو الطير. أما النقطة المثيرة للاهتمام فهي أن سلوك كل منهما يتغير اعتمادا على اتجاه النظرة المصوبة من عين الشخص المتواجد أمامه.

تعتبر جهة النظرات المحدقة أو تحديد وجهتها مكونان جوهريان حاسمان من مكونات الكيفية التي نتفاعل بها مع بعضنا بعضا. فنحن نستخدم اتجاه نظرات الشخص المحدقة لتحديد الهدف الذي يركز الانتباه عليه. وإذا تحدثنا إلى شخص تنظر عيناه إلى الجريدة أمامه، ندرك أنه لا يهتم بما نقول، حتى وإن قال بين الفينة والأخرى «نعم...» و«حقا!»، يطور الطفل البشري فهما لاتجاه النظرات عبر سلسلة من الخطوات. وتتبع الثدييات الأخرى نفس التسلسل، لكن معظمهما لا يصل في تقدمه إلى درجة تقارب مهارة البشر.

في مرحلة مبكرة جداً من العمر، يعرف الطفل متى تنظر إليه أمه أو أبوه، ويرد على نظراتهما بالتحديق إلى عيونهما. وبعد فترة قصيرة، حين تبعد الأم نظرها عن طفلها، يبدأ هذا بالبحث عن شيء قريب يثير انتباهه، لكنه لا يقدر على تحديد الجهة التي تنظر إليها أمه، ويكتفي بعدم النظر إلى عينيها مباشرة. وحين يبلغ الشهر التاسع من العمر تقريباً يتمكن من تتبع اتجاه نظرات والديه، حيث يبحث عما يجذب اهتمامهما. ومتى بلغ شهره الثاني عشر يستطيع تقدير المسافة التي ينظر إليها الوالدان من خلال قياس زاوية

ميل عيونهما، وتحريك عينيه مباشرة باتجاه الهدف الذي يثير الاهتمام. وبعد فترة أخرى يتمكن الطفل من تحديد ما إذا كان الأبوان ينظران خارج حقل الرؤية الخاص به وما إذا كانا سيلتفتان لتوجيه بصرهما إلى شيء يستحق الاهتمام.

تعتبر حركات عيون الآخرين حاسمة في أهميتها بالنسبة لنا لمعرفة الهدف الذي يهتمون به. فنحن نمتلك قدرة استثنائية على فهم اتجاه نظرات الآخرين وحركات عيونهم. إذ يشعر أحدنا بالضيق والانزعاج حين يعرف أن الشخص الجالس قربه في الطائرة يقرأ جريدته أو يرمق شاشة حاسبه الشخصي. وقد يصعب علينا رؤية وجه أو عيني شخص يجلس إلى جانبنا حين تكون نظراتنا موجهة إلى الأمام، لكن رؤيتنا المحيطة تعطينا رسالة عن مظهره. مرة أخرى، نبرع في فهم كل ذلك نتيجة عملية الارتقاء الطبيعي، ولربما كان هذا نتيجة شعور ترسخ فينا منذ عصور تطور النشوء الطبيعي الموغلة في القدم (الخوف من أن يسرق الجار الذي ينظر بهذا الشكل طعامنا) رغم أن هذا الخوف لم يعد له ما يبرره حين نركب الطائرة هذه الأيام.

أعيد استخدام اتجاه نظرات الآخرين المحدقة بواسطة نظام التفاعل الاجتماعي البشري، بوصفه دليلاً مفيداً خلال العديد من التفاعلات اليومية المباشرة التي نقوم بها. فحين نقترب من محاسب الصندوق في المصرف (إذا كنا ما نزال نذهب إلى المصرف في عصر الصراف الآلي!)، فقد نجده منهمكا بالقوائم والحسابات، الأمر الذي يشير إلى أنه ليس مستعدا بعد للتحدث معنا، لذلك ننتظر قليلاً، إلى أن ينظر إلينا في نهاية المطاف فنعرف من خلال هذه الإشارة الدلالية أنه جاهز لسماعنا. نحن نتبع هذا الأسلوب بشكل روتيني عدة مرات في اليوم الواحد حين نقابل العاملين في المكاتب،

والمتاجر، والمطاعم، والمقاهي، وأماكن قطع التذاكر. لا نفكر بعقلنا الواعي لكل ذلك، فهذا الأسلوب يعتبر أمراً مسلماً به للتعامل بين البشر في معظم ثقافات العالم.

حين نتبادل الحديث مع الآخرين نستخدم عيوننا أيضاً لمعرفة من يقع عليه الدور في الكلام. يمكننا الآن أيضاً التحدث مع الآخرين دون أن نقابلهم وجها لوجه، كما هو الحال في الاتصالات الهاتفية مثلا. هنا، نستخدم توقف محدثنا عن الكلام لنعرف أن دورنا قد حان لبدء الحديث. لكننا في أغلب الأحوال نرتكب بعض الأخطاء ونقاطع بعضنا بعضا، خصوصاً في المخابرات الدولية البعيدة، بسبب التأخير الناتج عن الوقت الذي تستغرقه الإشارات لقطع المسافات الطويلة. الأخطاء تقل طبعا في الأحاديث التي تدور بين الناس بشكل مباشر، حيث يستخدمون إشارات ولغة العيون لمعرفة دور المتكلم. وإذا ما نظر المخاطب بعيدا حين يتحدث، ثم أعاد بصره إلينا بعد أن توقف عن الكلام، نعلم بأنه يعطينا الفرصة لبدء الحوار معه. أو إذا نظر محدثنا في عيوننا مباشرة وهو يتكلم، فقد يبعد بصره لوهلة ثم يعيده إلينا ليعلمنا بأن دورنا قد أزف للكلام.

نستفيد أيضاً من اتجاه النظرات حين نتفاعل مع الناس، لنعرف ما الذي يجذب انتباههم. في كثير من الأحوال سوف نقول شيئاً لا معنى له بذاته، لكنه يعني الكثير في سياق ما ينظر إليه محدثنا (كأن نقول مثلا: «لا، لا. فهو يقع إلى اليمين»). نحتفظ أيضاً ببعض الفهم حول ما يعرفه الناس اعتمادا على الجهة التي ينظرون إليها حين نتفاعل معهم، وبمقدورنا توقع أن معرفتهم عن العالم قد لا تكون صائبة وأن علينا مساعدتهم ببعض المعلومات الشفاهية (كأن نقول: «لا، ضعه على الرف «أو» لقد رميت به للتو في سلة المهملات»)

مرة أخرى نقول: أن كل هذه الأمور نقوم بها دون إدراك واع عادة، بعد أن أصبحت جزءاً من نسيج علاقاتنا الاجتماعية. لكنها تعتمد اعتماداً كبيرا في الغالب على قدراتنا البصرية على إدراك وتتبع الهدف الذي يجذب انتباه ونظرات الآخرين.

تتمثل إحدى الطرق المناسبة لصنع إنسان آلي يمكنه التفاعل مع الناس اجتماعيا بأسلوب طبيعي تماما، في تزويده بجهاز للرؤية يعمل بشكل مشابه للبشر، بحيث تتمكن العينان - كعيون البشر - من الحركة والتفاعل مع المحيط. وبهذه الطريقة، سوف يكون بمقدور البشر فهم كيفية التفاعل معه. تلك هي واحدة من الرؤى المتبصرة التي توصلت إليها عام 1993، والتي شكلت جزءاً من قرار اتخذناه وأدى في نهاية المطاف إلى قيامنا بصنع أول روبوت «مؤنسن» أسميناه «كوغ».

كان شاغلنا الأول هو تزويد «كوغ» بجهاز رؤية يتمتع بالكفاءة المطلوبة. في عام 1993، كان من الصعب الحصول على السرعة الكافية من الحواسب الموجودة بحيث يمكن للرؤية بواسطة الكمبيوتر أداء وظيفتها في العالم والزمن الحقيقيين. لكن بحلول نهاية التسعينات، تغير كل ذلك. فقد أصبح لدينا الآن حواسب إلكترونية تملك ما يكفي من القدرة لتشغيل الأنظمة الحسابية التي نختارها. أما الصعوبة الحقيقية فقد تمثلت في العثور على النظام الحسابي الصحيح.

استطعنا نسخ الجوانب الميكانيكية من جهاز الرؤية البشري. وبدلاً من تزويد «كوغ» بكاميرات ذات عدسات واسعة الزاوية لتكون بمثابة عينين له، مع قدرة متنوعة على التركيز، إضافة إلى «حفيرة الشبكية» في البؤرة (كما هي الحال في العين البشرية)، استخدمنا الأسلوب التقريبي. فقد كانت عينا «كوغ» عبارة عن آلتي تصوير، زودت الأولى بعدسات واسعة الزاوية بحيث

يتمكن «كوغ» من الحصول على منظر محيطي، وزودت الثانية بعدسات ضيقة الزاوية تعمل عمل حفيرة الشبكية في العين البشرية. لكن على العكس من العين البشرية، لم يكن في أي من آلتي التصوير/العينين نقطة عمياء. إلا أن مشكلة جديدة برزت، حين توجب على النظام التعويض عن أي خطأ في التنسيق بين عدسة الحفيرة وعدسة المنظر المحيطي.

جرى تركيب كل من عيني «كوغ» على حامل (يشابه ذاك الذي يحمل البوصلة) بحيث يمكن أن تدور وتميل وتنحرف كي يقدر على رؤية ما حوله. كما أعطاها الرأس و«العنق» مدى أوسع لاستكشاف العالم بصريا. ومثلما يفعل البشر تماماً، يلتفت «كوغ» برأسه إلى الجهة التي تسدد إليها العينان النظر بحيث يكون الهدف مواجهاً له تقريباً.

كانت عينا «كوغ» تتحركان من مكان لآخر، في حين يقوم «النتوء العلوي» في دماغه باستمرار بتحديث وتعديل الخارطة الموجودة فيه تبعاً للمتغيرات، بحيث يتحرك بدقة باتجاه الهدف الذي اختاره، وذلك بالرغم من الضعف الذي يصيب محركاته، أو التعديلات الميكانيكية التي يجريها عليه الباحثون المسؤولون عن تشغيله. وكان قادرا على تتبع خطى شخص يسير أمامه بكل سهولة وسلاسة. ولأن رأسه يمكن أن يتحرك في أية زاوية تبعا لمسار الشخص الذي يتتبعه، فإن الأمر لا يقتصر على مجرد تدوير عينيه من جانب إلى آخر. بدلا من ذلك، تحتاج محركات التدوير والميل والانحراف إلى التنسيق فيما بينها لتشكيل ممر مناسب. كان في رأس «كوغ» أيضاً أداة لحفظ التوازن وتحديد الاتجاه (gyroscope) تلعب دور الأذن الداخلية وتكتشف حركة الرأس. أما نسخة «كوغ» من الفعل المنعكس الدهليزي - العيني فتسمح لعينيه بالتحرك بنجاح، وتتبع / أو تركز البصر على جسم بعيد، بغض النظر عن حركة رأسه المستقلة.

الصعوبة تكمن في كيفية معالجة الصور. لقد تجاهلتُ في توصيفي السابق لجهاز الرؤية البشري تلك التفاصيل لأننا لا نعرف حقاً كيف يقوم بها الدماغ البشري. في الحقيقة، لدينا بعض المعلومات التي تبين كيفية عمل المراحل الأولى من عملية المعالجة. نحن نعرف مثلاً عن الحساسية اللونية للخلايا المخروطية، وكيف تتمكن الشبكية من اكتشاف الحواف المشرقة بالضوء، وهي الأماكن التي تغير فيها الصورة كثافتها، كما هي الحال عند حد الظل، أو عند الزاوية العمودية لبناء يظهر مساحات خضراء خلفه. نعرف أيضاً حساسية الشبكية للأجسام المتحركة. لكن عملية معالجة الإشارات في الدماغ تصبح مجهولة بالنسبة لنا حالما ترسل إليه من العين.

توجّب على الباحثين العاملين في مجال رؤية الحاسب خلال السنوات الأربعين الماضية محاولة صياغة نظريات تتعلق ببناء أنظمة حسابية قادرة على فهم أنماط تكثف الضوء وتحويله إلى توصيفات مفيدة لما يظهر في العالم المحيط أمام الكاميرا. وتبين أن الأمر أصعب بكثير مما كان متوقعا. فما يظهر للعين ونظام الرؤية مجتمعين بمثابة حد مميز، لا يتبدى واضحا في المعطيات والمعلومات القادمة من الكاميرا الرقمية. فإذا ما رأينا قلما على طاولة، نستطيع رؤية حد مميز بين القلم وسطح الطاولة. لكن في كثير من الأحوال ننظر إلى كثافة الضوء الصادر من كل نقطة مربعة صغيرة في الصورة الرقمية. فنقاط الصورة المتطابقة مع أجزاء القلم، ومع أجزاء سطح الطاولة، وهي ثلاث أو أربع نقاط متفرقة، قد تملك بالضبط نفس قيم الكثافة. وبطريقة ما يحصل دماغنا على فهم أكبر لما يحدث في العالم حولنا، ثم يدرك الحدود.

في الأيام المبكرة، حين كانت الحواسب بطيئة، حاول الباحثون في ميدان رؤية الحاسب بناء أنظمة حسابية شديدة الذكاء. لكن خلال الأعوام

القليلة الماضية، أصبحت الأنظمة الحسابية ذات القوة العمياء أكثر نجاحا نسبيا. فهذه الأنظمة تجري العديد من العمليات الحسابية البسيطة في كافة أرجاء الصورة، دون أية نماذج أساسية معقدة للكيفية التي تتشكل عبرها الصورة بواسطة المظاهر والعمليات الفيزيائية في العالم. لقد شاعت الآن الأنظمة الحسابية التي جرى التقليل من شأنها خلال السبعينات والثمانينات باعتبارها أنظمة غير متطورة. أما السبب الكامن وراء شعبيتها وانتشارها فيعود إلى قدرتها على العمل بكفاءة. صحيح أنها لا تعمل في بعض الأحيان بنفس كفاءة النظام الحسابي الأكثر تطورا في مجال الصورة المفردة، لكن حين يزود بها رأس قادر على الرؤية، مثل رأس «كوغ»، مع كاميرات تستطيع التحرك بنشاط وفاعلية، فلسوف تتوفر على الدوام الفرصة المناسبة لمعالجة مجموعة من الصور المختلفة قليلاً بعد جزء من ثلاثين جزء من الثانية. ولسوف تستبدل أية مجموعة من الصور التي تعاني من وجود أخطاء محددة بمجموعة أخرى من الصور قبل مرور وقت طويل. ومن خلال تحسين النتائج مع مرور الوقت، سيتمكن الباحثون من بناء أنظمة رؤية موثوقة تعمل في العالم الحقيقي وتبعا للزمن الحقيقي على صور متدفقة باستمرار.

لكن أنظمة الرؤية تلك كانت، وما زالت، تفتقد الكفاءة والقدرة. فما زلنا لا نعرف سوى كيفية بناء بعض الأنظمة الحسابية الفرعية في مجال الرؤية.

أما المهمات التي تفوق رؤية الحاسب في أدائها حالياً فهي:

1. اكتشاف واستبيان الوجوه البشرية في مشهد ما.
2. تمييز وجوه بشرية محددة ضمن مجموعة صغيرة نسبيا من الوجوه طالما أن هناك منظرا يواجه الإنسان الآلي.
3. العثور على العينيين في الوجه.

4. تتبع الأجسام المتحركة من الكاميرا الثابتة.
5. تحديد البنية ثلاثية الأبعاد لمنظر ما من مسافة مترين أو ثلاثة.
6. تسجيل نموذج هندسي مفصل، حتى لبنى متحولة مرنة، مثل الأعضاء البشرية، في معطيات ثلاثية الأبعاد.
7. التقاط الألوان المشبعة، وتلك المشابهة للون البشرة (في كافة الأجناس البشرية، تتميز الخصائص الملونة للخلايا بالتماثل، ويمكن استخلاصها بسهولة).

لكن رؤية الحاسب تفتقد الكفاءة عند أدائها المهمات التالية:

1. التكيف مع حركة الكاميرا عند تتبع حركة الأجسام.
2. تمييز الوجه الأنثوي عن الذكري، أو عمر الشخص (شاب أم كهل)، أو أي نوع آخر من التمييز.
3. تحديد جهة نظرات أي شخص بدقة عالية.
4. تمييز الأشخاص حين لا يقفون في الواجهة.
5. تمييز الأشخاص تبعا للعمر، أو اللباس، أو ملامح الوجه.
6. تمييز ما يرتديه الناس.
7. تحديد الصفات المادية للجسم في حقل الرؤية.
8. تمييز الجسم عن الخلفية.
9. تمييز الأجسام العامة.

حقيقة الأمر أننا لا نملك نظام رؤية حاسوبية متفوقا في تمييز ما إذا كان الشيء كأسا، أم مشطا، أم شاشة حاسب إلكتروني. صحيح أن أجهزتنا يمكن أن تقوم ببعض المهمات بمهارة كبيرة، لكن بعد مضي أربعين عاما من الجهد ما زالت أجهزة الرؤية هذه تفتقد القدرة على القيام ببعض المهمات التي نؤديها نحن البشر . ويؤديها العديد من الحيوانات الأخرى . دون مشقة تذكر.

ونظرا لزيادة قوة الحواسب الإلكترونية خلال السنوات الثلاثين الماضية، لم يعد من الممكن وضع اللوم على عيوبها أو ضعف أدائها لتحميلها مسؤولية رداءة أنظمتنا الحسابية. ومن الواضح أن هناك حلقة جوهرية مفقودة في فهمنا للطريقة التي يُنظم بها جهاز الرؤية البشرية، بالرغم من عدم رغبة أحد بالاعتراف بهذه الحقيقة. فكل باحث على قناعة تامة بأن ما يعمل عليه هو أهم الجوانب في الرؤية الكمبيوترية، وأن الفوائد والمزايا سوف تتدفق كالسيل العارم منه.

في حين أن هذه المشكلات ما زالت تعتبر ملحة في ميدان رؤية الحاسب، إلا أن أولئك الباحثين العاملين في مجال «الروبوتات الذكية» يجدون أنفسهم مضطرين للتعامل معها. فهذه «الروبوتات» تسبح في فضاء غريب من المدركات يمكن مقارنته بالحيز الفضائي الذي يشغله كل منا. ليس هناك سوى القليل من الاستقرار، ولا يمكن تمييز سوى مجموعة خاصة من الأجسام (مثل الوجوه) وحركتها. وعند تخيل شكل وماهية الإنسان الآلي الذي نصنعه، لن نجد سوى كائن غريب، مهلوس، وغير قادر على التجسد في جسم مادي.

«كيسمت»

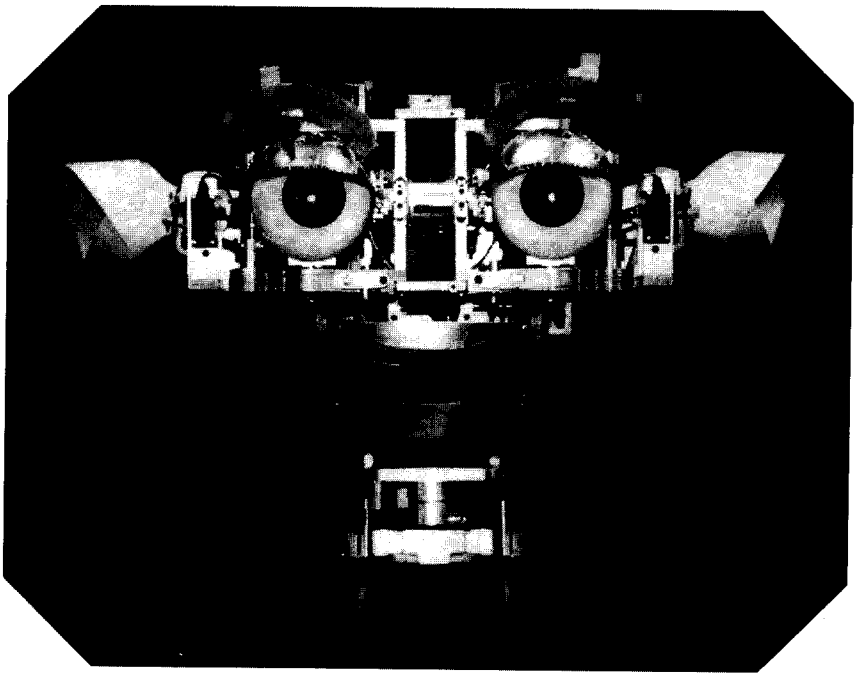
سينثيا بريزيل هي التي صممت أجهزة «كوغ» الميكانيكية، وصنعت المجموعتين الأولى والثانية من أدمغته، وخصوصاً الـ «النتوء العلوي»، بحيث يتمكن من الاستجابة للأجسام المتحركة ضمن محيط رؤيته. كما عملت مع باحث آخر هو روبرت ايري من أجل توسيع قدراته لتشمل الاستجابة للأصوات، حيث تتحرك عينيه كلما سمع صوتا.

في أحد الأيام التقطنا فيلما بالفيديو يظهر علاقة تفاعلية بين سينثيا

و«كوغ»، والفيلم عبارة عن برامج متكررة كتبتها سينثيا مع عدد من الطلاب الخريجين العاملين معها. أما النقطة المحورية في الفيلم فتتمثل في إظهار أن التفاعل مع «كوغ» عن قرب عملية آمنة. فقد حملت سينثيا بيدها ممحاة كبيرة الحجم ولوحت بها. فما كان من «كوغ» إلا أن تحرك نحوها ولمسها. ثم أعادت الكرة وفعل «كوغ» الشيء ذاته. وحين كنا نعيد مشاهدة الفيلم، بدا أن سينثيا و«كوغ» يتبادلان الأدوار. أما الحقيقة فهي أن سينثيا هي التي تقوم بالمبادأة، لكن مصدر السبب لم يكن واضحا بالنسبة للمراقب الخارجي.

بالرغم من أن سينثيا لم تكن بمثابة مراقب خارجي ساذج للإنسان الآلي «كوغ» ـ إذ صممت وصنعت أجزاء كبيرة منه – إلا أنها تصرفت وكأن «كوغ» قادر على فعل أشياء تتجاوز قدرته الحقيقية. لا يعتبر ذلك أمراً غير عادي كما سوف نرى في الفصل الخامس. فقد أشركت سينثيا الإنسان الآلي في مستوى من الأنشطة لم يكن بمقدوره عندها التصرف من تلقاء ذاته. حيث زودته بتفاصيل سلوكية يبدو من خلالها وكأنه نجح في المبادرة إلى أخذ دوره في لعبة الممحاة. لكنها فعلت ذلك بصورة لاشعورية. فقد اعتمدت على ديناميات ما يستطيع «كوغ» عمله وجعلتها جزءا لا يتجزأ من بيئة أكثر تفصيلاً وتعقيداً، وتمكن «كوغ» من تأدية مهام في مستوى يفوق على ما يتطلبه تصميمه.

دفع كل ذلك سينثيا إلى التفكير بالتفاعل الاجتماعي، وحجم الجزء اللاشعوري في تعاملنا مع بعضنا بعضا، وكيف توجه الأمهات أطفالهن كما توجه سينثيا «كوغ»، إضافة إلى دينامية تفاعلنا مع الآخرين من حيث أننا نقودهم ونوجههم أحيانا، ونتبعهم ونقتفي خطاهم في أحيان أخرى. وقررت سينثيا في رسالة الحصول على شهادة الدكتوراه صنع إنسان آلي يمكنه الانخراط في عمليات التفاعل الاجتماعي هذه.



الشكل 3: رأس الرجل الآلي «كيسمت». تظهر في الصورة العينان وخلف كل منهما عدسة كاميرا محورية شبيهة ببؤبؤ عين الإنسان. يخفي الجزء المخصص للأنف كاميرتين جانبيتين إضافيتين تلتقطان الصور بزوايا منفرجة. أما الأذنان فهما عبارة عن ميكروفونين صغيرين، ويوجد في وسط الرأس «جيروسكوب» مركزي. هذه عموماً أجهزة الإحساس التي يتمتع بها «كيسمت»، ويسمح تشغيلها بتحريك الرقبة في اتجاهات مختلفة على ثلاثة محاور، كما يتيح تحريك العينين سبر المجال البصري من الشمال إلى اليمين ومن الأعلى إلى الأسفل بنفس الوقت. ويتمتع «كيسمت» أيضاً بالقدرة على إظهار تعابير الوجه - إذ يمكنه فتح وإغلاق فكيه، وتحريك شفتيه اللتين تتحكم بهما أربعة محركات مستقلة، في حين يتحكم محركان آخران بحركة الحاجبين.

وهكذا، وبمساعدة سينثيا بريزيل، ولد «كيسمت» من «كوغ».

قدم العديد من الطلاب الخريجين المساعدة في أحيان كثيرة، لكن ظلت سينثيا على وجه العموم المهندس الرئيس للمشروع برمته. أما النظام النهائي (انظر الشكل 3) فكان له وجه لا يشبه وجه الإنسان شبها كبيرا. عيناه أكبر مما ينبغي . وجدنا أن بعض الناس قد تعاملوا معه كأنما هو طفل، وبالغوا في نبرتهم عند الحديث معه. كان لـ «كيسمت» أذنان تتحركان كأذني كلب، لكن كان له أيضاً حاجبان وشفتان. كان «كيسمت» مجرد رأس يتربع

فوق عنق تمكنه من أن «يشرأب» ويحركه ذات اليمين وذات الشمال. أما عيناه فقادرتان على الحركة، كعيون البشر، ولذلك استطاع الناس معرفة الهدف الذي يركز عليه انتباهه، تماماً مثل حالهم مع أقرانهم، أو مع الكلاب والقطط.

زود «كيسمت» بخمسة عشر كمبيوترا للتحكم به، شكلت جميعاً شبكة توفر فرصاً متساوية لأنظمة التشغيل. بعضها يدير نظام تشغيل يعمل تبعاً للوقت الحقيقي (يدعى كيو - ان - اكس QNX)، بعضها الآخر يعمل بنظام «لينوكس» (LINOX) وغيرها يعمل بنظام «ويندوز ان تي» (WINDOWS NT)، وقلة منها عمل تبعا لنظام التشغيل الذي ابتكرته. تنامت الشبكة وتوسعت مع مرور الزمن ومع عمل سينثيا على «كيسمت»، الذي جسد عملية غير نظامية ميزت الطرائق التي تتعامل من خلالها الحاسبات الإلكترونية مع بعضها بعضا. الأمر المثير حقاً هو عدم وجود حاسب إلكتروني واحد يحتكر نظام التحكم. إذ تحرك حواسب مختلفة الأجزاء المختلفة من الوجه والعينين. ولم يكن ثمة مركز محدد يتلقى كل المعلومات، ولا موقع معين يصدر أوامر الحركة والفعل. كان «كيسمت» عبارة عن نظام تحكم موزع لا مركزي حقا. علاوة على ذلك، عززت ذلك القيد الطريقةُ التي أضيفت فيها الكمبيوترات إلى «كيسمت» بمرور الوقت، لكن هذا لم يكن يخيف سينثيا. فقد عملت فيما مضى على الروبوت «اتيلا» (انظر الفصل 3)، واستخدم هذا لاجتذاب واستخلاص السلوك المتناسق من العمليات الحسابية البسيطة، اللامتزامنة والموزعة بشكل كامل.

من أجل تحويل «كيسمت» إلى إنسان آلي اجتماعي، توجب تزويده بالعديد من الأنظمة المستقلة. أما الجزء البالغ الأهمية من «كيسمت» فهو نظام الانتباه البصري. تمكنت سينثيا من تطوير هذا النظام بالاشتراك مع بريان

سكاسيلاتي، وهو خريج آخر عمل على «كوغ». كان «كيسمت» يتحرك باتجاه كل ما يجذب انتباهه. وهنالك ثلاثة أنواع مختلفة من الأشياء التي تشد انتباهه: الأجسام المتحركة، الأشياء ذات الألوان المشبعة، الأشياء التي يشبه لونها لون بشرة الإنسان. اعتاد «كيسمت» «التفكير» مليا في هذه الملامح الثلاثة عبر حقل الرؤية الخاص به ومن ثم النظر في اتجاهها. أما حجم الأهمية التي يعطيها لكل منها فيعتمد على بقية الأجزاء الأخرى منه. وإذا ما حدث «وشعر» بالوحدة، فإن جهاز الانتباه البصري يعطي أهمية أكبر إلى مناطق الصورة المشابهة للون بشرة الإنسان. وحين «يشعر» بالسأم، يركز انتباهاً أكبر على الألوان المشبعة. أما إذا نظر إلى شيء مجرد فترة طويلة من الزمن، فإنه يحاول التعود عليه، ويرجح أن يبرز شيء آخر أشد أهمية بالنسبة له.

هنالك سلوكيات أخرى يمكن أن تأخذ زمام الأمور من جهاز الانتباه المجرد وتوجه عيني «كيسمت». فإذا ركز انتباهه على جسم يتحرك، سوف تتبعه عيناه في نوع من الملاحقة السلسة. وهو يستخدم جهاز حفظ التوازن والاتجاه للتكيف مع حركة الرأس، حيث يمتلك مثل البشر منعكسا دهليزيا عينيا. كما يستطيع اكتشاف عيون الناس المحيطين به، ويقوم بقطع أو إعادة الاتصال البصري معهم بشكل مناسب خلال مبادرته لأخذ دوره في المحادثة.

لكن ما معنى أن يشعر «كيسمت» بالوحدة أو السام؟ يمتلك «كيسمت» مجموعة من الدوافع الداخلية التي تكبر وتزداد باطراد مع مرور الوقت إلا إذا تم إشباعها. ومع تنامي وازدياد هذه الدوافع، فإنها تطلق بعض السلوكيات المعنية. فإن كان دافع السأم قويا، فقد يبدأ بشكل متعمد بالنظر حواليه، والتحرك من مكان لآخر بطريقة منهجية. في ذات الوقت، سيكون تركيز نظام الانتباه على الألوان المشبعة مرتفعا. ولهذا، إذا حدث، في معرض البحث،

ورأى بعض الألوان الزاهية ضمن محيط رؤيته، فسوف يوجهه نظام الانتباه ويدفعه للتحرك مباشرة نحوها. بالنسبة للمراقب الخارجي، يبدو الأمر وكأن «كيسمت» يبحث عن دمية ووجدها. هذا ما يحصل (بمعنى من المعاني)، لكن لنلاحظ أن سلوك البحث لا يجد في الواقع الدمية أبدا. وإنما يوفر لنظام الانتباه صوراً متنوعة على نطاق واسع، ويجد نظام الانتباه بشكل عرضي الدمية. يمتلك «كيسمت» قدرة على السلوك الذي يبحث من خلاله عن الأشياء، لكنه لا يعرف أبداً حتى ما يجدّ في أثره. أما السلوك العام فينبثق من تفاعلات السلوكيات البسيطة التي تتوسط بينه وبين العالم الخارجي. وحين يتم إشباع دوافعه، عبر العثور على الدمية مثلا، فإنها تتقلص إلى حد كبير، ثم تبدأ بالتنامي مجددا مع مرور الوقت.

يمتلك «كيسمت» جهازا سمعيا لا يمكنه فقط من سماع الألفاظ التي تنطق، بل يزوده بالقدرة على البحث عن مختلف العلامات العروضية في كلام الناس الموجه إليه. ومن المعروف عالميا أن الأمهات في كافة الثقافات الإنسانية تنقل إلى أطفالهن الصغار أربع إشارات أساسية من خلال أنماط نبرة أو طبقة الصوت، لا من خلال الكلمات الفعلية التي ينطقنها. تنويعات النبرة أو الطبقة في صوت المتكلم معروفة باسم «العروض». إذ يمكن للطفل البشري اكتشاف حالات القبول والاستحسان، والمنع والحظر، والاهتمام والانتباه من خلال الأنماط العروضية. يستطيع «كيسمت» أيضاً الاستماع إلى الأصوات واستخلاص هذه الرسائل العاطفية / الوجدانية من كلام البشر. لقد أتى الباحثون ضمن فريق العمل الذي أقوده من أماكن مختلفة، وقمنا باختبار «كيسمت» باللغات الإنكليزية، والفرنسية، والألمانية، والروسية، والإندونيسية.

يمكن لهذه الإشارات العروضية أن تؤثر في طبع «كيسمت» المزاجي.

فحالته المزاجية أو العاطفية هي عبارة عن توليفة من ثلاثة متغيرات: التكافؤ، والاستثارة، والموقف (العاطفي). تكافؤ «كيسمت» هو مقياس لسعادته، واستثارته مقياس لمدى إرهاقه إزاء حجم التحفيز الذي يتعرض له، وموقفه يتناسب مع مدى انفتاحه وتعرضه للمثيرات والمنبهات الجديدة. واعتمادا على حالته العاطفية الراهنة، والإشارات التلميحية العروضية، أو الحركية، أو سوى ذلك من الأشياء التي يستطيع الإحساس بها، سوف يتحرك في اتجاهات مختلفة ضمن حيزه العاطفي ذي الأبعاد الثلاثية.

لدينا في اللغة الإنكليزية أسماء شائعة للعديد من المواقع في هذا الحيز العاطفي. فإذا تعرض «كيسمت» لاستثارة قوية لكنه تبنى موقفا حياديا ومتكافئا، فسوف نقول إنه يتعرض للمفاجأة. أما إن اقترب من وجهه شيء سوف يستثيره، وإذا بدا حياديا مع كافة البارمترات الثلاثة، فإنه سوف يتعرض للمفاجأة. لكن إذا كان في حالة من «الحزن»، مع تكافؤ سلبي، فإن مثل هذه الاستثارة قد تؤدي إلى الخوف أو الغضب، وذلك بالاعتماد على موقفه آنذاك.

تؤثر عواطف «كيسمت» الداخلية على تنشيط أحد هذه السلوكيات. لكن وجهه وصوته قادران أيضاً على التعبير عنها. فهو يُظهر حالته العاطفية من خلال حاجبيه، وشفتيه، وأذنيه. إضافة إلى النبرة (العروضية) في صوته، تماماً مثلما نسمع تلك النبرة في أصوات البشر.

لكن ما لا يستطيع «كيسمت» القيام به فعلا هو فهم ما يقال له. كما لا يمكنه التلفظ بشيء له معنى. وتبين أن أيا من هذه القيود لا يعيق المحادثة الجيدة. إذ لا يسمع «كيسمت» سوى حديث الناس والنبرة (العروضية) في أصواتهم. وصحيح أنه قادر على التلفظ بأصغر وحدات الكلام (فونيم) (phoneme) بالإنكليزية، إلا أنه لا يفهم ما يقول ولا يعرف كيف يجمع

الوحدات أو المقاطع الصوتية معا لتركيب جملة مفيدة ذات معنى. وبدلاً من ذلك، يمتلك الآليات الأساسية التي تمكنه من أخذ دوره في الكلام، والتوقف لبرهة، وتغيير جهة نظرات عينيه، وملء فترات الصمت المحرجة حين يتوقف محدثه عن الكلام.

ظلت سينثيا بريزيل طيلة أسابيع لا نهاية لها في ربيع عام 2000 تحضر العديد من الناس «البسطاء» إلى مختبر «كيسمت» الكائن في الطابق التاسع من مبنى مختبر الذكاء الاصطناعي التابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا. وما جعل هؤلاء الناس «بسطاء» هو أنهم لا يعرفون شيئاً عن الإنسان الآلي، ولا عن «كيسمت» على وجه التحديد. كان بعضهم من أصدقاء رفيقة سينثيا في السكن، أو من أصدقاء الباحثين العاملين معها، أو من المراهقين الذين يدرسون في المدارس المحلية حيث يأخذهم الأساتذة في جولة يزورون خلالها مختبرنا. وكانت تجلس أمام الإنسان الآلي «كيسمت» وتقول لهم: «تحدثوا إليه!».

لا تقدم سينثيا أية مساعدة أخرى للزوار، سوى عبارتها تلك: «تحدثوا إليه!»، وتترك لهم حرية استخدام وسائلهم الخاصة لمعرفة ما يعني ذلك وكيف يتحدثون إلى الرأس الذي لا جسد له (كما هو مبين في الشكل 3).

سرعان ما تمكن العديد منهم من البدء بحديث مع «كيسمت»، حتى وإن لم ينطق سوى مقاطع صوتية غير مفهومة وهذيانات لا معنى لها[5]، ولم يفهم كلمة واحدة مما يقال له.

صورت سينثيا على فيلم فيديو كافة التفاعلات بينه وبين الناس،

5. تركز الجهد اللاحق على تزويد «كيسمت» باللغة، وهو قادر الآن على نطق بعض الكلمات الإنكليزية التي تعلمها.

وأجرت العديد من القياسات النوعية المستخلصة منها. وتظهر هذه القياسات أن هؤلاء الناس قادرون على توجيه انتباهه البصري نحو الجسم المعني، وأن «كيسمت» قادر على تمييز التواصل الاجتماعي من جانب الناس، وعلى إيصال حالته الداخلية إلى البشر، وعلى الانخراط في عملية تنظيم مشترك. لكن الفيلم يسحر المشاهد أيضا. فقد عرف معظم الأشخاص متى يحين دورهم في الكلام ـ إذ فهموا حقاً بأنهم يشاركون في حديث مع الإنسان الآلي، رغم أنه حديث خال من المضمون. إلا أن حقيقة خلو هذا الحديث من المضمون سبب القلق لبعض هؤلاء، ولم يعرفوا حقاً ما يقولونه له. ففي بعض الأحيان يستحثهم على الكلام بصورة متكررة، لكنهم لا يقولون الكثير. بعضهم الآخر ينخرط في الجو ويثرثر مع «كيسمت» لدقائق طويلة، حيث يعطيه إشارات عاطفية ويفهم استجاباته العاطفية بالمقابل.

تبين لي من الفيلم الذي رأيته أن أكثر الأحاديث المتبادلة إثارة هو ذلك الذي دار مع ريتشي، الذي «حاور» «كيسمت» لمدة خمس وعشرين دقيقة دون كلل أو ملل.

في إحدى المراحل قال ريتشي: «أريد أن أريك شيئا. أريد أن أريك هذه الساعة التي تلقيتها هدية من صديقتي». نظر «كيسمت» طائعاً إلى الساعة على معصم ريتشي الأيسر. بالنسبة للمراقب الخارجي البسيط (الذي لا يعرف شيئاً عن الروبوتات) يبدو الأمر وكأن «كيسمت» يفهم الكلمات التي ينطقها ريتشي. لكنه لم يكن يفهمها بالطبع. بل كان يعتمد بدلا من ذلك على الإشارات والإيماءات ذات الدلالة الاجتماعية التي يزوده بها ريتشي بصورة غير واعية. فقد وضع معصمه الأيسر في مركز حقل الرؤية الخاص بـ «كيسمت»، تحت وجهه ببضع بوصات حيث تقع «الحفيرة». وحين فعل ذلك، مد يده اليمنى ونقر بسبابته على وجه الساعة. هذا الدليل التلميحي البصري كان قويا جداً بحيث جذب انتباه «كيسمت» إلى الساعة حين كان

ريتشي يتكلم. لقد جذب انتباهه، ولذلك توقف عن تحريك إصبعه. وقبل أن يمر وقت طويل، قرر نظام الانتباه في «كيسمت» أن وجه ريتشي أكثر أهمية من البقعة الصغيرة الجامدة التي تحمل لون البشرة. ثم أعاد النظر إلى عينيه حين انتهى ريتشي من الكلام وأخذ دوره في الحديث. وبدا الأمر تبادلاً طبيعياً تماماً للحديث بينهما.

لا يوجد حقاً شيء يجعل «كيسمت» مختلفا اختلافا نوعيا عن الآليات الموجودة في «جنكيز». في الملحق الذي أضفناه إلى نهاية هذا الكتاب سوف نتناول بالتفصيل كل جزء من برنامج التحكم بـ «جنكيز». لكن التفاصيل المتعلقة بـ «كيسمت» بالغة الاتساع بحيث يصعب أن يشملها هذا الكتاب، إلا أن هنالك تشابها كبيرا بين الاثنين. إذ يشتركان بالأجزاء الآلية الصغيرة التي تجعل كلا منهما مخلوقا اصطناعيا متجولا. «جنكيز» يستطيع التجول في المحيط الخارجي بأسلوب الحشرات. في حين يستطيع «كيسمت» التفاعل مع الناس مثل البشر. فهو يتصرف كأي كائن حي.

لا يعتبر «كيسمت» نسخة مكررة من «هال»، مثلما لا يشترك «هال» في العديد من الملامح مع «كيسمت». فهذا الإنسان الآلي يصل إلى صميم نفوس البشر بطريقة يمكن فيها للناس العاديين التفاعل معه. كما يتمتع بقاعدة تؤسس للسلوك الذكي القابل للفهم، يمكن وضعها على قمة مكوناته الاجتماعية. كان «هال» مخلوقا آلياً ذكيا، لكن ذكاءه اتصف بالبرود، والقسوة، والحسابات العقلانية الجامدة وجدّها. ولا يمكن له أن يعقد أواصر الصداقة مع البشر بأية طريقة هادفة، كان ذكاؤه، المستحيل والبعيد الاحتمال، في تلك الهيئة غير المجسمة، هو الذي جعل منه «كياناً آخر». لا يمكن فهم «هال». ولا يمكن إساءة فهم «كيسمت».

مراجع إضافية للقراءة

Asimove, I. 1950. I, Robot. New York: Gnome Press.

Ballard, D., M. Hayhoe, and J. Pelz. 1995. "memory Representation in Natural Tasks." Journal of Cognitive Neuroscience 7 (1): 66-80.

Ballard, D., et al. 1997. "Deictic Codes for the Embodiment of Cognition." Behavioral and Brain Sciences 20 (4): 723-42.

Breazeal, C. L. 2001. Designing Sociable Robots. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Clark, A. C. 1968. 2001: A Space Odyssey. New York: new American Library.

Johnson, M. 1987. The Body in the Mind: The Bodily Basis of Meaning, Imagination, and Reason. Chicago: University of Chicago Press.

Lakoff, G. 1987. Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind. Chicago: University of Chicago Press.

Lakoff, G., and M. Johnson. 1999. Philosophy in the Flesh: The Embodied Mind and its Challenge to Western Philosophy. New York: Basic Books.

Menzel, p., and F. D'Aluiso. 2000. Robo sapiens. Cambridge, Mass.; MIT Press.

Yarbus, A. 1967. Eye Movements and Vision. New York: Plenum Press.