

## Gdzie jest Rosie?

Martwisz się, że superinteligentne roboty powstają i atakują nas? Nie bądź. Przynajmniej na razie oto sześć rzeczy, które możesz zrobić w przypadku ataku robota.

- Zamknij drzwi i na wszelki wypadek zamknij je. Współczesne roboty świetnie zmagają się z klamkami, czasami nawet przewracają się, gdy próbują je otworzyć. Nadal się martwisz? Pomaluj klamkę na czarno na czarnym tle, co znacznie zmniejszy szansę, że robot będzie mógł ją nawet zobaczyć.
- Na dodatkę umieść duży plakat szkolnego autobusu lub tostera na drzwiach wejściowych. Lub załóż koszulkę ze zdjęciem uroczego dziecka. Robot będzie całkowicie zdezorientowany, pomyśli, że jesteś dzieckiem i zostawi cię w spokoju.
- Jeśli to nie zadziała, idź na górę i zostaw po drodze ślad skórek od bananów i gwoździ; niewiele robotów poradzi sobie z zaimprovizowanym torem przeszkód.
- Nawet te, które wspinają się po schodach, prawdopodobnie nie mogą wskoczyć na stół, chyba że zostały specjalnie przeszkolone do tego zadania. Prawdopodobnie możesz, więc wskocz na stół lub wdrap się na drzewo i zadzwoń pod numer 911.
- Zrelaksować się; albo przyjedzie 911, albo bateria robota wkrótce się wyczerpie. Roboty poruszające się na wolności obecnie zwykle wytrzymują kilka godzin, ale niewiele więcej między ładowaniami, ponieważ komputery w nich wymagają tak ogromnych ilości energii.

OK, to może być żartobliwe i być może pewnego dnia roboty będą mogły przebić się przez drzwi i wskoczyć na stoły, ale na razie roboty, o których wiemy, łatwo się pomylić. Przynajmniej w najbliższym czasie nie musimy się martwić o Skynet, ani nawet o to, że roboty zabiorą nam pracę. Wręcz przeciwnie, naszą największą obawą jest to, że rewolucja robotów narodzi się martwa, z powodu nieuzasadnionego strachu przed rzeczami nieprawdopodobnymi.

W filmach roboty często występują w roli bohaterów lub demonów; R2-D2 często spieszy, aby uratować sytuację; podczas gdy Terminator jest tutaj, aby nas wszystkich wymordować. Roboty chcą albo zadowolić swoich właścicieli, albo ich unicestwić. W prawdziwym świecie roboty na ogół nie mają osobowości ani pragnień. Nie są tu po to, by nas mordować ani zabierać naszej ziemi, a już na pewno nie mają środków, by ocalić nas przed mrocznym panem. Nawet nie migają aż tak bardzo, jak R2-D2. Zamiast tego, w większości ukrywają się na liniach montażowych, wykonując nudne zadania, których ludzie nigdy nie chcieliby wykonywać. A firmy robotyczne w większości nie są dużo bardziej ambitne. Jedna firma skupia się na budowaniu robotów do kopania fundamentów budynków, inna skupia się na zbieraniu jabłek. Obie wydają się dobrymi propozycjami biznesowymi, ale nie są to dokładnie te rzeczy, o których marzyliśmy, gdy byliśmy dziećmi. Tym, czego naprawdę pragniemy, jest Rosie, uniwersalny robot domowy z programu telewizyjnego The Jetsons z lat 60., który mógłby zająć się wszystkim w naszym domu - roślinami, kotami, naczyniami i dziećmi. Och, już nigdy więcej nie muszę niczego sprzątać. Ale nie możemy kupić Rosie ani niczego podobnego z miłości lub za pieniądze. Krążą plotki, że Amazon może wprowadzić wersję Alexy, która wędruje na kółkach, ale to wciąż daleko od Rosie. Prawda jest taka, że na razie najlepiej sprzedającym się robotem wszechczasów nie jest samochód bez kierowcy ani jakaś prymitywna wersja C-3PO, to Roomba, ten hokejowy krążek odkurzający o skromnych ambicjach, bez rąk, bez stóp i niezwykle mały mózg, o którym wspomnieliśmy w pierwszej części, tak daleko od Robota Rosie, jak tylko możemy sobie wyobrazić. Oczywiście, domowe roboty podobne do zwierząt są już dostępne, a walizki „bez kierowcy”, które podążają za swoimi właścicielami po lotniskach, mogą już wkrótce pojawić się. Ale szansa, że robot będzie gotował, sprzątał i zmieniał

dziecięce pieluchy przed 2025 r., jest praktycznie zerowa. Poza fabrykami i magazynami roboty są nadal ciekawostką.

Czego potrzeba, aby przejść od skromnie imponującej, ale wciąż znacznie ograniczonej Roomby do pełnowartościowego humanoidalnego towarzysza, takiego jak C-3PO lub Rosie, który mógłby uprościć prawie każdy aspekt naszego życia domowego i zmienić życie osób starszych i niepełnosprawnych, i dosłownie oszczędzać nam wszystkim godzin pracy każdego tygodnia? Na początek ważne jest, aby zdać sobie sprawę, że Roomba to zupełnie inny rodzaj stworzenia. Wspaniałe spostrzeżenie wynalazcy Rodneya Brooksa - zainspirowane refleksją nad tym, jak owady z małymi mózгами mogą robić skomplikowane rzeczy, takie jak latanie - polegało na tym, że Roomba nie musi być bardzo sprytna. Odkurzanie jest przyziemną pracą i można ją wykonać przyzwoicie (nie idealnie) przy niewielkiej odrobinie inteligencji. Nawet przy niewielkich ilościach sprzętu komputerowego możesz stworzyć robota, który mógłby zrobić coś pożytecznego, na co ludzie chcieliby wydać prawdziwe pieniądze – o ile tylko utrzymasz zadanie wystarczająco wąskie. Jeśli chcesz zebrać większość kurzu, przez większość czasu w zwykłym pokoju, możesz po prostu poruszać się tam i z powrotem, krążąc po spirali i zmieniając kierunek od czasu do czasu, gdy na coś wpadniesz. Często jest to dość nieefektywne, wielokrotnie przechodząc przez te same części podłogi. Ale przez większość czasu, jeśli nie ominie jakiejś części pokoju, do której można dotrzeć tylko przez wąski korytarz, wykonuje swoją pracę. Prawdziwym wyzwaniem jest wyjście poza odkurzanie i budowanie robotów, które mogą wykonywać szeroki zakres złożonych zadań fizycznych, które my, ludzie, wykonujemy na co dzień, od otwierania zapieczętowanych próżniowo słoików, zakręcanych zakrętek do butelek i kopert, po odchwaszczanie, żywopłot -przycinanie i koszenie trawnika, pakowanie prezentów, malowanie ścian, nakrywanie do stołu.

Oczywiście nastąpił pewien postęp. Robotyk Manuela Veloso, zbudował roboty, które mogą bezpiecznie wędrować po korytarzach Carnegie Mellon University. Widzieliśmy też demonstracje robotów unoszących znacznie więcej niż ich własny ciężar ciała. Autonomiczne drony (które są latającymi robotami) mogą już robić niesamowite rzeczy, takie jak śledzenie biegaczy biegających po górskich szlakach i (w przypadku samolatającej kamery Skydio) automatycznie omijające drzewa po drodze. Jeśli spędzisz kilka godzin oglądając YouTube, możesz zobaczyć dziesiątki demonstracji robotów, które (przynajmniej w filmach) wydają się znacznie potężniejsze niż Roomba. Ale kluczowym słowem jest „demo”. Żaden z nich nie jest gotowy na prime time. W 2016 roku Elon Musk ogłosił plany zbudowania robota lokaja, ale o ile wiemy, nie poczyniono dużych postępów w realizacji tego celu. Nic obecnie dostępnego na rynku nie wydaje się przełomowe, z możliwym wyjątkiem wspomnianych wcześniej dronów rekreacyjnych, które są ekscytujące (i niezwykle przydatne dla ekip filmowych), ale nie do końca Rosie. Drony nie muszą podnosić rzeczy, manipulować nimi ani wchodzić po schodach; oprócz latania i robienia zdjęć, nie są wzywani do robienia zbyt wiele. SpotMini, rodzaj bezgłowego robota psa, ma zostać wkrótce wypuszczony, ale nie wiadomo, ile będzie kosztował i do czego będzie używany. Robot Boston Dynamics Atlas, humanoidalny robot, około półtora metra wzrostu i 150 funtów, może robić backflipy i parkour, ale ten film z parkour, który widziałeś w Internecie zajął dwadzieścia jeden ujęć w starannie zaprojektowanym pokoju; nie należy oczekiwać, że będzie mógł zrobić to samo na placu zabaw z twoimi pociechami. Mimo to czeka nas mnóstwo ekscytującego sprzętu. Oprócz SpotMini i Atlasa, z których oba są niesamowite, roboty Boston Dynamics obejmują WildCat, „najszybszy na świecie czworonożny robot”, który może galopować z prędkością dwudziestu mil na godzinę; oraz BigDog, „Pierwszy zaawansowany robot do poruszania się po trudnym terenie”, który ma metr wysokości i waży 240 funtów, może biec z prędkością 11 km na godzinę, wspinać się po zboczach do 35 stopni, chodzić po gruzach, przemierzać błotniste szlaki turystyczne, przedzierać się przez śnieg i wodę oraz przewozić 100-funtowy ładunek. I oczywiście każdy domniemany samochód bez kierowcy to tylko robot w opakowaniu samochodu. (A jeśli o to chodzi, łodzie podwodne, takie jak

Alvin, również są robotami, podobnie jak łaziki marsjańskie). Inni badacze, tacy jak Sangbae Kim z MIT, również pracują nad imponująco zwinnym sprzętem. Wszystko to kosztuje teraz o wiele za dużo dla domu, ale pewnego dnia ceny spadną i roboty mogą być w większości domów. Być może najważniejszym do tej pory zastosowaniem robotów było zamknięcie i oczyszczenie reaktora jądrowego Fukushima po jego zniszczeniu podczas tsunami w 2011 roku. Roboty firmy iRobot zostały wysłane do reaktora w celu określenia stanu rzeczy wewnątrz i nadal służą do sprzątnięcia i konserwacji obiektu. Chociaż roboty były w większości kontrolowane za pośrednictwem komunikacji radiowej przez operatorów na zewnątrz, miały również ważne, choć ograniczone możliwości sztucznej inteligencji: mogły budować mapy, planować optymalne ścieżki, poprawiać się, gdyby spadły ze zbocza, i odtworzyć swoją ścieżkę, gdy się zgubiły kontakt z ich ludzkimi operatorami. Prawdziwym problemem jest oprogramowanie. Samochody bez kierowcy mogą poruszać się same, ale nie bezpiecznie. SpotMini jest zdolny do niesamowitych wyczynów, ale do tej pory był w większości zdalnie sterowany, co oznacza, że ktoś z joystickiem jest poza sceną i mówi robotowi, co ma robić. Oczywiście inżynierowie mechanicy i elektrycy oraz materiałoznawcy, którzy tworzą roboty, będą zajęci przez lata - jeszcze długa droga do zrobienia lepszych akumulatorów, poprawy przystępności cenowej i zbudowania wystarczająco mocnych i sprawnych nadwozi - ale prawdziwym wąskim gardłem jest nakłonienie robotów do robienia tego, co robią, w sposób bezpieczny i autonomiczny. Co trzeba zrobić, żeby się tam dostać?

W Star Trek: The Next Generation odpowiedź jest prosta: wszystko, czego potrzebujesz, to to, co ma komandor porucznik Data: „mózg pozytronowy”. Niestety nadal nie jesteśmy do końca pewni, co to jest, jak to może działać ani gdzie możemy go zamówić. W międzyczasie jest kilka rzeczy, których można oczekiwać od praktycznie każdej inteligentnej istoty - robota, człowieka lub zwierzęcia - która aspiruje do bycia bardziej wyrafinowaną niż Roomba. Na początek każda inteligentna istota musi obliczyć pięć podstawowych rzeczy: gdzie się znajduje, co dzieje się w otaczającym ją świecie, co powinna teraz zrobić, jak powinna zrealizować swój plan i co powinna zrobić w długoterminowej, aby osiągnąć wyznaczone cele. W mniej wyrafinowanym robocie skoncentrowanym na pojedynczym zadaniu można do pewnego stopnia ominąć te obliczenia. Oryginalny model Roomby nie miał pojęcia, gdzie się znajduje, nie śledził mapy terytorium, po którym nawigował, i nie planował; wiedział niewiele więcej niż to, czy się porusza i czy ostatnio na coś wpadł. (Nowoczesne modele Roomby budują mapy, po części po to, aby były bardziej wydajne, po części po to, aby nie przegapić miejsc w wyniku wyszukiwania w dużej mierze losowego). Pytanie, co teraz robić, nigdy nie powstało; jej jedynym celem było odkurzanie. Ale elegancka prostota robota Roomba może zajść tylko tak daleko. W codziennym życiu robota domowego o pełnym zakresie usług pojawiłoby się o wiele więcej wyborów, a podejmowanie decyzji stałoby się w ten sposób procesem bardziej złożonym – i to takim, który zależałoby od posiadania znacznie bardziej wyrafinowanego zrozumienia świata. Cele i plany mogą łatwo zmieniać się z chwili na chwilę. Właściciel robota może poinstruować go, aby wyłączył zmywarkę, ale dobry robot domowy nie posunąłby się do przodu, bez względu na wszystko; dostosuje się, gdy zmienią się okoliczności. Jeśli szklana płyta spadnie i rozbije się na podłogę obok zmywarki, robot może potrzebować znaleźć inną drogę do zmywarki (zmiana swoich planów krótkoterminowych) lub, jeszcze lepiej, może zdać sobie sprawę, że jego priorytetem jest posprzątaj potłuczone szkło i odstaw naczynia, podczas gdy to robi. Jeśli jedzenie na kuchence się zapali, robot musi odłożyć rozładunek zmywarki do czasu, aż zgaśnie. Biedny Roomba odkurzałby cały czas w środku huraganu kategorii 5. Oczekujemy więcej od Rosie. Właśnie dlatego, że świat nieustannie się zmienia, stałe odpowiedzi na podstawowe pytania dotyczące celów, planów i środowiska nigdy nie wystarczy. Zamiast tego wysokiej jakości robot domowy będzie musiał stale podlegać ponownej ocenie. „Gdzie jestem?”, „Jaki jest mój obecny status?”, „Jakie zagrożenia i szanse są w mojej obecnej sytuacji?”, „Co powinienem robić w najbliższym i długim okresie?” oraz „Jak mam zrealizować swoje plany?” Każde z tych pytań musi być stale rozwiązywane w nieustannym cyklu, jako robotyczny odpowiednik tak

zwanej pętli OODA wprowadzonej przez legendarnego pilota sił powietrznych i stratega wojskowego Johna Boyda: obserwuj, orientuj się, decyduj i działaj. Dobrą wiadomością jest to, że z biegiem lat dziedzina robotyki całkiem nieźle radzi sobie z wdrażaniem niektórych części cyklu poznawczego robota. Zła wiadomość jest taka, że większość innych nie odnotowała prawie żadnego postępu. Zacznijmy od historii sukcesu: lokalizacji i kontroli motorycznej.

Lokalizacja jest trudniejsza niż mogłoby się wydawać. Oczywistym sposobem na rozpoczęcie jest GPS. Ale do niedawna GPS był dokładny tylko z dokładnością do około dziesięciu stóp i nie działa szczególnie dobrze w pomieszczeniach. Gdyby to było wszystko, z czym nasz hipotetyczny robot domowy musiałby pracować, mógłby z łatwością pomyśleć, że jest w łazience, kiedy tak naprawdę jest na schodach. Wojskowy i specjalistyczny GPS może być znacznie dokładniejszy, ale prawdopodobnie nie będzie dostępny dla robotów konsumenckich, co oznacza, że roboty konsumenckie nie mogą polegać tylko na GPS. Na szczęście roboty mogą korzystać z wielu wskazówek, aby dowiedzieć się, gdzie się znajdują, takich jak martwe liczenie (które śledzi koła robota, aby oszacować, jak daleko zaszedł), wzrok (łazienka wygląda zupełnie inaczej niż klatka schodowa) i mapy (co może być skonstruowane na różne sposoby). Przez lata robotycy opracowali rodzinę technik o nazwie SLAM, skrót od Simultaneous Localization And Mapping, która umożliwia robotom tworzenie mapy swojego otoczenia i śledzenie, gdzie się znajdują i dokąd zmierzają. Na każdym kroku robot przechodzi przez następujące kroki:

- Robot używa swoich czujników, aby zobaczyć część otoczenia, która jest widoczna z jego aktualnej pozycji.
- Poprawia bieżące oszacowanie swojej pozycji i orientacji, dopasowując to, co widzi, do obiektów na swojej mapie mentalnej.
- Dodaje do swojej mentalnej mapy wszelkie obiekty lub części obiektów, których wcześniej nie widział.
- Porusza się (zwykle do przodu) lub skręca i dostosowuje swoją ocenę nowej pozycji i orientacji, biorąc pod uwagę, jak bardzo się poruszył lub obrócił.

Chociaż żadna technika nie jest idealna, SLAM działa na tyle dobrze, że możesz umieścić robota w losowym miejscu w dobrze odwzorowanym budynku i oczekiwać, że zorientuje się, gdzie jest i, w połączeniu z innym oprogramowaniem, jak dotrzeć tam, gdzie jest potrzebny iść. Umożliwia także robotom konstruowanie map podczas eksploracji przestrzeni. Orientacja, w sensie Boyda, jest mniej więcej rozwiązany problemem.

Inny obszar, w którym nastąpił znaczny postęp, jest często nazywany „sterowaniem motorycznym”: praca polegająca na kierowaniu ruchami robota, takimi jak chodzenie, podnoszenie przedmiotów, obracanie rąk, obracanie głowy lub wchodzenie po schodach. W przypadku samochodów bez kierowcy, strona sterowania silnikiem tego, co należy zrobić, jest stosunkowo prosta. Samochód ma tylko ograniczone możliwości, obracające się wokół pedału gazu, hamulców i kierownicy. Pojazd autonomiczny może zmienić prędkość (lub zatrzymać się) i zmienić kierunek, kierując. Po stronie kontrolnej nie ma wiele do obliczenia. O ile samochód nie może latać, nie musi się nawet martwić o współrzędną z poruszania się w kosmosie w górę lub w dół. Obliczanie żądanych stanów kierownicy, hamulców i pedału gazu z pożądanej trajektorii jest prostą matematyką. Sytuacja jest o wiele bardziej skomplikowana u humanoida (lub zwierzęcego, lub robot przypominający owada), z wieloma przegubami, które można przesuwac na wiele sposobów. Załóżmy, że na stole stoi filiżanka herbaty, a humanoidalny robot ma wyciągnąć rękę i chwycić uchwyt filiżanki dwoma palcami. Najpierw robot musi wymyślić, jak poruszać różnymi częściami ramienia i dłoni, aby znalazły się we właściwym miejscu

bez wpadania w stół, uderzania jedną częścią o drugą lub przewracania filiżanki. Następnie musi wywierać wystarczającą siłę na rączkę filiżanki, aby mocno chwycić, ale nie tak dużą, aby rozbić porcelanę. Robot musi obliczyć drogę między miejscem, w którym chce się udać, biorąc pod uwagę, gdzie się znajduje, a przeszkodami na jego drodze, a następnie opracować złożony plan (efektywnie miniprogram komputerowy lub zbudowaną na zamówienie sieć neuronową), który określa kąt na stawów i siły w stawach między częściami ciała oraz tego, jak powinny się zmieniać w czasie, być może jako funkcja sprzężenia zwrotnego, w sposób, który nigdy nie pozwala na rozlanie się zawartości. Nawet podczas samego sięgania po filiżankę może być zaangażowanych pięć lub więcej stawów - ramię, łokieć, nadgarstek i dwa palce, z wieloma złożonymi interakcjami między nimi. Pomimo złożoności problemu, w ostatnich latach nastąpił znaczny postęp, najbardziej widoczny w Boston Dynamics, wspomnianej wcześniej firmie robotów, prowadzonej przez Marca Raiberta, badacza z głębokim przeszkoleniem w problematyce motoryki ludzi i zwierząt. Bazując na tej wiedzy, roboty Raiberta, takie jak BigDog i SpotMini, poruszają się jak zwierzęta. Ich oprogramowanie szybko i stale aktualizuje siły w siłownikach ("mięśniach" robota) i integruje je z informacjami zwrotnymi z czujników robota, dzięki czemu mogą dynamicznie zmieniać plan tego, co mają robić, tak jak to robią (a nie tylko planując wszystko z wyprzedzeniem i mając nadzieję na najlepsze). Zespół Raiberta był w stanie zrobić wiele rzeczy, które kiedyś były dość trudne dla wielu robotów, takich jak chodzenie po nierównych powierzchniach, wchodzenie po schodach, a nawet opieranie się siłom, które w przeciwnym razie mogłyby powalić mniej stabilnego robota. Wiele laboratoriów w miejscach takich jak Berkeley i MIT również robi duże postępy w zakresie kontroli motorycznej. YouTube zawiera filmy przedstawiające laboratoryjne demonstracje robotów, które otwierają drzwi, wspinają się po schodach, podrzucają pizzę i składają ręczniki, choć zazwyczaj w ściśle kontrolowanych okolicznościach. Chociaż kontrola motoryczna ludzi pozostaje bardziej wszechstronna, szczególnie jeśli chodzi o manipulowanie małymi przedmiotami, roboty nadrabiają zaległości. Z drugiej strony, większość tego, co możemy zebrać na temat obecnego stanu kontroli motorycznej w robotyce, otrzymujemy z filmów demonstracyjnych, które często wprowadzają w błąd. Często filmy były przyspieszone, pośrednio utożsamiając to, co robot może zrobić w ciągu minuty lub godziny, z tym, co dana osoba może zrobić w kilka sekund, a czasem polegać na ludzkich operatorach za kulisami. Takie filmy demonstracyjne są dowodami koncepcji, często reprezentującymi najlepszy przypadek czegoś, co nie jest naprawdę stabilne, a nie produktów gotowych do wysyłki. Udowadniają, że robota można w zasadzie po odpowiednim czasie zaprogramować do wykonywania fizycznych aspektów wielu zadań. Ale nie zawsze mówią nam, czy różne zadania można wykonywać sprawnie, czy – co najważniejsze – autonomicznie, co oczywiście jest ostatecznym celem. W końcu powinieneś być w stanie powiedzieć robotowi „Posprzątaj mój dom”, a po krótkim treningu powinien nie tylko odkurzać, ale także kurz, myć okna, zamiatać ganek, prostować książki, wyrzucać śmieci, złożyć pranie, wyjąć śmieci i załaduj zmywarkę. Dema pokazują, że mamy teraz sprzęt do wykonania przynajmniej niektórych z tych zadań; fizyczne aspekty pracy nie będą ograniczać stawki. Prawdziwym wyzwaniem będzie strona mentalna, polegająca na tym, aby robot poprawnie zinterpretował twoją prawdopodobnie niejednoznaczną i niejasną prośbę – w odniesieniu do ludzkich celów – i koordynował wszystkie swoje plany w dynamicznie zmieniającym się świecie. Podobnie jak w przypadku sztucznej inteligencji, największym wyzwaniem będzie solidność. W prawie każdym demo, które oglądasz, widzisz robota robiącego coś w najbardziej idealnych okolicznościach, jakie można sobie wyobrazić, a nie w zagraconym i złożonym środowisku. Jeśli przyjrzesz się uważnie filmom, na których roboty składają ręczniki, przekonasz się, że pranie ma zawsze jasny kolor, a tło ciemne, w pustym pokoju, co ułatwia oprogramowaniu komputerowemu oddzielenie ręczników od reszty pokoju. W prawdziwym domu z przyćmionym światłem i ręcznikami, które wtapiają się w tło, może dojść do pandemonium, gdy robot czasami myli kawałki ścian z kawałkami ręcznika. Zautomatyzowana płetwa do naleśników może działać dobrze w restauracji, w której mogłaby być umieszczona w pokoju o pustych ścianach, ale mieć kłopoty w zagraconej kawalerce, gdzie stopy nieprzeczytanych listów mogą

nieumyślnie wylądować odwrócone, usmażone i stanąć w płomieniach. Kontrola motoryczna w prawdziwym świecie nie polega tylko na kontrolowaniu czynności kończyn, kół i tak dalej w sposób abstrakcyjny. Chodzi o kontrolowanie tych działań w stosunku do tego, co postrzega organizm, i radzenie sobie, gdy świat nie jest dokładnie taki, jak oczekiwano.

Świadomość sytuacyjna polega na tym, by wiedzieć, co może się wydarzyć dalej. Czy nadchodzi burza? Czy ten garnek na kuchence może się zapalić, jeśli zapomnę go wyłączyć? Czy to krzesło może się przewrócić? (Rodzice małych dzieci mają zwykle zwiększoną świadomość tego drugiego). Jednym z aspektów świadomości sytuacyjnej jest szukanie ryzyka, ale może też chodzić o szukanie okazji lub nagrody. Na przykład samochód bez kierowcy może zauważyć, że otworzył się nowy skrót lub nieoczekiwane miejsce parkingowe jest wolne. Domowy robot, który próbował udrożnić odpływ, mógłby odkryć nowe zastosowanie dla indyka. W dobrze kontrolowanej hali fabrycznej świadomość sytuacyjna może być podobnie stosunkowo łatwa do opanowania problemu, ograniczonego do pytań typu „Czy istnieje przeszkoda tutaj?” i „Czy taśmociąg działa?” Z drugiej strony w domu sytuacji i związane z nimi ryzyko, nagrody i możliwości mogą być znacznie trudniejsze i bardziej złożone. Siedząc w swoim salonie, możesz mieć dosłownie setki opcji, a tysiące parametrów mogą zmienić charakter sytuacji. Możesz wstać, iść do jadalni lub kuchni, włączyć telewizor, wziąć książkę lub posprzątać stół kawowy. Każda z tych czynności może wydawać się rozsądną czynnością w zwykły dzień, ale nie wtedy, gdy zadziała czujnik dymu lub zbliża się huragan. Obliczając, co się dzieje, oraz ryzyko i szanse w danym momencie, ty (jako osoba) stale łączysz wzrok z zapachem i słuchem (a być może dotyk i smak) oraz poczucie, gdzie jest twoje własne ciało, wraz ze świadomością innych istot, które mogą być w pokoju, twoje ogólne cele (co próbujesz zrobić o tej godzinie? tego dnia? w tym miesiącu?) i setki innych zmiennych (czy pada? otworzyć okno? Czy owad lub zwierzę może wędrować nieproszony?). Jeśli linie montażowe są zamkniętymi światami, domy są tak otwarte, jak to tylko możliwe, co stanowi poważne wyzwanie dla robotyki. Samochody bez kierowcy są gdzieś pośrodku. Zdecydowana większość czasu, ustalenie, co się dzieje, wymaga głównie obliczenia kilku rzeczy: W którą stronę idę i jak szybko? W którą stronę skręca droga? Jakie inne obiekty są w pobliżu? Gdzie są i jak się poruszają? (które można obliczyć, porównując dane z różnych przedziałów czasowych); oraz Gdzie mogę jechać (np. gdzie są pasy lub możliwości skrętu)? Ale wszystkie zakłady mogą być przegrane w przypadku tornada, trzęsienia ziemi lub pożaru, a nawet jeśli jest tam pogromca błotników lub maluch w kostiumie na Halloween, który zmienia kierunek ruchu. Częścią świadomości sytuacyjnej, z którą dość dobrze radzi sobie obecna sztuczna inteligencja, jest identyfikacja obiektów w pewnym otoczeniu: proste rozpoznawanie obiektów jest mocną stroną uczenia głębokiego. Algorytmy uczenia maszynowego mogą teraz, z pewnym stopniem dokładności, identyfikować podstawowe elementy w wielu scenach, od stołów i poduszek w domu po samochody na drodze. Jednak nawet w przypadku prostej identyfikacji istnieją poważne problemy; niewiele systemów rozpoznawania obiektów jest wystarczająco solidnych, aby zauważyć zmiany w oświetleniu, a im bardziej zagrazone jest pomieszczenie, tym bardziej prawdopodobne jest, że się zdezorientują. I nie wystarczy zauważyć, że gdzieś na obrazie jest broń; ważne jest, aby wiedzieć, czy pistolet znajduje się na ścianie jako część obrazu (w takim przypadku można go bezpiecznie zignorować), czy prawdziwy przedmiot na stole, czy w czyichś rękach wycelowany w kogoś. Co więcej, proste systemy rozpoznawania obiektów nie są w stanie zrozumieć relacji między obiektami w scenie: mysz w pułapce bardzo różni się od myszy w pobliżu pułapki; człowiek jadący na koniu bardzo różni się od człowieka niosącego konia. Ale etykietowanie obiektów w scenie to mniej niż połowa sukcesu. Prawdziwym wyzwaniem świadomości sytuacyjnej jest zrozumienie, co te wszystkie obiekty oznaczają wspólnie; według naszej wiedzy przeprowadzono niewiele badań nad tym problemem lub nie przeprowadzono ich wcale, co jest oczywiście znacznie trudniejsze. Nie znamy żadnego algorytmu, który mógłby na przykład przyjrzeć się dwóm różnym scenom, w których wybuchł pożar w salonie i rzetelnie uświadomić sobie, że w jednym

przypadku ogień jest w kominku dając rozkoszne ciepło w zimowy dzień, a w drugim przypadku ty lepiej jak najszybciej zgasić ogień i/lub zadzwonić do straży pożarnej. Aby nawet podejść do problemu w ramach dominującego paradygmatu, prawdopodobnie potrzebna byłaby grupa oznaczonych zestawów danych dla różnych rodzajów domów (drewniane, betonowe itp.) i różnych rodzajów pożarów (smar, elektryczność itp.); nikt nie ma ogólnego systemu zrozumienia ognia. A zmieniająca się natura świata sprawia, że świadomość sytuacyjna jest równomierna i trudniejsza i nie chcesz patrzeć na świat jak na migawkę, chcesz zobaczyć go jako rozwijający się film, odróżnić obiekty przewracające się od obiektów stabilnych, odróżnić samochody wjeżdżające na miejsce parkingowe od wyjeżdżających miejsca parkingowego. Jeszcze większym wyzwaniem jest fakt, że sam robot zarówno się zmienia (na przykład, gdy manewruje), jak i jest agentem innych zmian, co oznacza, że robot musi przewidywać nie tylko naturę otaczającego go świata, ale konsekwencje własnych działań. W fabryce, gdzie wszystko jest ściśle kontrolowane, może to być dość łatwe; albo drzwi samochodu zostają bezpiecznie przymocowane do podwozia samochodu, albo nie. W otwartym środowisku przewidywanie staje się prawdziwym wyzwaniem: jeśli szukam kawy, czy powinienem otworzyć szafkę? Czy powinienem otworzyć lodówkę? Czy powinienem otworzyć słoik majonezu? Jeśli nie mogę znaleźć osłony blendera, czy mogę uruchomić blender bez niej? Albo przykryć blender talerzem? Nawet hala fabryczna staje się wyzwaniem w chwili, gdy w nieoczekiwanym miejscu znajduje się poluzowana śruba. Elon Musk obwinił początkowe problemy w produkcji Tesli Model 3 „zbyt dużą automatyzacją”. Podejrzewamy, że duża część problemu polegała na tym, że proces i środowisko do budowy samochodów zmieniały się dynamicznie, a roboty nie nadążały, ponieważ ich programowanie nie było wystarczająco elastyczne. Niektóre z nich można odkryć na podstawie doświadczeń na całym świecie, ale konsekwencje umieszczenia kota w blenderze nie powinny być czymś, czego sztuczna inteligencja uczy się metodą prób i błędów. Im więcej możesz wyciągnąć solidnych wniosków bez próbowania, tym lepiej. W tego rodzaju codziennym rozumowaniu ludzie są mile i mile przed wszystkim, co kiedykolwiek widzieliśmy w sztucznej inteligencji.

Być może jeszcze większym nierozwiązanym wyzwaniem jest ustalenie, co jest najlepszą rzeczą do zrobienia w danym momencie, co jest znacznie trudniejsze (z perspektywy programowania), niż mogłoby się początkowo wydawać. Aby lepiej zrozumieć, z jakimi wyzwaniami może się zmierzyć nasz hipotetyczny robot domowy, rozważmy trzy konkretne scenariusze, typowe dla tego, o co możemy go poprosić. Pierwszy scenariusz: Elon Musk wydaje wieczorne przyjęcie i chce, żeby lokaj-robot chodził po okolicy serwując drinki i przekąski. W większości jest to proste: robot porusza się, niosąc talerze z napojami i przekąskami; zbiera od gości puste szklanki i talerze; jeśli gość poprosi o drinka, robot może go przynieść. Na pierwszy rzut oka może się to wydawać niezbyt odległe. W końcu lata temu nieistniejąca już firma robotyczna Willow Garage miała demonstrację swojego humanoidalnego prototypu robota PR2 pobierającego piwo z lodówki. Ale tak jak w przypadku samochodów bez kierowcy, prawdziwy sukces polega na dopracowaniu szczegółów. Prawdziwe domy i prawdziwi goście są skomplikowane i nieprzewidywalne. Piwny wybieg PR2 został starannie skonstruowany. Nie było psów, kotów, stłuczonych butelek i dziecięcych zabawek na podłodze. Nawet lodówka została specjalnie zaaranżowana, według naszego kolegi, w sposób, który sprawił, że samo piwo było szczególnie dostępne. Ale w prawdziwym świecie wiele nieoczekiwanych rzeczy, dużych i małych, może się nie udać. Jeśli robot wejdzie do kuchni po kieliszek do wina i znajdzie w nim karalucha, musi ułożyć plan, którego być może nigdy wcześniej nie wykonał, być może wyrzuci karalucha ze szklanki, opłuka go i napełni ponownie. A może robot kamerdyner odkryje pęknięcie w szkle, w którym to przypadku szkło należy bezpiecznie zutylizować. Ale jakie jest prawdopodobieństwo, że jakiś programista przewidzi dokładnie taką ewentualność, skoro wszyscy najlepsi programiści Apple iPhone'a nadal nie potrafią niezawodnie zautomatyzować procesu tworzenia wpisu w kalendarzu na podstawie tekstu w e-mailu? Lista nieprzewidywanych sytuacji jest zasadniczo nieskończona - pięta achillesowa wąskiej

sztucznej inteligencji. Jeśli kamerdyner-robot zobaczy, że krakers upadł na podłogę, musi wymyślić, jak podnieść krakersa i wyrzucić go, nie przeszkadzając gościom, lub musi być w stanie przewidzieć, że podniesie krakersa w zatłoczonym miejscu. Pokój nie jest wart zachodu, ponieważ spowodowałby zbyt duże zamieszanie. Jednak żadna prosta polityka tu nie wystarczy. Jeśli robot widzi drogi kolczyk na podłodze, zamiast krakersa, równowaga równania się zmienia; może warto ratować kolczyk niezależnie od zamieszania. W większości przypadków robot nie powinien wyrządzać ludziom krzywdy. Ale co, jeśli pijany facet idzie tyłem, nie zwracając uwagi na pełzające za nim niemowlę? W tym momencie lokaj robota powinien interweniować, być może nawet chwytając pijanego dorosłego, aby chronić dziecko. Może się zdarzyć tak wiele rzeczy, że prawdopodobnie nie można ich wszystkich z góry wyliczyć i nie można ich wszystkich znaleźć w żadnym zbiorze danych używanym do szkolenia. Lokaj-robot będzie musiał sam rozumować, przewidywać i przewidywać, i nie może płakać do ludzkich „pracowników tłumu” przez całą noc za każdym razem, gdy ma zostać podjęta niewielka decyzja. Przetrawanie nocy w rezydencji Elona byłoby, z perspektywy poznawczej, dość poważnym zadaniem. Oczywiście nie wszystkich nas stać na zrobotyzowanego lokaja, przynajmniej do czasu kiedy cena spada milion razy. Ale teraz rozważmy drugi scenariusz, znacznie mniej niepokojący: robotyczni towarzysze dla osób starszych i niepełnosprawnych. Załóżmy, że Blake jest niedawno niewidomy i chciałby, aby jego robot towarzyszący pomagał mu robić zakupy spożywcze. Znowu o wiele łatwiej powiedzieć niż zrobić, ponieważ wiele rzeczy może się wydarzyć. Na początek jest podstawowa nawigacja. W drodze do sklepu spożywczego towarzyszący robot Blake'a będzie musiał pokonać wszelkiego rodzaju nieoczekiwane przeszkody. Po drodze mogą napotkać krawężniki, kałuże, wyboje, policję, pieszych zagubionych w telefonach oraz dzieci bawiące się na hulajnogach i deskorolkach. Będąc w sklepie, być może będą musieli przejść wąskimi alejkami lub tymczasowymi stoiskami degustacyjnymi, które subtelnie zmieniają funkcjonalny układ sklepu spożywczego, nie mówiąc już o osobach zajmujących się inwentarzem lub sprzętających podłogę po tym, jak ktoś przypadkowo upuścił stoik dżemu. Robot towarzyszący będzie musiał oprowadzać Blake'a wokół nich lub przez nie, a także znajdować własną drogę. Tymczasem Blake może zostać zaczepiony przez starego przyjaciela, pomocnego nieznanego, żebraka, policjanta, przyjacielskiego psa, nieprzyjaznego psa lub bandytę; każdy musi być rozpoznany i potraktowany w inny sposób. W sklepie rzeczy muszą być chwytane (różne sposoby dla różnych przedmiotów, czerwona papryka inaczej niż pudełko płatków śniadaniowych inaczej niż pół litra lodów) i wkładane do koszyka na zakupy bez rozbijania jajek lub układania puszek z zupą na wierzchu bananów. Sam koszyk zakupowy musi zostać rozpoznany, chociaż różnią się one kształtem i rozmiarem w zależności od sklepu; podobnie sposoby płatności i szczegóły pakowania artykułów spożywczych różnią się w zależności od sklepu. Tysiące zdarzeń losowych, różniących się w zależności od doświadczenia zakupowego, niemożliwych do pełnego przewidzenia i program z wyprzedzeniem. Jako trzeci scenariusz rozważ katastrofę nuklearną w Fukushima. Wyobraź sobie budynek, który częściowo zawalił się podczas trzęsienia ziemi, a reaktor jądrowy wkrótce się stopi. Robot ratunkowy wysłany do strefy kryzysowej musi ocenić, co może, a czego nie może zrobić bezpiecznie: czy może przebić się przez drzwi, przebić się przez ścianę, czy też grozi to dalszym zawaleniem? Czy może bezpiecznie wspinać się po drabinie zaprojektowanej dla ludzi? Jeśli robot ratunkowy kogoś znajdzie, co należy zrobić? Osoba może być w stanie wyjść o własnych siłach, gdy ścieżka zostanie oczyszczona, lub może być przygwożdżona i potrzebować uwolnienia; lub może zostać zraniony i musi być przeprowadzany ostrożnie. Jeśli jest wiele osób, robot może zostać poddany selekcji, decydując, które urazy należy leczyć w pierwszej kolejności, a które wcale, ze względu na ograniczone zasoby medyczne. Jeśli istnieje cenne mienie, robot ratowniczy powinien wziąć pod uwagę wartość przedmiotu (czy jest to sztuka niezastąpiona?) i pilność jego usunięcia. Wszystko to może wymagać głębokiego zrozumienia sytuacji, która jest nie do końca znana, nieprzewidywana, z cechami, które mogą być nietypowe lub wyjątkowe. Co więcej, robot musi brać pod uwagę zarówno niebezpieczeństwa wynikające z bezczynności, jak i działania. Wysokiej jakości kamerdyner-robot powinien być w stanie dostrzec choinkę przechylającą



się pod niebezpiecznym kątem i ponownie ją wyregulować, aby zapobiec przewróceniu się choinki i potencjalnemu iskrzeniu, a następnie podsycaeniu pożaru elektrycznego. Nic z tego nie jest mocną stroną obecnych robotów ani sztucznej inteligencji, która nimi steruje.

Oto jak wygląda sytuacja dzisiaj, gdy zbliżamy się do sześćdziesiątej piątej rocznicy sztucznej inteligencji: roboty wykonały świetną robotę, starając się, aby roboty zorientowały się, gdzie się znajdują, i całkiem niezłą, wymyślając, jak sprawić, by roboty wykonywały indywidualne zachowania. Ale dziedzina poczyniła znacznie mniejsze postępy w trzech innych obszarach, które są niezbędne do radzenia sobie w otwartym świecie: oceny sytuacji, przewidywania prawdopodobnej przyszłości i dynamicznego decydowania, w miarę zmiany sytuacji, które z wielu możliwych działań sens w danym środowisku. Nie ma rozwiązania ogólnego przeznaczenia, ani do określenia, co jest możliwe i ważne w danym scenariuszu, ani do określenia, co robot powinien zrobić w złożonych i nieprzewidywalnych środowiskach. W chwili obecnej jest to trudne, ale (przy ciężkiej pracy) wykonalne nakłonienie robota do wspinania się po schodach lub chodzenia po nierównym terenie, jak pokazały prototypy Boston Dynamics; znacznie trudniej jest zostawić robota, który sam posprząta kuchnię. W ograniczonym świecie można zapamiętać dużą liczbę nieprzewidywanych okoliczności, i interpoluj między nimi, aby zgadywać nieznanne scenariusze. W prawdziwie otwartym świecie nigdy nie będzie wystarczającej ilości danych. Jeśli w musie jabłkowym rośnie pleśń, robot musi wymyślić, jak zareagować, nawet jeśli nigdy wcześniej czegoś takiego nie widział. Jest po prostu zbyt wiele możliwości, aby zapamiętać prostą tabelę z listą, co robić w każdych okolicznościach, które mogą się pojawić. Prawdziwym powodem, dla którego nie mamy jeszcze robotów domowych ogólnego przeznaczenia, jest to, że nie wiemy, jak je zbudować, aby były wystarczająco elastyczne, aby radzić sobie w prawdziwym świecie. Ponieważ przestrzeń możliwości jest zarówno ogromna, jak i otwarta, rozwiązania oparte wyłącznie na big data i deep learning prawdopodobnie nie wystarczą. Klasyczne podejścia do sztucznej inteligencji również były na swój sposób kruche. Wszystko to po raz kolejny wskazuje na znaczenie bogatych modeli poznawczych i głębokiego zrozumienia. Nawet w przypadku samochodu bez kierowcy, wewnętrzne modele maszyny będą musiały być bogatsze niż to, co zwykle obejmuje sztuczna inteligencja. Obecne systemy ograniczają się głównie do identyfikacji typowych obiektów, takich jak rowery, piesi i inne poruszające się pojazdy. Kiedy wkraczają inne rodzaje bytów, tak ograniczone systemy nie mogą sobie poradzić. Na przykład od 2019 r. Autopilot Tesli wydaje się mieć ograniczone odwzorowanie nieruchomych obiektów, takich jak zatrzymane wozy strażackie lub billboardy (pierwszy śmiertelny wypadek mógł być częściowo spowodowany błędną interpretacją ciężarówki skręcającej w lewo, której masa była większa niż samochód, jako billboard). W przypadku naszego robota domowego, bogactwo modelu poznawczego, na którym się opiera, musi być znacznie większe. Podczas gdy na autostradzie jest tylko kilka wspólnych elementów, w przeciętnym salonie można spotkać krzesła, sofę lub dwie, stolik kawowy, dywan, telewizor, lampy, regały z książkami, akwarium i kot, plus losowy asortyment zabawek dla dzieci. W kuchni można spotkać sztukę, sprzęty, szafki, jedzenie, kran, zlew, więcej krzesel i stołów, miskę dla kota i znowu kota. I oczywiście, mimo że przybory kuchenne zwykle znajdują się w kuchni, nóż, który trafi do salonu, nadal może kogoś zranić. Pod wieloma względami to, co tu widzimy, jest echem tego, co widzieliśmy w poprzedniej części, dotyczącej nauki czytania. Zbudowanie robota to zupełnie inne wyzwanie niż zbudowanie maszyny, która potrafi czytać, znacznie bardziej fizyczna i znacznie mniej związana z narracją i interpretacją (a także o wiele bardziej potencjalnie niebezpieczna - wylanie na kogoś wrzółki jest o wiele gorsze niż zepsucie tłumaczenia nowego historia), ale zbiegliśmy się w tym samym miejscu. Tak jak nie ma czytania bez bogatych modeli poznawczych, tak nie może być bezpiecznych, niezawodnych robotów domowych bez bogatych modeli poznawczych. Wraz z nimi robot będzie potrzebował zdrowej dawki tego, co potocznie określa się mianem zdrowego rozsądku: bogatego zrozumienia świata i tego, jak on działa oraz tego, co może, a

czego nie może się wydarzyć w różnych okolicznościach. Żaden istniejący system AI nie ma tego wszystkiego. Jaki inteligentny system ma bogate modele poznawcze i zdrowy rozsądek? Ludzki umysł.