

Krótką historia robotyki AI

Ta część zawiera krótką historię robotyki. Zrozumienie historii robotyki pomaga przygotować grunt pod zdefiniowanie różnic między automatyzacją a autonomią w następnym rozdziale. Odnosi się również do kwestii, dlaczego robota czasami traktuje się jako narzędzie, czasami jako niezależnego agenta zdolnego realizować swój własny program, a czasami jako członka zespołu, podobnego do zwierzęcia usługowego lub psa pasterskiego. Jednym ze sposobów patrzenia na roboty jest spojrzenie wstecz na wczesne lata 60., kiedy na ewolucyjnej ścieżce między inżynierią a sztuczną inteligencją rozwinęło się rozwidlenie. Zastosowano podejścia inżynieryjne do tworzenia lepszych narzędzi, albo narzędzi sprzętowych dla przemysłu jądrowego; „narzędzia z naprawdę długimi uchwytyami”, takie jak zdalnie sterowane drony; lub narzędzia do produkcji, które poruszały się w ograniczonym regionie, ale poza tym były podobne do automatycznego tkania opracowanego w XIX wieku. Podejścia oparte na sztucznej inteligencji zastosowano w dziedzinach, które wymagały adaptacyjnych, nienadzorowanych robotów mobilnych, co doprowadziło do powstania idei robotów jako agentów. Dziś roboty doświadczają kolejnej zmiany, polegającej na uznaniu ich za wspólne systemy kognitywne, które są bardziej naturalne i łatwiejsze w obsłudze dla ludzi.

Roboty jako narzędzia, agenci lub wspólne systemy poznawcze

Historycznie projektanci zakładali, że roboty są albo narzędziami, agentami, albo wspólnymi systemami kognitywnymi. Te wstępne założenia mają wpływ na to, czy wykorzystywana jest sztuczna inteligencja.

NARZĘDZIE

Robot jest często traktowany jako narzędzie, czyli urządzenie, które może wykonywać określone, często bardzo ograniczone lub wyspecjalizowane funkcje. Robot spawalniczy to przykład robota jako narzędzia. Jest to istota fizycznie usytuowana w świecie, ale nieprzystosowująca się do zmian w świecie. Części do zgrzewania prezentowane są w precyzyjnych konfiguracjach. W przeciwnym razie robot nie będzie działał dobrze - podobnie jak użycie niewłaściwego śrubokręta może uszkodzić śrubę lub nie uda się jej dokręcić. Proces projektowania koncentruje się na tym, jak zoptymalizować robota do wykonywania określonej funkcji, podobnie jak śrubokręt jest zoptymalizowany do wkręcania śrub i młotków do wbijania gwoździ. Proces często obejmuje projektowanie części i osprzętu do mocowania części, aby ułatwić robotowi. W przypadku projektowania narzędzi sztuczna inteligencja jest często uważana za zbędną.

AGENT

Przeciwieństwem traktowania robota jako narzędzia jest traktowanie go jako agenta. Część 1 zawierała już definicję agenta jako podmiotu, który może wyczuwać i wprowadzać zmiany w świecie, przy czym roboty i ludzie są fizycznie usytuowanymi agentami w porównaniu z tymi, którzy pracują w symulacji lub w sieci WWW. Robot odkurzający to przykład inteligentnego, fizycznie usytuowanego agenta. W tym przypadku agent robota jako własne cele (odkurzanie), które sam realizuje. Agent sam dostosowuje się do sytuacji; odkurzacz pracuje w różnych rozmiarach i konfiguracjach pomieszczeń. W przeciwieństwie do tego, narzędzie może być przystosowane do nowych sytuacji, takich jak rękojeść śrubokręta używana do wbijania gwoździ, ale narzędzie nie pomyślało o adaptacji, a adaptacja jest generalnie nieoptymalna. Pogląd agencji na roboty został wzmocniony przez filmy science fiction, w których roboty wyglądają i zachowują się jak rówieśnicy dla ludzi. Proces projektowania agenta koncentruje się na interakcji agenta ze światem, w szczególności poprzez wykrywanie i planowanie, oraz na tym, jak może dostosować się do nowych, ale często podobnych zadań lub sytuacji. W efekcie sztuczna inteligencja służy do zapewnienia potrzebnej funkcjonalności.

WSPÓLNY SYSTEM POZNAWCZY

ZESPÓŁ MIESZANY

Nowsze podejście, wspólne systemy kognitywne, traktuje robota jako część zespołu człowiek-maszyna, w którym inteligencja jest synergistyczna, wynikająca z wkładu każdego agenta. Zespół składa się z co najmniej jednego robota i jednego człowieka i jest często nazywany zespołem mieszanym, ponieważ jest to mieszanka agentów ludzi i robotów. Samojezdne samochody, w których osoba włącza i wyłącza jazdę, jest przykładem wspólnego systemu poznawczego. Roboty rozrywkowe to przykłady zespołów mieszanych, podobnie jak roboty do telepracy. Proces projektowania koncentruje się na tym, jak agenci będą ze sobą współpracować i koordynować, aby osiągnąć cele zespołu. Zamiast traktować roboty jako równorzędnych agentów z własnym całkowicie niezależnym planem, wspólne systemy kognitywne traktują roboty jako pomocników, takich jak zwierzęta towarzyszące lub psy pasterskie. We wspólnych projektach systemów kognitywnych wykorzystuje się sztuczną inteligencję wraz z zasadami interakcji człowieka z robotem do tworzenia robotów, które mogą być wystarczająco inteligentne, aby być dobrymi członkami zespołu.

II wojna światowa i przemysł jądrowy

Robotyka ma swoje korzenie w historii innowacji inżynierskich i potrzeb społecznych, w tym ulepszeń w sposobie sterowania maszynami i chęci, aby maszyny wykonywały zadania, które narażają pracowników na ryzyko. Prawdopodobnie największym impulsem dla robotyki była II wojna światowa i przemysł jądrowy, w którym projektanci myśleli o robotach jako narzędziach. W 1942 roku Stany Zjednoczone rozpoczęły ściśle tajny Projekt Manhattan, aby zbudować bombę atomową. Teoria zbudowania bomby atomowej istniała w kręgach akademickich od wielu lat. Przywódcy wojskowi obu stron z czasów II wojny światowej wierzyli, że zwycięzcą będzie strona, która zdoła zbudować pierwsze urządzenie nuklearne: alianckie mocarstwa dowodzone przez USA lub państwa Osi dowodzone przez nazistowskie Niemcy. Jednym z pierwszych problemów, na jakie natknęli się naukowcy i inżynierowie, była obsługa i przetwarzanie materiałów radioaktywnych, w tym uranu i plutonu, w dużych ilościach. Chociaż ogrom niebezpieczeństw związanych z pracą z materiałami jądrowymi nie był wtedy dobrze rozumiany, cały zaangażowany personel wiedział, że istnieje ryzyko dla zdrowia. Jednym z pierwszych rozwiązań zmniejszających to ryzyko był schowek na rękawiczki. Materiał jądrowy umieszczono w szklanym pudełku. Robotnicy stali (lub siedzieli) za osłoną ze szkła ołowiowego i wkładali ręce w grube gumowane rękawiczki. Dzięki temu pracownicy mogli zobaczyć, co robią i wykonać prawie każde zadanie, które mogli wykonać bez rękawiczek.

TELEMANIPULATORA

Nie było to jednak rozwiązanie do przyjęcia w przypadku materiałów wysoce radioaktywnych i konieczne było opracowanie mechanizmów pełniejszej izolacji materiałów jądrowych od ludzi. Jednym z takich mechanizmów był odbijający siłę telemanipulator, wyrafinowane połączenie mechaniczne, które przekładało ruchy na jednym końcu mechanizmu na ruchy na drugim końcu. Pracownicy nuklearni wkładali ręce do (lub wokół) telemanipulatora i poruszali nim, obserwując pokaz tego, co robił drugi koniec ramienia w celi przechowawczej. Telemanipulatory są w zasadzie podobne do rękawic energetycznych używanych obecnie w grach komputerowych, ale były znacznie trudniejsze w użyciu. Technologia mechaniczna tamtych czasów nie pozwalała na idealne odwzorowanie ruchów dłoni i ramion na ramieniu robota. Często operatorzy musieli wykonywać nieintuicyjne i niezręczne ruchy rękami, aby ramię robota wykonało krytyczną manipulację - bardzo podobnie do pracy przed lustrem. Podobnie, telemanipulatory miały trudności z zapewnieniem sprzężenia zwrotnego siły, więc operatorzy nie byli w stanie wyczuć, jak mocno chwytak trzyma przedmiot. Brak naturalności w sterowaniu ramieniem (obecnie określanym jako słaby interfejs człowiek-maszyna) oznaczał, że nawet

proste zadania mogą zająć dużo czasu. Operatorzy mogą potrzebować lat praktyki, aby osiągnąć punkt, w którym mogliby wykonać zadanie za pomocą telemanipulatora tak szybko, jak mogliby to zrobić własnymi rękami.

TELEFAKTOR

TELEOPERATORA

WALDO

Gdy pole telemanipulacji rosło i zostało zaadoptowane do operacji kosmicznych, zrobotyzowana część systemu została nazwana telefaktorem, a osoba obsługująca system teleoperatorem. Telefaktor pozostaje jednak terminem specjalistycznym, rzadko używanym w ogólnej praktyce. Zamiast tego przemysł jądrowy zaczął odnosić się do telemanipulatorów i wszelkich telefaktorów jako waldo po opowiadaniu science fiction o teleoperacji Roberta Heinleina. Po II wojnie światowej wiele innych krajów zainteresowało się produkcją broni jądrowej i wykorzystaniem energii jądrowej jako zamiennika paliw kopalnych w elektrowniach. Stany Zjednoczone i Związek Radziecki również przystąpiły do wyścigu zbrojeń nuklearnych. Konieczność masowej produkcji broni jądrowej i wspierania pokojowego wykorzystania energii jądrowej wywierała presję na inżynierów, aby zaprojektowali ramiona robotów, które byłyby łatwiejsze do kontrolowania niż telemanipulatory. Maszyny, które bardziej przypominały i zachowywały się jak roboty produkcyjne, zaczęły się pojawiać, głównie dzięki postępom w teorii sterowania.

CYBERNETYKA

Po II wojnie światowej pionierskie prace Norberta Wienera pozwoliły inżynierom na dokładne sterowanie urządzeniami mechanicznymi i elektrycznymi za pomocą cybernetyki. Cybernetyka pierwotnie oznaczała badanie i tworzenie automatycznych systemów kontroli zwierząt i maszyn, ale termin ten został zastosowany do obwodów elektrycznych, logiki matematycznej i innych tematów, które „puryści” uważają za zbyt odległe od pierwotnej koncepcji. Cybernetyka była próbą przeniesienia robotów poza granice prostych narzędzi w sferę agentów.

Manipulatory przemysłowe

Sukcesy z przynajmniej częściową automatyzacją przemysłu jądrowego oznaczały również, że technologia była dostępna do innych zastosowań, zwłaszcza do produkcji ogólnej. Ramiona robotów zaczęły być wprowadzane do przemysłu w 1956 r. przez Unimation (choć dopiero w 1972 r. firma osiągnęła zysk), nazywa zautomatyzowane pojazdy kierowane (AGV), chociaż ostatnio ten termin wyszedł z użycia. Manipulatory przemysłowe są zazwyczaj projektowane jako narzędzia, a nie środki.

MANIPULATOR PRZEMYSŁOWY

Manipulator przemysłowy, parafrazując definicję Robot Institute of America, to programowalny i wielofunkcyjny mechanizm przeznaczony do przenoszenia materiałów, części, narzędzi lub specjalistycznych urządzeń. W projektowaniu manipulatorów przemysłowych kładzie się nacisk na możliwość wielokrotnego wykonywania zadania z dużą dokładnością i szybkością. Aby były wielofunkcyjne, wiele manipulatorów ma wiele stopni swobody. Ramię człowieka ma trzy stawy (bark, łokieć i nadgarstek), z których dwa są złożone (ramię i nadgarstek), dając sześć stopni swobody. Kluczem do sukcesu w przemyśle w XX wieku była precyzja i powtarzalność na linii montażowej do produkcji masowej; w efekcie inżynierowie przemysłowi chcieli zautomatyzować miejsce pracy. Po zaprogramowaniu ramienia robota miało ono działać przez tygodnie i miesiące przy niewielkich czynnościach konserwacyjnych. W rezultacie nacisk położono na mechaniczne aspekty robota, aby

zapewnić precyzję i powtarzalność oraz metody, aby robot mógł poruszać się precyzyjnie i powtarzalnie, wystarczająco szybko, aby osiągnąć zysk. Ponieważ linie montażowe zostały zaprojektowane do masowej produkcji określonego produktu, robot nie musiał być w stanie zauważyć żadnych problemów. Standardy masowej produkcji sprawiły, że bardziej ekonomiczne stało się opracowanie mechanizmów, które zapewniały, że części znajdowały się we właściwym miejscu. Robot do automatyzacji może w zasadzie być ślepy i bezsensowny. Teoria sterowania jest niezwykle ważna w manipulatorach przemysłowych. Szybkie poruszanie dużym narzędziem, takim jak pistolet spawalniczy, wprowadza ciekawe problemy. Jednym ze szczególnie ważnych problemów jest sytuacja, w której sterownik powinien zacząć zwalniać uchwyt spawalniczy tak, aby zatrzymał się we właściwym miejscu bez przesterowania i kolizji ze spawaną częścią. Również ruch oscylacyjny na ogół jest niepożądany. Innym ciekawym problemem jest konfiguracja złącza. Jeśli ramię robota ma stawy nadgarstków, łokci i barków jak człowiek, istnieją nadmiarowe stopnie swobody, co oznacza, że istnieje wiele sposobów poruszania stawami, które wykonują ten sam ruch. Który z nich jest lepszy, skuteczniejszy i mniej obciążający mechanizmy stawowe?

KONTROLA BALISTYCZNA

KONTROLA OTWARTEJ PĘTLI

Warto zauważyć, że założono, że większość kontroli manipulatorów to kontrola balistyczna lub kontrola w otwartej pętli. W kontroli balistycznej trajektoria położenia i profil prędkości są obliczane raz, a następnie wykonuje je ramię. Nie ma korekt „w locie”, ponieważ pocisk balistyczny nie wprowadza żadnych korekt kursu. Aby wykonać precyzyjne zadanie z kontrolą balistyczną, wszystko dotyczące urządzenia, w tym sposób jego działania, musi zostać zamodelowane i uwzględnione w obliczeniach.

STEROWANIE W ZAMKNIĘTEJ PĘTLI

SPRZĘŻENIE ZWROTNE

Przeciwieństwem kontroli balistycznej jest kontrola w zamkniętej pętli, w której błąd między celem a aktualną pozycją jest odnotowywany przez czujnik(i), a nowa trajektoria i profil są obliczane i wykonywane, a następnie modyfikowane przy następnej aktualizacji i tak dalej. Wczesne sterowanie w pętli zamkniętej wymaga zewnętrznych czujników, które dostarczają sygnał błędny lub informację zwrotną. Ogólnie rzecz biorąc, jeśli znane są właściwości konstrukcyjne ramienia robota i jego ładunku, można odpowiedzieć na te pytania i opracować program. W praktyce teoria sterowania jest złożona. Dynamikę (jak mechanizm porusza się i odkształca) i kinematykę (jak połączone są elementy mechanizmu) systemu muszą być obliczane dla każdego złącza robota. Następnie te ruchy mogą być iteracyjnie propagowane do następnego stawu. Propagowanie ruchów wymaga czasochłonnej obliczeniowo zmiany układów współrzędnych z jednego stawu do drugiego. Transformacje współrzędnych często mają osobliwości obliczeniowe, powodując, że równania generują niedozwolone dzielenie przez zero. Ręczne określenie transformacji współrzędnych i zidentyfikowanie osobliwości w celu przeprogramowania manipulatora do nowego zadania może zająć programiście tygodnie.

PANEL UCZENIA

Jednym z uproszczonych rozwiązań złożoności obliczeniowej jest uczynienie robota sztywnym przy żądanych prędkościach, zmniejszając w ten sposób udział składników dynamiki. Eliminuje to konieczność obliczania warunków przekroczenia i oscylacji. Jednak robota często usztywnia się, dodając więcej materiału, a tym samym czyniąc go cięższym. W rezultacie nie jest niczym niezwykłym,

że robot o wadze 2000 kg jest w stanie obsłużyć tylko 200 kg ładunku. Innym uproszczonym rozwiązaniem jest unikanie obliczeń dynamiki i kinematyki, a zamiast tego, aby programista używał panelu uczenia. Używając pilota uczenia (który często wygląda jak joystick lub konsola do gier komputerowych), programista prowadzi robota przez żądany zestaw ruchów. Robot zapamiętuje te ruchy i tworzy z nich program. Zawieszki do nauki nie zmniejszają niebezpieczeństwa pracy z urządzeniem o wadze 2000 kg. Wielu programistów musi kierować robotem do wykonywania delikatnych zadań i musi się do niego zbliżyć, aby zobaczyć, co robot powinien zrobić dalej. Naraża to programistę na ryzyko uderzenia przez robota w przypadku trafienia w punkt osobiwości w konfiguracji połączenia lub jeśli programista popełni błąd w kierowaniu ruchem. Nie chcesz mieć głowy obok ramienia robota o wadze 2000 kg, jeśli nagle się kręci!

AUTOMATYCZNE POJAZDY PROWADZONE

Pojazdy sterowane automatycznie lub AGV mają być możliwie najbardziej elastycznym systemem przenośników: przenośnikiem, który nie wymaga ciągłej taśmy ani stołu rolkowego. Idealnie byłoby, gdyby AGV był w stanie podnieść kosz z częściami lub wyprodukowanymi przedmiotami i dostarczyć je w razie potrzeby. Na przykład AGV może otrzymać pojemnik zawierający zmontowany silnik. Mógł następnie automatycznie dostarczyć go przez halę produkcyjną do miejsca montażu samochodu, gdzie potrzebny był silnik. Gdy robot wraca, może zostać przekierowany przez centralny komputer i poinstruowany, aby podnieść wadliwą część i zabrać ją do innego obszaru w celu naprawy. Jednak nawigacja jest złożona. Pojazd AGV musi wiedzieć, gdzie się znajduje, zaplanować ścieżkę z bieżącej lokalizacji do docelowego miejsca przeznaczenia i unikać kolizji z ludźmi, innymi pojazdami AGV oraz pracownikami utrzymania ruchu i narzędziami zaśmiecającymi halę produkcyjną. Nawigacja okazała się zbyt trudna do niezawodnego wykonania, zwłaszcza w przypadku fabryk z nierównym oświetleniem (co zakłóca widzenie) i dużą ilością metalu (co zakłóca działanie sterowników radiowych oraz pokładowego radaru i sonaru). Różne rozwiązania skupiły się na stworzeniu szlaku, którym mógł podążać AGV. Jedną z metod było zakopanie drutu magnetycznego w podłodze, aby AGV mógł go wykryć. Niestety zmiana toru jazdy AGV wymagała rozerwania betonowej podłogi. Nie pomogło to w zaspokojeniu potrzeb elastyczności nowoczesnej produkcji. Inną metodą było nałożenie paska taśmy fotochemicznej, aby pojazd jechał za nim. Pasek był niestety podatny zarówno na noszenie, jak i na wandalizm ze strony niezadowolonych pracowników. Niezależnie od metody prowadzenia, ostatecznie najprostszym sposobem na udaremnienie AGV było umieszczenie czegoś na jego drodze. Gdyby AGV nie miał czujników zasięgu, nie byłby w stanie wykryć drogiego sprzętu celowo postawionego na jego drodze ani osoby stojącej na jego drodze. Kilka kosztownych kolizji zwykle prowadziło do usunięcia AGV. Gdyby AGV miał czujniki zasięgu, zatrzymałby się na wszystko. Dobrze umieszczone pudełko na lunch może blokować AGV na wiele godzin, dopóki kierownik nie zauważy, co się dzieje. Co gorsza, z punktu widzenia niezadowolonego pracownika, wiele pojazdów AGV wydaje głośny dźwięk, wskazując, że ścieżka została zablokowana. Wyobraź sobie, że ciągle musisz zdejmować pudełka na drugie śniadanie z drogi głupiej maszyny, która wydaje nieprzyjemne dźwięki syreny.

LUDDYCI

Od początku roboty w miejscu pracy wywołały strach. Wielu ludzkich pracowników czuło się zagrożonych potencjalną utratą pracy, mimo że te zmechanizowane były często podrzędne lub niebezpieczne. Spadek był podobny do żakardowego zmechanizowanego krosna tkackiego podczas rewolucji przemysłowej. Przed rewolucją przemysłową w Wielkiej Brytanii wełna była tkana przez jednostki w ich domach lub w kolektywach jako chałupnictwo. Mechanizacja procesu tkania zmieniła zawody związane z tkactwem i status tkacza (to już nie była umiejętność) oraz wymagała od ludzi pracy w scentralizowanej lokalizacji (np. wypowiedzenie telepracy). Tkacze, zwani luddytami na cześć ich przywódcy Neda Ludda, próbowali organizować i niszczyć krosna i młyny. Po eskalacji przemocy w 1812

r., uchwalono przepisy mające na celu położenie kresu przemocy wśród pracowników i ochronę fabryk. Zbuntowani robotnicy byli prześladowani. Chociaż ruch luddytów mógł być motywowany kwestią jakości życia, termin ten jest często stosowany do każdego, kto z jakiegokolwiek powodu sprzeciwia się technologii lub „postępowi”. Pojawił się sprzeciw wobec robotów, choć nie tak gwałtownie. Inżynier poinformował, że pierwszego dnia wózek HelpMate Robotics został użyty w szpitalu i został zepchnięty ze schodów. Przyszłe modele zostały zmodyfikowane, aby mieć pewne mechanizmy zapobiegające złośliwym działaniom.

CZARNA FABRYKA

Pomimo pojawiającego się efektu luddytów, inżynierowie przemysłowi w potęgach gospodarczych zaczęli pracować dla czarnej fabryki w latach 80. XX wieku. Czarna fabryka to fabryka, w której nie ma włączonych świateł, ponieważ nie ma pracowników. Oczekiwano, że komputery i roboty umożliwią pełną automatyzację procesów produkcyjnych, a kursy „Computer-Integrated Manufacturing Systems” stały się popularne w szkołach inżynierskich. Ale dwa nieoczekiwane trendy osłabiły roboty przemysłowe w sposób, w jaki nie mógł tego zrobić ruch Luddytów. Po pierwsze, inżynierowie przemysłowi nie mieli doświadczenia w projektowaniu zakładów produkcyjnych z wykorzystaniem robotów. Często manipulatory przemysłowe były stosowane do niewłaściwych zastosowań. Jednym z najbardziej żenujących przykładów była fabryka drukarek IBM Lexington. Zakład został zbudowany z wysokim stopniem automatyzacji, a projektanci napisali wiele artykułów na temat egzotycznej technologii robotów, którą sprytnie zaprojektowali. Niestety, IBM rażąco przeszacował rynek drukarek i fabryka była w większości bezczynna. Chociaż awaria zakładu nie była winą robotyki per se, spowodowała, że wielu producentów negatywnie oceniło automatyzację w ogóle. Drugim trendem była zmieniająca się gospodarka światowa. Klienci domagali się „masowej personalizacji”. Zarabiali na tym producenci, którzy mogli wykonać krótkie serie produktu dopasowanego do każdego klienta na dużą skalę. (Masowe dostosowywanie jest również określane jako „zwinna produkcja”). Jednak brak zdolności adaptacyjnych i trudności w programowaniu ramion robotów przemysłowych i zmianie ścieżek pojazdów AGV przeszkadzały w szybkim przezbrajaniu. Brak zdolności adaptacyjnych, w połączeniu z obawami o bezpieczeństwo pracowników i efektem luddytów, zniechęcał firmy do inwestowania w roboty przez większość lat dziewięćdziesiątych. Podczas gdy ścieżka manipulatorów przemysłowych rozpoczęła się od robotów jako narzędzi, teraz przechodzi do robotów jako agentów. Kiva Systems zrewolucjonizował AGV pod koniec 2000 roku, traktując pojazdy AGV jako rozproszonych agentów koordynowane przez scentralizowanego agenta oprogramowania. Podejście Kiva Systems wykroczyło poza nawigację robotem; zamiast tego system centralny planował, gdzie należy przynosić materiały, i dowiadywał się, jakie materiały były używane częściej i musiały być przechowywane w pamięci podręcznej robotów umieszczonych bliżej miejsca montażu. Później Kiva Systems została kupiona przez Amazon, jednego z jego pierwszych klientów.

Roboty mobilne

Ścieżka rozwoju robotów mobilnych od początku koncentrowała się na robotach jako agentach, a nie narzędziach. Podczas gdy rozwój manipulatorów przemysłowych i inżynieryjnego podejścia do robotyki można w pewnym stopniu przypisać wyścigowi zbrojeń nuklearnych, można powiedzieć, że rozwój podejścia AI rozpoczął się wraz z wyścigiem kosmicznym. 25 maja 1961 r., zachęcony sukcesem programu kosmicznego Sputnik Związku Radzieckiego, prezydent John F. Kennedy ogłosił, że do 1970 r. Stany Zjednoczone wyślą człowieka na Księżyc. Chodzenie po Księżycu było tylko jednym z aspektów rozwoju kosmosu badanie. Pojawiły się obawy dotyczące utworzenia przez Sowieców baz wojskowych na Księżycu i Marsie oraz ekonomicznej eksploatacji zasobów planetarnych. W tamtym czasie oczekiwano, że nastąpi opóźnienie prawie dekady, zanim ludzie z USA wylądują na Księżycu. A nawet wtedy najprawdopodobniej byłoby to z eksperymentalnym statkiem kosmicznym, stwarzającym

zagrożenie dla ludzkich astronautów. Ale jeśli nie poczyniono postępów w materiałach, większość skafandrów kosmicznych utrudniłaby astronautom wykonywanie nawet błahych zadań. Możliwym rozwiązaniem były łaziki planetarne, które mogłyby zastąpić astronautę lub pomóc. Oczywiście technologia łazików miała ograniczenia. Z powodu opóźnień czasowych człowiek nie byłby w stanie bezpiecznie kontrolować łazika przez notorycznie słabe łącza radiowe tamtych czasów, nawet jeśli łazik poruszałby się bardzo wolno. Dlatego pożądane byłoby posiadanie robota, który byłby autonomiczny. Jedną z opcji byłoby wylądowanie robotów mobilnych na planecie, przeprowadzenie wstępnych eksploracji, przeprowadzenie testów i tak dalej, a następnie przekazanie wyników drogą radiową. Te zautomatyzowane łaziki planetarne miałyby w idealnym przypadku wysoki stopień autonomii, podobnie jak wyszkolony pies. Robot otrzymywałby polecenia z Ziemi, aby zbadać określony region. Omijał głązy, nie wpadał do kanionów i nie przemierzał stromych zboczy bez przewracania się. Robot może być nawet wystarczająco inteligentny, aby regulować własne dostawy energii, na przykład zapewniając mu osłonę podczas nocy na planecie i przerywając to, co robi, i ustawiając się do ładowania baterii słonecznych. Człowiek może nawet mówić do niego w normalny sposób i wydawać mu polecenia. Doprowadzenie robota mobilnego do poziomu wyszkolonego psa od razu przyniosło nowe problemy. Samo poruszanie się robota mobilnego może zmienić stan świata - na przykład powodując osuwanie się skał w dół. Zastanów się, że jeśli astronauta ma trudności ze znalezieniem bezpiecznego miejsca parkingowego na Księżycu, o ile trudniejsze byłoby dla łazika wykonanie tego samego zadania samodzielnie. Co więcej, autonomiczny łazik nie miałby nikogo, kto by go uratował, gdyby popełnił błąd. Rozważ wpływ niepewnych lub niepełnych informacji na osiągi łazika, który nie miał żadnej formy pokładowej sztucznej inteligencji. Jeśli robot poruszał się w oparciu o mapę pobraną z teleskopu lub napowietrznego modułu dowodzenia, mapa nadal mogła zawierać błędy lub być w złej rozdzielczości, aby dostrzec pewne zagrożenia. Aby skutecznie nawigować, robot musi wyczuwać stan świata i obliczać swoją ścieżkę na podstawie nowych danych lub ryzykować zderzeniem ze skałą lub wpadnięciem do dziury. Co by było, gdyby robot się zepsuł lub wydarzyło się coś zupełnie nieoczekiwanego lub wszystkie założenia dotyczące planety były błędne? W idealnym przypadku robot powinien być w stanie zdiagnozować problem, określić obejście lub alternatywę i spróbować kontynuować swoje zadanie. Roboty początkowo wydawały się tymczasowym rozwiązaniem do umieszczania ludzi w kosmosie, ale szybko stały się bardziej skomplikowane. Najwyraźniej opracowanie łazika planetarnego i innych robotów kosmicznych będzie wymagało skoncentrowanego, długoterminowego wysiłku. Agencje w USA, takie jak NASA's Jet Propulsion Laboratory (JPL) w Pasadenie w Kalifornii, otrzymały zadanie opracowania technologii robotycznej, która byłaby potrzebna do przygotowania drogi dla astronautów w kosmosie. Agencje te były w stanie wykorzystać wyniki konferencji w Dartmouth. Konferencja w Dartmouth była zgromadzeniem zorganizowanym przez Agencję Zaawansowanych Projektów Badawczych Obrony (DARPA) w 1955 roku, skupiającym wybitnych naukowców pracujących z komputerami lub nad teoretycznymi podstawami komputerów. DARPA była zainteresowana tym, jakie są potencjalne zastosowania komputerów. Jednym z rezultatów konferencji był termin „sztuczna inteligencja”; uczestniczący naukowcy wierzyli, że komputery mogą stać się wystarczająco potężne, aby rozumieć ludzką mowę i powielać ludzkie rozumowanie. To z kolei sugerowało, że komputery mogą naśladować możliwości zwierząt i ludzi w stopniu wystarczającym, aby umożliwić planetarnemu łazikowi przetrwanie przez długie okresy dzięki prostym instrukcjom z Ziemi. W pośrednim wyniku potrzeby zbieżności robotyki z możliwością sztucznej inteligencji, program kosmiczny stał się jednym z pierwszych orędowników rozwoju sztucznej inteligencji dla robotyki. NASA przedstawiła również pogląd, że roboty AI będą mobilne, a nie przykręcone do hali produkcyjnej oraz że roboty AI będą musiały być w stanie zintegrować wszystkie formy AI (rozumienie mowy, planowanie, rozumowanie, reprezentowanie świata, uczenie się) w jednym programie - zniechęcające zadanie, które nie zostało jeszcze zrealizowane.

SHAKEY

Pierwszym robotem AI był Shakey, ufundowany przez DARPA. Shakey został zbudowany przez SRI, Stanford Research Institute, w latach 1967-1969 i pozostaje niezwykłą, wszechstronną wyprawą do fizycznie usytuowanej inteligencji. Używał cyklu „sens-plan-działanie”. Robotowi wyznaczono cel (np. przejdź do pokoju B) i lokalizację startową (np. pokój A). Następnie użyłby kamery telewizyjnej i sonarów, aby wyczuć świat, w tym przypadku duże pomieszczenie wypełnione dużymi, jaskrawo kolorowymi wielokątnymi przeszkodami. Obrazy byłyby analizowane przez komputer w celu zlokalizowania przeszkód i generowany byłby plan ścieżki ruchu, który przesunąłby robota do celu bez uderzania w przeszkody. Następnie robot poruszałby się o kilka stóp wzdłuż ścieżki, a następnie zatrzymywał się i powtarzał cykl wykrywania, planowania i działania. Cały proces poruszania się po pokoju może zająć wiele godzin. Robot zastąpił na swoją nazwę „Shakey”, ponieważ podskakiwał, gdy się poruszał, powodując, że duża antena radiowa na górze kołysała się w przód i w tył, a cały robot się trząsał. Robot Sojourner, który eksplorował Marsa od 5 lipca do 27 września 1997 r., dopóki nie przestał odpowiadać na polecenia radiowe, zaczął realizować wizję NASA dotyczącą łazików, która rozpoczęła się w latach 60. XX wieku, kiedy roboty przedstawiano jako rozwiązania tymczasowe do załogowej eksploracji. Chociaż Sojourner był często teleoperowany, potrafił nawigować bez interwencji do skały wybranej na zdjęciu. Robot określił, czy może czołgać się po skale na swojej drodze, czy też powinien się poruszać. Jednak nawigacja to tylko jeden z aspektów inteligencji, a Sojourner ilustruje, dlaczego rozwiązywanie problemów jest ważne. Kiedy otworzyły się płatki lądownika marsjańskiego zawierającego Sojournera, na drodze pojawiła się poduszka powietrzna. Rozwiązanie? Kontrolerzy naziemni wystali komendy, aby cofnąć płatki i ponownie je otworzyć, uszkadzając poduszkę powietrzną. Ten rodzaj rozwiązywania problemów jest niezwykle trudny, biorąc pod uwagę obecne możliwości sztucznej inteligencji, chociaż sonda Deep Space One firmy NASA ma zaawansowane możliwości identyfikacji, diagnozowania i rozwiązywania problemów. Mars Exploration Rovers, Spirit and Opportunity, przybyły na Marsa w 2004 roku i mają przewagę dzięki ulepszeniom sztucznej inteligencji. Opportunity, pozostał funkcjonalny robot, może wykonywać autonomiczne planowanie misji rozumienia obrazu, aby określić, jakie skały należy zbadać, jakie dane zebrać, a także wykonać planowanie ścieżki, aby przejść do skały i sięgnąć do ramienia w celu pobrania próbki.

Odkurzacz iRobot Roomba stanowił kamień milowy w ciągłej komercjalizacji inteligentnych robotów, a także zapewnił opinii publicznej alternatywne spojrzenie na wygląd i działanie robotów. Początkowe inwestycje w roboty sprzątające były skierowane raczej do służb porządkowych, a nie do indywidualnego konsumenta. Roboty czyszczące były zazwyczaj platformami wielkości dużych wózków golfowych, które wykorzystywały tymczasowe punkty orientacyjne umieszczone na ścianach, aby robot mógł dokładnie określić swoją lokalizację, podobnie jak urządzenie GPS wykorzystujące sygnały satelitarne. Robot poruszałby się optymalnie tam i z powrotem przez korytarz lub foyer, odkurzając lub myjąc, tak jak robiłby to człowiek. Pracownicy ludzcy usuwali z drogi wszelkie śmiećniki lub przeszkody, a następnie sprząkali poszczególne biura. Biorąc pod uwagę wysoki wskaźnik rotacji w branży sprzątania, robotyzacja powinna być realną alternatywą. Jednak wczesne modele miały kilka dobrze nagłośnionych incydentów, w których robot uderzał w ścianę z powodu błędu w umieszczeniu punktu orientacyjnego lub pomiarze pomieszczenia. Robot był mobilny, ale niewystarczająco inteligentny, aby wyczuć ścianę lub zauważyć, że omija punkt orientacyjny. Badania zaczęły skupiać się na tym, jak dokładnie wyczuć cały pokój lub obszar i obliczyć optymalną ścieżkę do jego oczyszczenia. Postęp był utrudniony ze względu na rozmiar i koszt wprowadzenia do robota dokładnych czujników zasięgu, które kosztują ponad 100 000 USD za czujnik. Widzenie komputerowe nie było w stanie wiarygodnie wydobyć głębi z obrazów, chyba że oświetlenie było ograniczone. Roomba wykorzystwała zasady ruchu robotów behawioralnych, które zostaną omówione w późniejszych rozdziałach, aby stworzyć robota, który wyczuwa ściany i przeszkody jak owad i zamiast planować ścieżkę, używa losowego wzorca ruchu,

jak pasąca się koza. Oczekiwanie, że robot odkurzający będzie wyglądał jak odkurzacz stojący lub będzie pchał go humanoidalny robot, à la „The Jetsons”, zostało przerwane.

Drony

Ścieżka rozwoju dronów jest podobna do ścieżki manipulatorów przemysłowych, gdzie roboty są narzędziami. II wojna światowa stworzyła potrzebę stworzenia klasy wstępnie zaprogramowanych mobilnych celów lądowych, morskich i powietrznych, znanych jako drony. Bezzałogowy dron Ryan Firebee został określony w 1948 roku i zbudowany w 1951. Drony zapewniały bardziej realistyczne cele do ćwiczenia lub oceny nowych systemów wykrywania celów. Lotnicze drony, zwłaszcza wariant Lightning Bug z klasy platform Firebee, zaczęły nosić czujniki obrazowania i były szeroko wykorzystywane przez Stany Zjednoczone w wojnie wietnamskiej w latach 60., ale drony pozostały narzędziami, które podążały za uproszczonymi, wstępnie zaprogramowanymi trasami lub były zdalnie sterowane. Od tego czasu drony pozostały w użyciu, ale termin „dron” zaczął oznaczać każdy bezzałogowy system powietrzny, a nie system bezzałogowy używany jako cel. Wraz z pojawieniem się Predatora, który nie wyglądał jak typowy samolot, i jego późniejszym uzbrojeniem podczas wojny w Iraku w latach 2003-2012, drony wydają się nową i prawdopodobnie groźną technologią. Drony w niewielkim stopniu przyczyniły się do ewolucji sztucznej inteligencji, pozostając na stosunkowo odosobnionej ścieżce coraz większego wyrefinowania platformy, a nie coraz bardziej inteligentnego oprogramowania. Drony wykorzystywały postępy inżynieryjne zwiększające mobilność i zasięg, obniżono postępy w aerodynamice statków powietrznych, koszt i zwiększona niezawodność oraz włączenie funkcji GPS. Użycie terminu „dron” tak często było utożsamiane przez prasę popularną z dowolnym systemem bezzałogowym, niezależnie od tego, czy posiada on inteligencję maszynową, że powiedzenie „dron” badaczowi AI prawdopodobnie wywoła przewrócenie oczami lub widoczne grymas twarzy.

Przejście do wspólnych systemów poznawczych

Zmiany w ścieżkach przemysłowych manipulatorów i dronów, które rozpoczęły się pod koniec 2000 r., doprowadziły do zaprojektowania inteligentnych robotów jako wspólnych systemów kognitywnych. Istnieją co najmniej trzy powody przejścia na wspólne projektowanie systemów kognitywnych dla wszystkich aplikacji. Każdy powód wynika z fundamentalnego spostrzeżenia, że wartość robota zależy od tego, jak dobrze działa w większym systemie społeczno-technicznym, a nie tylko od tego, jak dobrze działa mechanicznie lub elektronicznie. Jednym z powodów jest to, że roboty są obecnie wykorzystywane do zadań, w których biorą udział ludzie. Samochody napędzane autonomicznie wykorzystują strategię mieszania tego, co robi i za co odpowiada kierowca, oraz tego, na co samochód robi i na co odpowiada. Ludzie zazwyczaj generują cele, takie jak wybór równoległego miejsca parkingowego lub drogi, po której będą podróżować, podczas gdy robot zachowuje się jak zwierzę towarzyszące i pomaga w realizacji celu. Od robotów do opieki nad osobami starszymi oczekuje się, że będą świadczyć usługi osobom starszym w przyjazny i pocieszający sposób. Telepraca umożliwia użytkownikom projektowanie się w ciałach robotów, stwarzając zarówno wyzwanie ułatwiające użytkownikowi obsługę, jak i sprawiające, że robot będzie odpowiednio działał i zachowywał się w otoczeniu współpracowników obecnych w miejscu pracy. Drugim powodem przejścia na wspólne systemy kognitywne jest to, że niedawne zastosowania robotów doprowadziły do powstania barier i frustracji. Na przykład szybkie przyjęcie bezzałogowych statków powietrznych przez Departament Obrony USA było częściowo motywowane oczekiwaniem, że UAV zmniejszy siłę roboczą; zamiast tego niezdarne schematy automatyzacji narzędzi faktycznie zwiększyły ogólną siłę roboczą. Niedawne badanie wskaźników awarii robotów wykorzystywanych w katastrofach wykazało, że ponad 50% awarii było spowodowanych błędem człowieka; ten poziom błędów ludzkiego oznacza, że roboty muszą zostać przeprojektowane z uwzględnieniem ograniczeń operatorów. Rynek manipulatorów przemysłowych powoli przechodzi od robotów jako wstępnie zaprogramowanych narzędzi do agentów o większej

zdolności wykrywania, ale być może największa zmiana nastąpiła w postaci Baxtera, robota fabrycznego, który uczy się od człowieka i komunikuje, czy może wykonać zadanie lub ma problem z wykonaniem zadania. Trzecim powodem jest świadomość, że każde możliwe zastosowanie robota ma gdzieś w systemie człowieka. Jak omówiono powyżej, autonomiczna jazda i opieka nad osobami starszymi obejmują człowieka jako członka zespołu. Rewolucyjnym aspektem wartości dodanej robotów skoncentrowanych na człowieku, takich jak Baxter, jest interfejs człowiek-robot, który sprawia, że szybkie przeprojektowanie inteligentnego robota jest znacznie szybsze i bardziej godne zaufania. Nawet łaziki planetarne mają naukowców i inżynierów, którzy wykorzystują dane dostarczone przez agentów robotów i dopracowują cele i plany w oparciu o zaskakującą nową wiedzę. Sukces małych UAV, takich jak DJI Phantom i Parrot AR.Drone, nad innymi również sprawnymi i niedrogimi markami, wynika z łatwości użytkowania przez nowicjusza.

Streszczenie

Dziedzina robotyki AI różni się zarówno pod względem historycznym, jak i zakresu od robotyki przemysłowej i dronów. Zdecydowana większość używanych robotów, począwszy od przemysłu nuklearnego i dronów podczas II wojny światowej, została zaprojektowana jako narzędzia o ograniczonym zakresie i użyteczności. Podejście robotów jako narzędzia było kontynuowane z manipulatorami przemysłowymi, pojazdami AGV i dronami; mieli mało sztucznej inteligencji. Cybernetyka była wczesnym ruchem w kierunku inteligentnych robotów przy użyciu zasad kontroli biologicznej, ale termin ten zaczął być synonimem ogólnych zasad kontroli i dlatego jest rzadko używany w dyskusjach na temat sztucznej inteligencji. Bardziej spekulacyjne roboty dla łazików planetarnych były pomyślane jako niezależni agenci z własnymi celami; łaziki planetarne motywowały do fundamentalnych postępów w sztucznej inteligencji. Wynikające z tego fundamentalne postępy w robotach jako agentach zaczęły wpływać na robotykę przemysłową, w szczególności na sukces Kiva Systems (obecnie Amazon Robotics) w obsłudze materiałów. Komercyjne sterowniki rynkowe, takie jak łatwość obsługi, szybka rekonfigurowalność i akceptacja użytkowników, skłaniają wszystkie typy robotów do wspólnego projektowania systemów kognitywnych. Duże wymagania dotyczące siły roboczej i wysoki wskaźnik błędów ludzkich w systemach bezzałogowych to motywujące projekty, które uwzględniają sprawność w celu zwiększenia funkcjonalności i są wyrażane jako wspólne systemy poznawcze w celu zmniejszenia siły roboczej i błędów.