

Univerzita Karlova v Praze

Filozofická fakulta

Marek Krajník

Forma, tvar a myšlení moderního robota

Bakalářská práce

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a použil výhradně citovaných pramenů.
Práce je napsaná v šíři 80 161 znaků (včetně mezer).

V Praze dne 28.8.2008

Marek Krajník

Obsah

Úvod	6
Historie	8
H.1 Historie robota	9
H.2 Historie UI (Umělé inteligence)	12
Kapitola první – Tvar robota	15
I.1 Vzhled	16
I.2 Konstrukce dolních končetin	18
I.3 Konstrukce horních končetin	20
I.4 Konstrukce hlavy	21
I.5 Funkce	22
Kapitola druhá – Forma robota	24
II.1 Materiál	25
II.2 Nová kůže	27
Kapitola třetí - Forma mozku	28
III.1 Návrhy	29
III.2 Počítačový	29
III.3 Pozitronický	30
III.4 Organický	30

Kapitola čtvrtá - Myšlení	32
IV.1 Může robot myslet?	33
IV.2 Tři základní pravidla robotiky	35
IV.3 Strojové učení	37
IV.4 Plánování	41
IV.5 Roboti a skutečnost	46
Literatura a prameny	48

Úvod

V této práci bych rád podal popis robota jakožto stroje jak po fyzické, tak po psychické stránce. Budu postupovat od toho, jak by měl vypadat na první pohled a jaké by měl mít funkce, přes úvahu o struktuře konstrukční látky až po to, jak by měl myslet – to bude poslední kapitola, která by se dala také nazvat Umělá Inteligence.

Na začátku této práce se na chvíli zaměřím na historii robota jakožto stroje, který má jediné poslání - pomoci lidem od práce, a robotiky, vědního oboru, který se zabývá psychologií robota a vývojem umělé inteligence jakožto robotického myšlení.

Dále bych se rád zaměřil na čtyři konkrétní věci. První z nich je tvar robota, který bude popisován v první kapitole. Přestože se tato práce bude věnovat výhradně tak zvaným mobilním robotům, kteří se mohou hýbat, občas se tu budou zmiňovat i ostatní druhy robotů. Tato oblast robotů ještě bude zúžena na roboty, kteří by se mohli pohybovat v sociálním odvětví. Nebudou to roboti, kteří jsou průmyslově využitelní. Je to z toho důvodu, že tito roboti mohou být úzce specializovaní, takže nemusí být univerzálně konstruovatelní. To je to, o co nám zde jde. Také v první kapitole přiblížím, zda by měl mít robot různé funkce a které by to měly být. Robot ze sociálního odvětví musí umět jednak komunikovat takovým způsobem, aby mu člověk rozuměl, jednak mít i použitelné funkce, které jsou potřeba pro jeho konkrétní práci. Například robot, který bude pracovat jako recepční, musí umět zapisovat osoby do knihy návštěv, číst z oné knihy a další věci, které patří k povinnostem recepčního. Navíc také musí umět komunikovat, což vlastně u robota znamená hlavně schopnost přijímat informace od zákazníků a dát jim určitým způsobem na vědomí, že informace dostal a zpracoval, popřípadě jim „odpovědět“.

Druhou věcí, a tedy druhou kapitolou, bude slovo o materiálu, z kterého takový robot má být vyroben. Existuje jistě množství materiálů, které se dají použít na stavbu takového robota, ale otázka zní: Jaký je ten nejlepší? Jde o toto. Vezměme již výše zmíněný příklad recepčního. Musí být celý den někde za pultem, takže nepotřebuje být vyroben z ničeho víc než z obyčejné nerezové oceli. Je však třeba se zamyslet, zda se však od něj nebude chtít, aby občas vykonal nějakou jinou činnost, než jen stání za pultem. Třeba doprovodit hosta na pokoj, nést

zavazadla nebo jen přetřít pult leštěnkou. V takovém případě by musel být ohebný, mít různé klouby a prsty na uchopení zavazadel (což je předmětem první kapitoly) a být odolný vůči čisticím prostředkům. Proto je toto zamyšlení už na začátku důležité, a přestože je tato kapitola spíše pro chemicky orientovanou populaci nežli pro logiky, myslím, že sem právem patří.

Třetí kapitola se pak bude věnovat materiálu mozku. Tato kapitola by se na první pohled mohla podobat kapitole druhé. Mozek, jak jistě všichni vědí, je však naprosto výjimečný a unikátní pro existenci jedince. Stavba mozku a využití mozkové kapacity jsou pro existenci robota stejně tak důležité, jako jsou důležité pro lidi. Proto se zde budu zabývat otázkou, jaký materiál vybrat, aby se docílilo dobrých výsledků. Ovšem největší otázka bude znít, zda používat nějakou organickou hmotu, nebo spíše nějaký kovový materiál. Tato kapitola ovšem nepřinese konkrétní odpověď na otázku, jaký materiál vybrat, nebo jak přesně mozek robota vyrobit, bude spíš nástinem možností, jaké řešení by bylo nejvhodnější. Je to především z toho důvodu, že zatím nerozumíme ani našemu vlastnímu mozku. Když tedy nerozumíme vlastnímu mozku, jak chceme konstruovat mozek jiný? V současnosti se konstruuje mozek, který napodobuje funkce mozku, které známe, pomocí minimalizovaného počítače.

Poslední, čtvrtá kapitola bude mít za předmět možnost robota myslet a dále jeho „mozkové“ činnosti, neboli algoritmy, které jím budou hýbat. Nejprve se zamyslím nad tím, zda robot může myslet ve stejném smyslu jako člověk, i když v tomto ohledu jsem již nyní velice skeptický. Poté se budu zabírat různými algoritmy a věcmi, podle kterých by se robot měl chovat a podle kterých ne. Toto je pro logika jedna z těch nejdůležitějších otázek. Zatímco technik řeší, jak vyřešit klouby a zkonstruovat tělo robota, a chemik řeší, z čeho by měl být robot vyroben, logik řeší to, aby robot myslel správně (to znamená, aby chápal logiku usuzování atd.), a zároveň to, zda existují pravidla, která budou robotovi zabraňovat dělat věci, které nechceme, aby dělal, ale přesto nás na slovo poslouchal. Robot se totiž chová podle určitých pravidel a řádu. Onen řád a pravidla by měly být v základu naprosto logické, aby nedocházelo k nějakým nepředpokládaným výsledkům. Právě proto je robotovo myšlení a jeho algoritmy tak důležitou otázkou. Nakonec bych uvedl pár příkladů robotů již sestrojených a tím bych uzavřel celou práci.

Historie

V této části se zaměřím na historii robota a umělé inteligence. Rozdělím tuto historii do dvou podkapitol. V první bude historie robota jakožto stroje a v druhé pak bude historie umělé inteligence, která je více méně „mozkem“ robota.

H.1 Historie robota

Od dob, kdy člověk začal vymýšlet nástroje, začal přemýšlet, jak co nejméně pracovat a jak co nejlépe zužitkovat ony nástroje. A právě tato myšlenka vedla o tisíce let později k vývoji robotů jako takových. Samotná idea existence robota spočívá v tom, že někdo bude za nějaký zdroj energie pracovat za nás. Za zdroj energie se dá považovat jakákoliv věc (přírodní zdroj, výrobek atd.), jestliže díky ní dokážeme přimět robota (nebo nějaký jiný stroj) pracovat místo nás.

Slovo *robota* se poprvé objevilo zhruba v patnáctém či šestnáctém století. V původním významu šlo tehdy samozřejmě o práci lidskou, namáhavou a nedobrovolnou, dá se říci až otrockou, kterou výše postavení příslušníci společnosti nechtěli vykonávat. Od té doby se podstata slova *robota* nezměnila. Z uvedeného slova pak pravděpodobně vznikl pojem *robot*, který se poprvé objevil v roce 1920 v povídce R.U.R od Karla Čapka. Slovo označovalo humanoidní, tedy člověku se podobající stvoření, které bylo námi vyrobeno. Byl to jakýsi druh stroje (dnes je již jedno, zda je vyroben z kovu či organického materiálu), který nám sloužil a vykonával onu robotu, neboli otrockou práci. Stručně řečeno šlo o stroj, který za nás robotoval.

Zde bych jen rád uvedl, že je základní rozdíl mezi pojmy *roboty* a *roboti*. Dříve se mělo za to, že robot je neživá věc, a proto se skloňovalo toto slovo podle neživotného rodu. Dnes ovšem se více a více u robotů, kteří se už sami pohybují a svým způsobem myslí, používá rod životný. Tedy jsou to TI roboti. Tento novodobější způsob skloňování zastávám i já, a tudíž se v této práci budou roboti skloňovat s koncovkami rodu životného. Výjimku tvoří ustálené slovní spojení „kuchyňské roboty“, kde zůstalo původní neživotné TY roboty.

Slovo jako takové se stalo slovem mezinárodním. V roce 1942 se v povídce *Runaround* (Hra na honěnou) poprvé objevuje slovo *robotika*. Nově vzniklé slovo, jak je vidět, je derivátem slova *robot*. Povídku napsal americký spisovatel Isaac Asimov, který také v téže povídce definoval tři základní zákony *robotiky*. Jsou to zákony, podle kterých by se měl každý robot chovat, aby se lidé necítili ohroženi jeho silou a aby byl poslušný. O těchto zákonech bych rád ještě pojednal ve čtvrté kapitole, a proto se jimi na tomto místě nebudu již nadále zabývat.

Podle Asimova je hlavním zájmem *robotiky* pozitronický mozek robota a psychologie robotů. Psychologie robotů bude také podrobněji rozvedena ve čtvrté kapitole. Vystává totiž otázka, zda roboti mohou myslet, protože pokud to nedokážou, pak tu není žádná psychologie ke zkoumání. Jen pro jistou představu a pro zajímavost, jakési ztvárnění představy psychologie robota podle Asimova představuje android Dat v seriálu Star Trek.

Slovo robot se začalo používat u každého mechanicky vyrobeného stroje, jenž pracoval za nás. Například kuchyňský robot. Přestože to není typický robot, jakého si většinou představujeme, dělá za nás práci, a tudíž si označení robot vysloužil. Tímto však také můžeme říci, že i lokomotiva je druh robota, i když je to velmi diskutabilní. Robot je v podstatě stroj, který pracuje samostatně a který si své zdroje energie využívá podle své potřeby. Ovšem v případě kuchyňského robota mu dodáváme elektřinu (energii) tím, že spojíme elektrický obvod. Proto by ve velmi krajním případě šlo říci, že parní stroj je robot. Pomineme-li fakt, že se musí v lokomotivě doplňovat uhlí, pak se dá říci, že pracuje bez potíží sám.

Robot v našem slova smyslu (tedy robot, který vypadá jako člověk a který se tak i chová) se začal formovat až s rozvojem moderní technologie, kdy jsme již byli schopni si představit, že nějakého robota jsme schopni zkonstruovat.

Postupem času se ukázalo, že slovo *robot* je velmi obecné. U Karla Čapka to byl organický robot, který byl v hlavní roli povídky R.U.R., Isaac Asimov myslel na robota kovového a například ještě ve Star Treku (ačkoliv se jedná o sci-fi film, pro představu postačí) se objevuje napůl robot a napůl člověk. Kvůli různým představám o podstatě robotů se začalo rozlišovat mezi různými druhy robotů.

Nejprve se dělí na takzvané mobilní a stacionární. Mobilní roboti jsou schopni pohybu, kdežto stacionární roboti jsou spoutáni s jedním místem. Příkladem stacionárního robota je robot na výrobní lince v automobilových závodech a příkladem mobilního robota je jedna z robotických postav v Čapkově románu.

Stacionární roboti se dále dělí podle zadávání příkazů a využití ve výrobě. Jak už jsem ale uvedl, předmětem mého zájmu jsou především mobilní roboti, proto se tímto dělením už dále zabývat nebudu. Je sice pravda, že vysoce výkonný stolní počítač se dá považovat za umělou inteligenci, o kterou mi jde především, ale chtěl bych se zaměřit spíše na roboty v čapkovské či asimovské podobě.

Mobilní roboti se pak dělí na autonomní a ty, co se musí dálkově ovládat. Nejlepší příklad dálkově ovládaného robota je dětská hračka - auto na dálkové ovládání. Autonomní robot se dělí na tyto kategorie: droid, android, humanoid a kyborg. Nutno podotknout, že všechny roboty lze udělat tak, aby se dali ovládat dálkově.

Droid je samočinně pracující inteligentní robot. Nemá tedy v parametrech, že by musel být nutně mobilní, většinou však bývá.

Podskupina droidů jsou tak zvaní androidi, kteří se podobají člověku a jsou především organického složení. V dnešní době je organické složení bráno poněkud volněji, takže proto jsou tito roboti *především* organického složení.

Humanoid je robot, který je podobný člověku ve stavbě těla a zvláště pak v chůzi. Rozdíl mezi androidem a humanoidem je v tom, že na humanoida se nekladou požadavky tak velké. Robot, který připomíná člověka, je vždy humanoid. Robot, který vypadá jako člověk, je android. Například postava Krytona ze známého seriálu Red Dwarf (Červený trpaslík) je typický humanoid. Ovšem být android znamená vypadat k nerozeznání stejně od člověka.

Poslední druh je kyborg – zkratka pro KYBernetick ORGanism (KYBernetický ORGanismus). Toto je robot, který vznikl ze živé bytosti přidáním mechanických částí. Uvedu dva relativně známé snímky, kde se vyskytují kyborgové: Univerzální voják a Robocop.

Tímto dělením se samozřejmě dostáváme do současnosti. Od doby, kdy se začali roboti dělit do těchto skupin se již nemění koncept robota jako takového. To znamená, že robot, nebo spíše android či humanoid, podle toho, co přesně chceme sestrojít, je přesně definovaný termín. Jediné, co se od té doby mění, je technologie, která se používá na jeho výrobu. Například jako staré počítače a nové počítače. Ve své době staré počítače zabíraly celé místnosti. Počítače dnešní doby jsou podstatně menší, rychlejší a výkonnější.

H.2 Historie UI (Umělé Inteligence)

Začátek této historie se datuje do roku 1956, ačkoliv již rok 1950 byl významným rokem pro umělou inteligenci. Tehdy vystoupili dva velikáni vědy: A. Turing formuloval proslavený test a J. von Neumann předpověděl, že v krátké době počítače předstihnou lidské myšlení.

Proč je tedy za začátek obvykle považován rok 1956? V tomto roce J. McCarthy z MIT zorganizoval sice malou, ale přesto významnou konferenci na Dartmouth College. Cílem konference bylo prodiskutovat domněnku, že „každé hledisko učení nebo jakýkoliv jiný příznak inteligence může být v principu tak přesně popsán, že může být vyvinut stroj, který ho simuluje“ (Umělá Inteligence 1, Mařík V, Štěpánková O., Lažanský J. a kolektiv, 1993). Takto bylo vlastně poprvé definováno pole zájmu nového vědního oboru s názvem *umělá inteligence*.

Dartmouthská konference si kladla jako hlavní cíl diskuzi, avšak již v jejím průběhu byl představen první program. Dalším významným příspěvkem konference byla předpověď pro rozvoj této vědní disciplíny v následujícím období: do roku 1970 bude počítač velmistrem v šachu, odhalí nové matematické teorémy, porozumí přirozenému jazyku a bude komponovat hudbu na úrovni klasiků. Ačkoliv to byly přehnané cíle, byly významné proto, že byl dán podnět k velkému zájmu o tuto vědní disciplínu.

Koncem 50. let byl F. Rosenblattem vyvinut perceptron, což je robotická obdoba neuronu. Perceptron byl schopen simulovat chování jediného neuronu, takže ve spojení mohly perceptrony simulovat první signální soustavy živých tvorů. Rosenblatt tak položil základ ke zkoumání tak zvaných neuronových sítí. Později v letech 70. byl vývoj neuronové sítě silně utlumen po kritické knize M. Minského a S. Paperta. Naštěstí díky vědcům Hopfieldovi, Rumelhartovi a Kohonenovi se podařilo objevit algoritmy, které dokázaly odstranit ony kritizované nedostatky. V 80. letech pak nastal „boom“ v rozvoji těchto neuronových sítí.

Koncem 50. let navrhl J. McCarthy programovací jazyk LISP, který byl určen pro umělou inteligenci. Tento programovací jazyk byl hojně využíván a dodnes je hojně využíván v USA. Později byly pro tento programovací jazyk navrženy i speciální počítače s tak zvanými „LIPSOvskými“ procesory.

Avšak v 50. a 60. letech šlo převážně o diskuzi, spíše než o vývoj či výzkum. Toto období nemělo valné hmatatelné výsledky, ale zato to bylo období plné vášnivých diskuzí a seminářů, kde samozřejmě vznikaly návrhy, nápady a prototypy umělé inteligence. Bohužel toto trvalo až do konce 60. let, kdy už bylo jasně vidět, že se plány do roku 1970 nestihnou. Tehdy nastala jakási skepse vědců a upadal zájem o tento vědní obor. Naštěstí se ale v roce 1971 a 1972 objevují dva programy (STRIPS a PLANNER), které ukazují, že problémem je přílišná univerzálnost. Vědci si uvědomili, že řešit složitou úlohu skrze základní jednoduché a univerzální nástroje nelze tak snadno, jak se to daří expertovi v daném oboru.

Umělá inteligence se začíná zaměřovat na uskladnění a získávání znalostí. Zvláštní důraz je kladen na uskladnění. Řeší se, jak nejlépe a nejefektivněji skladovat znalosti, aby mohly být v potřebném případě použity. Tak vznikají *expertní systémy*. Tyto systémy vynikají v kvalitě, rozsahu a reprezentaci znalostí a simulují rozhodování expertů v dané oblasti.

V polovině let 70. vznikly dva expertní systémy, které měly prokazatelné výsledky. Byl to systém MYCIN, určen k diagnostice infekčních onemocnění krve. Později vznikla bezproblémovější verze EMYCIN, která se dodnes používá. Druhým programem byl PROSPECTOR k odhalování rudných ložisek. Tento program odhalil v prvních týdnech svého působení ložiska ve státě Washington za 100 mil. \$. Dále se v roce 1980 poprvé začal používat expertní systém komerčně – prý byly roční úspory firmy až 10 mil. \$. Během celých 80. let pak nastal „boom“ těchto expertních systémů. Vědci do nich vložili své největší naděje jakožto do jediné v praxi uplatnitelného oboru umělé inteligence.

V roce 1981 v Číně byl vyhlášen „Projekt počítačů páté generace“. Počítač páté generace je zaměřen na systémy zpracovávající nečíselné (tedy znakové) vstupy. Tento počítač páté generace měl být tvořen propojením několika existujících počítačů, kde se každý staral o jinou část. Laťka pro tento projekt byla nasazena vysoko, a není tedy překvapením, že se zatím podařilo dosáhnout jen několika dílčích cílů. Ovšem tento projekt měl za následek velký zájem konkurence, takže vznikaly různé projekty v USA a Evropě, které se počítači páté generace měly vyrovnat.

Na konci let 80. nastala opět krátká deprese v oboru umělé inteligence. Jednak to bylo následkem úpadku projektu počítače páté generace a za druhé to bylo tím, že vědci zjistili nedostatky expertních systémů. Spíše než o nedostatky šlo o úzkou aplikovatelnost.

Od let 90. je vidět značný nárůst popularity a opět je vidět jakýsi „boom“, který vždy po depresi přichází. Expertní systémy se rozdělily na dvě větve. Stávající expertní systém se začal vylepšovat nebo vznikala nová architektura expertního systému – tak zvaný expertní systém druhé generace. Bohužel i tyto nové expertní systémy měly chyby, avšak byly a jsou i nyní dále rozvíjeny a zdokonalovány.

Jedním z oborů umělé inteligence je též robotika. Dnes je to již vlastní vědní obor. Robotika a myšlení o autonomních robotech byly v umělé inteligenci jako v oboru již od počátku. Ovšem až s rozvojem technologie a systémů se mohla myšlenka komponování robotů jevit jako možná. „Boom“ robotiky proto začíná až v 90. letech a trvá i dnes. Za zmínku ještě stojí, že podoborem robotiky je virtuální realita, která ve své podstatě také stojí na principech umělé inteligence, kde se dá simulovat chování v reálném světě.

Kapitola první – Tvar robota

V této kapitole, jak bylo řečeno v úvodu, bych se rád zaměřil na obecnou podobu robota pracujícího v sociálním prostředí. Otázkou je, zda by měl mít robot ruce, nohy, potažmo, zda by měl chodit. Mohlo by se zdát, že to není nikterak podstatné, ale opak je pravdou. Když vezmeme v potaz rasismus a diskriminaci a vrtochy dnešní společnosti, musíme velice pečlivě vybírat, koho (nebo spíše v tomto případě co) před lidmi postavíme. Například robot, který je v domácnosti, nepotřebuje moc respektu k jiným lidem, kteří nežijí v již zmíněné domácnosti. Ale robot, který by měl pracovat jako noční hlídač parkoviště, musí mít respekt k všem návštěvníkům, To znamená, že by tam neměl přijít člověk a říct, ty se mi nelíbíš a stejně máš zakázáno jakkoliv ubližovat lidem (k těmto zákazům a zákonům se dostaneme později v kapitole 4), a poté robota poškodit, nebo dokonce zničit. Hlavně pro tyto důvody je zcela zásadní vybrat pečlivě „tvar“ robota. Dále také hraje důležitou roli faktor důvěry. Člověk má v sobě hluboko zakořeněné představy o ideálním partnerovi a kamarádech a důvěryhodných osobách. Pokud by robot nenaplňoval představu o nějakých „správných“ tvarech, někteří lidé by mu nedůvěřovali za jakýchkoli podmínek. Slovo „správné“ je ale velice relativní. Faktem zůstane, že nikdy nebude existovat robot, stroj ani člověk, kterému by věřili všichni. Naším cílem je zde navrhnout „tvar“, kterému by věřila podstatná většina, nebo alespoň podstatná část populace, ve které daný robot operuje.

I.1 Vzhled

V této části se budu zabývat celkovou stavbou těla, tedy tím, zda by vůbec robot měl mít nohy, ruce, ve své podstatě hlavu a tak dále. Jednotlivé případné části, které bych při konstrukci preferoval, budu rozebírat v dalších podkapitolách.

Dle mého názoru by měl moderní robot vypadat jako člověk. Nemyslím tím to, že musí vypadat přesně jako člověk. Jde o to, aby stavbou připomínal člověka a vlastně se tak mohl „chovat“ jako člověk. Dle dělení uvedeného v úvodu této práce tedy preferuji, aby to byl minimálně humanoid. Uvedu tady některé výhody a některé nedostatky tohoto mého výběru tvaru.

Začnu výhodami. První výhodou, která již byla zmíněna v úvodu kapitoly, je zamezení diskriminaci a rasismu. Pokud bude robot vypadat co nejpřirozeněji jako „jeden z nás“, naskytne se pro agresivnější jedince méně důvodů k jejich napadení. Lidé mají totiž tendenci ničit věci, které jsou od nich odlišné. Tento fakt je nejspíše pozůstatkem naší nevalné historie. S trochou parafráze a nadhledu si to můžeme představit jako jakýkoliv přechod na jiný režim. Pozůstatky starého režimu jsou ničeny, jednak z důvodu relativní špatnosti předchozího systému, ale také proto, že je to něco jiného, než čím jsou oni.

Zatím neexistuje výrobek, který by člověk soustavně ničil. Není to proto, že by neexistovalo nic, co by bylo jiného, než jsou lidé, ale protože žádný z nich (výrobků) nemá šance „myslet“ a tím nějak ohrožovat lidské výsluní jakožto druhu. Normální stolní počítač je vždy sluha a nikdy nebude pán. Ovšem robot by svým způsobem mohl myslet, nebo by to aspoň vědci chtěli, a tím se stát pánem. Tím se dostáváme k dalšímu podstatnému faktoru, totiž ke strachu.

Robot by měl vypadat tak, aby byl poznat a hlavně aby z něj nešel žádný přehnaný strach, pokud to není vyžadované druhem práce, kterou má vykonávat. Příklad Vám zde neuvedu, neboť si takovou práci nedovedu představit, ale je to čistě teoreticky možné, proto to na tomto místě uvádím jako možnost. Lidé už při pouhé myšlenky (ať už opodstatněné, nebo nikoliv) na to, že by mohla nastat „revoluce“ robotů, z nich mají strach. Jak je známo, lidé likvidují věci, z kterých mají strach. Proto musí mít robot tak zvaně „líbivé“ tvary, což zahrnuje oblé tvary, ne hranaté. Dále musí být jasné, kde má receptory pro vidění, protože si jinak člověk

pomyslí, že ho robot může vidět všude. To opět vede ke strachu. Už tolik nezáleží na faktu, že robot může používat termální vidění, infra vidění a velkou škálu dalších možností vidět. Podstatné je, aby člověk věděl, KAM (tedy jakým směrem) se robot dívá. Co se sluchu a mluvení týče, to už není tak podstatné. Je to tím, že zvuk se šíří jinak než světlo. Zkrátka za roh jde slyšet, ale ne vidět, to je podstatné pro to, aby člověk nebyl tak citlivý na to, že by ho někdo mohl slyšet. Celková stavba těla by pak neměla být příliš robustní.

Samozřejmě, že vždy je nutné vztahovat vzhled na podmínky a prostředí, ve kterém roboti pracují, nebo se jen pohybují. Například pokud by měl robot pracovat jako recepční v luxusním hotelu, měl by vypadat co nejlidštěji, jinak je možné, že jeho přítomnost odradí potenciální zákazníky. Luxusní hotely mají totiž stálou klientelu bohatých lidí, kteří jsou povětšinou konzervativnější, proto žádné „novátorské“ věci nemusí chtít snášet.

Tímto bych uzavřel část výhod, které přinese taková konstrukce robota, kdy bude vypadat „jako“ člověk. Má to ovšem i nevýhody. Hlavní nevýhodou je, že bude mít podobné omezení, jako mají lidé. To znamená, že bude moci pracovat jen dvěma rukama, přestože počítač v jeho mozku by samozřejmě zvládl pracovat i s více končetinami. Nevýhody jsou v podstatě jen tohoto druhu, takže jejich výčet nebude příliš dlouhý. Je ale pravda, že některé nevýhody se dají odstranit. Robot by například mohl vyskočit výše, kdyby měl na nohou nějaký druh trysek. Avšak dle mého soudu by neměly být tyto „upgrady“ na první pohled vidět, jinak se zase dostáváme k výše zmíněným problémům.

Podstatná je též výška. Podle zeměpisné šířky a délky se musí určit výška robota. Neměl by být vysoký. Jednak proto, aby se lidé zbytečně neděsili, a za druhé proto, aby se lidé neřvali pořád směrem vzhůru a neměli potíže s krkem. Na druhou stranu ale nesmí být ani příliš malý. Zeměpisná šířka a délka je zde důležitá, protože na různých kontinentech je průměrná výška člověka odlišná.

Poslední věc, nad kterou bych se zde chtěl zamyslet, je to, zda by měl vypadat přesně jako člověk, či by měl vypadat jako něco vyrobeného, avšak připomínajícího lidskou bytost. Tedy ve vědecké terminologii, zda by to měl být čistě humanoid, nebo zda by to měl být android, ať už v organickém, či anorganickém pojetí. Předpokládám, že sestavení organického robota ještě zabere několik desítek let, proto budu brát v potaz jen toho anorganického.

Můj názor na tuto věc je takový, že by měl připomínat robota, tedy být humanoidem. Udám zde následující důvody. Opět zde hraje roli strach. Robota, který bude vypadat k nerozeznání od člověka, se bude každý bát. Myslím, že po právu. Robot disponuje větší silou nežli člověk. Mohlo by se stát, že někoho potkáte na ulici a nevíte, zda v případě, že se stane něco nepředvídatelného (robot dle pravidel nemůže zaútočit na člověka – viz kapitola čtvrtá, ale vezměme v úvahu možnost, že by se právě toto pravidlo nějakým způsobem porušilo), by Vás mohl dotyčný tak říkajíc „roztrhnout vejpu“. První dojem by mohl klamat, když nevíte, zda je dotyčný slabý člověk, nebo robot s mnohem větší silou. Kvůli této nejistotě by většina populace mohla být zaujatá proti robotům jako takovým.

Na závěr bych shrnul výsledky svého bádání nad vzhledem robota. Měl by to být humanoid, který by se mohl do značné míry podobat člověku, ale musí být na první pohled patrné, zda to je robot, či nikoliv. U robota je též podstatné, aby bylo patrné, kde jsou receptory pro vidění, ať už je to vidění jakéhokoliv druhu. Na ostatní proporce, kromě funkčních, nejsou kladeny žádné velké nároky. Jsou případy, kdy se robot nemusí podobat člověku. Jde o druhy práce, kde se buď robot nepohybuje ve společnosti, nebo alespoň ne ve větší společnosti, nebo o práce, kde je podstatnější funkčnost než vzhled. Kdyby robot například pracoval v dole, bylo by lepší, aby byl robustní – kvůli nebezpečí případného zavalení. Dále by bylo výhodné, kdyby kopal neustále a „ve větším počtu lopat“ (tím je zde míněno, aby měl víc nástrojů na kopání nežli jednu lopatu). Práce v dole ale znamená nepříliš rozsáhlé sociální prostředí, proto tento robot není předmětem mého zájmu, avšak pro ilustraci rozdílu funkčnosti a vzhledu to postačí.

I.2 Konstrukce dolních končetin

V předchozí podkapitole jsme se dozvěděli, že by robot měl vypadat jako člověk, ale ne nutně ve všech ohledech. Je zde totiž možnost, že by mohly mít horní nebo dolní končetiny další doplňkové funkce či vlastnosti, které nebudou působit dojmem zmíněným v první kapitole. To znamená, že by například nohy nebo ruce mohly mít více kloubů a tak podobně. V této podkapitole se budeme zabývat dolními končetinami, tedy nohama.

Nejprve se budeme věnovat kloubům. Nohy jako takové, aby mohly sloužit k chození a mobilitě vůbec, musí mít alespoň jeden kloub uprostřed, aby se v případě nerovnosti mohly pokrčit a tím zkrátit vzdálenost mezi trupem a zemí, dále musí mít jeden kloub u chodidla, aby robot mohl chodit do nebo z kopce (musí umět nastavit chodidlo do správného úhlu k zemi) a jeden kloub, kterým je připojen k trupu, aby mohly nohy vůbec sloužit k chůzi. Co se týče kloubů na nártu, zde záleží na funkčnosti. Tyto klouby nejsou tolik důležité pro pohyb, ale rozhodně bude chůze s nimi vypadat přirozeněji (bude vypadat jako lidská) a kroky budou delší. Otázkou je, zda by měly mít například více kloubů, nebo by se měly klouby ohýbat na druhou stranu.

Kdyby se měl nějaký kloub ohýbat na druhou stranu, musely by se k němu přizpůsobit i ostatní. U nohy totiž nelze využít to, resp. sice lze, ale je to velmi nepraktické, aby se dva sousední klouby ohýbaly na stejnou stranu. Měly by být tak zvané „cik cak“, pro představu asi jako skládací metr. Je to proto, aby se tělo dalo lépe vertikálně posouvat. Pokud by se dva sousední klouby ohýbaly stejně, musela by se na zvedání používat mnohem větší síla, než je potřeba se střídavým ohýbáním.

Když se střídavě ohýbají klouby, je stabilnější těžiště, protože se zachovává více na místě dotyku chodidla se zemí. V opačném případě se těžiště posouvá proti směru ohybu. Tím je vlastně opodstatněno, proč se musí vydávat více síly na udržení předmětu ve vzduchu. Kdyby se klouby neohýbaly střídavě, nehrála by tu tedy roli jen samotná váha předmětu, ale muselo by se ještě navíc vyrovnávat těžiště.

Tím bychom uzavřeli diskusi o tom, proč by se klouby měly ohýbat střídavě. Další zajímavá otázka je, zda by měly mít nohy více kloubů. Tedy zda by měl mít robot například dvě kolena. Otázka existence dvou kloubů pro spojení s trupem nebo dalšího kloubu někde na chodidle je zcela triviální. Jedná se totiž o přebytečné klouby, jsou v zásadě k ničemu.

Osobně si myslím, že jeden kolenní kloub je správný počet, alespoň pro robota, který bude měřit maximálně dva metry. Pokud by byl robot vysoký, pak je určitě zvýšení počtu kloubů nutností. Na tomto místě bych nyní rád uvedl několik důvodů pro tvrzení, že jeden kloub je to správné číslo. Klouby jsou náročné jak na vymyšlení a sestavení, tak i na údržbu. Dále je také důležité vzít v potaz, že používat končetiny s více klouby znamená složitější koordinaci, a tudíž se zvyšuje nárok na operační složitost. Dalším důvodem je fakt, že více kloubů znamená celkově menší pevnost nohy.

I.3 Konstrukce horních končetin

U horních končetin bude základní stavba také podobná lidské, ale v ruce je už nutné mít cit, tudíž by zde robot měl mít nějaké odlišnosti. Stejně jako předtím zde budu uvažovat nad tím, zda by měl mít více „loktů“, tedy kloubů mezi dlaní a ramenem.

Oproti noze je ruka vytáčená končetina, což znamená, že zde nejde hovořit o nějakém střídavém ohýbání kloubů, protože se kloub může vytočit do jiného směru. Tedy proti existenci většího počtu kloubů zde hovoří jen konstrukční a operační složitost a složitější údržba. Na druhou stranu pro to, aby měla paže více kloubů, hovoří to, že lze lépe dosáhnout na nějaká těžko dostupná místa ohnutím ruky v místech, kde to člověku jeho fyziognomie neumožňuje. Též záleží na délce paže, jde o to, aby se nám na ni ony nadstandardní klouby vešly. Díky těmto faktům bych navrhoval, aby na ruce byl jeden hlavní loket, který bude sloužit normálně, a další dva (jeden mezi dlaní a loktem, druhý mezi loktem a ramenem), které budou vedlejší a nebudou se používat příliš často, pouze v nutných případech.

Ruka jako taková je složitější princip. Musí se zde přihlídnout k tomu, že je nutné mít v ruce cit. To znamená, že robot musí umět poznat, kdy je stisk pro daný předmět příliš silný, a kdy zase naopak příliš malý. Musí umět rozeznat, že něco drží. To lze zařídit pomocí tlakových čidel.

Problematičtější je otázka, jak robot pozná, že něco nedeformuje? Jde o toto: robotická ruka umí poznat, že něco chytne, ale jak pevný stisk má mít? Pokud zvolí velký, zdeformuje nebo zničí daný předmět, pokud zvolí malý, předmět může proklouznout. Aby robot věděl, zda něco deformuje, či nikoliv, musí mít přehled o tom, jakou silou a na co konkrétně působí. To znamená, že musí znát tvar a složení předmětu. Tvar je také důležitý, protože například kostka je náchylnější na deformaci nežli koule. To, jakou silou působí a jaký je tvar předmětu snadno nahlédne, jak ale pozná, z čeho je daný předmět vyrobený? Lidé takovéto znalosti nepotřebují. Jednak vědí, co je deformace, a poznají, co se zdeformovat může a co ne. Za druhé mají sklon udržovat věci přesně v takovém tvaru, v jakém je dostali.

Jeden způsob, jak se s tímto problémem vypořádat, je ryze šalamounský. Nedávat robotovi dlaň s prsty, jak je tomu u člověka, ale zabudovat mu místo ní přímo nástroj na výkon práce. To se však nejeví jako úplně optimální řešení, protože to vede k velkému omezení robotovy účinnosti.

Jediné rozumné řešení je naučit ho, jak se věci dotýkat. Respektive o každém předmětu mu dát informace, jak ho lze uchopit a kdy už je stisk nevyhovující. Člověk se tento proces učí od dětství, ale robotovi se může nahrát do paměti dá se říci přes noc. Jediný problém je, že člověk umí poznat, jak se k předmětu chovat, již díky tomu, že ví, jak se chovat k něčemu podobnému. Robot toto nepozná, protože neexistuje jediný a správný algoritmus, podle kterého se dvě věci podobají. Úsudek o tom, co je a co si není podobné, je subjektivní záležitost a ani pro dva nejbližší lidi nemusí být jasné, proč pro jednoho je toto podobné a pro druhého ne.

Tento problém je navíc tolik podstatný z toho důvodu, že robot by měl disponovat mnohem větší silou než člověk. Tedy silou, kterou by mohl například rozmáčknout myš u stolního počítače. Lidská ruka takovou silou nevládne (alespoň průměrná ne). Proto si myslím, že otázka pokusu a omylu zde není vhodná. Robot by mohl poškodit téměř vše, než by pochopil, kolik má na jaký předmět použít síly. Musel by zde ještě fungovat nějaký algoritmus učení, kterýžto je také velmi komplikovaný (podrobněji v kapitole čtvrté).

Myslím tedy, že nejvhodnější konstrukce ruky je stejná, jako je ruka lidská. Musí se ovšem provést „naučení“ robota manipulovat s předměty. Konstrukce ruky nemusí být jinak odlišná, protože ruka sama je již velmi propracovaná tak zvaně „od přírody“. Je šikovná, zručná, a přesto se s ní dá dobře manipulovat i s velkými objekty.

I.4 Konstrukce hlavy

V této podkapitole lehce nahlédneme, jak by měla vypadat hlava jakožto fyzický objekt. Zatím nás nebude zajímat, co je uschováno uvnitř.

Něco málo k tomuto tématu jsem již řekl v podkapitole I.1. Konkrétně šlo o receptory pro vidění. Robot by je měl mít na obvyklém místě, kde jsou umístěny oči. Zařízení pro sluch a čich už nemusí být vidět z důvodů též uvedených v podkapitole I.1. Mohou být vidět jen pro okrasu nebo pro imitaci „lidství“. Proti hovoří jen to, že jakýkoliv výběžek může zbytečně překážet. Toto bych viděl jako ten nejzávažnější problém, proto bych se přikláněl k tomu, aby byla hlava co nejjednotvárnější a nejjednodušší.

Problém je s ústy. Ústa by se měla též vyskytovat na běžném místě. Lidé mluví nejen zvuky, které vydávají pomocí hlasivek, ale také očima. Vnímají otvírání a zavírání úst a jsou na to zvyklí do té míry, že by pro ně bylo velmi nezvyklé, kdyby něco mluvilo, aniž by se při tom na něm cokoli hýbalo. Proto by v případě, že by robot ústa neměl mít, bylo vhodné, aby se například rozblíkalo světlo na místě úst (v krajním případě někde jinde, ale poblíž), nebo byl navozen podobný zrakový vjem, aby to neuvádělo lidi do rozpaků.

Hlava by tedy měla být co nejjednodušší, jediná složitá věc na první pohled by mohla být ústa. Jestli by měla být ústa taková, jaká má člověk, to už záleží na vkusu a estetice.

I.5 Funkce

V této podkapitole bych rád rozebral otázku, které funkce by robot měl mít. Zda by měl například umět mluvit, cítit pachy, zda by měl mít chuť a tak dále. Není to sice úplně téma spojené se vzhledem a celkovou stavbou robota, ale patří to do této kapitoly více než kamkoliv jinam.

Nebudu zde rozebírat hmat a zrak, které robot bude mít, protože tyto funkce mít musí. Dalším smyslem je sluch, který by měl též být jednou ze základních funkcí, protože je to jeden ze vstupů, kterým je možno robota řídit. Bohužel nyní je strojové čtení textu zatím prakticky nemožné, proto se toto musí omezit na předem stanovené příkazy. Přesněji řečeno v nynějším stavu nelze dávat robotovi příkazy v normální mluvě, nýbrž jen v kódové řeči. Místo věty „Mohl bys přinést ze skříně jahody?“ by se muselo říkat „Donést jahody z skříně“. Navíc jsou nějaká slova například v češtině slovnědruhově víceznačná, což znamená, že mohou označovat jak podstatné jméno, tak i sloveso a podobně. Tento fakt může mít vinu za vznik problémů, proto by měl mít robot schopnost dodatečného učení se, že slovo znamená v jistém kontextu podstatné jméno a v jiném zase sloveso. Nicméně ať už se bude jednat o jakýkoli jazyk, bude nespornou výhodou zadávat příkazy tímto způsobem.

Další otázkou je čich. Měl by robot umět cítit vůně? Dle mého názoru by měl umět zaznamenat kouř, tedy sloužit jako jakýsi pohyblivý požární hlásič. Snižuje se tak riziko požáru vůbec a zároveň může takto snadno kontrolovat nekuřáckou zónu. Co se ostatních vůní či zápachů týče, není potřeba, aby je robot cítil. Ani my sami nedokážeme říct, proč nám

něco voní a něco jiného smrdí. Proto by robot v případě, že by cítil nějakou vůni, nedokázal říct, zda je to vůně nebo zápach, nedokázal by říct, co je dobré a špatné, protože pro rozeznání nemá kritéria. Kritériem je tu něčí osobní názor, který je nějakým způsobem vyhodnocován v mozku. Bohužel robot nemá svůj vlastní názor, takže nemůže říci, co se mu líbí a co ne.

Posledním neprobraným smyslem je chuť. Otázka tedy zní: Měl by robot cítit chuť? Rozhodně proti je fakt podobný jako u čichu. Jako ochutnávač robot nebude pracovat nikdy, protože nemá žádný možný způsob, jak by ohodnotil nějakou chuť. Mohl by rozebrat, co cítí, ale rozebral by to tak elementárně, že by to člověku neřeklo, jak to vlastně chutná. Pro příklad si představme dva dorty. Robot rozebere chuť u obou zákusků. Dejme tomu, že u nich nebude úplná shoda ve všech ingrediencích, ale robotovi vyjde, že na 90 procent bude v těchto ingrediencích shoda. Rozhodne proto, že chuť obou dortů je podobná. Bohužel ale i menší množství něčeho s výraznou chutí bude znamenat tak podstatný rozdíl, že oba dorty mohou chutnat ne zcela odlišně, ale dosti odlišně. Jenže robot nepozná, zda něco má intenzivní chuť, či nikoliv. Lépe řečeno, robot dokáže spočítat, kolik soli je ve vodě na procenta, ale nepozná, zda je to slané dost, nebo málo. Toto do něj samozřejmě můžeme vložit pomocí jednoduché informace, že je dobré mít ve vodě například 2 % soli, abychom mohli vařit špagety. Bohužel by ale takovýchto informací muselo být velmi mnoho, než aby se to nějakým způsobem vyplatilo. Proto si myslím, že je naprosto nevhodné dávat robotovi chuť.

Další a poslední zajímavá funkce, již ne smysl, je mluvení. Je potřeba, aby robot mluvil? Když se dá robotovi příkaz, buď ho splní, nebo ho splnit nemůže. Robotovi stačí tedy dávat nějakým způsobem najevo, že ho nemůže splnit, a nějakým jiným způsobem, že ho splní, jen jak to bude možné. Mluvení tu není tedy ničím důležitým. Ovšem je zajímavé se například dozvědět, proč příkaz nemůže splnit. Dalo by se to vyřešit nějakým malým displejem, někde ukrytým, který by vypisoval chyby. Na druhou stranu by se to dalo vyřešit již zmíněným mluvením. Bylo by to elegantnější a přímější, ovšem o to složitější. Osobně bych navrhl naučit robota nějaké věty tak, že je někdo namluví a pak se mu nahrají do paměti. Jinak na věci, které by byly výjimečné, kde by se mohlo mluvit, bych ponechal čtení robotické po písmenech, jako to dělají již fungující programy.

Kapitola druhá – Forma robota

V této kapitole se zaměřím na materiál. Zamyslím se nad vlastnostmi takového materiálu, který je potřeba na výrobu robota. Nebudu se zde zaměřovat na úplné technické detaily, ale spíše na kostru onoho problému. Uvedu pár příkladů pro a proti využití různých druhů materiálu. Jak jsem psal v Úvodu, tato kapitola by byla spíše pro chemiky nebo fyziky a navíc není tou nejpodstatnější částí této práce, proto bude krátká a stručná. Avšak zařazuji ji sem z toho důvodu, že ať už bude robot z čehokoliv, přináší konstrukční materiál nějaká omezení. Omezením, které může dávat různé věci do logických souvislostí. Dále zde uvedu několik informací o nové robotické „kůži“, kterou objevili vědci v Japonsku.

II.1 Materiál

Jaký materiál použít na výrobu robota? To je jistě důležitá otázka, ne vždy se nejtvrdí a nejpevnější materiál jeví jako ten nejlepší. Proto je zde tato podkapitola, zde zauvažujeme nad tím, co by mohlo být lepší.

Co se jeví na první pohled jako zřejmé, je fakt, že záleží na druhu robota při úvahách o jeho konstrukčním materiálu. Myslím tím to, že je rozdíl, zda bude robot z části organický, nebo ne – to se týká organických androidů a kyborgů.

Existuje taková zajímavost. V roce 1998 se jistý profesor kybernetiky v Readingu Kevin Warwick prohlásil za prvního kyborga na světě. Provedl to tak, že si pod kůži nechal implantovat vysokofrekvenční radio-identifikátor. Jak je z této kuriozity patrné, je zde naprosto jedno, jaký si nechal implantovat materiál. Jediné, na čem zde záleží, je to, aby po přidání oné součástky zapadal do definice kyborga. Kyborg je ale definovaný jako živý organismus obohacený o mechanické nebo elektronické součástky, takže do této definice spadl velmi lehce.

Jak to platí v předchozím případě, platí to i na celou skupinu kyborgů. Jelikož je vlastně základní součástí organický materiál, je jedno, jaký materiál ho doplňuje, protože organický materiál je náchylnější než jakýkoliv kov. To znamená, že když půjde robot do prostředí, které nesnese daný kov, z něhož je jeho část vyrobena, dávno to už přestane snášet onen organický materiál, který je základem kyborga.

Jediná podmínka je, že musí být s organickou tkání kompatibilní. To znamená, že nebude docházet k poškozování tkání nebo slitiny při jejich kontaktu. Kov by měl být v každém případě nerezový, což je v současnosti podmínka ryze orientační, protože dnes je téměř vše, co je potřeba, vyrobeno z nerezového materiálu.

Jsou zde ale výjimky. Když bude organický materiál hermeticky a pevně uzavřen v kovovém obalu, nebude organický materiál náchylný na změny žádných vnějších podmínek. Můžeme si to představit jako člověka ve skafandru. Když se tento člověk vezme jako jedna bytost i se svým skafandrem, půjde o kyborga. Ovšem u tohoto kyborga záleží na výběru materiálu

kovové části. Kdyby totiž nebyla dejme tomu vzduchotěsná, vedlo by to ke smrti onoho jedince, a tudíž i celého kyborga.

Organický android má oproti kyborgovi tu výhodu, že zde nejde o živý organismus. Proto onen organický materiál snáší horší podmínky, ale stejně zde kov vydrží mnohem více. Proto se na organické androidy vztahují stejná kritéria jako na kyborgy.

Tím se dostáváme k robotům bez organické části. Zde máme na výběr mezi pružností, pevností jak v tahu, tak v tlaku, odolností vůči teplotě, chladu, kyselinám a tak dále. Při rozhodování je důležité si uvědomit, že nelze udělat robota, který vydrží všechno. Musíme tedy vzít různá prostředí, kde by robot mohl být, a přizpůsobit ho na ty nejpravděpodobnější, kde se bude vyskytovat.

Vezměme v úvahu pružnost. Proč by robot potřeboval pružné „kosti“? Na tuto otázku mám zápornou odpověď, tedy že by je takové nepotřeboval. Pružnost u robotových součástek by byla vhodná proti zničení, kdyby do něj nějaký těžký předmět narazil, nebo by spadl z větší výšky. Bohužel kvůli pružnosti by se značně zredukovala nosnost, což pokládám za nevýhodné. Obdobné je to s pevností v tlaku, protože zde nepředpokládáme, že se někdy robot dostane do lisu, nebo že bude zvedat přehnaně velká břemena, která by mohla přetížit robota natolik, že by závaží neunesl.

Myslím ale, že velmi důležitá je pevnost v tahu. Je častější případ, že něco taháte, než to, že něco zvedáte. Podobně tomu bude i u robota. Při nehodě se může stát, že se mu někde zasekne noha a robot se ji pokusí vytáhnout. Podobné případy se tímto stanou méně riskantními.

Dále jakákoliv odolnost je díky použití slitin mnohem větší než u organického materiálu. Ozáření zde nevádí téměř vůbec. Důležitá je odolnost vůči chladu a teplu. Robot například může pracovat ve skladu masa, kde se maso pravděpodobně skladuje ve velkém mrazáku. Na druhou stranu, může pracovat jako foukač skla ve sklárnách, kde jsou teploty vyšší. Samozřejmě je důležité vybrat materiál, který má co nejmenší teplotní roztažnost, aby se zabránilo tomu, že se nám bude robot při vyšších teplotách zvětšovat, a tedy by se mohl rozbít.

II.2 Nová kůže

V Lidových novinách ze středy 13. srpna 2008 byl otisknut článek, který vyprávěl o nově vyvinuté „kůži“ pro roboty. V této podkapitole popíšu, o jaký to vynález vlastně jde.

V Japonsku, světové velmoci v konstrukci a výrobě robotů, vynalezli materiál, který je vysoce vodivý a zároveň vysoce pružný – říká se mu „vodivá guma“. Tato hmota je složena z kombinace uhlíkových nanotrubiček a polymeru. Uhlíkové nanotrubičky zajišťují onu potřebnou vodivost a polymer pak zajišťuje pružnost.

Výroba tohoto materiálu není snadná, neboť nanotrubičky mají tendence se shlukovat. Musí se tedy nejprve nanočástice smíchat se směsí, která je označována jako iontová kapalina. Díky této kapalině se pak nanotrubičky méně shlukují, a tedy se méně smotávají dohromady.

Tato vodivá guma je neuvěřitelná svými vlastnostmi. Ačkoliv je podobně pružná jako pryž, má zhruba 570krát vyšší vodivost, než jaká je u jakékoliv jiné gumy obohacené uhlíkovými částicemi. Přitom jí lze natáhnout až 2,3krát. (pro srovnání, kovové vodiče praskají již při natažení o jedno až dvě procenta). Další vynikající vlastnost této hmoty je, že protáhne-li se „jen“ o 38 procent, nemá podstatnou změnu ve vodivosti.

Samozřejmě, protože je to guma jako taková, dá se natáhnout i na velice zakřivené povrchy. Tím je myšleno například na jakékoli klouby, kde se normálně kůže často natahuje a smršťuje.

Proč je ale vlastně tak dobré mít hmotu, která se dobře natahuje a ještě je vodivá? Je to z důvodu vnímání tepla a tlaku. Díky této hmotě totiž robot dokáže vnímat tlak a teplo na jejím povrchu podobně, jako to dokáže lidská kůže. V domácnosti se tedy robot, když například narazí nohou na dítě, zastaví, neboť bude vědět, jaký problém nastal. Bez této kůže by pokračoval v chůzi a hrozilo by nebezpečí úrazu.

Kapitola třetí – Forma mozku

Tato kapitola by se měla zabývat mozkem po fyzické stránce. Fungující mozek je to nejpodstatnější, co chceme po umělé inteligenci. Zatím v nynější době ani není tak důležité, aby uměl robot chodit, ale to, aby uměl svým způsobem „myslet“. Budu se tedy konkrétně zabývat tím, jak bude vyroben nebo jak by mohl vypadat. Jsou zde návrhy a rozbory možností, které by se daly použít. Některé návrhy jsou zcela teoretické, jeden je již téměř prakticky zkonstruovatelný.

III.1 Návrhy

Prvním představitelným návrhem je počítačový mozek. Tento koncept je v současné době tím nejjednodušším a nejnápadnějším řešením. Počítač jako takový se pořád zrychluje a zdokonaluje a přitom se vyvíjí nanotechnologie, takže se zároveň zmenšuje, což umožňuje právě onu potřebnou minimalizaci k vybudování malého a naprosto výkonného počítače, který by se dal zasadit do robotovy lebky.

Druhý návrh je podobný návrhu počítačovému a je to mozek pozitronický. Tento mozek je zcela fiktivní. Přesto se o něm zmíním, alespoň pro představu, kam se ubírá skutečná věda a kam se ubírá fiktivní svět žánru science fiction.

Posledním návrhem je v podstatě kybernetický organismus. Robot by byl konstruovaný stejně jako v ostatních případech, ale místo mozku by měl mozek lidský, hermeticky uzavřený v prostoru lebky.

III.2 Počítačový

Ve své podstatě, jak jsem uvedl v předchozí podkapitole, se jedná o počítač, který je minimalizován do velmi malého prostoru. Ovšem v úvaze o jeho umístění jsem nebyl úplně přesný. Robotický mozek se nemusí totiž omezovat jen na lebku robota. Když se zamyslíme, zjistíme, že v lidském těle je množství orgánů, které robot nepotřebuje k životu. Proto tedy můžeme využít i jiné prostory pro umístění mozku robota. To je samozřejmě jen plus, protože představa malého počítače uvnitř lebky se vším potřebným je poněkud přehnaná. Vezmu-li v potaz procesor a pár komponent, jsem ochoten připustit, že tyto součástky se vejdou do onoho malého prostoru. Ale bohužel do takto malého prostoru, kde již jsou umístěny nějaké součástky, se už nevejde chlazení, které je nezbytné kvůli zamezení nadměrnému zahřívání procesoru a všech využívaných součástek.

Samozřejmě samotný počítač, tak jak ho známe, není umělou inteligencí, jakou od robota požadujeme. Počítač jen plní rozkazy dle nějakých algoritmů a samotný se nedokáže učit. Proto musí být tento počítač vyspělejší než normální stolní počítač. Vyspělost není ani tak v technologii, kromě oné minimalizace, ale souvisí především s algoritmy. Díky správně vybraným a sestrojeným algoritmům by se robot mohl umět učit ze svých chyb, ve své podstatě by mohl myslet. Ovšem slovo myslet tu není použito ve smyslu nám známého významu.

III.3 Pozitronový

Tento mozek vymyslel Isaac Asimov ve třicátých až čtyřicátých letech 20. století. V té době byl pozorován a pojmenován elektron s kladným elektrickým nábojem. Tato částice byla pojmenována pozitron. Je též znám pod názvem anti-elektron. Jak je z názvu patrné a jelikož elektron je částice hmoty, musí být pozitron částicí anti-hmoty. Asimov této částice použil jednak proto, že šlo o nové slovo, a za druhé proto, že adjektivum pozitronický připomíná adjektivum elektronický. Dále Asimov technické aspekty mozku nerozváděl, spíš se zaměřoval na psychologii robota. Proto není jasné, jak by měl mozek fungovat po fyzické stránce. Jisté je jediné, místo elektronů měly v mozku proudit pozitrony. Pozitron jako částice má stejnou hmotnost i spin a je stejně stabilní jako elektron, proto zde nejsou žádné výhody oproti elektronickému mozku. Tento mozek vznikl jen na základě dobře znějícího a neopotřebovaného slova pozitron.

III.4 Organický

Tento koncept spočívá ve správném napojení organického materiálu na anorganický. V podstatě by se umístil do robotovy lebky mozek lidský a tím by byl robot řízen. Samozřejmě zde již nemůžeme mluvit o umělé inteligenci, neboť to bude inteligence onoho mozku, tedy lidská. Přesto si myslím, že je to zajímavý návrh.

V tomto řešení se však skrývá několik problémů. Prvním z nich je napojení mozku na anorganickou kostru. V Japonsku vynalezli zařízení, díky kterému mohou děti pomocí vlastní mysli hýbat myší po obrazovce počítače, ale toto zařízení je zatím velice nedokonalé. Má omezení jen na pohyb kurzorem a navíc je nutný patřičný trénink, aby byl člověk schopný s tímto zařízením pracovat.

Avšak v britském výzkumném středisku, jak praví Lidové noviny z 15.8.2008, dokázali vědci napojit na jednoduchého robota potkaní mozek. Robot zatím zvládne pouze manévrovací pohyby, ale má možnosti se učit. Bohužel, jelikož se jedná o mozek potkana, nikdy se nenaučí nic jiného než nový způsob vyhýbání se překážkám. Je to ale pozoruhodný objev, který by mohl otevřít dveře pro výrobu skutečných kyborgů.

Vědci při tvorbě tohoto mozku vzali neurony z potkaních embryí a dali je do speciální směsi, která neurony udržuje při životě. Během 24 hodin bylo patrné, že neurony na sebe reagují a seskupují se do fungujícího mozku. Ten potom napojili na elektrodové pole, které přenáší vjemy z ultrazvukových senzorů.

Tento fakt ovšem nemusí být dobrý pro lidstvo jakožto živočišný druh. Kdyby se povedlo vytvořit kyborga s lidským mozkem, pak by roboti byli ve své podstatě těmi lidmi, ze kterých byli vyrobeni. Lidstvo by tak vlastně dosáhlo jistého druhu nesmrtelnosti. Tato úvaha je ovšem značně nadnesená, protože v podstatě nevíme, co tvoří člověka člověkem. Nicméně, jistě by se našli takoví lidé, kteří by věřili, že přesně takto nesmrtelnost vypadá.

Kapitola čtvrtá – Myšlení

V této kapitole bych se rád zaměřil na psychologickou stránku mozku. Tedy to, zda robot může myslet, popřípadě, jak bude myslet. Rád bych se zaměřil na různé algoritmy, které by mohl robot využívat ve svůj prospěch. Rozeberu zde také pravidla chování, která by měl robot respektovat, aby se dal považovat za dobrý vynález, který se nikdy neobráti proti svému pánu. Chování robota může být někdy velice zvláštní, protože plní příkazy do posledního detailu. Člověku se tedy jeho chování může zdát zvláštní, protože v nějakém příkazu vidí premisy, které tam ve skutečnosti nemusí být. Vidí je tam jen ze zvyku. Takové případy zde také vezmu v potaz.

IV.1 Může robot myslet?

Může robot myslet? Přesněji řečeno, dokážeme například v situaci, kdy si s někým píšeme jen textové zprávy, poznat, zda je to robot, nebo člověk? Podstatné tu je, zda se můžeme zeptat na cokoliv. Toto je zásadní otázka a odpovíme-li na ni záporně, robot dokáže myslet jako člověk. Odpovíme-li však kladně, robot bude vždy jen sluha poslouchající něčí příkazy.

Nejprve se zamysleme nad tím, co je vlastně myšlení. Když se člověk baví s jiným člověkem, může odpovědět vlastně cokoliv, ať už pravdu, nebo lež, ať už přesně znějící odpověď, či nikoliv. Samozřejmě, že by odpověď měla být relevantní položené otázce, neboť jinak si o daném člověku bude dotazovatel myslet, že je to blázen, a neřekne o něm, že myslí v onom smyslu, o kterém zde chceme uvažovat.

Je to ale myšlení, dokázat říct, cokoliv nás napadne? Určitě ne. Myšlení spočívá ve vyhodnocování situace a v následné odpovědi, která je nejvýhodnější pro dotyčného jedince. Například kamarád se zeptá, kolik mu můžete půjčit. Nejprve vyhodnotíte, že máte v peněžence tři sta korun. Potom se zamyslíte, že potřebujete kolem sto korun na večer. Nakonec „vymyslíte“, že je pro Vás nevýhodné půjčit mu více než sto padesát korun. Pak se zamyslíte, zda je to dobrý kamarád, a podle toho určíte konečnou výši půjčky.

Myšlení si můžeme představit jako normální vyplývání v logice. Máme premisy a máme závěr, který z nich vyplývá. Neplatí zde, že je každá premisa ohodnocena 0 nebo 1, když je, nebo není splněna. Spíše to funguje na principu fuzzy logiky, kdy se k dané premise více či méně přikláníme a tím nám daná premisa více či méně ovlivňuje závěr.

Teď vezměme robota. Ten své rozhodování provádí tak, že vezme vstupy a provede výpočty podle algoritmů, které jsou naprogramovány pro rozhodování daného problému. Například při dotazu na půjčení peněz se robot podívá do peněženky a zjistí, že má tři sta korun. Pak se zamyslí, kolik potřebuje na večer, ale tato informace je irelevantní vůči tomu, kolik může půjčit. Kamarádství nezná, protože pro robota, který nemá cit, nemůže nic takového existovat. Nakonec odpoví, že může půjčit tři sta korun. Odpověď je to jistě správná, protože víc rozhodně půjčit nemůže a tři sta korun k dispozici má. Robot zkrátka neví, že slovo „můžeš“

je zde spíše použito ve smyslu, kolik si můžeš dovolit půjčit po úvaze, kolik ty sám utratíš dnes večer.

Myšlení robota, když si ho představíme opět jako vyplývání v logice, funguje totiž totalisticky. Na rozdíl od lidského myšlení, kde máme víceméně nekonečně hodnot, jak přihlížet k premise, má robot pouze ano nebo ne – tedy hodnoty 0 nebo 1. Může půjčit tři sta? Ano, může. Není tam žádná hodnota mezi nulou a jedničkou.

Podstatný rozdíl je také v tom, že když má člověk vyvodit závěr z dané premisy, kterou si ovšem není jist, rozhodne se ji nevzít v potaz. Kdežto robot premisu buď má a vezme ji v potaz, nebo ji nemá, a tedy ji v potaz nevezme.

Další problematická věc, na kterou jsme zde již trochu narazili, je fakt, že robot nechápe dvojsmysly. Například žena řekne mužovi „Udělej mi to.“ a myslí například opravu nějaký domácí spotřebič. Řekne to ovšem koketně, muž sice bude opravovat, ale ucítí v tom jisté další emoce nebo chtíče. Robot takové věci nemůže vycítit, protože prostě udělá to, co dělat má. Když náhodou nebude vědět, co má dělat, zeptá se, co přesně dělat má. Ovšem v tom již nebude ono nevyslovené.

Od dvojsmyslů můžeme plynule přejít k ironii, sarkasmu a vtipu obecně. Tyto věci robot opět nemůže chápat. Ironie a sarkasmus se totiž často poznají pouze z postoje či tónu hlasu. Ovšem ne vždy se v případě použití určitého tónu jedná o ironii, záleží též na situaci. Vtip obecně zůstává velkou neznámou i pro samotného člověka. Občas se směje jen představě, jak si myslí, že by daný vtip mohl ve skutečnosti vypadat. Robot ale nemůže pochopit obrázkový vtip, pro něj je to jen grafické zpracování. To, co je pro nás vtipné, je pro něj jen chyba v systému nebo něco naprosto nelogického. Občas je vtip založený na dvojsmyslech, které, jak jsme si řekli, robot nepochopí. Drtivá většina vtipů je založena na utrpení nějakého jiného jedince, což po pečlivém rozboru robota již vůbec není vtipné.

Pokud bychom ale překonali smysl pro humor, pořád tu zbývá fakt, že robotovo myšlení je založeno na principech, které mu člověk vštípí. To znamená, že se bude chovat tak, jak se mu řekne. Když bude robot postaven před problém, člověk, který ho konstruoval, bude moci dopředu říct, jak ho vyřeší, protože bude znát jeho algoritmy, podle kterých řeší problémy.

Musela by se vyskytnout nějaká „chyba“ v robotově systému, aby se mohl rozhodnout jinak, než jak byl naprogramován. Ovšem takovouto chybu si nedokážu představit. Musela by to být

chyba, která popírá vlastně všechny rozhodovací algoritmy, tedy říká, že se vždy může rozhodnout robot jinak, zcela iracionálně. Musel by to být tedy nějaký druh zkrat, který by ovšem měl za následek zničení robota, nebo alespoň spadnutí systému, na němž by běžel, protože by popíral sám sebe od základu.

Moje odpověď na otázku, zda robot může myslet, je tedy záporná, neboť pro něj existují jasná pravidla, jak se má a nemá chovat.

IV.2 Tři základní pravidla robotiky

Jak jsem uvedl již na začátku práce, Isaac Asimov, americký spisovatel, vymyslel v rámci své první povídky o robotech tři základní pravidla robotiky. Jedná se o pravidla toho, jak by se měl robot chovat, aby nebyl nebezpečný. Rád bych tu uvedl pár faktů o těchto pravidlech a rozebral, jak by se robot měl chovat a zda je možné naprogramovat vhodná a dobrá pravidla chování. Zde jsou ona pravidla:

Robot nesmí ublížit člověku nebo svou nečinností dopustit, aby mu bylo ublíženo.

Robot musí poslechnout člověka, kromě případů, kdy je to v rozporu s prvním zákonem.

Robot se musí chránit před poškozením, kromě případů, kdy je to v rozporu s prvním nebo druhým zákonem.

Později k nim byl přidán ještě jeden zákon. Byl to tak zvaný nultý zákon, který říkal toto:

Robot nesmí ublížit lidstvu nebo svou nečinností dopustit, aby mu bylo ublíženo.

K ostatním zákonům pak bylo doplněno „kromě případů, kdy je to v rozporu s nultým zákonem.“. Tento zákon pak měl mít za následek to, že robot mohl ublížit jednotlivci ve prospěch ochrany lidstva. Ovšem mnoho lidí s ním nesouhlasilo.

Kniha tohoto spisovatele s názvem I, Robot (Já, robot) obsahuje situace, kdy se robot „zblázní“, a dva zkušení experti tyto problémy řeší. Uvedu příklad. Experti přijeli na jednu stanici, kde robotovi řekli, aby šel těžit životně důležitý zdroj energie. On ale z ničeho nic

začal obíhat kolem naleziště onoho zdroje a nemohl reagovat na žádné další podněty, neboť byl mimo dosah vysílačky. Bohužel to bylo v situaci, ve které v případě, že by tam robot takto obíhal ještě nějakou delší dobu, poškodil by se. Tím by zapříčinil i úmrtí lidí, kteří byli na tento zdroj odkázáni. Ovšem tito lidé by dříve zahynuli na nedostatek onoho důležitého zdroje energie. Experti nakonec přišli na to, že robot nedostal dost důrazně příkaz těžit zdroj energie, takže se zasekl na pomezí druhého a třetího zákona. Tedy že běžel k nalezišti, kde měl těžit onu životně důležitou látku, ale blízko k němuž by docházelo k takovému poškození, že to přecházelo v platnost třetího zákona. V rovnováze mezi oběma zákony tedy začal kroužit.

Tento příklad zde uvádím hlavně proto, aby bylo vidět, že dáme-li jakékoli zákony, vždy se najde nějaká situace, která je na hranici všeho a chování nebude rozumné. Respektive: tyto tři nebo čtyři zákony vypadají cekem dobře a slibně pro správné chování robota. V dosti případech bude vše fungovat správně. Samozřejmě toto nejsou všechna pravidla, jak se robot bude chovat, jedná se pouze o základní pravidla. Ovšem i tak se najdou sporné případy, kdy robot nefunguje tak, jak se čeká a jak by měl.

Pravidla jako taková nejdou slovně vyjádřit bez toho, aby se nevyskytly chyby. Vezměme si pro příklad pravidla silničního provozu. Je zde uvedeno, že řidič musí mít nanejvýš 0,0 promile alkoholu v krvi, aby mohl řídit. Ovšem nastane-li situace, kdy hrozí nebezpečí úmrtí, může řidič s alkoholem v krvi řídit. Zkrátka v každých pravidlech existují výjimky.

Robot, aby se choval tak, jak by měl, by musel mít základní pravidla. Dále by se musel z každé situace, která je onou výjimkou, odnést vědomost, že za této podmínky se má chovat takto. Ovšem jen za této konkrétní podmínky – stačí, aby se to odehrávalo na jiném místě, a podmínka nesmí platit. Pak robot musí opakovat chybu.

Říká se, že chybovatí je lidské. Protože robota programuje člověk, musí robot nutně také chybovat. Tedy pravidla, aby se robot choval tak, jak se má, neexistují, protože by si musel na všechno přijít sám skrze chybování, ke kterému ovšem nechceme, aby došlo.

Tímto bych uzavřel takovou filozofičtější část, kdy se „zamýšlím“ nad správnou tvorbou algoritmů a nad myslí robota. Nyní přejdu k praktičtější části, tedy k praktickým algoritmům.

IV.3 Strojové učení

Jedním ze základních algoritmů k fungování robota vůbec je algoritmus učení. Také se tomuto problému říká strojové učení. Tento algoritmus je podstatný v tom, že díky němu se stroj, robot nebo umělá inteligence, obecně dokáže něco naučit. Nemusí tedy mít v paměti hned od začátku všechna fakta, která potřebuje k životu.

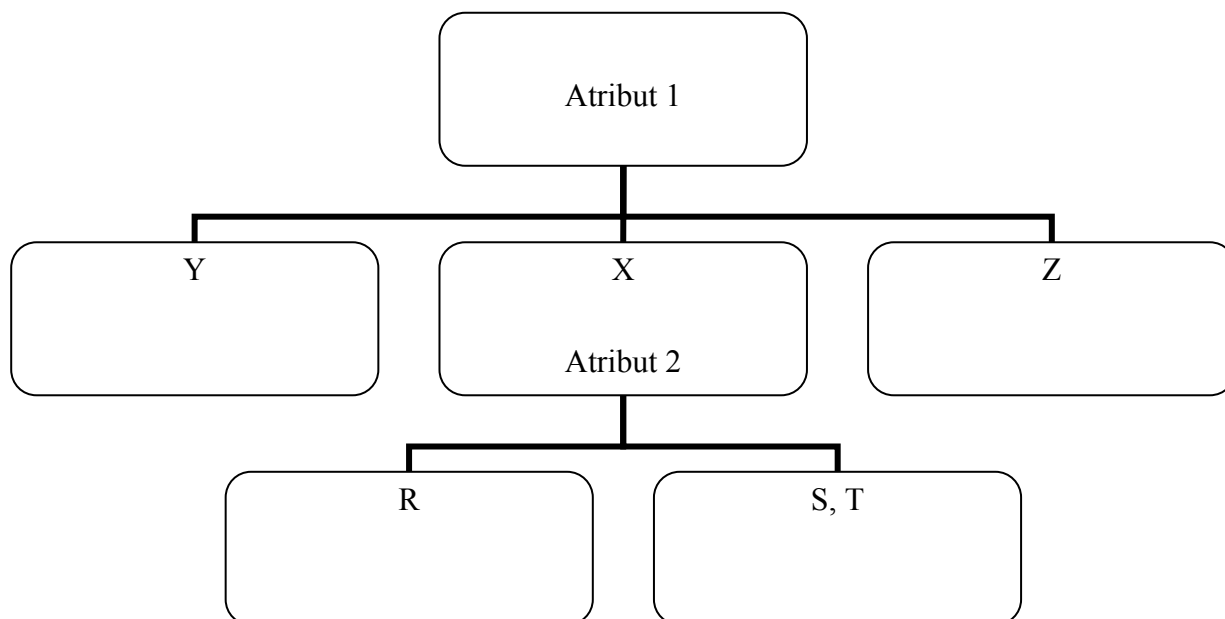
Ukažme si strojové učení na příkladu. Řeknete robotovi o stromu, že je to strom, protože roste ze země. On se tedy rozhlédne kolem sebe a uvidí budovu. Ta pro něj také roste ze země a řekne tedy, že je to strom. Řekneme tedy robotovi, že strom musí být živý organismus. Ukáže tedy na keř a řekne, toto je strom. Musíme ale robota opět zklamat a říci mu, že to není strom. Opět se dozví lepší definici stromu, a to takovou, že musí mít kmen. Tedy strojové učení je zdokonalování definic a učení se faktů, co je například strom a co není, aby v budoucnu dokázal o něčem správně říci, že je to strom.

Takovéto učení je ovšem velice obecné, proto zde uvedu ještě tři algoritmy, které jsou vhodnější pro konkrétnější aplikace na dané problémy. Prvním z nich je algoritmus *TDIDT* (*Top-Down Induction of Decision Trees*). Je zde ovšem nutná klasifikace, což znamená, že vedle nás někdo stojí a říká, zda daná věc je stromem, či nikoliv.

Mějme takovéto příklady s atributy, jak je to ukázáno v tabulce:

	Atribut 1	Atribut 2	Atribut 3	Klasifikace
Objekt 1	X	R	M	+
Objekt 2	Y	R	N	+
Objekt 3	Y	S	N	+
Objekt 4	X	S	M	-
Objekt 5	Z	T	N	-
Objekt 6	Z	R	N	-

Program vytvoří strom, který bude mít jako kořen takový atribut, který nejlépe vystihuje příhodné objekty, tedy klasifikace +. Dále pak bude atribut, který nejlépe rozděluje zbylou množinu. Strom tedy bude vypadat takto:



Tedy rozhodne se podle atributu prvního. Když bude hodnota Y nebo Z, pak je jasné, zda to bude klasifikováno + nebo -. Když bude hodnota X, musí se přejít na atribut druhý.

Stromy mohou být složitější, máme tedy snahu je zjednodušovat. Zjednodušování funguje tak, že nejprve vezmeme nějaký uzel X. Z uzlu X vychází n listů, přičemž označme e všechny listy s negativní klasifikací. Nahradíme-li teď uzel X listem X, budeme mít jeho přesnost $ac = 1 - e/n$. Nakonec si definujeme nějakou nejnižší přesnost, takovou, která nám ještě nebude vadit při výsledcích práce. Tímto postupem procházíme strom od nejnižších uzlů směrem ke kořeni. Každý uzel, který má hodnotu vyšší, nahradíme listem. Takto nově vzniklý strom bude relativně přesný (podle toho, jak přísnou míru jsme si zvolili) a jednodušší.

Chceme-li prořezat strom bez ztráty informací, musíme mít strom, který nemá takovou škálu možností na každé větvi. Musí to být například booleovský strom, kde každý atribut může nabývat hodnot 0 nebo 1. U takovýchto stromů lze nahradit více atributů atributem jedním, tak aby výsledek byl tentýž.

Druhým algoritmem je algoritmus AQ, který poprvé publikoval v roce 1969 pan Michalski. Opět je to algoritmus, který potřebuje k fungování klasifikaci. Lze jej shrnout do pěti bodů převzatých z knihy Umělá Inteligence 1 (Mařík, Štěpánková, Lažanský a kolektiv, 1993):

1) Rozděl množinu příkladů na dvě podmnožiny: množinu PE obsahující pouze pozitivní příklady a množinu NE obsahující pouze negativní příklady;

2) Vyber z množiny PE náhodně jeden příklad a označ jej s (řiká se mu jádro);

3) Nalezni všechny maximální generalizace popisu jádra s , přičemž limitem je množina NE, generalizace popisu s nesmí pokrýt žádný negativní příklad;

4) Podle vhodného preferenčního kritéria vyber nejlepší z těchto popisů a zařaď jej do množiny popisů;

5) Pokud množina popisů pokrývá všechny prvky PE, ukonči práci.

Výsledným popisem je pak disjunkce všech nalezených popisů. V opačném případě vyber nové jádro z dosud nepokrytých pozitivních příkladů.

Generalizace je zobecňující funkce. Když jsou dány predikáty, které mají popisovat strom (být živý, růst ze země, atd.), generalizace mi vezme nějakou podmnožinu z těchto daných. Například mít kmen je generalizace popisu stromu. Maximální generalizace je pak generalizace, co pokrývá co největší počet příkladů. Je samozřejmé, že maximální generalizace mohou být různé a přesto pokrývat tytéž příklady.

Preferenčním kritériem zde může být například cena produktu, nebo cokoliv, co upřednostňujeme více.

Vezmeme-li tabulku předchozího příkladu a provedeme na něm tento algoritmus AQ, dostaneme, že pojem „+“ je nejlépe popsán takto:

$$(\text{Atribut 1} = Y) \vee [(\text{Atribut 1} = X) \wedge (\text{Atribut 2} = R)]$$

Samotný postup na příkladě tu nebudu rozebírat, neboť je velice jednoduchý.

Samozřejmě nemusíme mít vždy klasifikaci jako takovou. Může se nám stát, že nebudeme mít vedle sebe nějakého mentora, který nám řekne, co je správně, a co ne. Je zde snaha udělat algoritmus, který nám rozdělí objekty na dvě i více různých skupin. Shrňme tento algoritmus do čtyř bodů opět převzatých z knihy Umělá Inteligence 1 (Mařík, Štěpánková, Lažanský a kolektiv, 1993):

1) Z množiny všech příkladů náhodně vybereme k jader (číslo k zadává uživatel). Označme je e_1, \dots, e_k .

2) Pro každé jádro hledáme dostatečně obecný popis, který by jej odlišil od všech ostatních jader. Každý takový popis nazveme protokonceptem. Máme tedy tolik protokonceptů, kolik je jader. Všimněte si, že v této chvíli se protokoncepty budou protínat.

3) Provedeme optimalizaci protokonceptů tak, aby byly disjunktní. Jako výsledek dostaneme množinu konceptů. Zpravidla existuje několik různých řešení (množin konceptů), z nichž pomocí vyhodnocovací funkce vybereme nejlepší.

4) Není-li splněno kritérium zvolení ukončení, vybereme nová jádra a přejdeme zpět ke kroku 2. Jádra volíme tak, že z každého stávajícího protokonceptu vybereme jedno.

Vezměme takovéto objekty:

	Atribut 1	Atribut 2	Atribut 3
Objekt 1	A	2	110
Objekt 2	A	4	100
Objekt 3	B	2	9
Objekt 4	B	3	10
Objekt 5	C	5	20
Objekt 6	C	4	15
Objekt 7	A	5	200
Objekt 8	B	4	50

Náhodně vybereme dvě jádra, například Objekt 2 a Objekt 5. Když provedeme maximální generalizaci jejich popisů, tak aby popis jednoho objektu nepopisoval zároveň i objekt druhý, dostaneme dva protokoncepty:

protokoncept Objektu 2: (Atribut 1 \neq C) \vee (Atribut 2 \neq 5) \vee (Atribut 3 \neq 20)

protokoncept Objektu 5: (Atribut 1 \neq A) \vee (Atribut 2 \neq 4) \vee (Atribut 3 \neq 100)

Zbývající objekty ovšem vyhovují oběma těmto popisům. Vezmeme tedy seznam L , kde jsou všechny objekty, které vyhovují oběma popisům. Vezmeme jeden z objektů L a dáme ho do

prvního shluku – to je k Objektu 2 - a poté do druhého – to je k Objektu 5. Vytvoříme u každého shluku nový koncept a podle daných kritérií vybereme lepší možnost. V našem příkladě nám například více vyhovuje toto:

koncept kolem Objektu 1 a 2: (Atribut 1 = A) \wedge (Atribut 2 = 2..4) \wedge (Atribut 3 = střední)

koncept Objektu 5: (Atribut 1 \neq A) \vee (Atribut 2 \neq 4) \vee (Atribut 3 \neq 100)

Střední hodnota Atributu 3 znamená rozmezí od 30 do 150. Pod 30 jsou hodnoty malé a nad 150 jsou hodnoty velké.

Objekt 1 tedy začleníme do patřičného shluku. Celou proceduru opakujeme do vyprázdnění seznamu L. Tímto rozdělíme objekty na dva různé shluky. Nakonec začne program jinak s jinými jádry, aby vytvořil co nejvíce různých možností rozdělení a vybral z něj to nejvhodnější.

Existují i jiné algoritmy na strojové učení, ale ony výše uvedené byly nejtěžejnější a nejznámější.

IV.4 Plánování

Pokud sestrojíme inteligentního robota, budeme ve své podstatě chtít, aby jeho mozek vykonával tři věci, kterými se docílí, že robot fyzicky udělá, co mu řekneme. Lépe řečeno, když řekneme robotovi, aby něco udělal, udělá to díky poslušnosti svých algoritmů. Má v sobě totiž zabudován jeden velký algoritmus, který má i každý člověk, aniž by si to nějak uvědomoval. Tento algoritmus má několik bodů:

- 1) *Vnímání okolního světa pomocí receptorů, které máme k dispozici.*
- 2) *Porozumění okolnímu prostředí; průběžná tvorba a aktualizace vnitřního modelu světa.*
- 3) *Autonomní tvorba plánů nad modelem světa, které vedou k dosažení zadaného cíle/cílů.*

První bod jsme rozebrali víceméně v kapitole první a druhý bod se především týká strojového učení. Robot musí umět kategorizovat do skupin, což je algoritmus AQ nebo onen algoritmus bez klasifikace. Zbývá tedy objasnit, jak robot plánuje.

Plánování jako takové je nejlepší řešit pomocí dekompozice. Znamená to rozdělení dané úlohy na (obvykle) jednodušší podúlohy. Bohužel jen zřídka lze rozložit úlohu na vzájemně nezávislé podúlohy, takže se úloha musí dělit na podúlohy *skoro nezávislé*. Poté se robot bude vždy zabývat jednodušší podúlohou.

Existují dva druhy akcí. Tak zvané reverzibilní a ireverzibilní. Tedy akce, které když provedeme, můžeme je bez úhony vrátit zpátky do stavu, ve kterém jsme začínali (reverzibilní), a akce, se kterými toto udělat nelze (ireverzibilní). Příklad reverzibilní akce je například parkování auta, kdy se vždy můžeme vrátit a zkusit zaparkovat znovu, pokud to napoprvé nevyjde. Ovšem ireverzibilní akce je například rozbití onoho auta při parkování.

Výhodou plánování je to, že můžeme plánovat úlohu bez toho, abychom prováděli dané úkony v reálném světě. Problém ovšem je, že nemůžeme přesně odhadnout, jak se reálný svět bude chovat po provedení našich akcí. Když si naplánujeme, že zaparkujeme auto, tak to zkrátka neznamena, že se nemůže stát, že ho nabouráme. Jsou situace, kdy nám daná nepředvídaná situace vadí natolik, že nemůžeme pokračovat v úloze. V příkladu se zaparkováním auta by to byla situace, kdy bychom auto rozbili tak, že by nebylo pojízdné. Na druhou stranu jsou také situace, které nám nevadí ve splnění úlohy. Uložíme-li při parkování jen zrcátko, auto lze zaparkovat. Musíme ovšem vědět, které úlohy toto může ovlivnit.

Existují dva přístupy. Jeden je takový, že se úlohy řeší „za pochodu“, tedy od plánování upustíme. Druhý přístup, který je výhodnější, je přepracovávat plán, pokud se objeví situace, se kterou jsme nepočítali. To znamená, že v případě nepojízdného auta můžeme zbytek plánu zahodit a v případě ulomení zrcátka jen plán přepracujeme tak, abychom se dostali do žádaného stavu - tedy zařídíme opravu. Je dobré si pro tento druhý případ kromě rozdělení úlohy pamatovat ještě vztahy mezi podúlohami, konkrétně to, zda se ovlivňují, nebo jsou nezávislé. Kdyby nastal případ, že se musí jedna podúloha opravit, musí se počítat také s tím, že ostatní, které jsou s ní v nějakém vztahu, se mohou také měnit.

Existuje tak zvaný *svět kostek*. Je to velmi jednoduché prostředí, ve kterém jsou úlohy snadno řešitelné, ale přesto se v něm dají ukázat hlavní problémy algoritmů plánování. Toto prostředí

vypadá takto. Máme pracovní desku, na které jsou kostky – všechny jsou stejně velké, ale jsou jednoznačně určitelné (například barvou). Kostky mohou ležet na stole, nebo je lze naskládat na sebe. Dále zde je robotova ruka, která manipuluje s kostkami. A v poslední řadě jsou zde akce, které může robotova ruka vykonávat (převzaté z knihy Umělá Inteligence 1, Mařík, Štěpánková, Lažanský a kolektiv, 1993):

UNSTACK (A, B) – Uchop kostku A, která se nachází na kostce B. Předpokladem této akce je, že ruka robota je prázdná a že na kostce A neleží žádná jiná.

STACK (A, B) – Postav kostku A na kostku B. Ruka robota musí kostku A držet a na kostce B nemůže být žádná jiná.

PICKUP (A) – Zvedni kostku A z povrchu stolu. Ruka robota nesmí držet nic a kostka A nemůže mít na sobě žádnou jinou.

PUTDOWN (A) – Polož kostku A na stůl. Ruka robota musí před provedením této akce držet kostku A.

Dále jsou zde ještě zavedeny tyto predikáty:

ON (A, B) – Kostka A stojí na kostce B.

ONTABLE (A) – Kostka A leží na stole.

CLEAR (A) – Na kostce A neleží žádná jiná kostka.

HOLDING (A) – Ruka robota drží kostku A.

ARMEMPTY (A) – Ruka robota je prázdná.

Mezi těmito predikáty lze najít různé logické vazby, ale vypisovat je zde nebudu.

Plánování jakožto systém pro řešení úloh má nevyhnutelně tyto funkce:

1) *Výběr nejvýhodnějšího pravidla.*

2) *Aplikovat toto pravidlo.*

3) *Zjistit, zda bylo nalezeno řešení.*

4) Najít slepé cesty, aby je systém mohl vyřadit z uvažování.

5) Detekovat skoro správné řešení, které lze vhodnými algoritmy opravit na zcela správné.

Je zajímavé, že každou úlohu lze převést na dokazování věty v predikátové logice. Lze toho dosáhnout tak, že ke každému predikátu zavedeme ještě jeden parametr. Tomuto parametru se říká situační a nově vzniklým pravidlům se říká situační kalkulus. Tento kalkulus a v něm plánování vymyslel pan Green. Vypadá to takto. Vezmeme tedy predikát ON (A, B, S) a přidáme k němu parametr S. Takto to uděláme s každým predikátem a každou operací. Řešení úlohy pak odpovídá konstrukci důkazu věty: Start $[S_0] \rightarrow$ Cíl $[S]$. Zavádí se zde ještě jedna funkce. Je to funkce DO a vypadá například takto:

CLEAR (Y, DO (UNSTACK (X, Y), S))

Funkce DO nám zde vypočítává nový stav, který vznikne po provedení dané akce.

Vraťme se k systému plánování a bodu číslo jedna. Výběr pravidla je v zásadě velmi jednoduchý. Nejprve se vezme startovní a cílový stav a určí se množina rozdílů. Pro tyto rozdíly se pak vyberou ta pravidla, která jsou pro redukci těchto rozdílů nejvýznamnější.

Bod dva, aplikace pravidel a s tím spojený výpočet nového stavu. Pro výpočet nového stavu je stěžejní znát stav původní a vědět, co provedená akce může změnit. V Greenově situačním kalkulu se to provádí přes tak zvané rámcové axiomy. Pro každý predikát je zde velký počet dalších axiomů, které říkají, co se změní pravidlem, a co ne. Bohužel zde musí být i to, co je na dané akci nezávislé (například s použitím operace UNSTACK se nemění barva), proto je to pro složitější úkoly nevýhodné svou rozsáhlostí. Lepší výpočet funguje v systému STRIPS, kde jsou ke každému predikátu připojeny tři seznamy:

ADD – Seznam nových predikátů, které se stávají aplikací tohoto operátoru pravdivými.

DELETE – Seznam predikátů, jejichž platnost je aplikací operátoru porušena.

PRECONDITION – Seznam predikátů, které musí platit, aby mohl daný operátor být použit.

Predikáty, které nejsou v ADD a DELETE seznamu, se nezmění použitím operátoru. Když se tedy použije v systému STRIPS operátor, do aktuálního světa se přidají predikáty ze seznamu ADD a smažou se predikáty ze seznamu DELETE. Navíc, pokud budeme zaznamenávat, jaké

operátory jsme použili a na jaké objekty, můžeme zpátky vystopovat výchozí stav. To v případě, že chceme prozkoumat i jiný postup, než který jsme právě prozkoumali.

Nyní se zamyslíme nad detekcí cílového řešení, tedy nad bodem číslo 3. Když je cílový stav explicitně popsán, pak je rozpoznání cílového stavu záležitostí přímé unifikace, tedy nic složitějšího. Ovšem není-li to tak, je to problém podstatně složitější. Zde nám opět pomůže predikátová logika. Vezmeme, co chceme dokázat, a pokud lze podat v daném stavu důkaz onoho tvrzení, pak jsme našli konečné řešení, jinak se musí podat posloupnost operátorů, kterými se dostaneme do takového světa, kde to bude moci být dokázáno.

Pro detekci slepých cest se dá použít stejný postup jako na nalezení cílového řešení. Jako slepé cesty se označí ty, které vedou do stavu, z něhož nemůže být prokazatelně dokázáno ono tvrzení, které dokázat chceme.

Nakonec pro opravu neúplných řešení se jeví jako nejlepší taková metoda, kdy se o pořadí operátorů, o tom, jak budou následovat za sebou, rozhodne až úplně nakonec. Nejprve se zváží vzájemné závislosti a nakonec se rozhodne přesné pořadí.

Zajímavé je ještě plánování se zásobníkem, které funguje na tomto principu. Nejprve se stanoví predikáty, které má mít cílový stav. Napíší se do zásobníku. Nyní se probírá vždy první z nich a studuje se, kterým operátorem se dá dosáhnout onoho cíle. Může zde být více alternativ, ale vždy si robot musí vybrat jedno řešení. Buďto toho lze docílit tak, že je přímo v PRECONDITION seznamu napsáno, že toto je lepší operátor pro daný problém, nebo robot vyhodnotí některou z alternativ za neefektivní. To udělá tak, že pozná, že jeden operátor přidává nové cíle do našeho zásobníku. Když nalezne dobrý operátor, přidá ho na vrchol zásobníku a přidá tam také jeho PRECONDITION seznam. Takto to provádí s každým predikátem, který je na vrcholu zásobníku. Pokud je predikát splněn v daném stavu, pak ho ze zásobníku ubírá. Když se na vrchol zásobníku dostane nějaký operátor, robot ho škrtně a zapíše si ho na seznam provedených operací. Když dojde na konec, může vytisknout seznam provedených operací v pořadí, ve kterém je získal. To bude řešení dané úlohy.

IV.5 Roboti a skutečnost

Tato podkapitola je závěrem celé práce a uvádí zde různé *inteligentní* roboty v praxi, kteří jsou více či méně úspěšní. Zatím se roboti omezují hlavně na navigační a orientační problémy. Tedy hledání nejkratší, nerychlejší trasy, nebo autonomní vozidla. Dále jsou to krácející roboti.

Robot se systémem s umělou inteligencí pro navigaci servisních vozidel je vyvíjen na ČVUT v Praze. Výsledkem je systém s 24 sonarovými hloubkoměry v kombinaci s odometrickým systémem. Odometrický systém je systém, kdy páté kolo, vlečené na přídatném rameni, umožňuje přesně měřit rychlost a směrové odchylky. Robot dosáhne cílové pozice v prostorech, kde se nikde nemůže zaseknout.

Dalším robotem je MOPS (Mobil Post System), který byl vyvinut v roce 1996 ve švýcarském Státním technologickém institutu. Jeho úkolem je rozvoz pošty po několikapodlažní budově. Oproti výše zmíněnému robotovi má větší škálu senzorů pro vnímání okolí. Výsledkem je fakt, že je rychlejší a využívá i předdefinovaných heuristik (několikanásobné pokusy o průjezd v úzkém prostředí, hlasová žádost na uvolnění průjezdu atd.)

Autonomním mobilním robotem je také robot ROAMER, vyvinutý v laboratořích Siemens AG v roce 1994. Zatímco ostatní roboti využívají jen jednu charakteristiku prostředí, ROAMER jich využívá podstatně více. Systém vytváří hypotézy a ukládá k nim jejich věrohodnost a přípustnost. Hypotézy následně ověřuje, pohybuje-li se v okolí daného bodu, o kterém má onu hypotézu. Jeho cílem je zmapovat dosud neznámé prostředí.

V poslední řadě zde uvedu onoho robota s potkaním mozkiem, o kterém jsem již mluvil v kapitole třetí. Jde zde také totiž o autonomního robota, který jen zastavuje před překážkami a hledá zadanou cestu. Byl vyvinut v roce 2008 ve Velké Británii. Pro vnímání okolí má pouze ultrazvukové senzory.

Dále zde máme krácející roboty, kteří mají kvůli stabilitě většinou více končetin (čtyři nebo osm), a jsou proto často označováni jako „pavoukovitý“ robot. Jedním takovým je robot vyvinutý na univerzitě v Karlsruhe v roce 1995. Tito roboti ovšem nemají v principu mnoho účelů. Jedná se spíše o soutěž, kdo vyrobí robota podobného člověku dříve.

Další kráčejší robot byl osminohý robot vyvinutý ve Výzkumném centru Siemens v roce 1994. Tento robot měl svůj účel. Byl určen na inspekci nepřístupného potrubí. Motivací pro zkonstruování tohoto robota byl nedostatek podobných robotů, kteří by dokázali zdolávat překážky. Jeho důležitou vlastností bylo to, že dokázal samostatně znovu obnovit svou činnost při pádu nebo skluzu.

Samotný univerzální inteligentní robot vyvinut ještě nebyl.

Literatura a prameny

Literatura

Mařík V., Štěpánková O., Lažanský J. a kolektiv: Umělá Inteligence 1, Academia, nakladatelství Akademie Věd České republiky, Praha, 1993

Mařík V., Štěpánková O., Lažanský J. a kolektiv: Umělá Inteligence 2, Academia, nakladatelství Akademie Věd České republiky, Praha, 1997

Mařík V., Štěpánková O., Lažanský J. a kolektiv: Umělá Inteligence 3, Academia, nakladatelství Akademie Věd České republiky, Praha, 2001

Mařík V., Štěpánková O., Lažanský J. a kolektiv: Umělá Inteligence 4, Academia, nakladatelství Akademie Věd České republiky, Praha, 2003

Čapek K.: R. U. R. / Bílá nemoc / Matka, Československý nakladatel, Praha, 1958

Asimov I.: I, Robot (Já, robot), nakladatelství Triton, Praha, 2000

Lidové Noviny 13. 8. 2008: sekce Věda, článek „Vodivá kůže pro roboty“

Lidové Noviny 15. 8. 2008: sekce Věda, článek „Číslo 1 žije! Robota řídí neurony“

Prameny

www.wikipedia.org