Robotí kopaná

Dříve než začnu psát o kopané robotů musím přiznat, že jsem vždy hrál spíše odbíjenou nebo košíkovou. Kopat moc neumím, a když už jsem někdy „kopal“, tak nejčastěji v brance. Na ligové kopané jsem byl jedenkrát v životě. Radost z gólu ale znám. Snad mi tyto omezené znalosti, zkušenosti a dovednosti nezabrání lidskou a robotí kopanou srovnat. Tuto naději zdůvodňuji tím, že robotí kopaná je dnes, slušně řečeno, velmi, velmi jednoduchá. Na první pohled, tj. zvnějšku z hlediska kopané lidské. O to srovnání nakonec ani tolik nejde. Jde o to, že tím mohu z několika hledisek ilustrovat **stav vědní disciplíny**, která se nazývá umělá inteligence. Ta je základem robotí kopané.

Umělá inteligence (budu zkracovat AI, z angl. artificial intelligence) ve smyslu zkoumaného jevu, je schopnost stroje **napodobovat inteligentní lidské chování**; ve smyslu vědního oboru, je to obor, který se tímto zkoumání zabývá (http://www.m-w.com/cgi-bin/dictionary). V disciplíně AI dnes převažuje **analytický přístup**. AI se zabývá hlavně detailním zkoumáním dílčích mechanizmů, ze kterých by se AI (jako jev) mohla skládat. Odhaduji, že se těmto dílčím mechanizmům v AI věnuje 80% z celkových kapacit. To je myslím příliš mnoho, a je to na úkor zkoumání synteticky zaměřených přístupů. Mám ale dojem, že v tom není AI sama, že to je problém i mnoha dalších vědních oborů.

Na robotí kopané se mi líbí zejména to, že dílčí zkoumání diskriminuje. Robot, který „nechce“ vypadat jako málo inteligentní nebo který nechce, aby jeho konstruktéři vypadali jako málo inteligentní, pracovití apod., musí např. vnímat prostředí, a to dostatečně přesně, musí aktivně, dostatečně přesně a rychle prostředí ovlivňovat, musí si to ovlivňování naplánovat, musí prostředí dostatečně přesně v sobě reprezentovat a musí toto vše v sobě skloubit, integrovat tak, aby to vše dohromady pracovalo. 80% AI se vyjmenovaným dílčím činnostem samozřejmě věnuje, ale většinou ještě na daleko více dílčí a detailnější úrovni.

Robotí **kopaná** se na celosvětové úrovni hraje dva roky. V roce 1992 se o ní začalo na odborné úrovni diskutovat, v roce 1995 byly vyhlášeny První celosvětové hry robotů v kopané, které se v roce 1997 v Nagoji také konaly jako RoboCup-97. Současně s posledním klasickým mistrovstvím světa v kopané se v Paříži uskutečnil i RoboCup-98. Letos se konaly již třetí hry, RoboCup-99. Byly uspořádány současně s největší a nejdůležitější světovou konferencí o AI, IJCAI-99 ve Stockholmu. Soutěže probíhaly ve čtyřech kategoriích, a to v kategoriích středních, malých, kráčejících a simulovaných robotů.

V kategorii středních robotů hraje na hřišti 9 x 5 m v každém týmu maximálně pět robotů. Hrají s míčem, který vypadá jako menší míč na košíkovou. Roboti mají průměr okolo 50 cm, pohybují se na motory samostatně pohaněných kolech, někteří mají tzv. kopací mechanizmus, pomocí kterého střílí na bránu nebo přihrávají, mají vlastní video kamery a další snímací čidla po libosti svých návrhářů, a jsou radiem propojeni se svými hlavními počítači. V těchto počítačích je uložena největší část „inteligence“ robotů, tj. jejich hlavní řídící programy. Roboti jsou poháněni dobíjecími bateriemi.

Kategorie malých robotů se hraje na menším hřišti velikosti pingpongového stolu, roboti jsou menší, přibližně s průměrem 15 cm, hrají s menším, golfovým míčkem, nemají vlastní snímací kamery, ale kameru společnou, jejíž signály zpracovávají počítače jednotlivých robotů, které opět radiem roboty řídí. Roboti této kategorie jsou menší, ale rychlejší než předchozí. Pohybují se rychlostí do 2 m/s.

V kategorii kráčejících robotů hrají v týmech maximálně tři roboti opět na hřišti velikosti pingpongového stolu. Míč mají oproti kategorii malých robotů vetší a měkčí. V předchozích kategoriích návrháři robotů navrhují jak hardware, tj. hlavně jejich mechaniku a elektroniku, tak software. V kategorii kráčejících robotů návrháři navrhují pouze řídící program, protože vlastní robot je standardní. Je to čtyřnohý (umělý) pes – hračka firmy Sony. Ten má nohy s třemi klouby, hlavu s možností otáčení se třemi stupni volnosti, tj. „na všechny strany“, v hlavě má snímací kameru a má i ocásek, kterým vrtí, když se mu daří. Když se mu naopak nedaří, tak se zdá, že má něco jako nepodmíněný reflex; svalí se na zem a chvíli se z toho vzpamatovává. Docházelo pak i ke komickým situacím, kdy se většina hráčů válela na zemi. Tento robot je zcela autonomní, všechnu svou „inteligenci“ si nosí s sebou. Utkání robotů byla řízena lidským soudcem.

V kategorii simulovaných robotů je vše simulováno v počítači a zobrazováno na obrazovce počítače. Hraje 2 x 11 „robotů“, kteří jsou na obrazovce s nakresleným hřištěm zobrazeni jako pohybující se různobarevné body, podobně jako míč. Jejich pohyby jsou velmi rychlé. Často jsem je ani nestačil sledovat. Protože zde předkládám hlavně své dojmy z robotí kopané, nebudu se simulované kopané příliš věnovat. Všech kategorií se dohromady zúčastnilo okolo 100 týmů. Některé dokonce, na doporučení pořadatelů, daly předem k dispozici stručný popis svého řešení, který byl dostupný na Webu. To přispělo ke kultivaci některých diváků. Ti mohli odborněji fandit, protože snad trochu lépe rozuměli tomu, co se na hřišti dělo.

Cílem hry je dát co nejvíc gólů a co nejméně dostat. Základní **postup** je jednoduchý. Chce to vědět, kde je míč, vědět, kde jsem já (robot), rychle se dostat k míči tak, abych ho mohl vystřelit na bránu nebo dotlačit do brány a netrefit přitom brankáře. Složitější nebo další strategie mohou být: obejít protihráče, dostat míč z rohu hřiště, bránit, zpracovat pohybující se míč, přihrát. I jednotlivé úkony základního postupu dělaly robotům potíže. Roboti byli citliví na barvy, stíny a světelné poměry. V kategorii kráčejících robotů, kteří hráli v modrých a červených dresech si často červení pletli oranžový míč se spoluhráčem. Např. se někde v rohu vzájemně strkali a nechali protihráče, ať si dává vlastní góly (jak to líčím dále). Také základní spolehlivost dělala potíže. Dost často hrála jen polovina z možných hráčů. Dokonce v jednom utkání hrozilo, že na hřišti budou hráči jen jedné strany. Roboti ovšem nehráli také proto, že byli vylučováni. Museli dodržovat určitá pravidla, ale někteří pravidla zřejmě dobře neznali. Ze všech utkání reálných robotů jsem jich viděl tak 15. V nich jsem viděl jednu přihrávku. Tedy, vypadalo to jako přihrávka a obecenstvo to odměnilo velkým potleskem.

Smyslem robotí kopané je podporovat výzkum v AI tak, aby bylo možno na standardním problému (kopané) zkoumat **možnosti integrace** široké škály AI teorií, algoritmů a architektur. Dlouhodobým konkrétním cílem robotí kopané je postavit v roce 2050 tým dvounohých zcela autonomních robotů, kteří v rámci FIFA pravidel porazí lidský tým mistrů světa. (Po vzoru programu Deep Blue, který v roce 1997 porazil mistra světa v šachu.) Tím je prakticky řečeno vše. Uvědomil jsem si to „vše“, až když jsem to viděl na vlastní oči a slyšel na vlastní uši na IJCAI-99. „Vše“ pro mne znamená, že robotí kopaná je velmi vhodným prostředím pro zkoumání AI, protože 1) nutně vede k integraci, 2) využívá převládajícího pozitivního citového vztahu ke kopané, jako nejrozšířenějšímu sportu na světě, a využívá všeobecně rozšířené znalosti fotbalového prostředí, 3) vizualizuje a zesrozumitelňuje výsledky výzkumu nejen pro výzkumníky, což je důležité samo o sobě, ale i pro laiky, což je možná ještě důležitější. Také, přestože se na konferenci platily poměrně vysoké konferenční poplatky, na RoboCup-99 byl vstup zdarma i pro laickou veřejnost.

Vše je jistě relativní, ale ti roboti jsou dnes strašně hloupí. Používají složité špičkové výpočetní technologie, ale na první pohled vypadají hloupě. Nám se zdá, že jsou inteligentní, přesněji některým z nás se zdá, že jsou inteligentní, podobně že počítače jsou **inteligentní, protože jim nerozumíme**. To ale není správné kritérium inteligence. Správné, zatím nepřekonané Turingovo kritérium (umělé) inteligence je, že se stroje chovají podobně, jako lidé; tak, že je od lidí nerozeznáme, pokud pomineme takové triviální lidské vlastnosti jako tělo, hlas apod. To je jistě poněkud antropocentrické, ale nic lepšího zatím nemáme. AI se sama přímo **zabývá hodnocením** svých technologií. Poměrně složitě, ale systematicky a přesně počítá nebo měří různé spolehlivosti, chybovosti apod. a jednotlivé technologie srovnává. V publikovaných pracích se můžete dočíst formulace jako: „Popsanou metodu jsme otestovali na těch a těch standardních testovacích vzorcích. Pro srovnání jsme provedli na stejných vzorcích testování několika dalších známých metod. Pro většinu testovacích vzorků dává naše metoda nejméně o 3,1% lepší výsledky než další nejlepší testované metody.“ Nebo: „Vytvořili jsme systém na řízení dopravy velkoměsta. Průjezdnost se zlepšila o 5,2 %.“ Tento přístup je asi také součástí dnešního trendu - zatímco před takovými 15 lety se statistika a pravděpodobnost v AI téměř neužívala, vše bylo deterministické, nebo nedeterministické, dnes je téměř **vše pravděpodobnostní**. Je to i pochopitelné. Vývoj přirozeně postupuje od jednodušších ke složitějším řešením. Jistou roli tu ale hraje i móda, to „co se nosí“.

Mimochodem, okolo těch robotů se pohybují velice **mladí lidé**. Je to nejspíše dáno tím, jak projekty vznikají. Často se jedná o projekty, vznikající na vysokých školách, kde studenti v rámci výuky robotiky nebo příbuzných předmětů řeší jednotlivé dílčí moduly nebo úkoly konstrukce robota nebo robotů. Pro studenty, ale nejen pro ně, je možnost soutěžení velkou motivací. Škola hrou. Mládí není ovšem jen v robotice. Mladě vypadala většina účastníků IJCAI-99. Dá-li se z toho ticícového vzorku soudit na celou AI, pak je i AI mladá.

V robotí kopané nepotřebujete počítat (zatím?) procenta. Rozdíly nebo **nedostatky jsou příliš zřejmé**, jsou vidět na první pohled. Okamžitě vidíte, že ačkoliv autoři o svém týmu při představování řekli, že pro reprezentaci znalostí používá neuronových sítí, což je zřejmě irelevantní, má asi vážné potíže s identifikací objektů, protože jinak by si to asi těžko namířil s míčem za jásotu diváků přes celé prázdné hřiště, zatímco se protivníci zabývají sami sebou, do vlastní branky. Dvakrát za sebou. Výsledek 2:0. (To popisuji epizody skutečného zápasu. Pouze skutečnou reprezentaci znalostí jsem nahradil reprezentací neuronovou sítí, abych se skutečné reprezentace „nedotkl“.) Jeden z přínosů robotí kopané je, že to je taky velká legrace. Alespoň pro nezúčastněné diváky. Pro servisní tým ne. Ten se na místě dost zapotí. Vlastně se potili i diváci, protože místnosti a sály, kde se utkání konala, byly zejména ke koncům turnajů narvané.

Mne zajímá **strojové učení**. Tak brzy vidím, že ačkoliv se v základní deklaraci k RoboCup-99 tvrdí, že roboti by měli pracovat a spolupracovat jako autonomní agenti, uvažovat v reálném čase, vytvářet strategie, a mj. se i učit, tak se buď neučí nebo učí „něco jiného“. Jinak by se snad roboti, snad všech týmů, nemohli znova a znova pokoušet přelézt šikmý mantinel hřiště. To je mimo jejich fyzické možnosti. Ale oni to neví. A naučit se to zřejmě nedovedou. Oni jen ví, že v této konfiguraci míče, brány a jich samotných se musí dostat do bodu, který si vypočítali. Roboti se trápí a s nimi asi i jejich přítomní tvůrci, ale mne to uspokojuje, protože to potvrzuje můj názor, že dnes nejvíce používané jednoduché přístupy ke (strojovému) učení nejsou dostačující, že je třeba

zkoumat učení ve složitých prostředích, učení vytvářející složité, rozsáhlé a strukturované báze znalostí. Když jsem napsal „roboti se trápí“, tak to bylo nepřesné. Správnější by bylo napsat roboti se netrápí, protože nic takového zatím neznají, ale to je právě jejich nedostatek; kdyby se trápili, snažili by se své trápení vyřešit …

Duševní - výpočetní procesy robotů jsou najednou tou **vizualizací daleko srozumitelnější**. Je okamžitě zřejmé, že jeden střílí na bránu daleko přesněji než druhý. K jednomu zápasu malých robotů nastoupili takoví chudáčci. Byli proti svým soupeřům tak poloviční, a byli jenom tři (místo povolených pěti). Možná návrháři neměli peníze na další roboty. Hardware pro jeden malý robot prý stojí okolo 10.000 $. Takoví Davidové proti Goliášům. Měli sympatie diváků, ale asi jim málokdo věřil. Co se nestalo. Ti Davídkové se pohybovali možná víc než dvakrát rychleji i přesněji než Goliášové, viděl jsem, jak z trestného kopu z ostrého úhlu bez respektu vstřelili hezký gól. Brankář reagoval, ale se zpožděním cca 1 s … Nebo jindy, když se brankář lépe postavil, jak ho i s míčem s náznakem kličky hezky obešli a … vyhráli. Želbohu, ve finále nebyli. Nevím proč. (Program IJCAI i RoboCup byl nabitý a nedalo se stačit vše.) Možná byli rychlí, ale slabí a nechali se přetlačit. Robotí kopaná se chvílemi podobá přetlačování v ragby. Nebo se porouchal další robot a jediný zbývající v poli to už nestačil oběhat. Ale i z toho se lze poučit. V řešení robota by neměly být výrazné slabiny. Chce-li uspět, nemůže mít velice přesnou identifikaci polohy a špatné naplánování střetu s míčem nebo rychlý ale nepřesný pohyb nebo schopnost obejít protihráče ale nebýt spolehlivý.

Řadě věcí jsem rozuměl, alespoň jsem si to myslel. Řadě ne. Snad největším překvapením pro mne bylo celkové vítězství týmu Iránu v nejprestižnější kategorii středních robotů. Taky se hodně a hodně nahlas radovali. Proč by si nakonec nemohli i vědečtí pracovníci trochu zakřičet, zaskandovat a zazpívat. Asi jako fandové lidské kopané. Zatím jich jen nebylo tolik. Příliš nepřekvapila účast týmů Singapuru, Tchajwanu nebo Jižní Koreje. Přece jen trochu překvapila masivní účast týmů Německa a mrzela neúčast týmu z Čech.

AI provází i **extrémistické představy**. Na jedné straně pověst o nesplněných příslibech, na druhé obava z možné nadvlády nad člověkem. Význam robotí kopané je i v tom, že tyto představy trochu uvádí na pravou míru. Realisticky ukazuje současné možnosti AI. Má potenciál zpřístupňovat a popularizovat AI. To je důležité, protože by bylo např. dobré popularizovat přínos AI k pochopení procesu poznání a přispět tak mj. i k pochopení AI. Z toho co v AI víme o procesech plánování a učení by mělo být zřejmé, že předpovědi vědců o vývoji AI jsou právě jen hodně nejisté předpovědi. Zkoumáme-li nové nebo téměř nové jevy, tedy jevy o kterých téměř nic nevíme, těžko můžeme očekávat, že můžeme dobře odhadnout průběh výzkumného procesu, který s těmito jevy pracuje. Přesto právě k tomu přehnanému očekávání dochází a málem se z toho dělá tragedie.

V tomto článku jsem hodně pozornosti věnoval nedostatkům robotů. Ve výčtu by se dalo pokračovat. Např. že zřejmě nemají sebereflexi. Řada vlastních gólů totiž padla při nekontrolovaných, „neopatrných“ pohybech brankářů. To, že jsem se zde zabýval současnými nedostatky ve hře robotů však vůbec nemá vyznít pesimisticky. Nechtěl jsem je odsoudit tak, že by od nich pes kůrku nevzal. Naopak. Jsem **velký optimista**. Už hrají, už dávají góly. Někdy se štěstím, někdy se smůlou do vlastní branky. C’est la vie. Můj optimizmus je založen na tom, že nedostatky, alespoň některé, jsou zřetelně vidět. A identifikovaný problém je z poloviny vyřešený problém. Navíc, tyto problémy jsou v AI jako dílčí většinou řešeny a vyřešeny. Obecněji bych to formuloval tak, že na úrovni řízení disciplíny AI začíná fungovat pevnější zpětná vazba. A ještě obecněji: Ať vědomě nebo ne, pro řízení AI se začíná používat mechanizmus, zpětná vazba, kterým se AI jako zkoumaným jevem zabývá. Po první vlaštovce přiletí další. Některé už tu zřejmě jsou. Podobně soutěživým způsobem se vyhodnocují programy splňující Turingův test inteligence. Můj optimizmus je dále založen na tom, že je zřetelně vidět potřeba integrace. A bude-li se integrovat v robotice, bude se integrovat i ve zbytku AI. Tam je to potřeba možná ještě více. Jsem optimista také proto, že na robotí kopané je také vidět potřeba citové zaangažovanosti, motivace. AI sama se city zatím příliš nezabývá. Zatím …