

**NÁVRH PRÍKLADOV NA CVIČENIA Z PREDMETU
ZÁKLADY UMELEJ INTELIGENCIE 1**

BAKALÁRSKA PRÁCA

Adam Hlavačka

**UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY
KATEDRA APLIKOVANEJ INFORMATIKY**

Aplikovaná informatika 9.2.9

Doc. RNDr. Mária Markošová, PhD.

BRATISLAVA 2008

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som túto bakalársku prácu vrátane príloh vypracoval sám pod odborným vedením vedúceho bakalárskej práce Doc. RNDr. Márie Markošovej, PhD.

V Bratislave dňa

.....
Adam Hlavačka

ABSTRAKT

Cieľom mojej bakalárskej práce je pripraviť študentov predmetu Základy umelej inteligencie 1 (ďalej len ZUI) na úspešné zvládnutie skúšky z tohoto predmetu. Obsahom tejto práce sú príklady na cvičenia z tohto predmetu aj so vzorovými riešeniami, pomocou ktorých chcem zadaný cieľ dosiahnuť.

The goal of my bachelor work is to prepare students of the Basics of Artificial Intelligence (ZUI) subject to successfully pass the final examination test from this subject. The contents of this work are exams for excersices of this subject with model solution, with which I want to achieve the given goal.

OBSAH

ÚVOD

Cieľom mojej bakalárskej práce je pripraviť študentov na záverečnú skúšku z predmetu Základy umelej inteligencie 1 (*d'alej len ZUI*), konkrétne na úspešné zvládnutie skúšky. Tento cieľ chcem dosiahnuť pomocou rôznych príkladov na cvičenia z tohoto predmetu, čo je vlastne aj obsahom tejto práce. Vzhľadom na fakt, že predmet ZUI obsahuje 10 prednášok a aj presne 10 cvičení počas semestra, tak aj počet cvičení v mojej práci bude presne 10. Každé jedno cvičenie musí byť v súlade s osnovami a s prednáškami predmetu.

Keďže sa obľúbenosť a teda aj počet študentov tohoto predmetu každoročne zvyšuje, tak bola aj forma skúšky zmenená z ústej na písomnú – teoretickú. Z toho vyplýva, že aby som úspešne splnil cieľ svojej práce, tak by mali aj cvičenia byť v teoretickej forme, čo aj väčšinou budú.

K uľahčeniu dosiahnutia cieľa môže prispievať aj fakt, že ja sám som tento predmet úspešne absolvoval minulý semester a teda mám nielen teoretické, ale aj praktické skúsenosti s danou problematikou umelej inteligencie a predmetu ako takého.

Tieto príklady nie sú určené ako celok na konkrétne jedno celé cvičenie. Z tohoto dôvodu nebola ani testovaná ich časová náročnosť a náročnosť ako taká. Preto odporúčam tieto príklady kombinovať s už existujúcimi príkladmi a/alebo s príkladmi z iných prác či zdrojov. Rovnako nie je k príkladom pridelené ani ich bodové hodnotenie nielen z už vyššie uvedeného dôvodu, ale aj z dôvodu možnej zmeny bodovania a štruktúry celého predmetu. Týmto nechávam kombináciu príkladov, časovú a znalostnú náročnosť ako aj bodové hodnotenie príkladov na prednášajúcom respektíve na cvičiacom.

ÚVOD DO TEÓRIE

Skôr než pristúpim k samotným cvičeniam, venujem ešte zopár strán teórii o *umelej inteligencii*, ktorou sa celá práca zaoberá. Myslím, že tento úvod do teórie je veľmi dôležitý nakoľko je disciplína umelá inteligencia relatívne nová. Nielen pred štúdiom, počas svojho štúdia, ale aj po štúdiu tohto predmetu som sa stretal s ľuďmi, ktorí nevedeli o umelej inteligencii takmer vôbec nič, ba dokonca niektorí nevedeli, čo si pod týmto pojmom predstaviť.

Medzi takýchto ľudí som pravdupovediac patril aj ja a keďže sa aj počas písania tejto práce stretávam s nevedomosťou o čo i len základných princípoch umelej inteligencie, rozhodol som sa pre tento *úvod do teórie*, kde chcem *všeobecného čitateľa* dostať do problematiky. Za všeobecného čitateľa považujem človeka, ktorý nikdy v živote nepočul slovné spojenie „umelá inteligencia“ a preto si myslím, že najvhodnejšie je začať definíciou pojmu „umelá inteligencia“.

Na to, aby sme definovali pojem, čo je to umelá inteligencia, treba najprv definovať termín *inteligencia* ako taká. Podľa asi najznámejšieho zdroja, wikipédie, inteligencia je: „súbor rozumových schopností; schopnosť riešiť problémy za okolností sprevádzaných neurčitosťou; Pod slovom inteligencia sa tiež rozumie schopnosť vyťažiť dôležité informácie z daného množstva pozorovaní, ktoré nám zabezpečia prežitie“. Je však na mieste pripomenúť, že táto definícia nie je presná, nakoľko definícii inteligencie existuje viacero, podľa toho z akého hľadiska sa na ňu pozeráme.

Týchto hľadísk existuje pomerne veľa, napr. psychologické, medicínske, technické, počítačové, slovníkové, encyklopedické, kolektívne či hľadisko výskumníkov umelej inteligencie a iné.

Jednotlivými definíciami a ich vysvetlením sa zaoberať nebudem, lebo to je už nad rámec tejto práce. Uvediem však pár citácií definícii pojmu inteligencia z niekoľkých vyššie spomínaných hľadísk. Podľa Cambridge Advance Learner's Dictionary (2006) inteligencia je „schopnosť učiť sa, porozumieť a urobiť rozhodnutie alebo mať názor, ktorý je založený na

dôvode“. Slovníky ako Longman Dictionary alebo Contemporary English (obzár roku 2006) definujú inteligenciu takto: „Schopnosť učiť sa, porozumieť a rozmýšľať o veciach.“

Psychológ W. V. Bingham hovorí, že „...pojmom inteligencia by sme mali určovať schopnosť organizmu riešiť nové problémy.“ Avšak psychológ W. F. Dearborn si myslí, že „Inteligencia je kapacita učiť sa a profitovať zo skúseností.“

Prejdem teraz ešte k definíciám inteligencie z hľadiska oblasti, ktorá sa dotýka umelej inteligencie asi najviac. A tými sú definície inteligencie priamo od výskumníkov umelej inteligencie. B. Goertzel tvrdí, že inteligenciu definujeme podľa toho, ako systém „dosahuje komplexné ciele v komplexnom prostredí.“ D. Fogel považuje za inteligentný taký systém, ktorý „generuje adaptívne správanie za účelom dosiahnutia svojich cieľov v rámci prostredia, v ktorom sa nachádza.“

Ako možno vidieť, každá oblasť a každý vedec v danej oblasti si definuje pojem inteligencia po svojom. Čiže už len jednotná definícia pojmu inteligencia je problematická, ak je vôbec možná. Či budeme, ako ľudstvo, niekedy schopní definovať pojem inteligencia presne, úplne a exaktne tak, aby boli s tou definíciou boli spokojné všetky oblasti ľudskej činnosti, zostáva zatiaľ otvorenou otázkou. Tento nezdar jednotnej definície môžeme považovať za akúsi chybu, no na druhej strane nám odokrýva množstvo ďalších možností tejto vednej disciplíny. Jedno je však isté, inteligencia ako taká je veľmi zložitý a komplexný pojem zahrňujúci mnoho vedných oblastí.

Nepokúsím sa teda o jednotný záver, nakoľko by to bolo v rozpore s tým, čo je vyššie spomenuté a je to aj nad rámec tejto práce, no čitateľ si môže vytvoriť záver sám.

Prejdem teraz k termínu *umelá inteligencia*. Tento termín zahrňuje taktiež mnoho oblastí vedy a taktiež mnoho oblastí sa týmto termínom zaoberá.

Začnem znova Wikipédiou, podľa ktorej umelá inteligencia je „vedná disciplína, ktorá za pomoci počítačov, alebo systémov rieši určité úlohy využívaním takého postupu, ktorý keby to robil človek, považovali by sme tento prejav za prejav inteligencie.“ Otázku „Môžu stroje myslieť?“ riešili už od

17. storočia viacerí filozofovia ako napríklad Descartes, Pascal, Hobbes, ale len čisto vo filozofickej rovine. Táto základná otázka umelej inteligencie nie je dodnes vyriešená, hoci rovín, v ktorých sa na ňu pozeralo, jednoznačne pribudlo. Z týchto pohľadov následne vzniklo aj mnoho definícií. Rovnako ako v prípade pojmu inteligencia, tak ani definícia umelej inteligencie z Wikipédie nie je presná a ani z ďaleka nie je úplná. Dôvodom je znova komplexnosť a multidisciplinarita odboru umelá inteligencia.

Pre úplnosť niekoľko ďalších definícií však spomeniem. Kelemen a kolektív vo svojej knihe „Základy umelej inteligencie“ (1992) tvrdí, že „Umelá inteligencia je umelo vytvoriteľný jav, ktorý dostatočne presvedčivo pripomína fenomén ľudskej inteligencie.“ Russel a Norvig v diele „*Artificial Intelligence: A Modern Approach*“ (Umelá inteligencia – Moderný prístup) (2003) definujú umelú inteligenciu ako “štúdium a dizajn inteligentných agentov, kde inteligentný agent je systém, ktorý vníma svoje prostredie a koná tak, aby maximalizoval svoju šancu na úspech.”

Podobných definícií by som mohol uviesť oveľa viac, no dospel by som znova k záveru, že jednotná, presná a úplná definícia tohoto pojmu jednoducho neexistuje. To však ale nemení nič na fakte, že táto vedná disciplína má obrovský potenciál pre ľudstvo ako také a jej popularita sa v mnohých oblastiach a rôznych úrovniach ľudskej spoločnosti neustále zväčšuje.

Potenciál uplatnenia umelej inteligencie narastá už od jej vzniku a vzhľadom na pokračujúcu informatizáciu sveta rýchlosť nárastu tohto potenciálu bude len narastať. Dôkazom je súčasné uplatňovanie umelej inteligencie v reálnom živote v rôznych oblastiach ako napríklad medicína, robotika, astronómia, vojenská technika, výskum, ale aj hračky, právo či na burzách. Asi najtypickejší príklad aplikácie umelej inteligencie je komerčný predaj *samostatného* robotického vysávača Roomba od firmy iRobot. Doteraz sa používal iba teoretický princíp fungovania podobných robotov na výučbu umelej inteligencie na školách, no ako možno vidieť, už aj táto sa teória začína uplatňovať aj v komerčnom predaji a praxi. Asi jeden z posledných a významných príkladov uplatnenia umelej inteligencie je sonda Phoenix, ktorá dňa 26.5.2008 pristála na severnom póle Marsu, kde bude prakticky

samostatne riešiť vedecké úlohy, praktikovať výskum a hľadať známky mimozemského života. Myslím, že aj toto je dôkaz toho, že disciplína, ktorá sa aplikuje v najmodernejších sférach techniky, má obrovský potenciál.

Nevyužitie tohoto pozitívneho potenciálu by bolo veľkou chybou. Preto sa teória umelej inteligencie začína vyučovať aj na školách. Jednou z takýchto škôl resp. univerzít je aj Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave, kde sa už niekoľko rokov vyučuje predmet Základy umelej inteligencie (ZUI). Rovnako ako umelá inteligencia ako taká, tak aj pri tomto predmete môžeme spokojne tvrdiť, že jeho popularita rastie, nakoľko sa počet poslucháčov každoročne zvyšuje.

ŠTRUKTÚRA CVIČENÍ

Každé jedno cvičenie bude pozostávať zo štyroch častí:

- Teoretický úvod
- Zadania príkladov
- Vzorové riešenia
- Zhodnotenie cvičenia

V *teoretickom úvode* predostriem problematiku konkrétnej prednášky, vysvetlím základné pojmy a zvolím si hlavnú os tém, ktorej sa budem držať v ďalšej časti cvičenia. Týmto by som chcel uviesť čitateľa tejto práce, čo môže byť osoba znalá, ale aj neznalá danej témy, do rozoberanej teórie tak, aby bolo každému jasné, čo sa v tom ktorom konkrétnom cvičení bude študent precvičovať.

V časti *zadanie príkladov* budú konkrétne zadania príkladov, ktoré budú študenti riešiť. Tieto zadania budú písané v takej forme, aby ich bolo možné takto zadať už priamo študentom bez akéhokoľvek ďalšieho upravovania. Tu si budem klásť dôraz hlavne na exaktnosť a pochopiteľnosť zadania tak, aby za žiadnych okolností nemohlo dôjsť k nesprávnemu vysvetleniu zadania alebo aby sa nestalo, že študent dané zadanie nepochopí.

Súčasťou zadania mojej práce sú aj *vzorové riešenia* príkladov. Tieto riešenia budú písané vo forme, akou by mal študent daný príklad vyriešiť. Budem sa snažiť vytvoriť ich tak, aby boli čo najprehľadnejšie a presné. Túto časť cvičenia by mal mať samozrejme len cvičiaci.....

Na konci každého cvičenia napíšem krátke *zhodnotenie*, ktorým sa chcem spätne pozrieť na cvičenie a zosumarizovať ho ako celok. Odôvodním prečo som si vybral práve onen konkrétny okruh tém, vysvetlím prečo som si zvolil danú formu príkladov, pokúsim sa zistiť, čo študent týmto cvičením získal

a naopak - čo by sa mohlo ešte vylepšiť respektíve pridať do cvičení tak, aby študent získal dostatočnú prípravu a vedomosti na záverečnú skúšku zo ZUI.

1. CVIČENIE

1.1 TEORETICKÝ ÚVOD

Prvá prednáška zo ZUI tvorí akýsi úvod do celej problematiky umelej inteligencie a do celého predmetu ZUI. Je to prednáška motivačná, kde sa študenti okrem iného dozvedia niečo o histórii umelej inteligencie, jej rozdelení, jej popularizátorov či priekopníkov. Jedným z najznámejších priekopníkov umelej inteligencie bol Alan Turing, ktorý je známy nielen turingovým testom, ale aj tzv. turingovým strojom. Vzhľadom na fakt, že pôvodné cvičenie obsahuje príklad na zoznámenie sa s turingovým testom, rozhodol som sa pre príklad s turingovým strojom pomocou simulátora turingovho stroja na internete.

1.2 ZADANIE

1.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

1.4 ZHODNOTENIE

2. CVIČENIE

2.1 TEORETICKÝ ÚVOD

V druhej prednáške sa študenti dozvedia základné stavebné prvky teórie umelej inteligencie, ktorými sú pojmy ako agent, PEAS, rozdelenie agentov a prostredí do viacerých typov.

Agent je systém, ktorý vníma svoje prostredie pomocou senzorov a koná v danom prostredí pomocou efektorov. Za skratkou PEAS rozumieme 4 základné prvky agenta:

- P – Performance measure – miera úspešnosti agenta, pomocou ktorej hodnotíme ako efektívny je daný agent.
- E – Enviroment – prostredie, v ktorom sa agent nachádza.
- A – Actuators – aktuátory (akčné nástroje), pomocou ktorých agent koná a/alebo sa pohybuje v danom prostredí.
- S – Sensors – senzory, pomocou ktorých agent vníma a spoznáva svoje prostredie.

Rozdelenie prostredí:

- Obsiahnuteľné vs. neobsiahnuteľné: Senzory agenta vnímajú stav celého prostredia a to kompletne.
- Deterministické vs. nedeterministické: Ak je nasledujúci stav prostredia úplne určený súčasným stavom a akciou agenta, prostredie je deterministické.
- Epizodické vs. neepizodické: Skúsenosti agenta sú určené epizódami vnem - akcia , kvalita akcie je určená len daným vnemom a nie akciami v predošlých epizódach.
- Diskrétne vs. spojité : Ak je množstvo vnemov a akcií s nimi spojených obmedzený a jasne definovaný počet, prostredie je diskrétne (šach).
- Statické vs. dynamické: Ak sa prostredie s časom mení nielen vďaka akcii agenta, je dynamické.
- Jednoagentové vs. multiagentové:

Rozdelenie eagentov:

- ◆ Simple reflex agents (jednoduchý reflexný agent)
- ◆ Model-based reflex agents (refl. agent využívajúci model)
- ◆ Goal-based agents (agent orientovaný na cieľ)
- ◆ Utility-based agents (agent zohľadňujúci cenu cesty)

2.2 ZADANIE

2.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

2.4 ZHODNOTENIE

3. CVIČENIE

3.1 TEORETICKÝ ÚVOD

Téma tretej prednášky je prehľadávanie. Študenti sa dozvedia, že prehľadávanie sa dá rozdeliť na informované a neinformované. Najskôr sa preberá neinformované hľadanie, ktoré sa rozdeľuje na:

- **Prehľadávanie do šírky** sa začína u koreňa a všetky vrcholy na úrovni n sa rozvinú skôr ako na úrovni $n+1$.
- **Stratégia rovnomernej ceny** do fronty zaraďuje uzly podľa ceny cesty. Rozvinie sa uzol na najlacnejšej ceste.
- **Prehľadávanie do hĺbky** rozvinie prvý vždy ten uzol, ktorého hĺbka je najväčšia.
- **Ohraničené hľadanie do hĺbky** prebieha ako klasické prehľadávanie do hĺbky, avšak má určenú konečnú hĺbku hľadania.
- **Cyklicky sa prehlbujúce hľadanie** postupne prehlbuje hľadanie o jeden stupeň.
- **Obojsmerné hľadanie** hľadá vpred smerom k cieľovému stavu, ale aj vzad, smerom k počiatočnému stavu. Používa sa, ak je známy cieľový stav.

3.2 ZADANIE

3.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

3.4 ZHODNOTENIE

4. CVIČENIE

4.1 TEORETICKÝ ÚVOD

Na štvrtej prednáške sa študenti dozvedia niečo o informovaných algoritmoch prehľadávania. Medzi ne patria aj heuristické metódy. Heuristické metódy sú metódy, pomocou ktorých získame pomerne rýchlo veľa riešení, z ktorých je vybrané najlepšie možné. Heuristika sa používa pri riešení rozličných úloh neobvyklým spôsobom, hrubými odhadmi alebo intuíciou.

Základnou vlastnosťou heuristiky je takzvaná prípustnosť heuristiky. Heuristika je prípustná vtedy, ak dokáže nájsť čo i len jedno riešenie, nech je akékoľvek neefektívne. Riešenie úloh pomocou heuristik sa dá uľahčiť použitím takzvaného relaxovania problému, čo znamená jednoducho ignorovať niektoré podmienky úlohy a tým získať úlohu ľahšiu. Následne sa nájde riešenie takéhoto zjednodušeného problému a až potom sa začnú brať do úvahy ignorované podmienky úlohy.

Toto cvičenie bude obsahovať niekoľko rozličných úloh, ktorým nebude treba hľadať konkrétne riešenie, ale spôsob, akým by sa riešenie našlo. V prípade viacerých riešení bude treba zvoliť najlepšie možné riešenie čiže najefektívnejšie. Úlohou študentov bude teda nájsť čo najlepšiu heuristickú metódu pre konkrétny problém.

4.2 ZADANIE

4.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

4.4 ZHODNOTENIE

5. CVIČENIE

5.1 TEORETICKÝ ÚVOD

CSP

5.2 ZADANIE

5.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

5.4 ZHODNOTENIE

6. CVIČENIE

6.1 TEORETICKÝ ÚVOD

6.2 ZADANIE

6.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

6.4 ZHODNOTENIE

7. CVIČENIE

7.1 TEORETICKÝ ÚVOD

7.2 ZADANIE

7.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

7.4 ZHODNOTENIE

8. CVIČENIE

8.1 TEORETICKÝ ÚVOD

8.2 ZADANIE

8.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

8.4 ZHODNOTENIE

9. CVIČENIE

9.1 TEORETICKÝ ÚVOD

9.2 ZADANIE

9.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

9.4 ZHODNOTENIE

10. CVIČENIE

10.1 TEORETICKÝ ÚVOD

10.2 ZADANIE

10.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

10.4 ZHODNOTENIE

ZÁVER