

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

BAKALÁRSKA PRÁCA

Autor: Adam Hlavačka

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

Aplikovaná informatika 9.2.9

Vedúci:
Doc. RNDr. Mária Markošová, PhD.

BRATISLAVA 2008

ČESTNÉ VYHLÁSENIE

Vyhlasujem, 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 tohto predmetu. Obsahom tejto práce sú príklady na cvičenia zo ZUI aj so vzorovými riešeniami, pomocou ktorých chcem zadaný cieľ dosiahnuť.

The goal of my bachelor work is to prepare students of the Introduction to Artificial Intelligence (ZUI) in order to pass successfully the final examination. The contents of this work consists of excersices with model solution, with which I want to achieve the given goal.

OBSAH

Úvod.....	5
Úvod do teórie.....	7
Štruktúra cvičení.....	11
1. Cvičenie – Turingov stroj.....	13
2. Cvičenie – Agenti.....	15
3. Cvičenie – Prehľadávanie	20
4. Cvičenie – Heuristiky.....	23
5. Cvičenie – Constraint Satisfaction Problems.....	26
6. Cvičenie – Hry.....	28
7. Cvičenie – Logickí agenti 1.....	33
8. Cvičenie – Logickí agenti 2.....	36
9. Cvičenie – First Order Logic.....	40
10. Cvičenie – Plánovanie.....	43
Záver.....	46
Použitá literatúra.....	47
Zoznam príloh.....	47

ÚVOD

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

K uľahčeniu dosiahnutia cieľa môže prispievať aj fakt, že ja osobne som tento predmet úspešne absolvoval minulý semester a teda mám nielen teoretické vedomosti, ale aj praktické skúsenosti z danej problematiky.

Predpokladom splnenia cieľa je do veľkej miery nielen účasť študentov na jednotlivých cvičeniach, ale aj ich spolupráca na cvičení respektíve ich aktivita. Aby bolo možné dosiahnuť cieľ s čo najväčšou pravdepodobnosťou, je potrebná aj čo najväčšia účasť študentov na cvičeniach. Toto je v súčasnosti dosiahnuté tým, že cvičenia sú povinné. Cvičenia budú obsahovať príklady veľmi podobné tým, aké boli na skúške minulý rok. Je teda vysoká pravdepodobnosť ich opakovania alebo aspoň obmeny za príklady podobné.

Príklady v tejto práci nie sú určené ako celok na konkrétne jedno celé cvičenie. Preto odporúčam tieto príklady kombinovať s už existujúcimi príkladmi 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, znalostnú náročnosť ako aj bodové hodnotenie príkladov na prednášajúcom respektíve na cvičiacom.

V cvičeniach sa využívajú takzvané medzipredmetové vzťahy, čiže vedomosti z iných povinných predmetov z predchádzajúcich ročníkov. Keďže predmet ZUI1 je určený pre tretí ročník, budem teda predpokladať, že študenti ovládajú teóriu z povinných predmetov z predchádzajúcich dvoch ročníkov.

Témy jednotlivých cvičení boli volené na základe toho, ako sa jednotlivé prednášky prednášali počas semestra, ale aj podľa osnov samotného predmetu, keďže sa počas semestra môžu vyskytnúť týždne, kedy sa žiadna prednáška neodprednáša. Cvičenia boli čiastočne inšpirované aj minuloročnými, ale len do tej miery, ako majú jednotlivé zadania a forma príkladov vyzerat'.

ÚVOD DO TEÓRIE

Skôr než pristúpim k samotným cvičeniam, venujem ešte zopár strán teórii o *umelej inteligencii*, ktorou sa celá práca zaoberá. Na to, aby sme definovali pojem, čo je to umelá inteligencia, treba najprv definovať termín *inteligencia* ako taká. Podľa Wikipédie [1], inteligencia je: „súbor rozumových schopností; schopnosť riešiť problémy za okolností sprevádzaných neurčitou. 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 definícií 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 definícií pojmu inteligencia z niekoľkých vyššie spomínaných hľadísk. Podľa Cambridge Advanced Learner's Dictionary [2] inteligencia je „schopnosť učiť sa, porozumieť a urobiť rozhodnutie alebo mať názor, ktorý je založený na dôvode“. Slovník Longman Dictionary of Contemporary English [3] definuje inteligenciu takto: „Schopnosť učiť sa, porozumieť a rozmyšľať o veciach.“ Psychológ W. V. Bingham [4] hovorí, že „...pojmom inteligencia by sme mali určovať schopnosť organizmu riešiť nové problémy.“ Avšak psychológ W. F. Dearborn [4] 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 [4] tvrdí, že inteligenciu definujeme podľa toho, ako systém „dosahuje komplexné ciele v komplexnom prostredí.“ D. Fogel [4] 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 danom obore 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 spokojné všetky oblasti ľudskej činnosti, zostáva zatiaľ otvorenou otázkou. 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 mnoho oblastí vedy a taktiež mnoho oblastí sa týmto termínom zaoberá. Začnem znova definíciou z Wikipédie [5], podľa ktorej umelá inteligencia je „Vedná disciplína, ktorá za pomoci počítačov alebo systémov rieši určité úlohy využívaním takého postupu, ktorý, keby to robil človek, by sme považovali za prejav inteligencie.“

Otázku „Môžu stroje myslieť?“ riešili už od 17. storočia viacerí filozofi 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.

Spomeniem ešte niekoľko ďalších definícií. Kelemen a kolektív vo svojej knihe „Základy umelej inteligencie“ [6] tvrdia, 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) [7] 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 tohto pojmu jednoducho neexistuje. Dovolím si však vyjadriť presvedčenie, že táto vedná disciplína má obrovský potenciál pre ľudstvo ako také a jej význam sa bude v mnohých oblastiach a rôznych úrovniach ľudskej spoločnosti neustále zväčšovať.

Potenciál uplatnenia umelej inteligencie narastá už od jej vzniku a vzhľadom na pokračujúcu informatizáciu sveta, bude sa len zvyšovať. Dôkazom je súčasné uplatňovanie umelej inteligencie v reálnom živote. Asi najtypickejším príkladom 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 teória sa začína uplatňovať aj v komerčnej predaji a v 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 význam a potenciál.

Nevyužitie tohto pozitívneho potenciálu by bolo veľkou chybou. Preto sa teória umelej inteligencie začína vyučovať aj na školách. Jednou z takýchto škôl respektíve univerzít je aj Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave, kde sa už niekoľko rokov vyučuje predmet Základy umelej inteligencie (ZUI).

Medzi študentov, ktorí začali študovať umelú inteligenciu, patrím aj ja. Časom sa mi tento predmet zapáčil a vzhľadom na to, že naša škola už ponúka možnosť jej ďalšieho štúdia, rozhodol som sa ísť študovať umelú inteligenciu ďalej. Zároveň som si zvolil aj túto tému bakalárskej práce. A to hneď z viacerých dôvodov. Nielen už kvôli vyššie spomínanému významu a potenciálu umelej inteligencie, ale aj kvôli tomu, že je to téma, ktorá sa dotýka mojej študentskej budúcnosti.

ŠTRUKTÚRA CVIČENÍ

Cvičenia budú s veľkou pravdepodobnosťou vyučované v počítačovej učebni (kvôli programovacím úlohám) za prítomnosti jedného cvičiaceho. Na teoretických cvičeniach, na ktorých určite nebude treba počítač, odporúčam počítače vypnúť, pretože aj z vlastnej skúsenosti viem, že iba zbytočne rozptyľujú študentov a vôbec neprispievajú pozitívne k štúdiu.

Jednotlivé príklady v cvičeniach sú zoradené podľa toho, ako by sa mali riešiť. Preto je vhodné začať prvým príkladom v cvičení a skončiť posledným. V prípade teoreticko-praktických cvičení tj. cvičení, kde sa bude opakovať teória, ale aj programovať, odporúčam najprv precvičiť teóriu a až potom prejsť na programovacie úlohy.

Konkrétnu štruktúru celého cvičenia či spôsob, akým sa budú príklady riešiť, však nechávam na cvičiacom. Všetky postupy a rady, ktoré sa vyskytujú v tejto práci sú len odporúčacieho charakteru.

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, do rozoberanej teórie tak, aby bolo každému jasné, čo sa v tom ktorom konkrétnom cvičení bude precvičovať.

V časti *zadanie príkladov* budú konkrétne zadania príkladov, ktoré budú študenti riešiť. Tieto zadania sú písané v takej forme, aby ich bolo možné takto zadať už priamo študentom bez akéhokoľvek ďalšieho upravovania. Tu kladiem 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, presné a korektné. Ich absolútnu správnosť však zaručiť nemôžem.

Túto časť cvičenia by mal mať samozrejme len cvičiaci. Je určená len pre cvičiaceho v prípade problémov s riešením príkladov alebo v prípade pochybností o správnosti výsledkov. Na konci semestra respektíve na začiatku skúškového obdobia odporúčam tieto riešenia zverejniť, lebo môžu značne pomôcť pri učení na skúšku v prípade, že si študent bude chcieť cvičenia znova prejsť a z nejakého dôvodu nemá ich riešenia alebo na cvičeniach chýbal, prípadne daný príklad vyriešiť vôbec nevie.

Z osobných skúseností môžem potvrdiť, že vzorové riešenia príkladov z rôznych predmetov mi veľmi pomohli pri mojom štúdiu, keďže som získal presný návod ako postupovať pri ich riešení, čiže som prišiel na algoritmus riešenia, čo je v prípade umelej inteligencie neoceniteľným prínosom a často vedie k úspešnému vyriešeniu problému.

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 a 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 – TURINGOV STROJ

1.1 TEORETICKÝ ÚVOD

Prvá prednáška zo ZUI tvorí 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

Na stránke <http://www.ironphoenix.org/tril/tm/> nájdete simulátor turingovho stroja. Precvičte si v tomto simulátore niekoľko príkladov a skúste pochopiť ako turingov stroj pracuje.

Návod na použitie: Najprv si treba vybrať typ programu, ktorý má turingov stroj simulovať. Pre názornosť vyberiem napríklad detektor palindrómov (palindrom detector). Následne potvrdíme výber tlačidlom „Load new program“. Potom môžeme do kolónky „Initial characters on tape“ zadať skúmaný palindróm. Potvrdíme tlačidlom „Install Program“ a celý simulátor spustíme pomocou tlačidlo „start“.

V hornej časti užívateľského rozhrania orámovanej červenou farbou – simulátor pásky stroja - začne prebiehať simulácia stroja, pričom v dolných dvoch textových poliach vypisuje postup simulácie. Po skončení simulácie program na páske stroja vypíše „YES“ v prípade, že vstupné znaky tvorili palindróm, v opačnom prípade vypíše „NO“.

1.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

Keďže sa jedná iba o simulátor turingovho stroja a študenti nemali žiadne konkrétne zadanie úlohy, ktoré by malo konkrétne riešenie, tak z toho dôvodu vzorové riešenie ani neexistuje.

1.4 ZHODNOTENIE

Vzhľadom na to, že úvodná prednáška je iba motivačná a neobsahuje žiadnu teóriu, ktorá by sa dala precvičovať, nebolo cieľom tohto cvičenia študentov niečo naučiť, ale naopak, jej cieľom bolo vzbudiť u študentov záujem o tento predmet ako taký.

Je však možné, že tento jeden príklad nemusí vzbudiť u študentov dostatočný záujem, a preto odporúčam kombináciu minuloročných cvičení s týmto príkladom, kde boli témou turingov test a chat boti.

2. CVIČENIE - AGENTI

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.
- Statické vs. dynamické: Ak sa prostredie s časom mení nielen vďaka akcii agenta, je dynamické.
- Jednoagentové vs. multiagentové: V mutliagentovom prostredí sa pohybuje viac agentov naraz. V jednoagentovom prostredí je iba jeden agent.

Rozdelenie agentov:

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

2.2 ZADANIE

1. Doplňte PEAS tabuľku:

Agent type	PM	Environment	Actuators	Sensors
Robot na výrobu áut v závode				
Šachový robot				
Robot na skladanie Rubikovej kocky				
Chatovací robot				
Počítačový vírus				

2. Doplňte tabuľku vlastností prostredia:

Task Environment	Observable	Deterministic	Episodic	Static	Discrete	Agents
Šachovnica						
Internet						
Reštaurácia						
Všeobecná miestnosť						
Planéta						
Futbalové ihrisko						
Bludisko						

3. Rozhodnite o aký typ agenta sa jedná:

- a) Statická sonda na Marse
- b) Pohybujúca sa sonda na Marse
- c) Robot v bludisku
- d) Robot – hráč futbalu
- e) Robot obsluhujúci zákazníkov v reštaurácii
- f) Počítačový vírus
- g) Robot skladajúci Rubikovu kocku

4. Vymyslite príklady na jednotlivé typy jednoduchých reaktívnych agentov.

5. Navrhните model v prípade „model-based“ agenta.

2.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

1.

Agent type	PM	Enviroment	Actuators	Sensors
Robot na výrobu áut v závode	Počet áut za jednotku času	Závod, výrobná linka	Zvárače	Kamery
Šachový robot	Počet výhier z celkového počtu hier	šachovnica	Robotická ruka	Kamery
Robot na skladanie Rubikovej kocky	Čas, za ktorý poskladá Rubikovu kocku	Všeobecná miestnosť	Nástroje na otáčanie kocky a jej stien	Kamery, ktoré rozpoznávajú farby
Chatovací robot	Kvalita chatu	Chatovacie prostredie	Zobrazený text	Databáza slov, viet
Počítačový vírus	Počet infikovaných počítačov, množstvo získaných cenných dát	Počítač, Internet	Programový kód	Programový kód

2.

Task Environment	Observable	Deterministic	Episodic	Static	Discrete	Agents
Šachovnica	áno	áno	nie	áno	áno	multi
Internet	nie	nie	nie	nie	nie	multi
Reštaurácia	nie	nie	nie	nie	nie	multi
Všeobecná miestnosť	nie	áno	nie	áno	áno	jedno/multi
Planéta	nie	nie	nie	nie	nie	jedno
Futbalové ihrisko	nie	nie	nie	nie	áno	multi
Bludisko	nie	áno	áno	áno	áno	jedno

3. a 4.

- a) Statická sonda na Marse – agent orientovaný na cieľ – vykonanie experimentov
- b) Pohybujúca sa sonda na Marse – agent zohľadňujúci cenu cesty – snaží sa vybrať najvhodnejšiu cestu k cieľu
- c) Robot v bludisku – jednoduchý reflexívny agent – na križovatke pôjde vždy doprava a keď narazí na stenu, tak sa otočí
- d) Robot – hráč futbalu – agent orientovaný na cieľ – dať gól
- e) Robot obsluhujúci zákazníkov v reštaurácii – agent využívajúci model – má v databáze rôzne modely ako obslúžiť zákazníka
- f) Počítačový vírus – agent využívajúci model – naprogramovaný model správania sa
- g) Robot skladajúci Rubikovu kocku – robot orientovaný na cieľ – poskladať Rubikovu kocku

5.

Riešenie tejto úlohy je individuálne. Každý študent môže navrhnúť svoj vlastný model. Najlepším zobrazením modelu je však použitie vývojového diagramu. Príkladové riešenie ale môže vyzeráť aj takto:

Počítačový vírus – nájdí infikovateľný počítač, infikuj, aplikuj škodlivý kód, vráť sa na začiatok procedúry.

2.4 ZHODNOTENIE

Na tomto cvičení som si dal obzvlášť záležať, nakoľko si myslím, že je to cvičenie veľmi dôležité a to hlavne z toho dôvodu, že obsahuje základnú teóriu, na ktorej sa bude neskôr stavať. Preto patrí aj medzi najrozsiahlejšie cvičenia tejto práce. Cvičenia sú podobné s minuloročnými, pretože som bol aj ja osobne spokojný s ich formou.

3. CVIČENIE - PREHL'ADÁVANIE

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

1. Navrhните takú stromovú štruktúru, pre ktorú bude prehľadávanie do šírky výhodnejšie ako prehľadávanie do hĺbky.

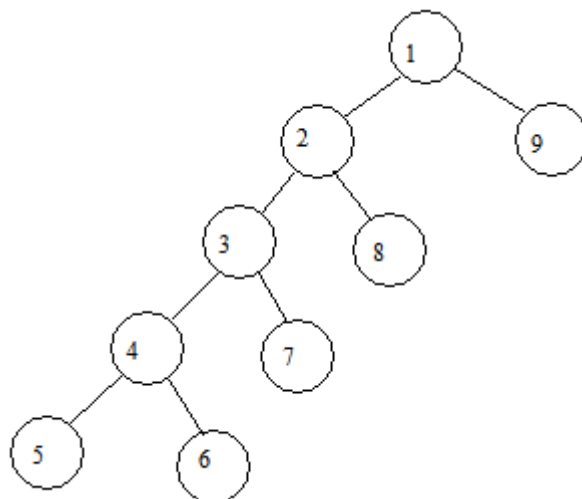
2. Kedy nemusí prehľadávanie do hĺbky nájsť riešenie? Uved'te príklad.

3. Ako by ste modifikovali rôzne prehľadávania tak, aby sa zabránilo v strome hľadania opakovaní uzlov reprezentujúcich ten istý stav? Uved'te príklad.

3.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

1.

Máme príklad:

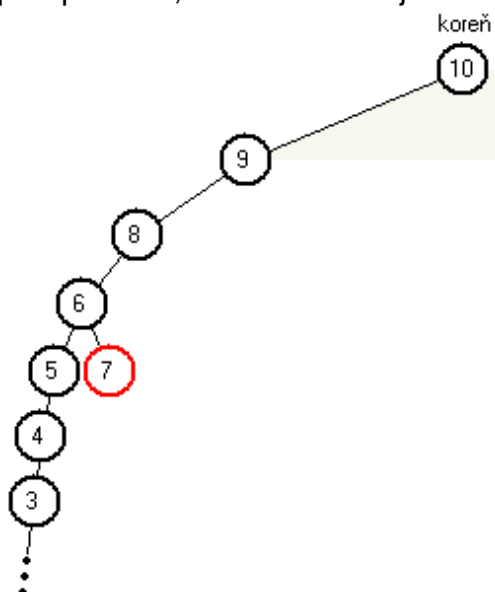


(obr. 1)

Pri prehľadávaní do hĺbky by algoritmus na strome (obr. 1) išiel takto: 1,2,3,4,5,6,7,8,9. Pri prehľadávaní do šírky by algoritmus išiel takto: 1,2,9,3,8,4,7,5,6. Ak by bol hľadaný vrchol 9 alebo 8, tak by bol algoritmus hľadania do šírky jednoznačne efektívnejší, lebo by bol nájdený skôr.

2.

Prehľadávanie do hĺbky nenájde riešenie v prípade nekonečne hlbokého stromu, keď sa hľadaný vrchol nachádza v hocijakom pravom podstrome (za predpokladu, že nekonečná je ľavá vetva stromu).



(obr. 2)

Máme daný binárny vyhľadávací strom s nekonečnou ľavou vetvou (obr. 2). V prípade, že by sme hľadanie začali vo vrchole 10 a hľadaný vrchol by bol 7, tak by sa tento vrchol nikdy nenašiel, lebo by prehľadávací algoritmus uviazol v ľavej nekonečnej vetve. Prehľadávanie do šírky by hľadaný vrchol našlo.

3.

Stromovú štruktúru môžeme transformovať na orientovaný graf, kde sa nebudú opakovať vrcholy s tým istým stavom. Alebo môžeme zaviesť do prehľadávacieho algoritmu premennú, ktorá bude obsahovať zoznam už navštívených vrcholov resp. ich stavov. Pri prehľadávaní algoritmus vynechá vrcholy, ktoré reprezentujú rovnaké stavy ako vrcholy v zozname.

3.4 ZHODNOTENIE

V tomto cvičení boli precvičené základné prehľadávacie algoritmy a ich princíp hľadania. Týmto si študenti osvoja znalosť o týchto algoritmoch, čo je nevyhnutnou požiadavkou pre ďalšie štúdium umelej inteligencie a úspešné zvládnutie skúšky, keďže sa jedná o teóriu, na ktorej sa bude ďalej stavať.

4. CVIČENIE - HEURISTIKY

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 nájde optimálne riešenie, ak nejaké riešenie existuje. 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

1.

Nájdite prípustnú heuristiku pre nasledovné problémy:

- **Problém 8 dám** – Máme štandardnú šachovnicu 8x8, na ktorej treba rozmiestniť 8 dám tak, aby sa navzájom neohrozovali. Ako postupovať, aby čo najefektívnejšie našli aspoň jedno riešenie?

- **Cestnú mapu** – Máme mapu štátu s dĺžkami jednotlivých ciest. Chceme sa dostať z jedného mesta do druhého, no existuje viacero možností. Ktorá možnosť je najkratšia?
- **Rovnoramenné váhy** – máme 12 mincí, z toho jedna je falošná – ľahšia ako ostatné. Máme tri merania na to, aby sme zistili, ktorá z dvanástich mincí je tá falošná. Ako postupovať čo najefektívnejšie?
- **Bludisko** – Máme ľubovoľné bludisko, ktoré má práve jeden vchod a aspoň jeden východ. Ako naprogramovať robota tak, aby vždy našiel východ z tohto bludiska?

4.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

1.

- **Problém 8 dám** – Tento príklad môžeme zovšeobecniť na problém n dám na šachovnici n krát n . Tento typ úloh sa rieši tak, že dámu položíme na také miesto, aby ohrozovala čo najmenej políček. Takto pokračujeme ďalej a v prípade neúspechu sa vrátíme o dámu späť a umiestnime ju na menej vhodné miesto. Takto pokračujeme až kým nenájdeme riešenie. Heuristika je teda hľadanie takých miest pre dámy, ktoré ohrozujú čo najmenej políček a prípustná je z toho dôvodu, že je to najoptimálnejší spôsob, akým sa dá nájsť riešenie.
- **Bludisko** – Problém ľubovoľného bludiska, ktoré má vždy práve jeden vchod a vždy aspoň jeden východ sa rieši tak, že na každej križovatke sa robot rozhodne vždy buď pre ľavú alebo vždy pre pravú možnú cestu. V prípade slepej uličky sa robot otočí o 180 stupňov a na najbližšej križovatke sa rozhodne rovnako ako v prechádzajúcej križovatke. Heuristika je hľadanie východu skúšaním každej možnej cesty bez toho, aby sme čo i len jednu

vynechali. Prípustnosť nám zaručuje isté nájdenie východu v najkratšom čase.

- **Rovnoramenné váhy** – Tento typ úloh sa rieši tak, že chceme každým jedným vážením odvážiť čo najviac mincí. Čiže vo všeobecnosti vždy daný počet mincí delený dva. Ak máme nepárny počet mincí, tak sa snažíme dosiahnuť, aby počet neodvážených mincí bol čo najmenší. V našom prípade by sme teda postupovali takto: 6 a 6, 3 a 3, 1 a 1 alebo 6 a 6, 2 a 2, 1 a 1. Heuristika je teda snaha vylúčiť čo najviac pravých mincí, čo nám zaručí, že falošnú mincu nájdeme za čo najmenší počet vážení, čo je vlastne prípustnosť našej heuristiky.
- **Cestná mapa** – Pre tento problém je najvhodnejšie použiť niektorý z informovaných prehľadávacích algoritmov, ktoré boli na prednáške. Príklad vhodný na ich preopakovanie a porovnanie ich efektívnosti. Heuristikou sa stáva nájdenie najkratšej cesty pomocou pamätania si doteraz prejdenej dĺžky trasy. Prípustná je z toho dôvodu, že keď nájde kratšiu cestu, tak použije tú – optimálnejšiu.

4.4 ZHODNOTENIE

Týmito príkladmi si študenti precvičia nielen logické myslenie, ale hlavne jednotlivé spôsoby, akými postupmi sa dajú rôzne úlohy riešiť. Myslím, že im to môže pomôcť nielen na skúške, ale aj v reálnom živote.

Cvičenie obsahuje príklady výrazne odlišné od minuloročných, a preto odporúčam kombináciu príkladov týchto s príkladmi minuloročnými pre čo najlepšie a čo najrozsiahlejšie precvičenie obsahu prednášky respektíve jej teórie.

5. CVIČENIE - CONSTRAINT SATISFACTION PROBLEMS

5.1 TEORETICKÝ ÚVOD

CSP alebo Constraint Satisfaction Problems, alebo problémy rešpektujúce obmedzenia. To je téma 5. prednášky, kde sa študenti dozvedia okrem iného aj to, ako riešiť tento typ úloh. Sú to problémy s kompletným riešením, kde nezáleží na poradí riešenia elementov. Tento typ problémov pozostáva z množiny premenných, ktorým každej jednej z nich musí byť priradená hodnota, ktorá musí rešpektovať isté obmedzenia.

Na vysvetlenie bol použitý jednoduchý príklad, kde cieľom bolo zafarbiť štáty na mape Austrálie pomocou troch farieb tak, aby žiadne dva susedné štáty nemali rovnakú farbu. Úloha sa dá riešiť viacerými spôsobmi a jedným z nich je použitie takzvaného backtrackingu respektíve prehľadávanie s návratom.

Prehľadávanie s návratom, čiže backtracking, založené na metóde „pokús – omyl“. Úloha sa dá zobrazíť ako strom, ktorý je prechádzaný do hĺbky s možnosťou vrátenia sa o krok späť v prípade nezdaru. Algoritmus sa snaží každej jednej premennej od začiatku stromu po jeho koniec priradiť hodnotu z danej množiny hodnôt a snaží sa tak nájsť jedno konkrétne riešenie.

Pre toto cvičenie som si vybral práve precvičenie backtrackingu, ktorý považujem za dôležitý, nakoľko sa jeho princíp hľadania riešenia dá využiť aj v iných častiach informatiky a programovania. Rozhodol som sa pre praktické cvičenie za počítačom, pretože si na základe mojich skúseností myslím, že na pochopenie princípu fungovania tohto algoritmu je to najvhodnejší spôsob.

Úlohou študentov bude doprogramovať do predpripraveného užívateľského prostredia v jave backtracking algoritmus, ktorý nájde jedno konkrétne riešenie pre problém 8 dám, čo je typickým príkladom CSP problému.

5.2 ZADANIE

Doprogramujte do predprogramovaného prostredia riešenie problému 8 dám pomocou backtrackingu.

5.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

Pozri prílohu číslo 1.

5.4 ZHODNOTENIE

Cvičenie je podobné s minuloročným, keďže aj to bolo praktické. V minuloročnom cvičení si študenti drvivou väčšinou vybrali problém zafarbenia mapy, nakoľko už mali predprogramované prostredie a úlohu nebolo nutné riešiť pomocou backtrackingu ako v tomto cvičení. Preto odporúčam skombinovať príklady z oboch cvičení do jedného a dať študentom na výber, ktorý príklad by chceli riešiť. Možnosťou je aj riešenie jedného príkladu na cvičeniach a druhého na domácu úlohu formou odovzdávacieho príkladu.

6. CVIČENIE - HRY

6.1 TEORETICKÝ ÚVOD

V tejto prednáške boli témou *hry*, respektíve možnosti ich efektívneho hrania. Na to, aby sme sa mohli zaoberať efektivitou hrania hier, je potrebné najprv definovať pojem hra ako taká.

Hra je idealizovaný svet, v ktorom sú dobre definované stavy, dobre definované pravidlá a dvaja navzájom nepriateľskí agenti sa v ňom snažia obmedziť úspešnosť protivníka.

Najväčšiu časť prednášky však zaberá vysvetlenie dvoch základných algoritmov, pomocou ktorých sa hry riešia.

Tým prvým z nich je minimax algoritmus, ktorý dvoch hráčov hry nazýva Min a Max. Tento algoritmus mení hru do podoby, kedy sú všetky ťahy hry ohodnotené takzvanou evaluačnou funkciou a hráč Max si za optimálnych podmienok vyberá ťahy s najvyššou hodnotou ťahu a naopak, hráč Min si vyberá ťahy ktoré sú ohodnotené číslom najmenším. Týmto postupom sa každý snaží dosiahnuť svoj cieľ – vyhrať hru a zároveň robí súperovi dosiahnutie jeho cieľa ťažším. Pre správne použitie tohto algoritmu je vhodné si hru zobrazit' ako strom ťahov s ich ohodnotením. Nevýhodou však je, že tento algoritmus je relatívne neefektívny nakoľko prehľadáva aj zbytočné vetvy stromu.

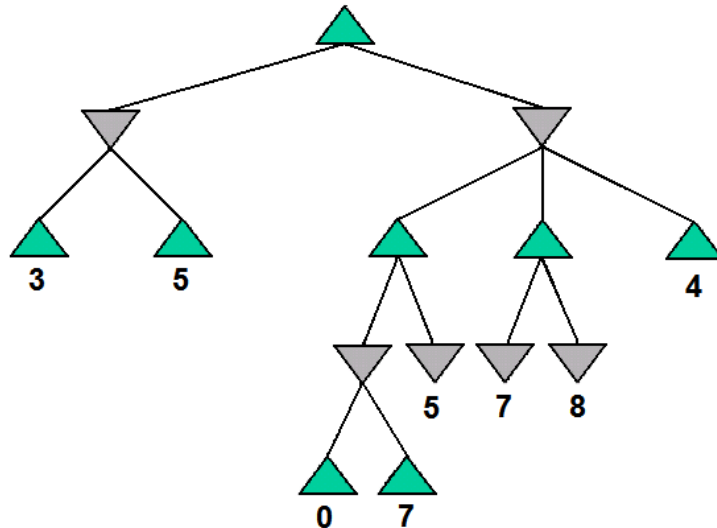
Druhým dôležitým algoritmom je takzvané $\alpha - \beta$ orezávanie, čo je vlastne vylepšenie algoritmu Minimax. $\alpha - \beta$ orezávanie je jednoducho vynechávanie nepotrebných vetiev stromu pri prehľadávaní, čím sa výrazne zvýši efektivita celého algoritmu.

Ako už bolo spomenuté, hra sa dá zobrazit' pomocou stromu aj s aplikovaním jedného alebo druhého algoritmu a tým aj nájsť riešenie. Týmto spôsobom sa vhodne dajú precvičiť a tým pádom aj pochopiť princípy fungovania oboch algoritmov. Z tohto dôvodu som si pre toto cvičenie zvolil aj tento typ príkladov.

6.2 ZADANIE

1.

Ohodnoťte nasledujúci strom pomocou algoritmu minimax.



2.

- Pre prvý príklad použite alfa-beta orezávanie, pričom uvažujte generovanie uzlov zľava doprava.
- Urobte to isté, ak sa generovanie uvažuje sprava doľava.

3.

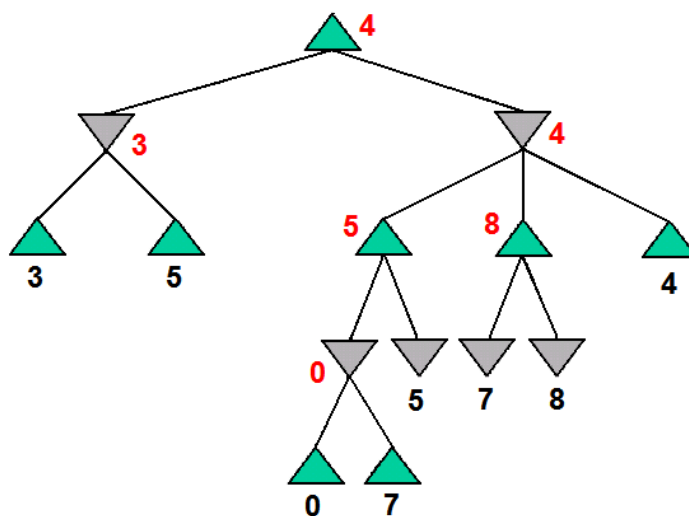
Máme hru s n zápalkami, kde sa pred dvoch hráčov položí určitý počet zápaliek (v našom prípade nech $n=7$). Hráč na ťahu musí rozdeliť kôpku zápaliek na dve neprázdne kôpky obsahujúce rozdielny počet zápaliek. Napríklad 6 zápaliek možno rozdeliť na 5 a 1 alebo 4 a 2, ale nie 3 a 3. Hráč na ťahu, ktorý nemôže rozdeliť žiadnu kôpku zápaliek, podľa pravidiel prehráva. Vytvorte priestor stavov pre túto hru.

4.

Pre úlohu číslo 3 ohodnoťte priestor stavov použitím algoritmu minimax.

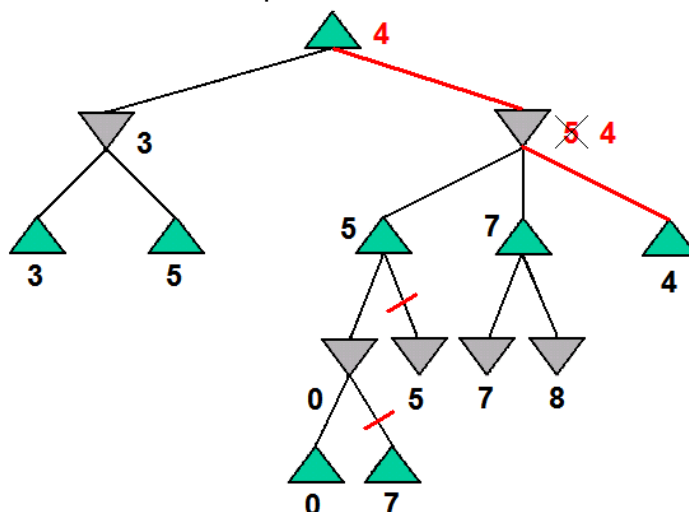
6.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

1.

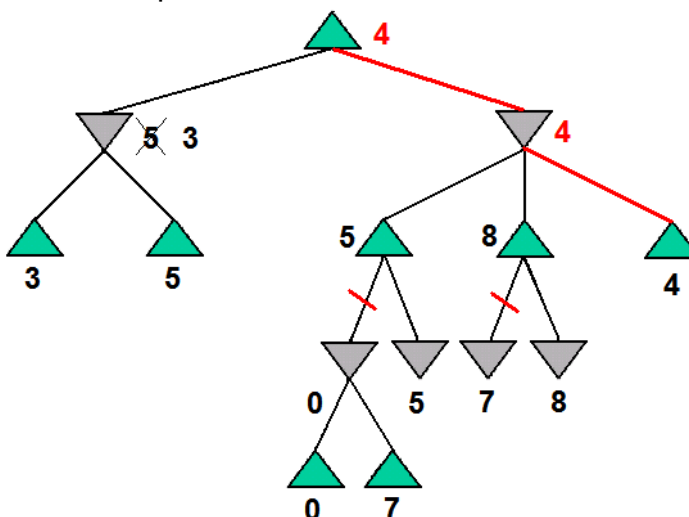


2.

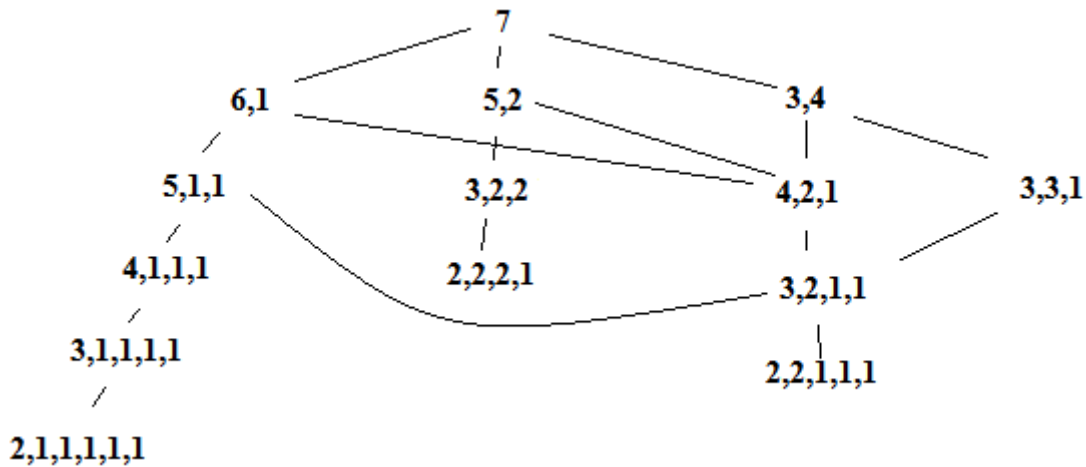
Pri generovaní uzlov zľava doprava:



Pri generovaní uzlov sprava doľava:

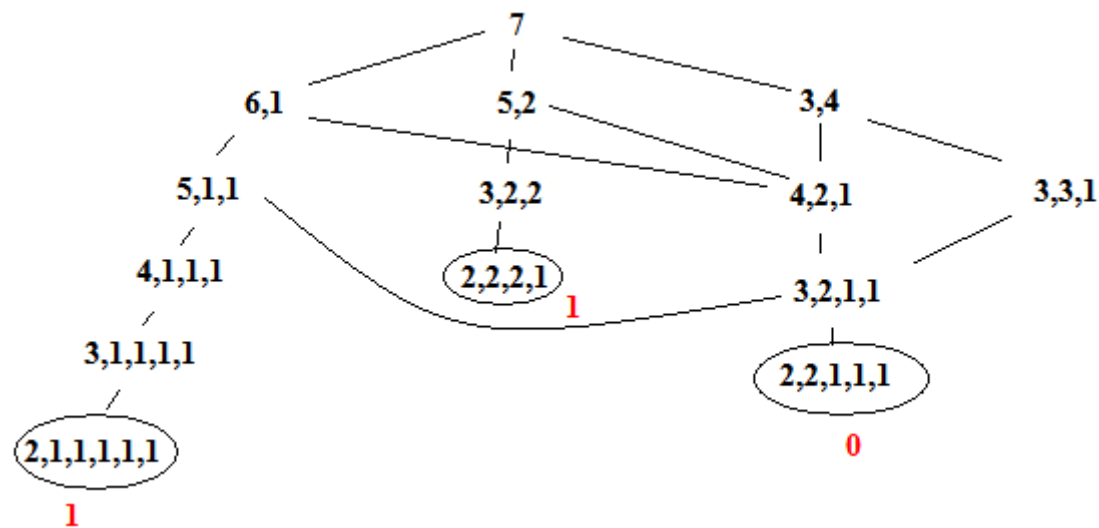


3.



4.

V tomto prípade ide o počet ťahov - koľko ťahov zostáva do konca hry, či párny počet alebo nepárny počet. Predpokladám, že každý hráč vyberá najoptimálnejší ťah. V prípade, že začína MAX, tak nech spraví akýkoľvek ťah, tak MIN môže spraviť ťah [4,2,1], čo mu zabezpečí víťazstvo, lebo do konca hry zostávajú iba 2 ťahy. Preto stačí ohodnotiť iba listy a aj to iba dvoma číslami – či bol spravený párny počet krokov alebo nie. Ak bol, tak dáme 0, ak nie, tak 1. Potom:



Hráč MAX pôjde za svojím maximom, čiže za jednotkou, no MIN pôjde za svojím minimom, teda za nulou a vyhrá.

6.4 ZHODNOTENIE

Týmto cvičením si študenti precvičili použitie algoritmov minimax a alfa-beta orezávanie v praxi. Príklady sú dosť náročné, a preto odporúčam riešenie týchto príkladov skupinovo na cvičeniach za pomoci cvičiaceho. Študenti by mali získať dostatočný prehľad o tom, ako algoritmy fungujú a ako ich aplikovať na rozličných príkladoch.

7. CVIČENIE – LOGICKÍ AGENTI 1

7.1 TEORETICKÝ ÚVOD

V siedmej prednáške sa preberali logickí agenti. Títo agenti využívajú takzvanú „knowledge base“ respektíve bázu znalostí a výrokovú logiku. Keďže používanie výrokovej logiky bude nevyhnutné aj v neskorších cvičeniach a mnoho študentov sa s ňou ešte nestretlo, rozhodol som sa pre precvičenie práve tejto témy, ktorá zaberala takmer polovicu prednášky.

Úlohou študentov bude vyriešiť príklady na výrokovú logiku, doplniť tabuľku pomocou základných pravidiel výrokovej logiky, precvičenie modus ponens či tautológie.

Príklady sa môžu riešiť samostatne, vo dvojiciach, v skupinkách alebo aj s celým krúžkom. Pred začatím riešenia príkladov odporúčam zopakovať odprednášanú teóriu z prednášky.

7.2 ZADANIE

1.

Dokážte alebo vyvráťte, že výrok $A \Rightarrow (B \Rightarrow C) \Leftrightarrow \neg A \vee (\neg B \vee C)$ je tautológia.

2.

Dokážte pravdivosť modus ponens: $P \wedge (P \Rightarrow Q) \Rightarrow Q$

3.

Znegujte nasledujúce výroky:

- a) Osviežim sa sódou alebo minerálkou.
- b) Nie som hladný a som smädný.
- c) Ak bude pekné počasie, prídem.
- d) Nekúpim si zošit ani pero.
- e) Pôjdem do kina len vtedy, ak budem mať peniaze.
- f) 2 delí 12 práve vtedy, keď 2 delí 6.
- g) Každý deň pršalo.
- h) Žiadny lichobežník nie je rovnoramenný.
- i) Všetky násobky čísla 8 sú párne.

7.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

1.

A	\Rightarrow	(B	\Rightarrow	C)	\Leftrightarrow	$\neg A$	\vee	($\neg B$	\vee	C)
0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1

2.

$$(P \wedge (P \Rightarrow Q))$$

$$\Leftrightarrow (P \wedge (\neg P \vee Q))$$

$$\Leftrightarrow (P \wedge \neg P) \vee (P \wedge Q)$$

$$\Leftrightarrow 0 \vee (P \wedge Q)$$

$$\Leftrightarrow (P \wedge Q)$$

$$\Leftrightarrow Q$$

3.

- a) Neosviežim sa sódou ani minerálkou.
- b) Som hladný alebo nie som smädný.
- c) Bude pekné počasie a neprídem.
- d) Kúpim si zošit alebo pero.
- e) Pôjdem do kina a nebudem mať peniaze alebo nepôjdem do kina a budem mať peniaze.
- f) (2 delí 12 a zároveň 2 nedelí 6) alebo (2 nedelí 12 a zároveň 2 delí 6)
- g) Aspoň jeden deň nepršalo.
- h) Aspoň jeden lichobežník je rovnoramenný.
- i) Aspoň jeden násobok čísla 8 nie je párny.

7.4 ZHODNOTENIE

Precvičením výrokovej logiky získajú študenti základy pre učivo v ďalšej prednáške. Táto precvičovaná teória je veľmi dôležitá, nakoľko tvorí základ teórie v nasledujúcich prednáškach. Keďže príklady podobné týmto neboli na minuloročných cvičeniach, odporúčam preto ich zaradenie do budúročných cvičení.

8. CVIČENIE – LOGICKÍ AGENTI 2

8.1 TEORETICKÝ ÚVOD

Táto prednáška pokračuje v téme predchádzajúcej prednášky, čiže v logických agentoch, no preberajú sa aj základy takzvanej predikátovej logiky prvého rádu respektíve „first order logic“, skrátene FOL, z ktorej sa preberajú iba základy. Tieto základy tvoria úvod do nasledujúcej prednášky, kde sa FOL preberá už podrobnejšie. Z tohto dôvodu sa bude FOL precvičovať až na nasledujúcom cvičení.

Až v tejto prednáške sa budú reálne používať výrazy ako literál, klauzula či konjunktívna normálna forma (CNF). Študenti sa dozvedia, že:

- Literál je atomický výrok alebo jeho negácia.
- Klauza je disjunkcia literálov.
- CNF je konjunkcia kláuz.

Existuje však jeden dôležitý typ klauzy a tým je takzvaná Hornova klauza, čo je disjunkcia literálov, z ktorých je najviac jeden pozitívny. Inferencia (vyvodzovanie nových poznatkov) v databáze znalostí (knowledge base – KB) zloženej z Hornových formulí sa dá robiť pomocou:

- Dopredného zreťazenia (forward chaining)
- Spätného zreťazenia (backward chaining)

Dopredné zreťazenie sa používa, keď chceme ukázať, či literál Q vyplýva z KB, ktorá je vo forme Hornových kláuz. A naopak, spätné zreťazenie sa používa, keď máme literál Q a nevieme, či je pravdivý.

V tomto cvičení budú príklady na konjunktívne normálne formy a na dopredné a spätné zreťazenie, keďže práve tieto témy sa vyskytli na skúške a ich znalosť je potrebná v nasledujúcom cvičení.

8.2 ZADANIE

1.

Zistite, či literál Q vyplýva z danej KB a nakreslite graf zreťazenia.

a)

A

$A \Rightarrow B$

$A \wedge F \Rightarrow Q$

$C \wedge E \Rightarrow F$

$B \wedge D \Rightarrow E$

$B \wedge C \Rightarrow D$

$B \Rightarrow C$

b)

A

B

$A \wedge C \Rightarrow D$

$E \wedge B \Rightarrow F$

$C \wedge D \Rightarrow E$

$G \wedge F \Rightarrow Q$

$A \wedge B \Rightarrow C$

2.

Zistite, či je literál Q pravdivý a nakreslite graf zreťazenia.

a)

B

A

$E \wedge C \Rightarrow D$

$A \wedge B \Rightarrow E$

$F \Rightarrow Q$

$A \wedge F \Rightarrow Q$

b)

$F \Rightarrow Q$

$A \wedge D \Rightarrow F$

$A \wedge B \Rightarrow C$

$C \Rightarrow D$

$D \Rightarrow E$

A

B

3.

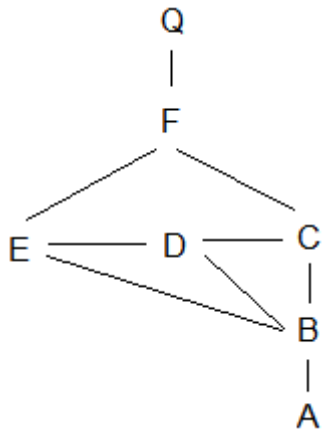
Máme predikát: $(p \Rightarrow q) \Rightarrow (\neg r \Rightarrow (s \wedge t))$

Zapíšte ho vo forme CNF.

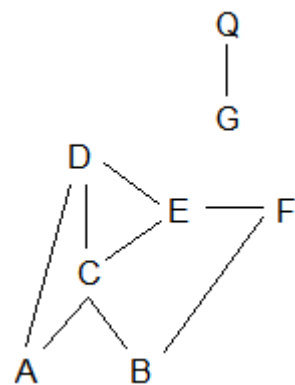
8.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

1.

a)



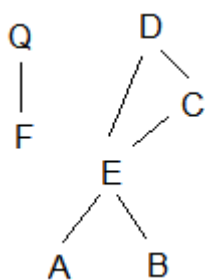
b)



Q z danej KB nevyplýva.

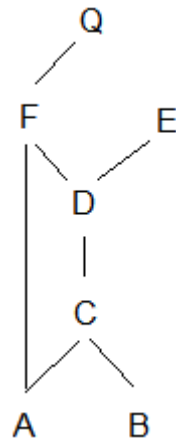
2.

a)



Literál Q nie je pravdivý.

b)



3.

$$(p \vee r \vee s) \wedge (p \vee r \vee t) \wedge (\neg q \vee r \vee s) \wedge (\neg q \vee r \vee t)$$

8.4 ZHODNOTENIE

Týmto cvičením študenti získajú praktické skúsenosti s algoritmami ako dopredné a spätné zreťazenie a tvorba konjunktívnych normálových foriem. Vzhľadom na to, že minuloročné cvičenie bolo čisto iba programové, odporúčam tieto príklady zahrnúť do reálnych cvičení nakoľko sa precvičovaná teória bude používať, priamo či nepriamo, aj v nasledujúcom cvičení.

9. CVIČENIE – FIRST ORDER LOGIC

9.1 TEORETICKÝ ÚVOD

Ako už bolo vyššie spomenuté, predposledná prednáška pojednáva o FOL už podrobnejšie. Hlavný dôraz budem klásť na príklady na precvičenie zapísania gramatických viet do FOL, lebo si myslím, že tento základ treba ovládať a až potom sa dajú riešiť príklady na zovšeobecnený modus ponens či skolemizáciu.

FOL, čiže predikátová logika prvého rádu, je deduktívny systém, ktorý dovoľuje používať kvantifikované tvrdenia. Používa existenčný kvantifikátor \exists , ktorý sa dá preložiť ako „existuje“ a všeobecný kvantifikátor \forall , ktorý sa číta „pre každé“ a symboly výrokovej logiky.

Všeobecný modus ponens je pravidlo, pomocou ktorého môžeme z viacerých cieľov získať iba jeden a má tvar:

$$\frac{p_1 \wedge p_2 \wedge \dots \wedge p_n \Rightarrow q, (p_1, p_2, \dots, p_n)}{\text{Subst}(\theta, q)}$$

Kde substitúcia θ má tvar: $\text{Subst}(\theta, p_i) = \text{Subst}(\theta, p_i)$.

9.2 ZADANIE

1.

Zapíšte vo forme first-order-logic (FOL):

- Tom nie je vysoký.
- Každý ľúbi niekoho.
- Niekoľko je ľúbený každým.
- Vždy existuje niekto, kto sa nechá oklamať.
- Všetky červené muchotrávky sú jedovaté.
- Žiadna červená muchotrávka nie je jedovatá.
- Existujú presne dve červené muchotrávky.

2.

„Všetky mačky majú rady ryby, mačky žerú všetko čo majú rady a Murko je mačka.“

Vytvorte knowledge base (KB) daného výroku a dokážte pomocou zovšeobecneného modus ponens, že Murko je ryby.

3.

Urobte skolemizáciu vety: „Každý muž, ktorý má rád všetky ženy, je niekým ľúbený.“

9.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

1.

a) $\neg \text{vysoky}(\text{Tom})$

b) $(\forall x)(\exists y)\text{ľubi}(x, y)$

c) $(\exists y)(\forall x)\text{ľubi}(x, y)$

d) $\exists x(\text{človek}(x) \wedge \forall y(\text{čas}(y) \Rightarrow \text{oklamany}(x, y)))$

e) $\forall x(\text{muchotravnka}(x) \wedge \text{cervena}(x)) \Rightarrow \text{jedovata}(x)$

f) $\neg \exists(x)(\text{cervena}(x) \wedge \text{muchotravnka}(x) \wedge \text{jedovata}(x))$

g) $\exists(x)\exists(y)\text{muchotravnka}(x) \wedge \text{cervena}(x) \wedge \text{muchotravnka}(y) \wedge \text{cervena}(y) \wedge \neg(x = y) \wedge \forall(z)(\text{muchotravnka}(z) \wedge \text{cervena}(z)) \Rightarrow ((x = z) \vee (y = z))$

2.

a) $(\forall x)\text{macka}(x) \Rightarrow \text{ma_rad}(x, \text{ryby})$

b) $\forall x \forall y(\text{macka}(x) \wedge \text{ma_rad}(x, y)) \Rightarrow \text{zerie}(x, y)$

c) $\text{macka}(\text{Murko})$

Z a) a c) odvodíme pomocou zovšeobecneného modus ponens

d) $\text{ma_rad}(\text{Murko}, \text{ryby})$.

Pomocou zovšeobecneného modus ponens z c), d) a b) odvodíme:

$\text{zerie}(\text{Murko}, \text{ryby})$, čím sme dokázali, že Murko žere ryby.

3.

Prepis do FOL: $\forall x[\forall y, \text{žena}(y) \Rightarrow \text{lúbi}(x, y)] \Rightarrow [\exists y, \text{lúbi}(y, x)]$

Skolemizácia: $\forall x[\text{žena}(F(x)) \wedge \neg \text{lúbi}(x, F(x))] \vee \text{lúbi}(G(x), x)$

9.4 ZHODNOTENIE

Toto cvičenie je podobné s minuloročným, no napriek tomu obsahuje aj rozdielne príklady. Preto najvhodnejšie bude doplnenie týchto príkladov do minuloročného cvičenie, čím by sa malo dosiahnuť dostatočné a komplexné precvičenie danej teórie.

Príklady možno vyzerajú na prvý pohľad jednoducho a príliš krátke, no slabším študentom môžu robiť problémy. Z tohto dôvodu navrhujem dôkladné prejdenie každého jedného príkladu spoločne s cvičiacim aj s jeho dodatočným vysvetlením.

10. CVIČENIE - PLÁNOVANIE

10.1 TEORETICKÝ ÚVOD

V záverečnej prednáške bola téma plánovanie. Pod plánovaním rozumieme také zoradenie akcií agenta, ktoré ho dovedie od počiatočného stavu k cieľovému stavu. Plánovanie má však tiež svoje problémy:

- Vylúčenie irelevantných akcií
- Nájdenie spojitosti akcií a stavov
- Dobrá heuristika
- Rozloženie problémov na podproblémy
- Dobrá reprezentácia stavov a akcií

Ďalšími témami boli takzvaný frame problém a STRIPS reprezentácia akcií a stavov. Keďže tieto časti prednášky neboli ani na skúške, nebudú obsiahnuté ani v cvičeniach, nakoľko by som sa tým nesnažil splniť cieľ tejto práce.

Poslednou témou bolo rozdelenie plánovania na prehľadavací problém respektíve na Total Order Plan (TOP) a na Partial Order Plan (POP). Týmito dvoma zložkami plánovania sa budem zaoberať viac, pretože sa pravidelne opakovali na skúške a aj obsahom cvičenia budú príklady na TOP a POP plánovania.

10.2 ZADANIE

1.

Napíšte POP alebo TOP plány pre nasledujúce úlohy:

- a) Inštalácia operačného systému Windows XP. (inštalácia operačného systému, inštalácia ovládačov, formát disku, rozdelenie disku na partície, vloženie CD do mechaniky, boot z CD).
- b) Prest'ahovanie izby – nakladanie do auta (stoly, stoličky, obrazy, dekorácie, koberce, priparkovanie sťahovacieho auta, odchod sťahovacieho auta)

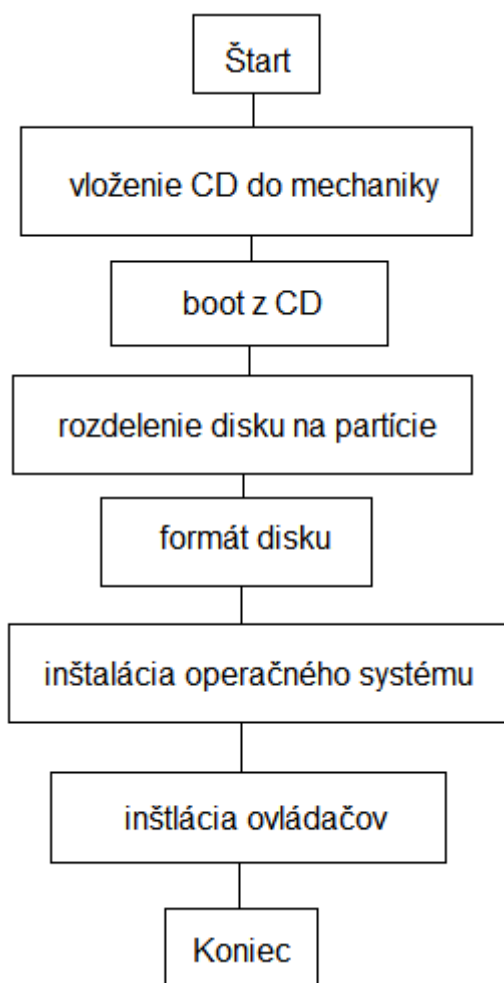
c) Nákup v obchode (zaplatenie, cestoviny, olej, soľ, omáčka, vziať košík, odložiť košík, naloženie do tašky)

d) Uvarenie cestovín – (postaviť vodu, pridať olej, pridať soľ, vloženie cestovín, zapnutie variča, vypnutie variča, skontrolovať var, počkať 5 min.)

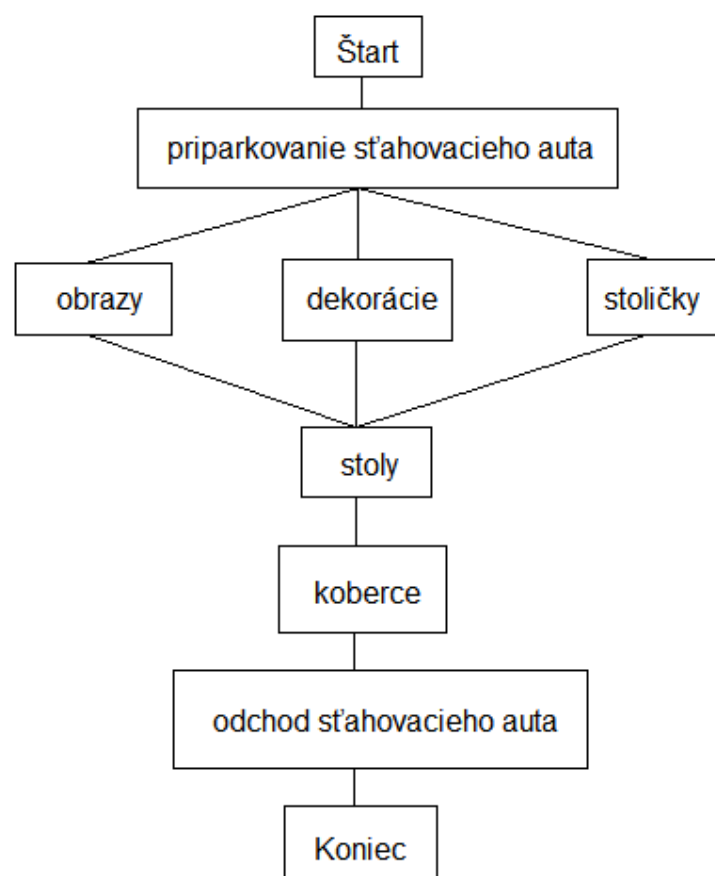
10.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

1.

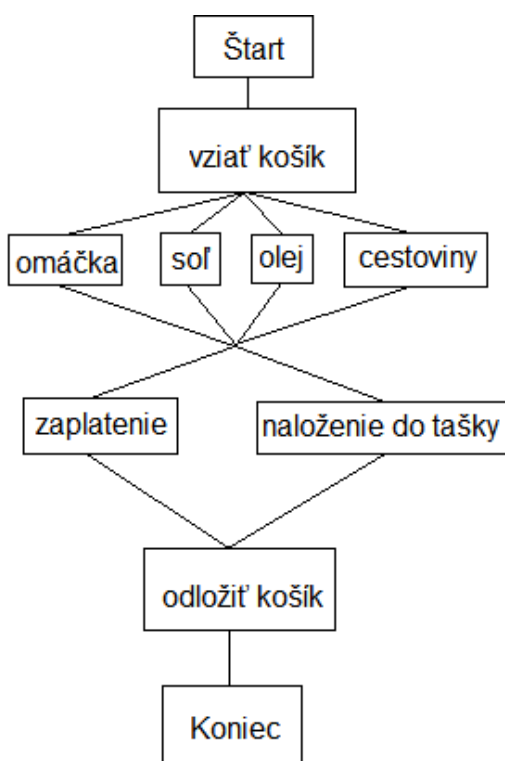
a)



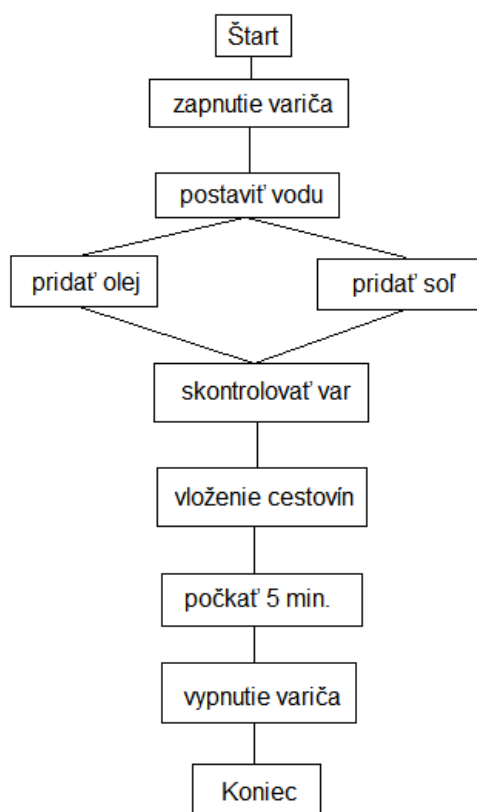
b)



c)



d)



10.4 ZHODNOTENIE

Týmto cvičením študent získa praktické skúsenosti s tvorbou Total Order Plan a Partial Order Plan, čo môže značne využiť na skúške, lebo príklady boli zadané presne takou istou formou v akej sa vyskytli na skúške minulý rok. Týmto predpokladám dobrú prípravu na záverečnú skúšku a aj ocenenie cvičenia zo strany študentov.

ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo pripraviť študentov predmetu Základy umelej inteligencie 1 na úspešné zvládnutie skúšky. Tento cieľ som sa snažil dosiahnuť súborom príkladov na jednotlivé cvičenia. Nakoľko budú tieto príklady užitočné, ukáže až čas, reakcie a výsledky študentov. Tieto cvičenia majú potenciál zlepšiť vedomosti študentov z odprednášanej teórie.

Práca sa skladá z návrhov na desať cvičení. Na každú prednášku pripadá jedno cvičenie. Všetky cvičenia sú rozdelené na 4 časti: teoretický úvod – zadanie – vzorové riešenie - záver, ktoré som si určil v úvode práce. Týmto som dosiahol sprehľadnenie štruktúry cvičení. Okrem toho som načrtol obsah každého cvičenia a mohol som ich aj spätne zhodnotiť. Cvičenia som mnohokrát doplnil, respektíve vylepšil na základe retrospektívnej analýzy.

Pre ešte efektívnejšie precvičenie sa môžu príklady z tejto práce skombinovať s príkladmi z minuloročných cvičení, či s príkladmi z podobných prác. Cvičenia by sa mohli vylepšiť napríklad spätnou väzbou od študentov. Zistiť, či je forma cvičení, ich rozsah a časová či vedomostná obtiažnosť primeraná. Ďalej vidím možnosť pridať príklady z ďalších oblastí odprednášanej teórie, ktoré sa nenachádzajú v tejto práci. Zahrnutie príkladov z celých prednášok do tejto práce nie je možné nakoľko sú prednášky veľmi rozsiahle a nielen z časových dôvodov by to bol nespĺniteľný cieľ. Ďalším možným vylepšením by mohlo byť zadávanie domácich úloh z tejto práce a následná diskusia o správnosti vypracovaných riešení.

Nakoľko som počas písania práce vychádzal najmä z vlastných skúseností a vedomostí nadobudnutých nielen na predmete ZUI, nepotreboval som ani veľa externých zdrojov. Preto je aj zoznam použitej literatúry kratší.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] Wikipédia: <http://sk.wikipedia.org/wiki/Inteligencia>

- [2] Cambridge Advanced Learner's Dictionary, Cambridge University Press , 2006

- [3] Longman Dictionary of Contemporary English, Pearson ESL, 2006

- [4] Shane Legg, Marcus Hutter: A Collection of Definitions of Intelligence, Technical report, IDSIA-07-07, arXiv:0706.3639v1, 2007

- [5] Wikipédia: http://sk.wikipedia.org/wiki/Umel%C3%A1_inteligencia

- [6] Kelemen Jozef a kolektív: Základy umelej inteligencie, Alfa, 1992

- [7] Peter Russel a Stuart Norvig: Artificial Intelligence - A Modern Approach, Prentice Hall, 2002

ZOZNAM PRÍLOH

- 1. problem8dam.zip