

**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 (ďalej 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 ústnej 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.

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. 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 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 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 [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 rozmýšľať 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.“

Prejdeme 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 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.

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

Začnem znova definíciou z Wikipédie [1], 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“ [5] 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) [6] 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

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

### 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:

Rozdelenie agentov:

- ◆ Simple reflex agents (jednoduchý reflexný agent)
- ◆ Model-based reflex agents (reflektívny. 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	Enviroment	Actuators	Sensors
Robot na výrobu áut v závode				
Šachový robot				
Robot na skladanie Rubikovej kocky				
Robot ASIMO				
Terminátor				
Chatovací robot				
k.i.t.t. (knight rider)				
Data (Star Trek)				
Počítačový vírus				



## 2. Doplňte tabuľku vlastností prostredia:

Task Environment	Observable	Deterministic	Episodic	Static	Discrete	Agents
Šachovnica						
Internet						
Reštaurácia						
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 agentov.

## 5. Navrhnite 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
Robot ASIMO				
Terminátor				
Chatovací robot	Kvalita chatu	Chatovacie prostredie	Zobrazený text	Databáza slov, viet
k.i.t.t. (knight rider)				
Data (Star Trek)				
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	1	1	0	1	1	multi
Internet	0	0	0	0	0	Multi
Reštaurácia	0	0	0	0	0	multi
Miestnosť	0	1	0	1	1	Single/multi
Planéta	0	0	0	0	0	single
Futbalové ihrisko	0	0	0	0	1	multi
Bludisko	0	1	1	1	1	single

### **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.

## **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 obsahu základnú teóriu, na ktorej sa bude neskôr stavať. Preto patrí aj medzi najrozsiahlejšie cvičenia tejto práce.

Cvičenia sú veľmi podobné s minuloročnými, pretože som bol aj ja sám veľmi spokojný s ich formou. Príklady sú koncipované tak, aby zabrali čo najväčšie a čo najdôležitejšie učivo z prednášky, čím chcem dosiahnuť aj efektívne precvičenie elementárnej teórie umelej inteligencie.

## 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

1. Nájdite prípustnú heuristiku pre nasledovné problémy:

- **Problém 8 dám** – na šachovnici treba rozmiestniť 8 dám tak, aby sa navzájom neohrozovali.
- **Cestnú mapu** – máme mapu štátu a chceme sa dostať z miesta A do miesta B. Ktorá cesta je najkratšia?
- **Rovnoramenné váhy** – máme 12 mincí, z toho je jedna falošná – ľahšia ako ostatné. Máme tri merania na to, aby sme zistili, ktorá z dvanástich mincí je tá falošná.

- **Obchodný cestujúci** – máme mapu miest, ktoré musí obchodný cestujúci navštíviť po daných cestách. Každé jedno mesto musí navštíviť aspoň raz. Ako postupovať, keď začíname v meste A?

### 4.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

### 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

### 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 zobraziť 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 veľmi 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**

1. Doprogramujte do predprogramovaného prostredia riešenie problému 8 dám pomocou backtrackingu.

## **5.3 VZOROVÉ RIEŠENIE**

## **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

### 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.

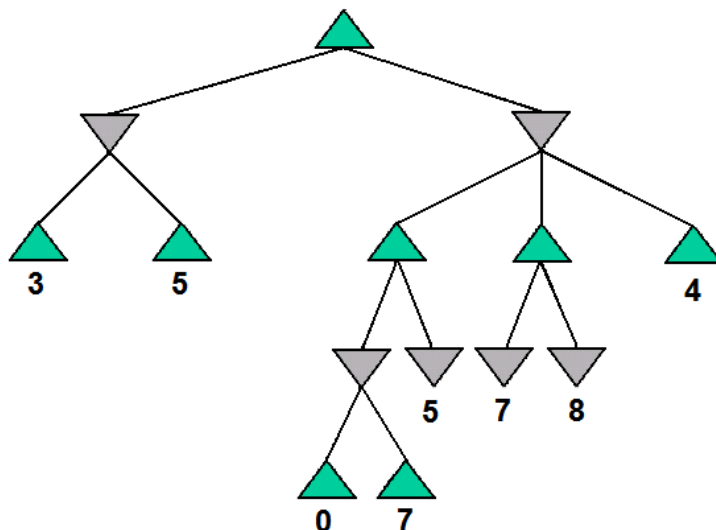
Tým prvým z nich je minimax algoritmus, ktorý dvoch hráčov hry nazýva Min a Max. Tento algoritmus mení hru do podoby, kedy sú všetky ťahy hry ohodnotené takzvanou evaluačnou funkciou a hráč Max si za optimálnych podmienok vyberá ťahy s najvyššou hodnotou ťahu a naopak, hráč Min si vyberá ťahy ktoré sú 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 veľmi 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 veľmi vhodne dajú precvičiť a 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.

a) Pre prvý príklad použite alfa-beta orezávanie, pričom uvažujte generovanie uzlov zľava doprava.

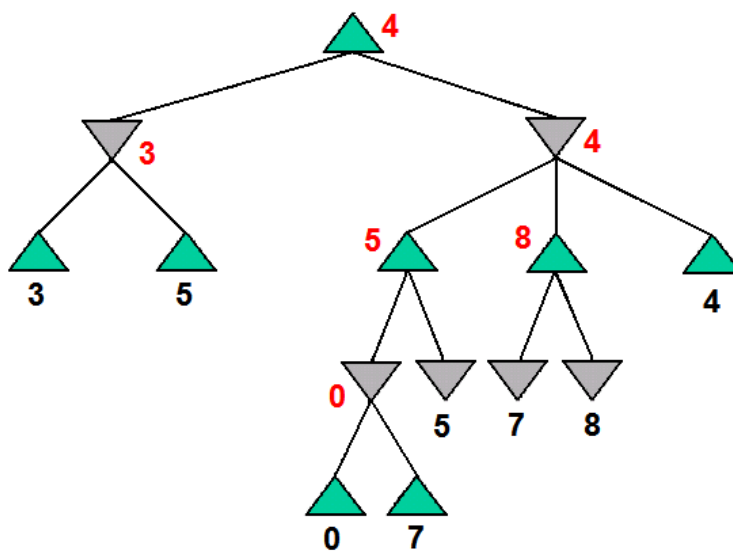
b) Urobte to isté, ak sa generovanie uvažuje sprava doľava.

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

4. Pre úlohu číslo 3 ohodnoťte priestor stavov použitím algoritmu minimax.

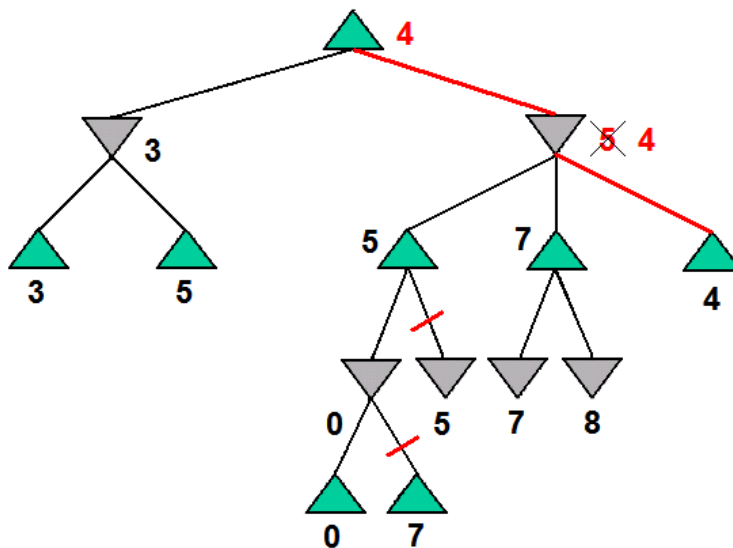
### 6.3 VZOROVÉ RIEŠENIE

1.

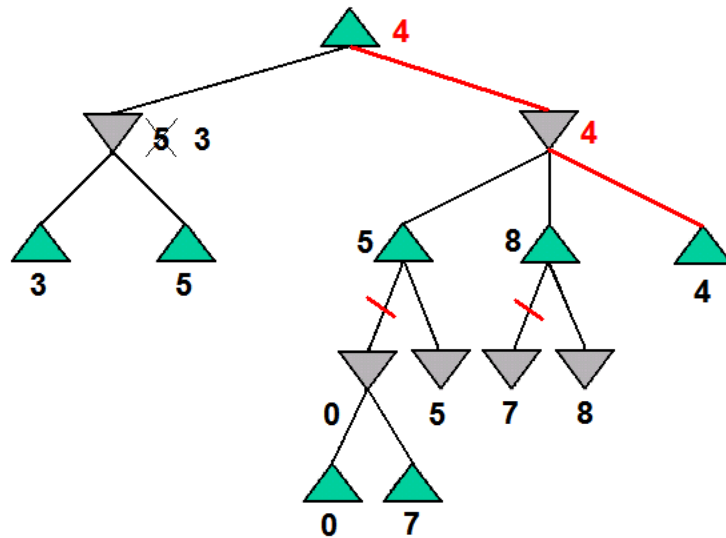


2.

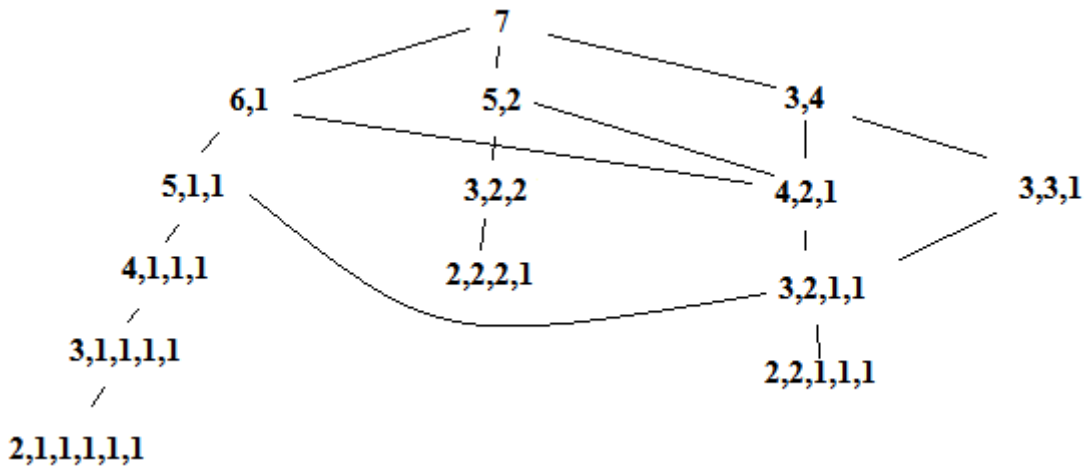
Pri generovaní uzlov zľava doprava:



Pri generovaní uzlov sprava doľava:

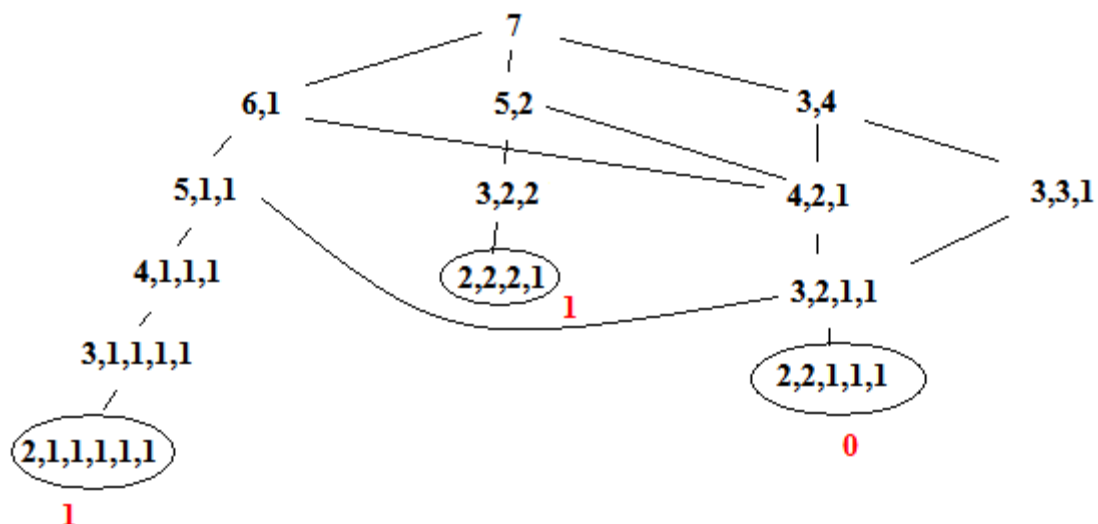


3.



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**

### **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 tabuľky pomocou základných pravidiel výrokovej logiky. Súčasťou cvičenia bude aj preopakovanie teórie výrokovej logiky z prednášky ako sú pojmy modus ponens, tautológia či rezolvenca. Príklady sa môžu riešiť samostatne, vo dvojiciach, v skupinkách alebo aj s celým krúžkom.

### **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**

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 môj cieľ tejto práce.

Poslednou témou bolo rozdelenie plánovania na prehľadavací problém respektíve na Total Order Plan (TOP) a na CSP problém respektíve 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**

### **10.3 VZOROVÉ RIEŠENIE**

### **10.4 ZHODNOTENIE**





## ZÁVER

## POUŽITÁ LITERATÚRA

[1] Wikipédia

[2] Cambridge Advance Learner's Dictionary, 2006

[3] Longman Dictionary of Contemporary English, 2006

[4] Shane Legg, Marcus Hutter: A Collection of Definitions of Intelligence, 2007

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

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