



UMELÁ INTELIGENCIA

prednášateľ: Prof. Ing. Pavol Návrát, PhD.
štúdium: bakalárske
študijný odbor: Informatika
nominálny ročník: III

Literatúra:

Odporúčaná literatúra:

Návrát a kol.: [Umelá Inteligencia](#), STU Bratislava, 2002, 2006. (Malé centrum)

Vzorová svetová literatúra:

1. Russell, Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 1995. Tiež druhé vydanie 2002

Dostupná literatúra:

1. Kelemen a spol.: Základy umelej inteligencie. Alfa 1992.
2. I.M. Havel: Robotika. Úvod do teórie kognitívnych robotov. SNTL 1981.
3. Mařík a spol: Umelá inteligencia (1), (2), (3) a (4), Academia Praha, 1993, 1997, 2000 a 2003.

Absolvovanie predmetu

Študent naplní podmienky absolvovania predmetu preukazovaním vlastných vedomostí. Odovzdanie práce prevzaté od iného, aj ak sa vhodné cituje, nevedie k naplneniu podmienok, pokiaľ študent súčasne nepreukázal vlastné vedomosti v dostatočnej miere.

Podmienky na získanie zápočtu:

- Vypracovanie a odovzdanie všetkých požadovaných заданий s tým, že za každé jedno zadanie musí študent získať aspoň jeden bod a v súhrne zo všetkých požadovaných заданий musí získať aspoň 17,5 bodu - t.j. polovicu možných bodov zo všetkých заданий.
- Získanie aspoň 7 bodov z priebežného testu.

Podmienky na vykonanie skúšky:

Získanie zápočtu.

Podmienky na absolvovanie predmetu:

Získanie dostatočného počtu bodov (podľa čl. 4 študijného poriadku), ktorými sa hodnotí:

- zadania (max. 35 bodov)
- priebežný test (max. 20 bodov)
- záverečná skúška (max. 45 bodov)

Prítom je nutné zo záverečnej skúšky získať aspoň 18 bodov.

Akademická bezúhonnosť

Odpisovanie je vedomé prezentovanie cudzej práce ako svoj vlastný výsledok. V tomto predmete sa nebude plagiát tolerovať.

Plagiát je prevzatá myšlienka bez priznania, že autorom je niekto iný (napr. citovaním). Môže ale nemusí byť vyjadrená totožným alebo podobným spôsobom ako v origináli. Často je to odpísaná alebo parafrázovaná alebo inak upravená pasáž (aj časť programu) z diela iného autora bez jej citovania.

V každej práci, ktorú predkladáme ako vlastný výsledok (napr. zadanie, program, projekt) treba uviesť všetky zdroje informácií, ktoré sme použili pri vypracovaní.

Nedodržanie sa podľa [Statútu FIIT STU](#) posudzuje a rieši pred disciplinárnou komisiou.

Robocup: simulačná liga, 2D



5

Robocup: turnaj FIIT 2003



6

Robocup: turnaj FIIT 2010



7

Robocup: turnaj FIIT 2012

- niekedy v máji 2012
- tímové projekty, diplomové projekty, zadania UI
- alternatívna možnosť namiesto zadania UI: z2, z3, z4
- http://www.fiit.stuba.sk/generate_page.php?page_id=2637

8

Robocup: liga humanoidov, detská veľkosť



Humanoid KidSize (Foto: D. Kriesel)

9

Robocup: liga humanoidov, tínedžerská veľkosť



Humanoid TeenSize (Foto: D. Kriesel)

10

Umelá inteligencia

- Cieľom UI je vytvoriť, zostrojiť inteligentné objekty a porozumieť im.
- Metóda UI je vo svojej podstate spätá s použitím výpočtových procesov.

11

ČO TO JE UMEĽÁ INTELIGENCIA?

- či sa skúma alebo sa usiluje o myšlienkové procesy a usudzovanie na jednej strane alebo o správanie sa na druhej strane,
- či sa hodnotí úspech podľa podobnosti s ľudským konaním alebo s ideálnou predstavou o inteligencii - tzv. rozumnosťou. Systém je rozumný, ak robí správnu vec.

12

Allan Newell

- (* 19. marec 1927, San Francisco, Kalifornia, USA - † 19. júl 1992, Pittsburgh, Pensylvánia, USA)
- 1949 – Bc. Stanford
- 1950 – MS matematika, Princeton
- PhD – CMU Tepper School of Business, škôlitel Herb Simon
- americký informatik a kognitívny vedec
- RAND Corporation
- výskum v umelej inteligencii a kognitívnej vede
- 1956 – Logic Theory Machine
- 1957 – General Problem Solver
- 1975 – Turingova cena spolu s Herbertom Simonom

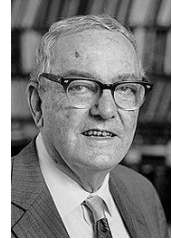


Allan Newell

13

Herbert Simon

- (June 15, 1916 Milwaukee, Wisc. – February 9, 2001, Pittsburgh, Penn.)
- 1936 Bc – U Chicago
- 1942 PhD – administratívne rozhodovanie, U Chicago / U Cal Berkeley
- americký politológ, ekonóm, sociológ, psychológ
- zakladateľ / významné príspevky:
- kognitívna psychológia, verejná správa, ekonómia, informatika, manažment, politológia
- vedecké výsledky:
 - umelá inteligencia, spracovanie informácií, rozhodovanie, riešenie problémov, zložité systémy
- pôsobil na CMU 52 rokov
- 1975 Turingova cena
- 1978 – Nobelova cena za ekonómiu za priekopnícky výskum procesu rozhodovania v hospodárskych organizáciách



14

rôzne pohľady na UI

- **systémy, ktoré myslia ako ľudia,**
 - GPS (general problem solver - všeobecný riešič problémov) (Newell a Simon, 1961)
 - Kognitívna veda spája skúmanie výpočtových modelov z UI a experimentálnych metód psychológie s cieľom nájsť presné a overiteľné teórie fungovania ľudského rozumu.
- **systémy, ktoré konajú ako ľudia,**
 - Turingov test: systém koná ako človek (t.j. inteligentne), ak dokáže prekabátiť vyšetrovateľa tak, že ho nedokáže rozlíšiť od človeka.
- **systémy, ktoré myslia rozumne,**
 - sylogizmy vyjadrujú vzory správneho myslenia
- **systémy, ktoré konajú rozumne**
 - systém koná tak, aby dosiahol svoje ciele s ohľadom na tvrdenia, ktorých pravdivosť predpokladá (ktorým verí).

15

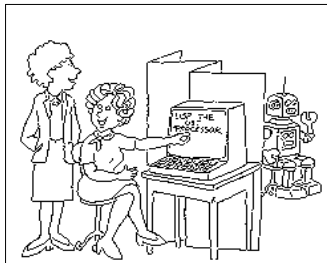
Alan Turing

- 23. jún 1912 Maida Vale, London, Anglicko – 7. jún 1954 Wilmslow, Cheshire, Anglicko)
- 1934 – Bc matematika, King's College Cambridge
- 1938 – PhD matematika, Princeton (škôlitel Alonzo Church)
- anglický matematik, logik, kryptoanalytik, informatik
- formalizácia pojmov algoritmus a výpočet – Turingov stroj
- problém zastavenia
- 1950 – Môžu stroje myslieť? – Turingov test



16

Turingov test



17

Umelá inteligencia

- disciplína, ktorá skúma rozumné konatele a spôsoby ich zostrojovania.
- Konateľ (agent) je systém, ktorý vníma a koná.
- Ústrednou hypotézou v tomto prístupe je chápanie inteligencie ako rozumného konania.

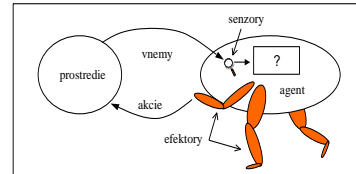
18

Rozumný konateľ

- Ideálny rozumný konateľ by mal pre ľubovoľnú možnú postupnosť vnemov vykonať na základe faktov získaných postupnosťou vnemov a všetkých znalostí, ktoré má v sebe zapísané takú akciu, od ktorej sa očakáva čo najväčšie ohodnotenie mierou úspešnosti.
 - vstup: postupnosť vnemov
 - výstup: konanie (akcia), ktoré je reakciou na postupnosť vnemov.
- Navrhnutí ideálny rozumný konateľ znamená špecifikovať, akú akciu má vykonať ako odpoveď na ľubovoľnú postupnosť vnemov.
- rozumný konateľ = program + technické zariadenie

19

Konateľ - agent



20

agent

- vnem: vstup, ktorý agent získa vnímaním
- postupnosť vnemov: úplná história všetkého, čo agent vnímal
- funkcia: zobrazenie ľubovoľnej postupnosti vnemov do akcie
- program: vykonáva sa na fyzickej architektúre agenta, realizuje jeho funkciu
- agent = architektúra + program

21

opis úlohy agenta

- úspešnosť (performance measure)
 - objektívna miera hodnotiaca úspešnosť konania agenta
- prostredie
- aktuátory
- senzory

22

automatizovaný taxík

- úspešnosť:
 - bezpečnosť, dosiahnutie cieľa, zisk, dodržiavanie predpisov, pohodlie zákazníka,...
- prostredie:
 - európska cestná sieť, iní účastníci cestnej premávky, chodci, počasie
- aktuátory:
 - volant, rýchlostný pedál, brzda, klaksón, displej,...
- senzory:
 - tachometer, otáčkomer, ďalšie snímače stavu motora, okolia, GPS,...

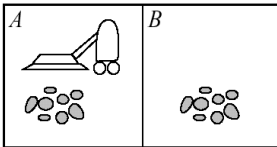
23

internetový kupujúci

- úspešnosť:
 - cena, kvalita, vhodnosť, efektívnosť,...
- prostredie:
 - súčasný aj budúce webové sídla, predajcovia, dodávatelia,...
- aktuátory:
 - displej pre používateľa, prechod na inú stránku podľa URL,...
- senzory:
 - HTML stránky (text, grafika, skripty),...

24

svet vysávača



- 2 miesta: miestnosť A, miestnosť B
- Agent vníma miesto a jeho stav (čisté/špinavé) (dirty/not dirty)
- Akcie: doľava, doprava, vysávaj, no_op

25

vysávací agent

Percept sequence	Action
[A, Clean]	Right
[A, Dirty]	Suck
[B, Clean]	Left
[B, Dirty]	Suck
[A, Clean], [A, Clean]	Right
[A, Clean], [A, Dirty]	Suck
!	!

```
function REFLEX-VACUUM-AGENT([location,status]) returns an action
  if status = Dirty then return Suck
  else if location = A then return Right
  else if location = B then return Left
```

- Aký je „správny“ spôsob vyplnenia tabuľky?
- ‘Správny’ spôsob robí agenta dobrým/inteligentným

26

Rozumnosť

- “robiť správnu vec”, formálnejšie:
- “Rozumný agent je taký, ktorý koná tak, aby dosahoval najlepší výsledok alebo, ak je neurčitost', najlepší očakávaný výsledok.”
- otázky:
 - Čo to znamená ‘najlepší’?
 - Čo je výsledok?
 - Čo to stojí dosiahnuť výsledok?
 - Čo všetko treba na vypočítanie ‘očakávaného’ výsledku?

27

Rozumnosť

- Čo je rozumné závisí od:
 - kritéria úspešnosti
 - postupnosti vnemov
 - agentových apriorných znalostí o prostredí
 - akcií, ktoré dokáže vykonať
- Rozumný agent: vyberá si akciu, ktorá maximalizuje jeho úspešnosť, na základe faktov daných postupnosťou vnemov a apriornymi znalosťami o prostredí

28

mierka úspešnosti

- opatrne s voľbou!
 - Vysávací agent: merať úspešnosť množstvom špiny vyčistenej počas 8-hodinovej smeny
- navrhovať podľa toho, čo chceme dosiahnuť v prostredí, nie podľa toho, ako sa má agent správať

29

Je vysávací agent rozumný?

- áno za týchto predpokladov:
 - mierka úspešnosti: 1 bod za každú čistou miestnosť
 - pozná rozmiestnenie miestností ale nepozná ktoré sú špinavé ani ktorá má byť jeho začiatočná pozícia
 - čisté miestnosti zostávajú čisté, vysávanie čistí
 - pohyby doľava alebo doprava nezavedú agenta mimo prostredie
 - dostupné akcie: doľava, doprava, vysávaj, NoOp
 - agent vie, kde sa nachádza a je to miesto špinavé

30

Je vysávací agent rozumný?

- ale za iných predpokladov by vysávací agent nebol rozumný
 - mierka úspešnosti určená pokutou za zbytočný pohyb
 - ak sa čisté miesta môžu stať špinavými
 - ak celé prostredie nie je známe
 - ...

31

viac o rozumnosti

- rozumnosť nie je vševědúcosť
- rozumnosť nie je jasnovědúcosť
- rozumnosť nemusí viesť k úspechu !
- rozumné správanie často vyžaduje
 - zbieranie informácií: skúmanie neznámeho prostredia
 - učenie sa: zistiť, ktorá akcia pravde podobne povedie k želanému výsledku (a získať spätnú väzbu z prostredia o úspechu)
- ...takže rozumný agent by mal byť autonómny (nespolieha sa výlučne len na apriornu vedomosť jeho návrhára, učí sa zo svojej skúsenosti)

32

bližšie o prostredí

- prostredie môže byť
 - skutočné alebo umelé
 - jednoduché (napr. dopravníkový pás) alebo zložitú (letový simulátor)
- rozhoduje zložitosť vzťahov medzi správaním sa robota, postupnosťou vnemov generovanou prostredím a mierou pre úspešnosť

33

vlastnosti prostredia

- úplná alebo čiastočná pozorovateľnosť
 - úplná: agentove senzory sprístupňujú úplný stav prostredia v každom okamihu
 - efektívne úplná: (stačí ak) senzory rozpoznajú všetky aspekty relevantné pre výber akcie (tak, ako určuje miera pre úspešnosť)
 - úplná: agent nepotrebuje vnútorný stav na reprezentovanie stavu prostredia

34

vlastnosti prostredia

- Deterministické vs stochastické
 - Deterministické ak je nasledujúci stav prostredia úplne určený súčasným stavom a akciou, ktorú agent vykoná
 - čiastočne pozorovateľné prostredie môže sa javiť ako stochastické

35

vlastnosti prostredia

- Epizodické vs sekvenčné
 - Epizodické prostredie: agentova skúsenosť sa člení na atomické epizódy: každá epizóda pozostáva z vnímania a potom vykonania jednej akcie
 - epizódy sú nezávislé: ďalšia epizóda nezávisí od akcií vykonaných pri predchádzajúcich epizódach
 - napr: klasifikačná úloha: rozpoznanie chybných súčiastky na montážnej linke
 - sekvenčné: súčasné rozhodnutie môže ovplyvniť všetky budúce rozhodnutia
 - napr. ťah v šachu

36

vlastnosti prostredia

- Statické vs dynamické
 - Dynamické: prostredie sa môže meniť počas toho, keď agent hľadá ďalšiu akciu
 - semidynamické: ohodnotenie úspešnosti sa môže meniť v čase, hoci prostredie sa nemení (napr. hranie v šachy s hodinami)
- Diskrétné vs spojité
 - tento rozdiel sa môže vzťahovať na stav prostredia, spôsob práce s časom, vnemy alebo akcie

37

vlastnosti prostredia

- jeden agent vs viac agentov
 - Ako rozhodnúť, či nejaký iný objekt sa má chápať ako agent?
 - Je to agent alebo len stochasticky sa správajúci objekt (napr. vlna na pobreží)?
 - Základná otázka: dá sa jeho správanie opísať ako maximalizácia úspešnosti v závislosti od akcií „nášho“ agenta?
 - viackonateľské (multiagentové) prostredie sa dá klasifikovať ako (čiastočne) súťaživé a/alebo (čiastočne) spolupracujúce
 - napr. taxíky sú čiastočne súťaživé a čiastočne spolupracujúce

38

príklady prostredia

- Solitér: pozorovateľné, deterministické, sekvenčné, diskrétné, statické, jednoagentové
- Backgammon: pozorovateľné, deterministické, sekvenčné, diskrétné, semi-statické, multiagentové
- Internetové nakupovanie: čiastočne pozorovateľné, čiastočne deterministické, sekvenčné, semi-statické, diskrétné, jednoagentové (okrem aukcií, napr. ebay)
- jazdenie v taxíku (“skutočný svet”): čiastočne pozorovateľné, nedeterministické, sekvenčné, spojité, multiagentové

39

Príklady rozumných agentov

Druh agenta	Vnemy	Akcie	Ciele	Prostredie
ležiak dlhý a široký vyšší	symptómy závažné pacienta	otázky, testy, liečebné postupy	obnoviť pac. stav, zbaviť pacienta	pacient, ležiak
vyšší amažský súkromý súkromý	bodý otázky rôzne intenzity a farby	vyššenie konštrukcia a kľúčové súkromé	optimalizácia kľúčových súkromých	obraz a obraz súkromých
robit na súkromé súkromé	bodý otázky rôzne intenzity	súkromé konštrukcia a kľúčové súkromé	optimalizácia kľúčových súkromých	obraz a obraz súkromých
vyšší robit súkromé	robit otázky rôzne intenzity	súkromé konštrukcia a kľúčové súkromé	optimalizácia kľúčových súkromých	obraz a obraz súkromých

vyšší robit súkromé	robit otázky rôzne intenzity	súkromé konštrukcia a kľúčové súkromé	optimalizácia kľúčových súkromých	obraz a obraz súkromých
---------------------------	---------------------------------------	--	---	----------------------------------

40

program rozumného agenta vo veľmi zjednodušenej podobe

function Agent-Kostrat(vnem) **returns** akcia

static: pamät, pamät agenta o svete
 pamät ← Obnov-Pamät(pamät, vnem)
 akcia ← Vyber-Najlepšiu-Akciu(pamät)
 pamät ← Obnov-Pamät(pamät, akcia)

return akcia

41

Agent riadený tabuľkou

function Agent-Riadený-Tabuľkou(vnem) **returns** akcia

static: vnemy, postupnosť, na začiatku prázdna
 tabuľka, položky prístupné podľa postupnosti vnemov,
 na začiatku úplne špecifikovaná
 pripoj vnem na koniec vnemy
 akcia ← Vyššadaj(vnemy, tabuľka)

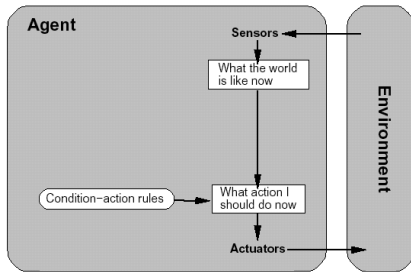
return akcia

Pre šach by musela mať približne 35¹⁰⁰ položiek

Ak by agent konal výlučne na základe v ňom zapísaných znalostí a vôbec by nepotreboval brať do úvahy vnemy, tak by vôbec nebol autonómny.

42

Agent s odrazom



43

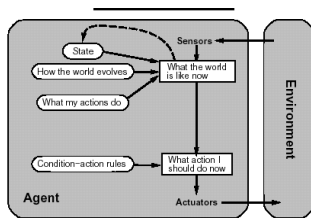
Agent s odrazom

```
function Agent-s-Odrazom(vnem) returns akcia
static: stav, opis súčasného stavu prostredia
        pravidlá, množina pravidiel v tvare podmienka-akcia
stav ← Obnov-Stav(stav, vnem)
akcia ← Urči-Akciu(Nájdí-Pravidlo(stav, pravidlá))
stav ← Obnov-Stav(stav, akcia)

return akcia
```

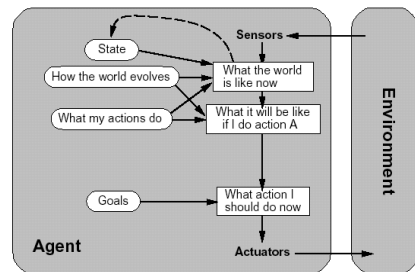
44

Agent s odrazom založený na modeli



45

Agent uvažujúci cieľ



46

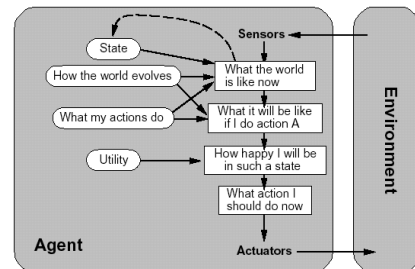
Agent uvažujúci cieľ

```
function Agent-Uvažujúci-Cieľ(vnem) returns akcia
static: stav, opis súčasného stavu prostredia
        cieľ, na začiatku prázdny
stav ← Obnov-Stav(stav, vnem)
if cieľ je prázdny then cieľ ← Vyjadri-Cieľ(stav)
akcia ← Urči-Akciu(cieľ, Nájdí-Nasledovníky(stav))
stav ← Obnov-Stav(stav, akcia)

return akcia
```

47

Agent uvažujúci užitočnosť



48

Agent uvažujúci užitočnosť

function Agent-Uvažujúci-Užitočnosť(*vnem*) **returns** *akcia*

static: *stav*, opis súčasného stavu prostredia
užitočnosť, funkcia oceňujúca užitočnosť stavu
stav ← Obnov-Stav(*stav*, *vnem*)
akcia ← Urči-Akciu(*užitočnosť*, Nájdi-Nasledovníky(*stav*))
stav ← Obnov-Stav(*stav*, *akcia*)
return *akcia*

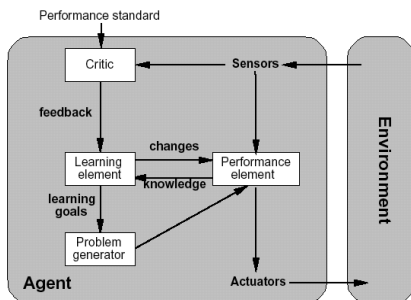
49

ohraničená rozumnosť

- ohraničenými výpočtovými prostriedkami (veľkosť pamäti, čas, dokedy treba rozhodnúť o ďalšom kroku),
- ohraničenými nákladmi na úsilie, ktoré možno vynaložiť na získanie údajov z prostredia (ohraničenie doby, ktorú získavanie môže najviac trvať, ohraničenie finančných nákladov získavania apod.),
- neúplnosťou a prípadnou protirečivosťou poznatkov v jeho báze,
- neurčitnosťou niektorých poznatkov,
- nepresnosťou niektorých údajov.

50

učiaci sa agent



51