



UMELÁ INTELIGENCIA

Ako sa pracuje na tomto predmete?

2

- Prednášky (utorok 08:00):
 - ▣ zapájať sa, počúvať, pýtať sa, ...
- Cvičenia:
 - ▣ písanie programov – riešenie zadaní
 - ▣ konzultácie k zadaniam
 - ▣ odovzdávanie zadaní
- Doma:
 - ▣ vypracovanie zadaní

Vyučujúci

3

- Prednášky (utorok 08:00):
 - ▣ Lukáš Kohútka (1. až 8. prednáška)
 - ▣ Martin Komák (9. a 10. prednáška)
 - ▣ Odborníci z praxe (11. a 12. prednáška)
- Cvičiaci:
 - ▣ Ivan Kapustík
 - ▣ Martin Komák

Podmienky absolvovania predmetu

4

- Účast' na prednáškach a cvičeniach je povinná
- Celkovo môžete získať 100 bodov, pričom platí štandardná stupnica fakulty a univerzity
- 50 bodov – 3 zadania cez semester (min. 28 b.)
 - 1. zadanie – 15 b. (6 b. minimum)
 - 2. zadanie – 15 b. (6 b. minimum)
 - 3. zadanie – 20 b. (8 b. minimum)
- 50 bodov – skúška

Plagiátorstvo

5

- Všetko, čo sa predkladá na hodnotenie, **musí byť vlastná samostatná práca** študenta alebo musí byť označené ako prevzaté
- Samozrejme, **body možno získať len za vlastnú prácu**. Opisovanie sa netoleruje
- Pokiaľ sa pokúšate absolvovať tento predmet nie vlastnou prácou, najmä, ak neupozorníte cvičiaceho, že odovzdané riešenie (alebo jeho časť) je prebratá z iného zdroja, kvalifikujete sa na FX

Čo chcem, aby ste si odniesli z UI

6

- ❑ Základný prehľad o princípoch, metódach a postupoch používaných v UI na riešenie problémov
- ❑ Teoretické, ale aj praktické vedomosti z vybraných oblastí, ktoré spadajú pod UI, ako napr.:
 - ▣ návrh agentov
 - ▣ neurónové siete
 - ▣ strojové učenie
 - ▣ prehľadávanie stavového priestoru
 - ▣ evolučné algoritmy
 - ▣ genetické programovanie
 - ▣ a iné ...

Dôležité termíny!

7

- ❑ Odovzdanie zadaní – najneskorší možný termín:
 - ▣ Zadanie 1 – začiatok 4. cvičenia
 - ▣ Zadanie 2 – začiatok 8. cvičenia
 - ▣ Zadanie 3 – začiatok 12. cvičenia
 - ▣ Termíny sa neposúvajú!
(pokúste sa odovzdať vždy o niečo skôr)

- ❑ Otázky?

Literatúra

8

□ Odporúčaná literatúra:

- ▣ Návrat, Beňušková, Bieliková, Grmanová, Kapustík a Pospíchal: Umelá Inteligencia, Nakladateľstvo STU Bratislava, 2015.

□ Vzorová svetová literatúra:

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

□ Literatúra v blízkych jazykoch:

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: Umělá intelligence (1), (2), (3) a (4), Academia Praha, 1993, 1997, 2000 a 2003.

Umelá inteligencia

9

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

Čo je umelá inteligencia?

10

- 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.

Rôzne pohľady na UI

11

- ❑ 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).

Alan Turing

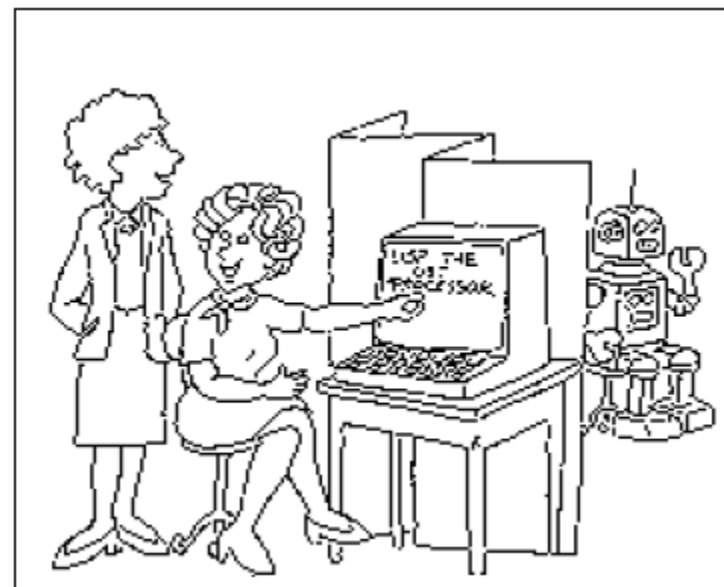
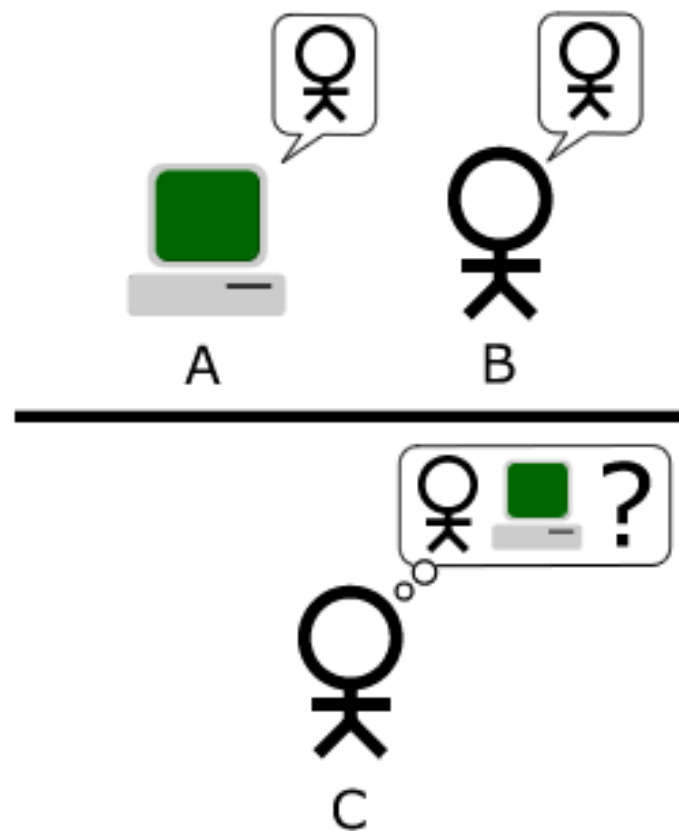
12

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



Turingov test

13



Myslíte si, že UI je pre ľudstvo hrozbou?

14



TERMINATOR

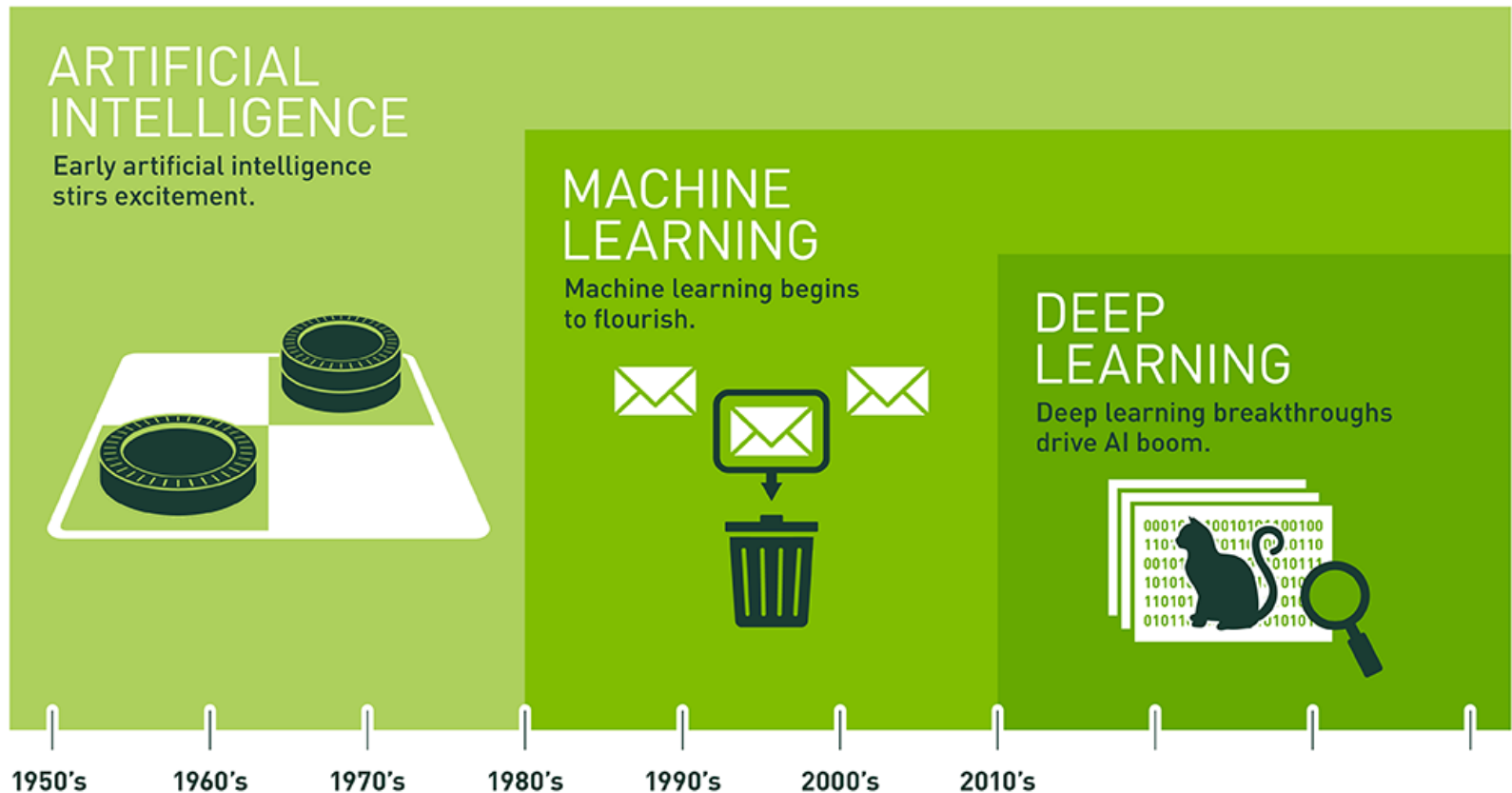
Umelá inteligencia

15

- ❑ Disciplína, ktorá skúma rozumných konateľov a spôsoby ich zostrojovania
- ❑ Konateľ (agent) je systém, ktorý vníma a koná
- ❑ Ústrednou hypotézou v tomto prístupe je chápanie inteligencie ako rozumného konania

Umelá inteligencia vs strojové učenie vs hlboké učenie

16



Since an early flush of optimism in the 1950s, smaller subsets of artificial intelligence – first machine learning, then deep learning, a subset of machine learning – have created ever larger disruptions.

zdroj: <https://blogs.nvidia.com/blog/2016/07/29/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning-ai/>

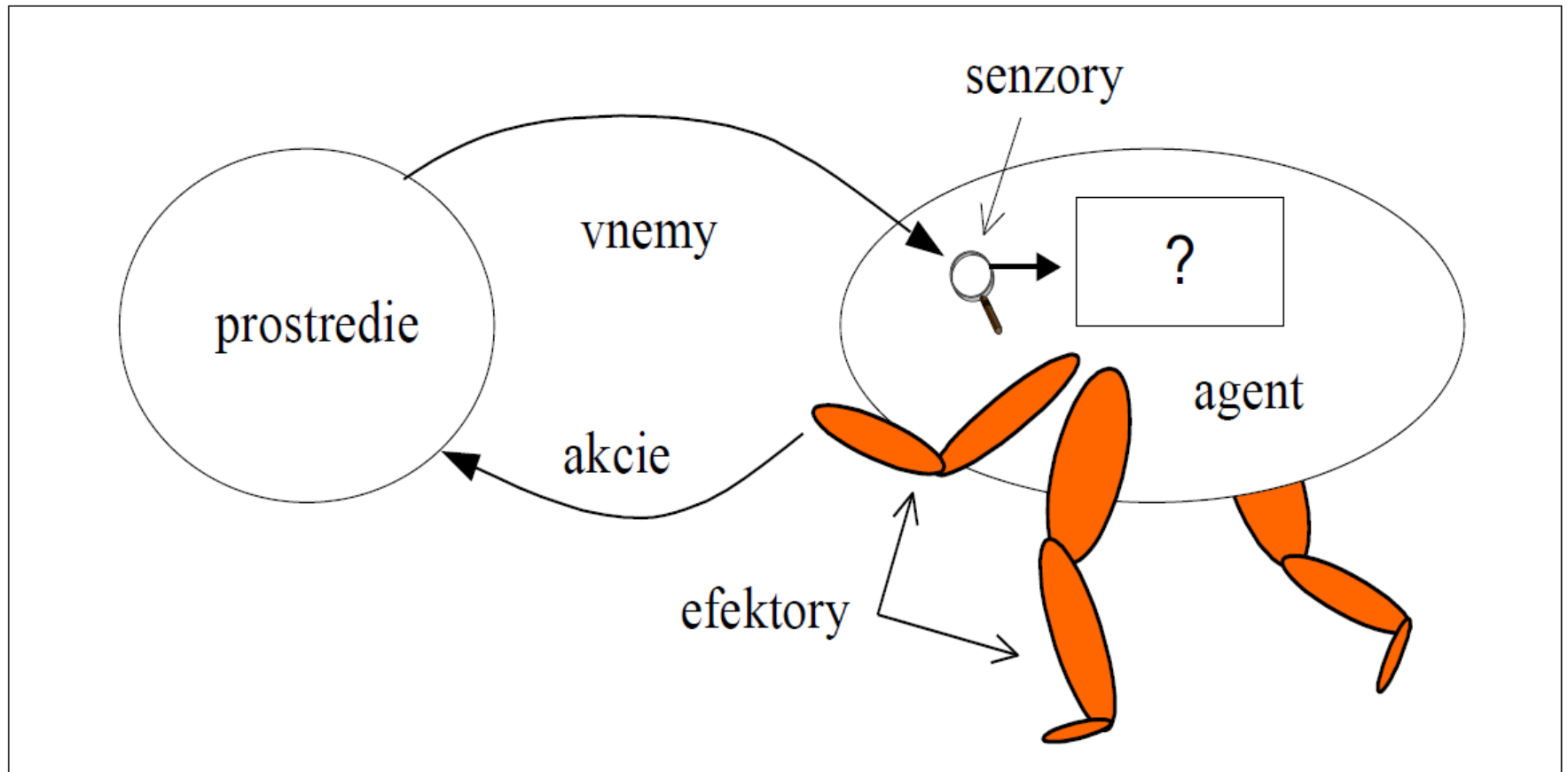
Rozumný konateľ

17

- 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
- Navrhnuť ideálny rozumný konateľ znamená špecifikovať, akú akciu má vykonať ako odpoveď na ľubovoľnú postupnosť vnemov
- Rozumný konateľ = program + technické zariadenie

Konatel' – agent

18



Agent

19

- 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

Opis úlohy agenta

20

- Úspešnosť (performance measure)
 - ▣ objektívna miera hodnotiaca úspešnosť konania agenta
- Prostredie
- Aktuátory
- Senzory

Automatizovaný taxík

21

- 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, snímače stavu motora, okolia (napr. kamera, IR kamera, LiDAR), GPS, ...

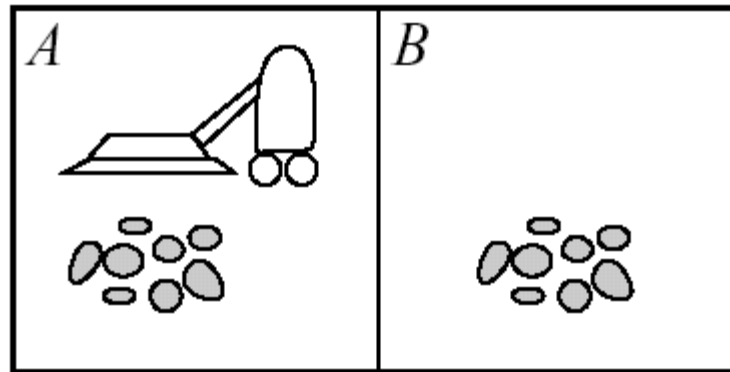
Internetový kupujúci

22

- Úspešnosť:
 - ▣ cena, kvalita, vhodnosť, efektívnosť, ...
- Prostredie:
 - ▣ súčasné aj budúce webové sídla, predajcovia, dodávateľia, ...
- Aktuátory:
 - ▣ displej pre používateľa, prechod na inú stránku podľa URL, ...
- Senzory:
 - ▣ HTML stránky (text, grafika, skripty), ...

Inteligentný vysávač

23



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

Vysávací agent

24

| Percept sequence | Action |
|-------------------------------|--------------|
| <i>[A, Clean]</i> | <i>Right</i> |
| <i>[A, Dirty]</i> | <i>Suck</i> |
| <i>[B, Clean]</i> | <i>Left</i> |
| <i>[B, Dirty]</i> | <i>Suck</i> |
| <i>[A, Clean], [A, Clean]</i> | <i>Right</i> |
| <i>[A, Clean], [A, Dirty]</i> | <i>Suck</i> |
| <i>⋮</i> | <i>⋮</i> |

```
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

Rozumnosť

25

- “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?

Rozumnosť

26

- Čo je rozumné závisí od:
 - ▣ kritérií úspešnosti
 - ▣ postupnosti vnemov
 - ▣ agentových apriorných znalostí o prostredí
 - ▣ akcií, ktoré dokáže vykonávať
- Rozumný agent si vyberá akciu:
 - ▣ tak, aby maximalizovala úspešnosť agenta
 - ▣ na základe faktov daných postupnosťou vnemov
 - ▣ na základe apriórnych znalostí o danom prostredí

Miera úspešnosti

27

- 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

Je vysávací agent rozumný?

28

- Áno, za týchto predpokladov:
 - ▣ mierka úspešnosti: 1 bod za každú čistú 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

Je vysávací agent rozumný?

29

- 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
 - ▣ ...

Viac o rozumnosti

30

- Rozumnosť nie je vševedomosť
- Rozumnosť nie je jasnovidnosť
- Rozumnosť nemusí zaručene viesť k úspechu!
- Rozumné správanie často vyžaduje
 - ▣ zbieranie informácií: skúmanie neznámeho prostredia
 - ▣ učenie sa: zistiť, ktorá akcia pravdepodobne povedie k želanému výsledku (a získať spätnú väzbu z prostredia o úspechu)
- Takže rozumný agent by mal byť autonómny (nespolieha sa výlučne len na apriórnu vedomosť jeho návrhára, učí sa zo svojej skúsenosti)

Prostredie agenta

31

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

Vlastnosti prostredia

32

- 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

Vlastnosti prostredia

33

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

Vlastnosti prostredia

34

- 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 chybnjej súčiastky na montážnej linke
 - ▣ sekvenčné: súčasné rozhodnutie môže ovplyvniť všetky budúce rozhodnutia
 - napr. ťah v šachu

Vlastnosti prostredia

35

□ Statické vs dynamické

- ▣ Dynamické: prostredie sa môže meniť počas toho, keď agent hľadá ďalšiu akciu
- ▣ čiastočne dynamické (semidynamické): ohodnotenie úspešnosti sa môže meniť v čase, hoci prostredie sa nemení (napr. šach s hodinami)

□ Diskrétne vs spojité

- ▣ tento rozdiel sa môže vzťahovať na stav prostredia, spôsob práce s časom, vnemy alebo akcie

Jeden agent vs viac agentov

36

- 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

Príklady prostredia

37

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

Príklady rozumných agentov

38

| Druh agenta | Vnemy | Akcie | Ciele | Prostredie |
|--|--------------------------------------|--|--|---|
| lekársky diagnostický systém | symptómy, nálezy, odpovede pacienta | otázky, testy, liečebné postupy | zdravý pacient, min. náklady | pacient, nemocnica |
| systém analýzy satelitných snímkov | body snímku rôznej intenzity a farby | vytlačenie oznámenia o kategorizácii scény | správna kategorizácia | obrazy z obiehajúceho satelitu |
| robot na triedenie súčiastok | body snímku rôznej intenzity | uchopenie súčiastky, umiestnenie do koša | súčiastky sú v správnych košoch | bežiaci pás so súčiastkami rôzneho druhu |
| systém riadenia rafinérie | zosnímané hodnoty teploty a tlaku | otvorenie/uzavretie ventilov, prispôsobenie teploty | maximálna čistota, výťažok a bezpečnosť | rafinéria |
| vodič taxi | kamery, GPS, tachometer, mikrofón | smerovanie, brzdenie, zrýchľovanie, komunikácia s pasažierom | bezpečná, pohodlná, legálna, rýchla doprava do cieľa | cesty, dopravné značky, semaforey, chodci a zákazníci |
| systém na podporu učenia sa angličtiny | slová napísané klávesnicou | vytlačenie cvičení, návodov, opráv | max. počet bodov študenta na teste | množina študentov |

Údaje, informácie a poznatky (znalosti)

39

□ Údaje

- ▣ numerické alebo alfanumerické reťazce, ktoré samé osebe nemajú žiadny význam

□ Informácie

- ▣ údaje organizované tak, že majú význam pre toho, kto ich prijíma

□ Poznatky (znalosti)

- ▣ reprezentujeme symbolicky položku po položke v báze poznatkov
- ▣ odvodzovaním nad bázou poznatkov a údajmi o probléme získava systém schopnosť riešiť problémy z nejakého okruhu problémov, čiže určitú znalosť tejto problematiky.

Ohraničená rozumnosť

40

- ❑ Ohraničenými výpočtovými prostriedkami (veľkosť pamäti, čas, dakedy 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

Hľadanie riešenia

41

- **Hľadanie riešenia** je prístup k riešeniu problémov, pri ktorom nevychádzame z algoritmu riešenia problému
- Riešenie buď nepoznáme (možno preto, že ani neexistuje), alebo ho poznáme, ale pre svoju neefektívnosť je prakticky nepoužiteľné
- Namiesto toho vychádzame z algoritmu, ako riešenie hľadať

Hľadanie riešenia problému

42

- Ak si rozumný agent prostredníctvom vnemu určí cieľ, môže problém vyriešiť vyhľadaním postupností akcií, vedúcich do cieľa

```
function JEDNODUCHÝ-KONATEĽ-RIEŠIACI-PROBLÉM(vnem) returns akcia  
  static: akcie, postupnosť akcií, na začiatku prázdna  
           stav, nejaký opis súčasného stavu sveta  
           cieľ, cieľ, na začiatku prázdny  
           problém, vyjadrenie problému  
  stav ← OBNOV-STAV(stav, vnem)  
  if akcie je prázdna then  
    cieľ      ← VYJADRI-CIEĽ(stav)  
    problém ← VYJADRI-PROBLÉM(stav, cieľ)  
    akcie     ← HLADAJ(problém)  
  akcia ← VYBER-PRVÚ(akcie, stav)  
  akcie ← ZVYŠOK-AKCIÍ(akcie, stav)  
  return akcia
```

Definícia typu problému

43

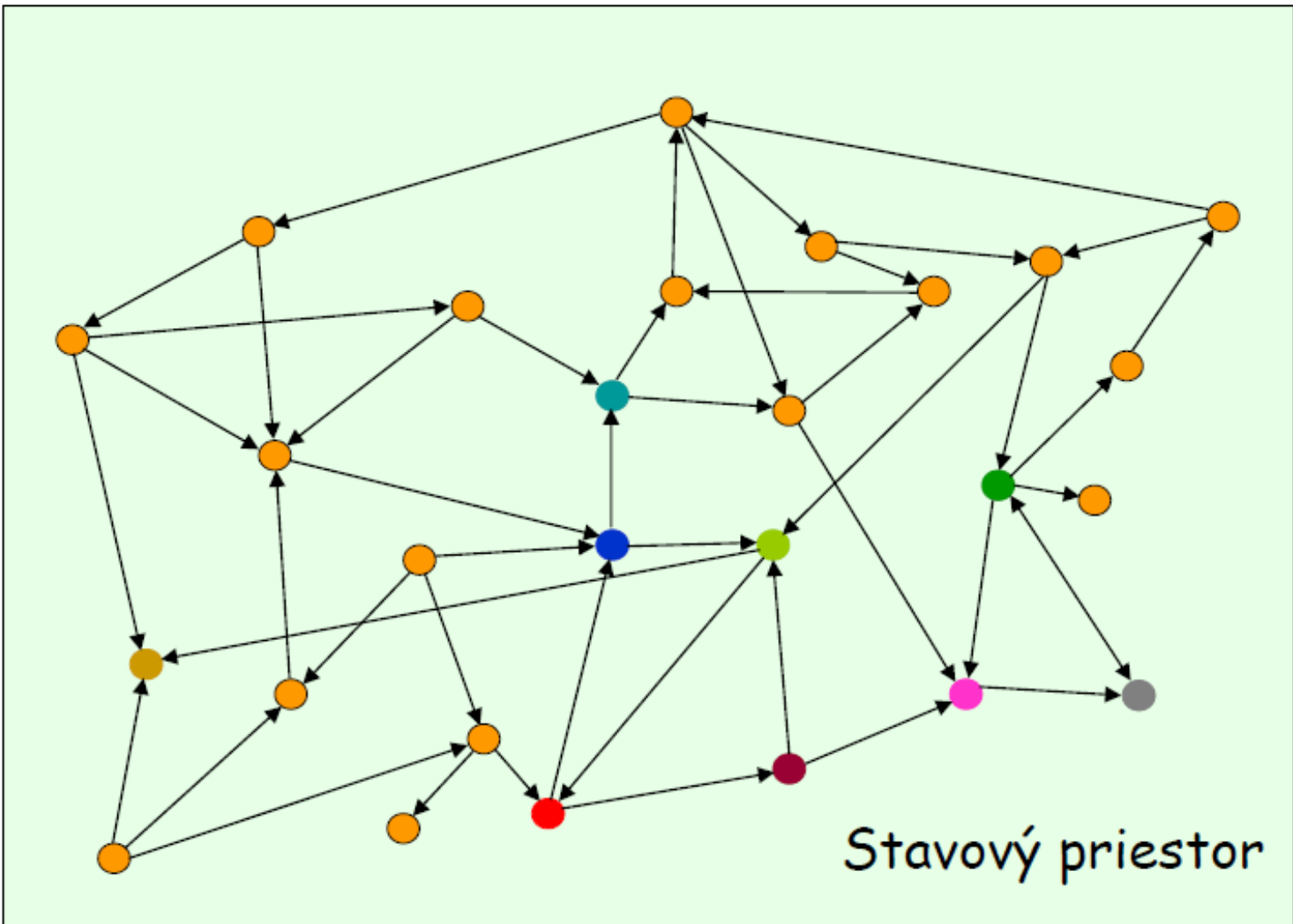
- Na vyjadrenie problému treba poznať niekoľko základných informácií:
 - ▣ Začiatočný stav
 - ▣ Množinu operátorov
 - ▣ Množinu všetkých stavov
 - ▣ Cieľový test
 - ▣ Cenu cesty

datatype PROBLÉM

components: STAVY, ZAČIATOČNÝ-STAV, OPERÁTORY,
CIEĽOVÝ-TEST, CENA-CESTY

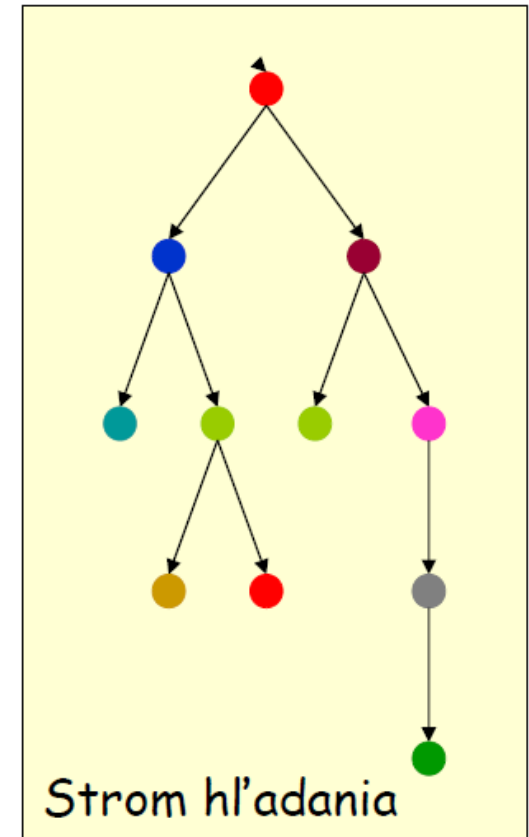
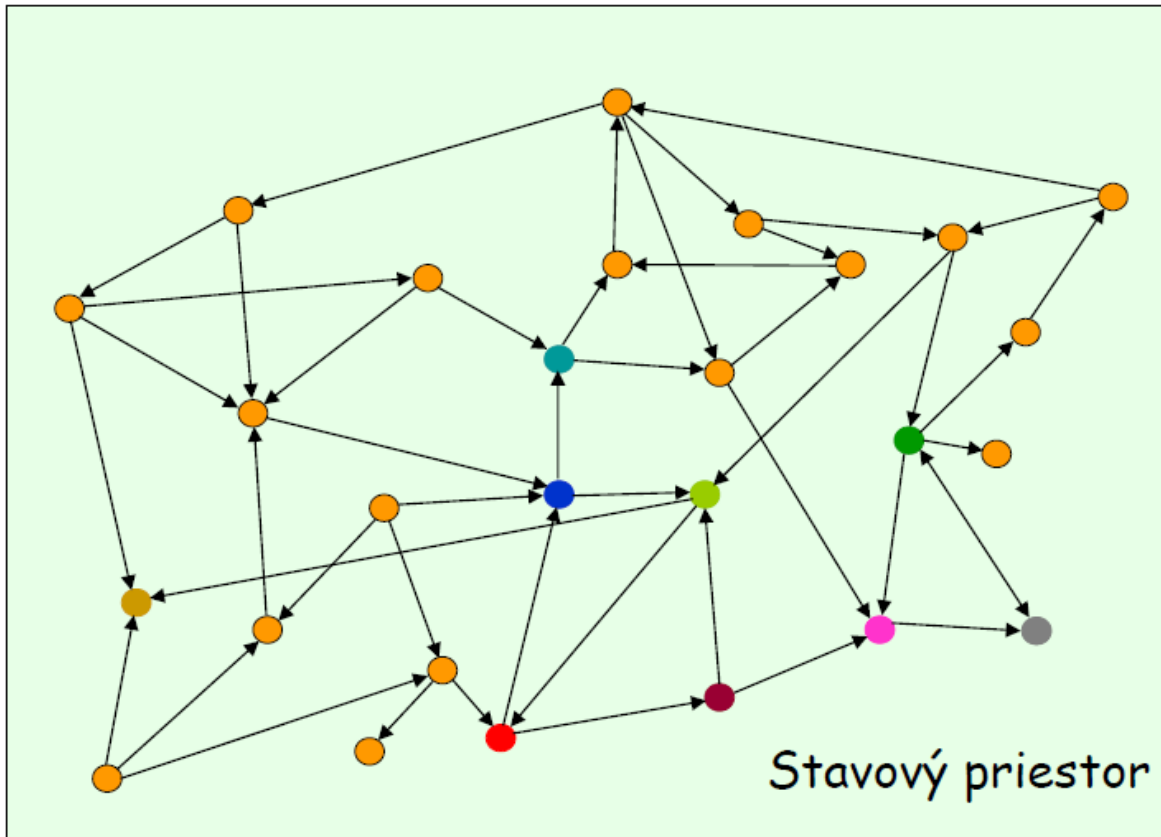
Stavový priestor

44



Strom hľadania

45



všimnime si, že pri hľadaní
sa niektoré stavy môžu
navštíviť viac ráz

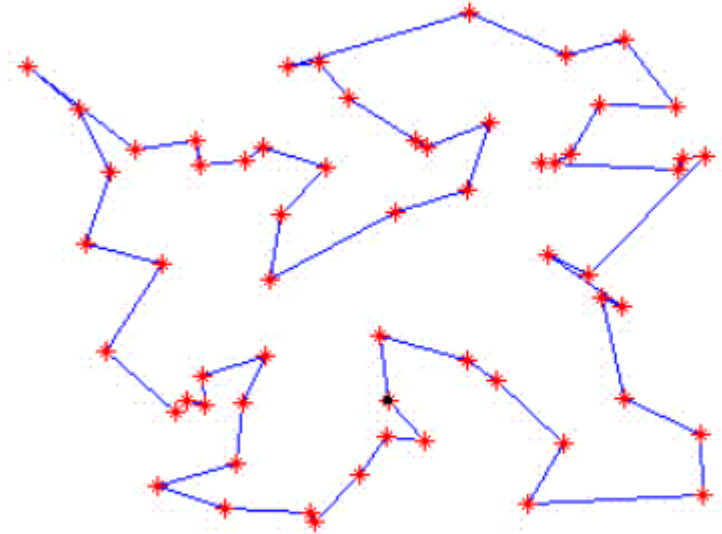
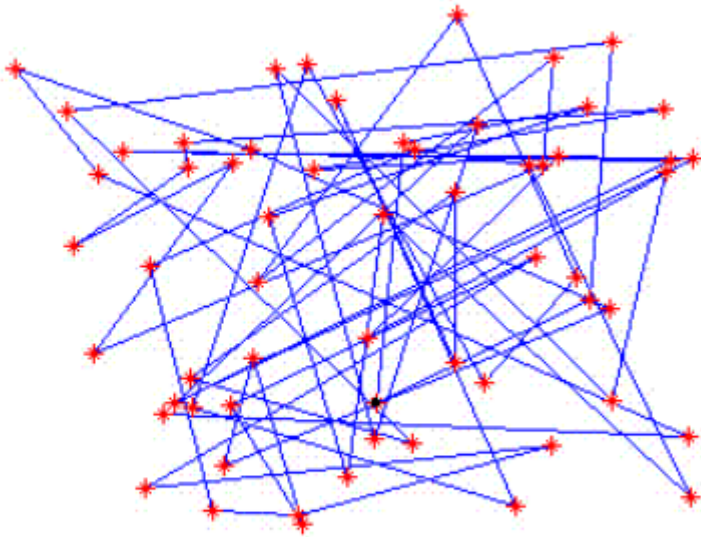
Reálne problémy – problém nájdania cesty

46

- Problém naplánovania najvýhodnejšej cestovnej trasy z mesta A do mesta B
 - ▣ **stavy:** mestá, ktoré sa uvažujú pri hľadaní
 - ▣ **začiatkový stav:** mesto A
 - ▣ **operátory:** možné presuny z jedného mesta do druhého (existuje cesta na mape)
 - ▣ **cieľový test:** “Sme v meste B?”
 - ▣ **cena cesty:** aplikácia operátora, t.j. presun z jedného mesta do druhého, má cenu rovnajúcu sa vzdialenosti medzi týmito mestami

Reálne problémy – problém obchodného cestujúceho

47



http://en.wikipedia.org/wiki/Traveling_salesman_problem

Reálne problémy – autonómne roboty

48

- Autonómny robot pri svojej činnosti rieši množstvo problémov:
 - ▣ Rozhodovanie, ktorú z možných akcií je treba vykonať
 - ▣ Predchádzanie kolíziám
 - ▣ Plánovanie trajektórií
 - ▣ Interpretácia veľkého množstva numerických dát, poskytovaných senzormi do kompaktnej zmysluplnej symbolickej reprezentácie
 - ▣ Diagnostikovanie, prečo niečo nedopadlo podľa očakávaní
 - ▣ Atd'. ...
- Na riešenie týchto problémov je nevyhnutné používať rôzne metódy prehľadávania, pričom v jednom časovom okamihu sa môže vykonávať viacero prehľadávaní súčasne



ĎAKUJEM ZA POZORNOSŤ