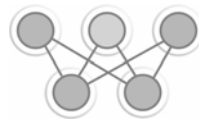


Prof.dr.sc. Bojana Dalbelo Bašić

Fakultet elektrotehnike i računarstva
Zavod za elektroniku, mikroelektroniku, računalne i inteligentne sustave

www.zemris.fer.hr/~bojana
bojana.dalbelo@fer.hr

Umjetna inteligencija



© Bojana Dalbelo Bašić

FER
veljača 2008



"Can machine think?"

- Računala i roboti uvijek su inspirirali ljudsku maštu. Umjetna inteligencija uvijek je bila okružena kontroverzama.
- Što je to uopće **inteligencija**? Što podrazumijevamo pod pojmom **umjetna inteligencija**?
- Kada su nastala računala, nastala je i želja da reproduciramo inteligenciju računalom.
- I prije nastanka računala postojali su **pokušaji da napravimo svoju kopiju...**



Povijesni pokušaji - Frankenstein

Izvorna priča Mary Shelley
"*Frankenstein; ili moderni Prometej*", izdana 1818, opisuje pokušaj znanstvenika Victora Frankensteinova da stvori umjetni život.

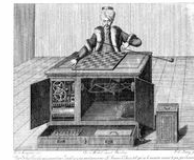


Frankenstein creates the fiend - illustration by Bernie Wrightson (© 1977)



Povijesni pokušaji - Turčin - automat koji igra šah

- 1770. god. - Wolfgang von Kempelen konstruirao je automat koji igra šah i izvodi *korjičev obilazak*.
- Izlagan i prikazivan 80 godina po Europi i Americi
- Vješto konstruirana mehanička iluzionistička naprava



Literatura

In 1921, češki pisac Karel Čapek napisao je dramu
R.U.R. (Rossum's Universal Robots).

Riječ ROBOT – češki "robota" – rad / prisilni rad

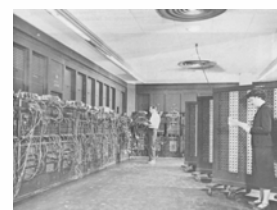


<http://www.umich.edu/~engb415/literature/pontee/RUR/RURsmry.html>



Nastanak računala

1945. -- ENIAC prvo elektronsko računalo

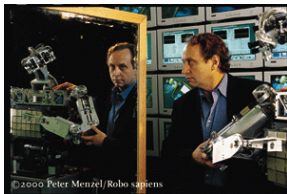


U početku razvoja računala smatralo se
računala = elektronički mozak



"Can machine think?"

Pa ipak ... Računala danas upravljaju vrlo složenim procesima, računalom simuliramo rješavanje složenih problema, donošenje odluka, zaključivanja, prirodni jezik, ...



©2000 Peter Menzel/Robo sapiens



"Can machine think?"

1997. Računalo Deep Blue (IBM) pobijedilo je svjetskog šahovskog prvaka Garryja Kasparova

Deep Blue vs. Garry Kasparov



Je li Deep Blue inteligentan?



Što ćete naučiti na ovom kolegiju?

- Upoznat ćete sadašnja ograničenja i mogućnosti UI
- Pregled temeljnih metoda i tehnika UI
- Razumjet ćete prednosti i mane različitih metoda
- Moći ćete prepoznati probleme u kojima je pogodno primijeniti metode umjetne inteligencije
- Pregled različitih filozofskih pogleda na UI



Sadržaj kolegija

- Uvod (3 sata)
- Pretraživanje prostora stanja (6 sati)
- Sustavi temeljeni na znanju
 - Propozicijska logika (3 sata)
 - Predikatna logika (6 sata)
 - Produkcijski sustavi (3 sata)
- Nepouzdanost znanje i zaključivanje (3+3 sati)
- Sustavi koji uče (2 sata)
- Konektivizam (3 sata)
- Raspodijeljena i evolucijska UI (5 sati)
- Zaključak (2 sata)

1

2

3



Inteligentni sustavi ak.god. 2007/08

Predavanja

Prof.dr.sc. Bojana Dalbelo Bašić

Laboratorijske vježbe

Mr.sc. Jan Šnajder, Mr.sc. Marko Čupić
(Jure Mijić, dipl.ing. Artur Šilić, dipl.ing., Saša Petrović, dipl.ing.)

Nastava D346, utorakom 11-14h / 17-20h.

<http://www.fer.hr/predmet/umjint>



Mi i strojevi





Deep Blue
This 3.4 ton 8-year-old sure plays a mean game of chess



Garry Kasparov
The best player in the world shows no signs of slowing down

200,000,000 šahovskih pozicija u sekundi.	3 šahovske pozicije u sekundi.
Posjeduje malo znanja o šahu, ali ogromnu sposobnost izračunavanja .	Posjeduje mного znanja o šahu, ali bitno manju sposobnost izračunavanja .
Stroj nema osjećaje niti intuiciju , ne zaboravlja, ne može se zbuniti niti osjećati neugodno.	Ima osjećaje i istančanu intuiciju , ali može osjećati umor i dosadu , te gubiti koncentraciju .

Pretraživanje velikog broja mogućih kombinacija ne zahtijeva inteligenciju!



Deep Blue
This 3.4 ton 8-year-old sure plays a mean game of chess



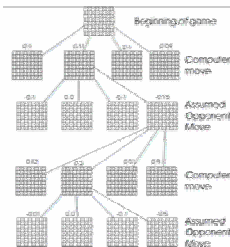
Garry Kasparov
The best player in the world shows no signs of slowing down

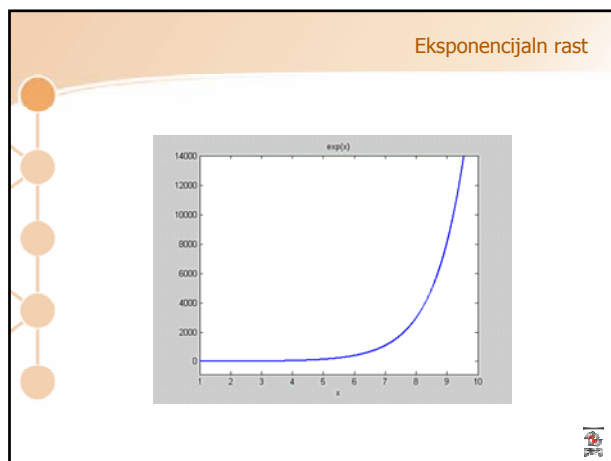
Deep Blue ne uči. Stoga niti ne može iskoristiti umjetnu inteligenciju da bi naučio od svog protivnika ili da bi "razmišljao" o trenutnom stanju na šahovskoj ploči.	Garry Kasparov može učiti i brzo se prilagoditi na temelju svojih uspjeha i pogrešaka.
Deep Blue nevjerovatno učinkovito rješava probleme iz domene šaha, no manje je "inteligentan" čak i od najglupljeg čovjeka.	Garry Kasparov je visoko inteligentan. Autor je triju knjiga i govori mnoge jezike.

Deep Blue vs. Garry Kasparov

Rješavanje teških problema zahtijeva pretraživanje prostora stanja

Da bi se igrao šah na majstorskoj razini, potrebno je pretraživati 8 koraka unaprijed, oko 35^8 ili $2 \cdot 10^{12}$ čvorova treba biti ispitano





Šah je jednostavan:

- Broj grananja 35, a pravila igre stanu na jednu stranicu

Složeno:

- Rečenica

John saw a boy and a girl with a red wagon with one blue and one white wheel dragging on the ground under a tree with huge branches.

može imati 8064 tumačenja – višeznačna je i za ljude!

Obrada prirodnog jezika

- **Flying planes can be dangerous.** (Either flying planes is dangerous, or flying planes are dangerous.)
- **The man tried to take a picture of a man with a turban.** (Did the man try to take a picture with a turban, or take a picture of a man who is wearing a turban?)
- **The man saw the boy with the telescope.**

Prevođenje podrazumijeva opće znanje i razumijevanje konteksta pomoću kojih se razrješavaju višeznačnosti

Činjenica:

Mi puno znamo

Strojno prevođenje

I have a dream, that my four little children will one day live in a nation where they will not be judged by the color of their skin but by the content of their character. I have a dream today – *Martin Luther King*

I am a sleepy, that my four small children a day of alive in a nation in where they will not be judged by the color of its skin but by the content of its character. I am a sleepy today. (*Spanish*)

Koje stvari ljudi rade lakoćom, a koje su teške za računo?

- Zdravorazumsko zaključivanje (Common sense)
 - CYC (najveća i najpotpunija opća baza znanja)
 - UT (<http://www.cs.utexas.edu/users/mfkb/RKF/tree/>)
 - WordNet (<http://www.cogsci.princeton.edu/~wn/>)
- Prirodni jezik
- Kretanje

CAPTCHA: Telling Humans and Computers Apart Automatically

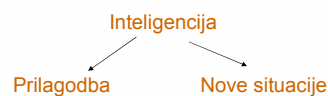


<http://www.captcha.net/>

Što je inteligencija?
Što je umjetna inteligencija?

Što je inteligencija?

- Lat. Intelligere – razabirati, shvaćati, razumijevati
- Inteligencija je deskriptivni pojam – opisuje neka svojstva jedinke ili grupe jedinki.
- Deskriptivni pojmovi su proizvoljni – deskriptivne definicije složenih pojmova ne mogu zadovoljiti sve
- Većina se slaže:



Što je inteligencija ?

- **Inteligencija** – svojstvo uspješnog snalaženja jedinke u novim situacijama (R. Pintner).
- **Inteligencija** - sposobnost učenja prilagodbe na okolinu (Colvin)
- **Inteligencija** – opća sposobnost apstraktnog zaključivanja pri rješavanju problema (Terman)
- **Inteligencija** – svrsishodno i prilagodljivo ponašanje u danim okolnostima (Psihologija, grupa autora, ŠK, Zagreb, 1992.)
- **Inteligencija** se manifestira u odnosu na neki posebni društveni i kulturni kontekst (J. Weizenbaum, 1975.)

Jedan mogući pristup...

- Umjesto diskusije je li neko ponašanje inteligentno ili ne možemo prihvatiti jedan praktičan pristup:

Ako je neko ponašanje interesantno (ljudsko, mrava, slona, robota...) - kako to ponašanje nastaje?

Takav pristup omogućava razumijevanje principa na kojima se temelji inteligencija.

“understanding by building”

Kognitivna znanost – interdisciplinarno istraživanje uma

Što je umjetna inteligencija?

Što je umjetna inteligencija? - taksonomija znanosti

Tehničke znanosti



Računarstvo



Umjetna inteligencija

Područja umjetne inteligencije

Klasifikacija prema Association of Computing Machinery (1998)

- Opće područje (kognitivno modeliranje, filozofske osnove)
- Ekspertni sustavi i primjene
- Dedukcija i dokazivanje teorema
- Formalizmi i metode prikaza znanja
- Strojno učenje
- Razumijevanje i obrada prirodnih i umjetnih jezika
- Rješavanje problema, metode upravljanja i metode pretraživanja prostora stanja
- Robotika
- Računalski vid, raspoznavanje uzoraka i analiza scena
- Porazdjeljena umjetna inteligencija

Područja umjetne inteligencije

Klasifikacija prema Association of Computing Machinery (1998)

- Opće područje (kognitivno modeliranje, filozofske osnove)
- Ekspertni sustavi i primjene
- Dedukcija i dokazivanje teorema
- Formalizmi i metode prikaza znanja
- Strojno učenje
- Razumijevanje i obrada prirodnih i umjetnih jezika
- Rješavanje problema, metode upravljanja i metode pretraživanja prostora stanja
- Robotika
- Računalski vid, raspoznavanje uzoraka i analiza scena
- Porazdjeljena umjetna inteligencija

Naziv "umjetna inteligencija"

1956 at Dartmouth College, Hanover, New Hampshire
Workshop - 10 znanstvenika, 2 mjeseca.



John
McCarthy

"... The study is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it. An attempt will be made to find how to make machines use language, form abstractions and concepts, solve kinds of problems now reserved for humans, and improve themselves..
(McCarthy et al 1955)."



Rasprave o nazivu "umjetna inteligencija"

Znanstvenici s vodećih institucija: CMU, Stanford, MIT, IBM

Konferencija u Dartmouthu nije donijela spektakularne rezultate, ali je ustanovila **ново područje – AI** (različito od operacijskih istraživanja ili teorije upravljanja)



Umjetna inteligencija –
J. McCarthy (1956. g.) → naziv za znanstvenu disciplinu koja se bavi izgradnjom računalnih sustava čije se ponašanje može tumačiti kao inteligentno.

Inteligentni strojevi vs. Inteligentno ponašanje strojeva



Definicije umjetne inteligencije

- Patrick H. Winston

"Proučavanje postupaka koji čine mogućim percipiranje, umovanje i reagiranje"



- Patrick H. Winston je profesor na Massachusetts Institute of Technology. Posebno ga zanimaju kako vid, jezik i motorne sposobnosti doprinose inteligenciji.
- Autor poznatog udžbenika "Artificial Intelligence"



Definicija umjetne inteligencije II

Marvin Minsky

"The science of making machines do things that would require intelligence if done by men"



Marvin Minsky is Professor of Electrical Engineering and Computer Science at M.I.T. His research has led to advances in artificial intelligence, cognitive psychology, neural networks, and the theory of Turing Machines and recursive functions.



Definicija umjetne inteligencije III

"Umjetna inteligencija bavi se izučavanjem kako računalo učiniti sposobnim da obavlja poslove koje u ovom času ljudi obavljaju bolje."
(E. Rich, 1991.)



Definicija umjetne inteligencije IV

Eugene Charniak

"The study of mental faculties through the use of computational models"



Eugene Charniak is Professor of Computer Science and Cognitive Science at Brown University. His main area of research is language understanding or technologies which relate to it, such as knowledge representation, reasoning under uncertainty, and learning.



Klasifikacija definicija umjetne inteligencije

Nema opće prihvaćene definicije što je to "umjetna inteligencija" – pokušaj sistematizacije definicija

Razmišljati ljudski	Razmišljati racionalno
Ponašati se ljudski	Ponašati se racionalno

Klasifikacija definicija umjetne inteligencije

Razmišljati ljudski

"Uzbudljivi novi pokušaj da se omogući razmišljanje računalima... strojevi s umovima, u punom i doslovnom smislu" (Haugeland, 1985)

"Automatizacija aktivnosti koje asociiramo s ljudskim razmišljanjem, aktivnosti poput donošenja odluka, rješavanja problema, učenja..." (Bellman, 1978)

Razmišljati racionalno

"Proučavanje mentalnih svojstava kroz uporabu računalnih modela" (Charniak i McDermott, 1985)

"Proučavanje postupaka koji čine mogućim percipiranje, umovanje i reagiranje" (Winston, 1992)

Ponašati se ljudski

"Proces stvaranja strojeva koji obavljaju funkcije koje zahtijevaju inteligenciju koju imaju ljudi" (Kurzweil, 1990)

"Proučavanje kako učiniti da računala rade stvari u kojima su, trenutno, ljudi bolji" (Rich i Knight, 1991)

Ponašati se racionalno

"Polje rada koje želi objasniti i emulirati inteligentno ponašanje u smislu računalnih procesa" (Schalkoff, 1990)

"Grana računalnih znanosti koja se bavi automatizacijom inteligentnog ponašanja" (Luger i Stubblefield, 1993)

Definicije umjetne inteligencije

- "Umjetna inteligencija je grana računarske znanosti koja se bavi proučavanjem i oblikovanjem računarskih sustava koji pokazuju neki oblik inteligencije. Takvi sustavi mogu učiti, mogu donositi zaključke o svijetu koji ih okružuje, oni razumiju prirodni jezik te mogu spoznati i tumačiti složene vizualne scene te obavljati druge vrste vještina za koje se zahtijeva čovjekov tip inteligencije."

(D.W. Paterson, 1990.)

Turingov test i pitanje "Can machine think?"

Can machine think?

Što je inteligencija? Mogu li strojevi biti inteligentni?

- Jesu li životinje inteligentne?
- Stječemo li inteligenciju ili je nasljeđujemo?
- U kojoj su mjeri emocije povezane s inteligencijom?



Što znači **svijest** i može li netko biti inteligentan i ne svjestan i obrnuto?
Što znači **učenje**?
Kakav je **odnos učenja i inteligencije**?

Can machine think?

Testiranje inteligencije

- Alan Turing u u časopisu *Mind*, članku "Computing Machinery and Intelligence" (1950.) predložio operacionalizaciju pitanja: Pitanje "Can machine think?" zamijeniti eksperimentom "imitation game".



- eksperiment uspoređuje performanse pretpostavljenog inteligentnog stroja i čovjeka na temelju nekog skupa upita

Turingov test

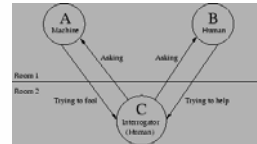
U igru su uključena tri sudionika A, B i C s različitim ciljevima
Cilj igre C: Postavljanjem pitanja C mora odrediti koji je od dvoje ispitanika muškarac, a tko žena



Cilj igre A: Uputiti C na pogrešnu identifikaciju
Cilj igre B: Pomoći ispitivaču C

Turingov test

Što će se dogoditi ako **stroj** preuzme ulogu igrača A?



Hoće li ispitivač C praviti jednak broj pogrešaka kao u igri u kojoj sudjeluju muškarac i žena?

Ako je broj pogrešaka jednak onda je stroj inteligentan

Testiranje inteligencije

Očekivane sposobnosti i svojstva (inteligentnog) stroja koji prolazi TT:

- obrada prirodnog jezika
- prikaz (predstavljanje) **znanja**
- automatsko zaključivanje,
- učenje

Turing je predviđao da će **do 2000.** računala imati 30% šanse zavarati ljude.

Ograničenja Turingovog testa

- Loše oblikovan eksperiment (ovisi o subjektivnosti suca, sredini sudionika, ...) -> inteligencija se očituje u odnosu na kontekst!
- Stroj može pokazivati neki oblik inteligentnog ponašanja bez sposobnosti oponašanja ljudske konverzacije
- Turing test nije reproducibilan niti konstruktivan, i ne može se matematički/formalno analizirati.

Predstavlja jedno shvaćanje UI!
 Koje?

U smjeru Turingovog testa

- Nastavak napora da se položi TT

1990. ustanovljena je **Loebner Prize**: Grand Prize \$100,000 i zlatna medalja za prvo računalo čiji se odgovori ne razlikuju od čovjekovih.



Odnos prema drugim znanostima

Umjetna inteligencija i druge znanosti

Umjetna inteligencija ima poveznice na:

- **Humanističke znanosti:** Lingvistika, Filozofija, Psihologija
- **Prirodne znanosti:** Matematika, Biologija
- **Kognitivnu znanost** – interdisciplinarno znanstveno istraživanje uma

Spoznajna znanost – Umjetna inteligencija

Pojmovi u humanističkim znanostima:

- Inteligencija
- Znanje
- Spoznaja
- Učenje
- Govorni (prirodni) jezici

Pojmovi u tehničkim Znanostima (računarstvu):

- Umjetna inteligencija (*artificial intelligence*)
- Baza znanja (*knowledge base*)
- Obrada informacija (*information processing*)
- Strojno učenje (*machine learning*)
- Obrada prirodnog jezika (*natural language processing*)

Povijest UI

Povijest AI

1943. – 1952. Početak

- 1943 J. McCulloch, W. Pitts, model umjetnog neurona
- 1949 D. Hebb formulirao pravilo za modificiranje veze između dva neurona
- 1951 Minsky i Edmons (Princeton) izgradili prvu neuronsku mrežu od 40 neurona (vakumske cijevi)
- 1950 A. Turing – Turing test, strojno učenje, genetički algoritmi, podržano učenje

Povijest AI

1952. – 1969. Rani entuzijazam, velika očekivanja

- 1956 J. McCharty (MIT), LISP (1958), «Look Ma, no hands»
- 1956 Newell, Shaw i Simon, prvi AI program, Logic Theorist (LT) – kraći dokaz teorema iz *Principia Mathematica*
- Newell & Simon – GPS prvi program koji je utjelovio ljudski način razmišljanja
- 1952 Samuel (IBM), igra dame, program koji uči
- - traži se sustav opće namjene (week methods)
- 1958 McCharty LISP
- 1960-1962. Widrow i Hoff – Adaline
- 1962 F. Rosenblatt - perceptron

Rogierian psychotherapy - ELIZA

- Men are all alike
- In what ways?
- They are always bugging us about something or other
- Can you think of specific example?
- Well, my boyfriend made me come here
- Your boyfriend made you come here?
- He says I am depressed much of the time
- I am sorry that you are depressed.
- Its true, I am unhappy
- Do you think coming here will help you not to be unhappy?
- I need some help that much seems certain
- What would it mean to you if you got some help?
- Perhaps I could learn to get along with my mother
- Tell me more about your family

1952. – 1969. Rani entuzijizam, velika očekivanja

- 1965 Joseph Weizenbaum (MIT) – *chatbot* ELIZA
- 1965 Robinson – pravilo rezolucije
- 1966 Quillian - semantičke mreže
- 1969 Minsky, Papert «Perceptrons» - ograničenje NN



1966. – 1973. Otrežnjenje

- Rezultati ranih sustava pokazali su se slabi na širem rasponu problema ili na težim zadacima.
- Rani programi sadržavali su **malo ili ništa znanja**, a uspjeh se temeljio na jednostavnim sintaktičkim manipulacijama
- Primjer: strojno prevođenje (financirano zbog ubrzanja prevođenja ruskih radova, 1957 Sputnik) – temeljilo se na sintaktičkim transformacijama i zamjenama riječi na temelju engleske i ruske gramatike.

Rezultat *"The spirit is willing but the flesh is weak"* ->
"The vodka is good but the flesh is rotten"



1966. – 1973. Otrežnjenje

Drugi veliki problem - intraktabilnost mnogih problema koje je UI pokušavala riješiti.

Početni uspjeh zbog malog broja (koraka) kombinacija u mikrosvjetovima.

Prije razvoja teorija izračunljivosti mislilo se da će se "skaliranje" na veće probleme riješiti povećanjem računalne snage!

1969 Minsky i Papert, *Perceptrons*



1970. - 1979. Sustavi temeljeni na znanju

- DENDRAL, Fiegenbaum, Buchanan (Stanford), sustav temeljen na znanju zaključuje o molekularnim strukturama organskih spojeva na temelju spektroskopije masa - 450 pravila.
- MYCIN, Shortliffe (Stanford), 450 pravila, različit od DENDRALA: nema teorijskog modela kao podlogu, uvođenje faktora izvjesnosti.
- Napredak u obradi prirodnog jezika
- PROLOG – popularan u Europi
- 1975 Minsky, teorija okvira (frames)



1980 - AI je industrija!

- (od nekoliko miliona dolara u 1980. do milijardu dolara u 1988.)
- 1982 McDermott – DEC R1 ekspertni sustav
- 1980tih - Povratak neuronskih mreža (Werbos – *backpropagation algorithm*)
- AI je znanost!
- Inteligentni agenti
- Agent - percepcija okoline kroz senzore i djelovanje na sredinu kroz akcije.



UI danas

Projekti u najpoznatijim svjetskim laboratorijima
i
u ZEMRIS KTLabu

