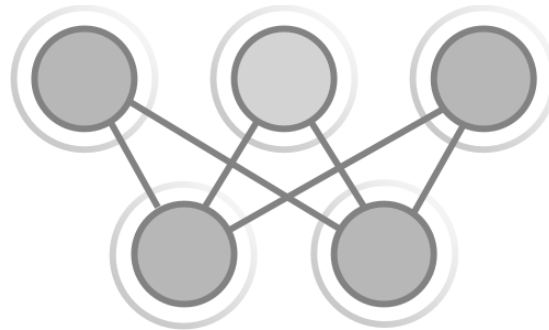


Prof. dr. sc. Bojana Dalbello Bašić

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

[www.zemris.fer.hr/~bojana](http://www.zemris.fer.hr/~bojana)  
[bojana.dalbello@fer.hr](mailto:bojana.dalbello@fer.hr)

# Umjetna inteligencija



Zaštićeno licencijom Creative Commons Imenovanje–Nekomercijalno–Bez prerada 3.0 Hrvatska

- Uvod – Can machines think?
- Što ćete učiti? Tko će vam pomoći?  
Kako ćemo vas motivirati?
- Mi i strojevi
- Što je umjetna inteligencija?
- Turingov test
- Razvoj UI

# "Can machines think?"

- Tisuće godina staro pitanje: "Kako mi mislimo?"
- Kada su nastala računala nastalo je i uvjerenje da ćemo inteligenciju reproducirati računalom.
- Što je to uopće inteligencija?  
Što podrazumijevamo pod pojmom umjetna inteligencija?
- I prije nastanka računala postojali su pokušaji da napravimo svoju kopiju...

# Povijesni pokušaji – Frankenstein

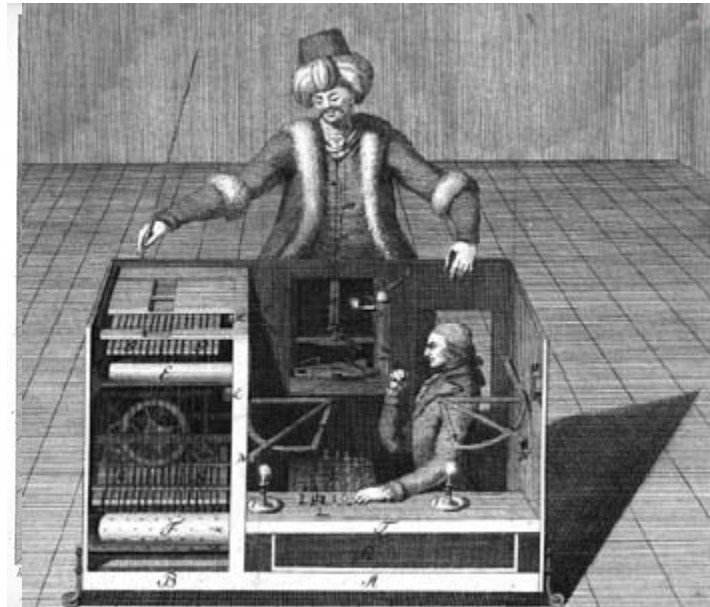
Izvorna priča Mary Shelley  
“*Frankenstein; ili moderni  
Prometej*”, izdana 1818,  
opisuje pokušaj znanstvenika  
Victora Frankensteina da  
stvori umjetan život.



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 *konjićev obilazak*.
- Izlagan i demonstriran 80 godina po Europi i Americi
- Vješto konstruirana mehanička iluzionistička naprava



AWS

Products

Developers

Community

Support

Account

Products &amp; Services

## Mechanical Turk

- **MTurk Overview**
- [FAQs](#)
- [MTurk Website](#)
- [MTurk Sandbox](#)

## Developer Resources

- [Documentation](#)
- [Release Notes](#)
- [Sample Code & Libraries](#)
- [SDKs](#)
- [Developer Tools](#)
- [Articles & Tutorials](#)

## Amazon Mechanical Turk (beta)

Amazon Mechanical Turk is a marketplace for work that requires human intelligence. The Mechanical Turk web service enables companies to programmatically access this marketplace and a diverse, on-demand workforce. Developers can leverage this service to build human intelligence directly into their applications.

While computing technology continues to improve, there are still many things that human beings can do much more effectively than computers, such as identifying objects in a photo or video, performing data de-duplication, transcribing audio recordings or researching data details. Traditionally, tasks like this have been accomplished by hiring a large temporary workforce (which is time consuming, expensive and difficult to scale) or have gone undone.

Mechanical Turk aims to make accessing human intelligence simple, scalable, and cost-effective. Businesses or developers needing tasks done (called Human Intelligence Tasks or "HITs") can use the robust Mechanical Turk APIs to access thousands of high quality, low cost, global, on-demand workers—and then programmatically integrate the results of that work directly into their business processes and systems. Mechanical Turk enables developers and businesses to achieve their goals more quickly and at a lower cost than was previously possible.

## Sign Up for Amazon Mechanical Turk

Keep these steps handy as you sign up for Amazon Mechanical Turk:

1. [Create an AWS Account](#)
2. Register as a Requester at [requester.mturk.amazon.com](http://requester.mturk.amazon.com) to begin building with the Amazon Mechanical Turk web service
3. Before creating a HIT, buy Prepaid Mechanical Turk HITs at [requester.mturk.amazon.com](http://requester.mturk.amazon.com)

Gotovo



## Sample Business Cases

### Photo / Video Processing

- Tag objects found in an image for easier searching
- Select from a set of images the best picture to represent a product
- Audit user-uploaded images for inappropriate content
- Classify objects found in satellite imagery



AWS

Products

Developers

Community

Support

Account

Products &amp; Services

## Mechanical Turk

- [MTurk Overview](#)
- [FAQs](#)
- [MTurk Website](#)
- [MTurk Sandbox](#)

## Developer Resources

- [Documentation](#)
- [Release Notes](#)
- [Sample Code & Libraries](#)
- [SDKs](#)
- [Developer Tools](#)
- [Articles & Tutorials](#)

## Amazon Mechanical Turk (beta)

Amazon Mechanical Turk is a marketplace for work that requires human intelligence. The Mechanical Turk web service enables companies to programmatically access this marketplace and a diverse, on-demand workforce. Developers can leverage this service to build human intelligence directly into their applications.

While computing technology continues to improve, there are still many things that human beings can do much more effectively than computers, such as identifying objects in a photo or video, performing data de-duplication, transcribing audio recordings or researching data details. Traditionally, tasks like this have been accomplished by hiring a large temporary workforce (which is time consuming, expensive and difficult to scale) or have gone undone.

Mechanical Turk aims to make accessing human intelligence simple, scalable, and cost-effective. Businesses or developers needing tasks done (called Human Intelligence Tasks or "HITs") can use the robust Mechanical Turk APIs to access thousands of high quality, low cost, global, on-demand workers—and then programmatically integrate the results of that work directly into their business processes and systems. Mechanical Turk enables developers and businesses to achieve their goals more quickly and at a lower cost than was previously possible.

## Sign Up for Amazon Mechanical Turk

Keep these steps handy as you sign up for Amazon Mechanical Turk:

1. [Create an AWS Account](#)
2. Register as a Requester at [requester.mturk.amazon.com](http://requester.mturk.amazon.com) to begin building with the Amazon Mechanical Turk web service
3. Before creating a HIT, buy Prepaid Mechanical Turk HITs at [requester.mturk.amazon.com](http://requester.mturk.amazon.com)

Gotovo



## Sample Business Cases

### Data Processing

- \* Human powered translation services
- \* Rating the accuracy of results for a search engine

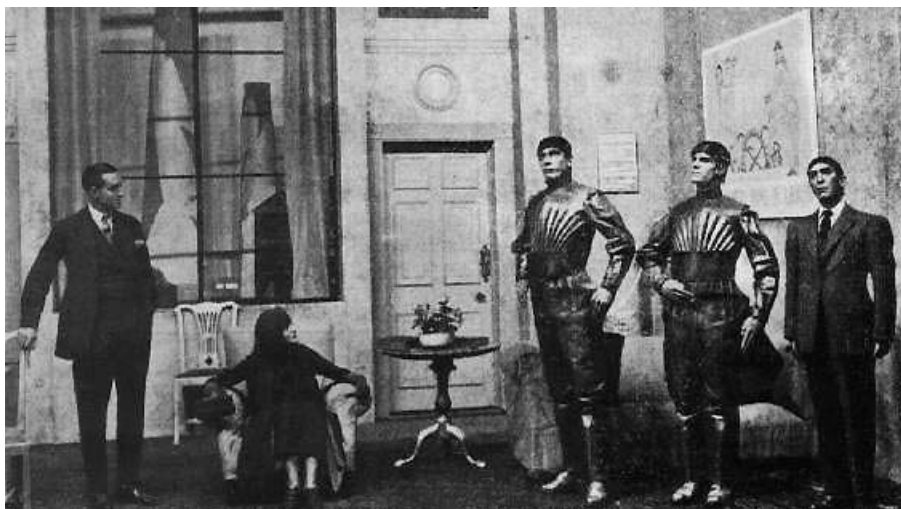
### Data Verification / Clean-up

- \* Identification of duplicate products in an online product catalog

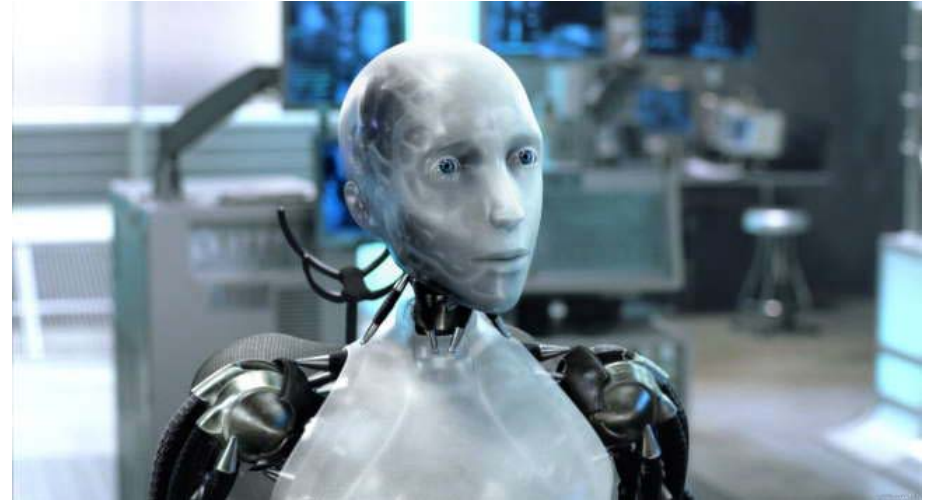


Godine 1921. češki pisac Karel Čapek napisao je dramu *R.U.R. (Rossum's Universal Robots)*.

*Riječ ROBOT – češki “robota” – rad / prisilni rad*



1. A robot may **not injure a human being** or, through inaction, allow a human being to come to harm.
2. A robot must **obey any orders** given to it by human beings, except where such orders would conflict with the First Law.
3. A robot **must protect its own existence** as long as such protection does not conflict with the First or Second Law.



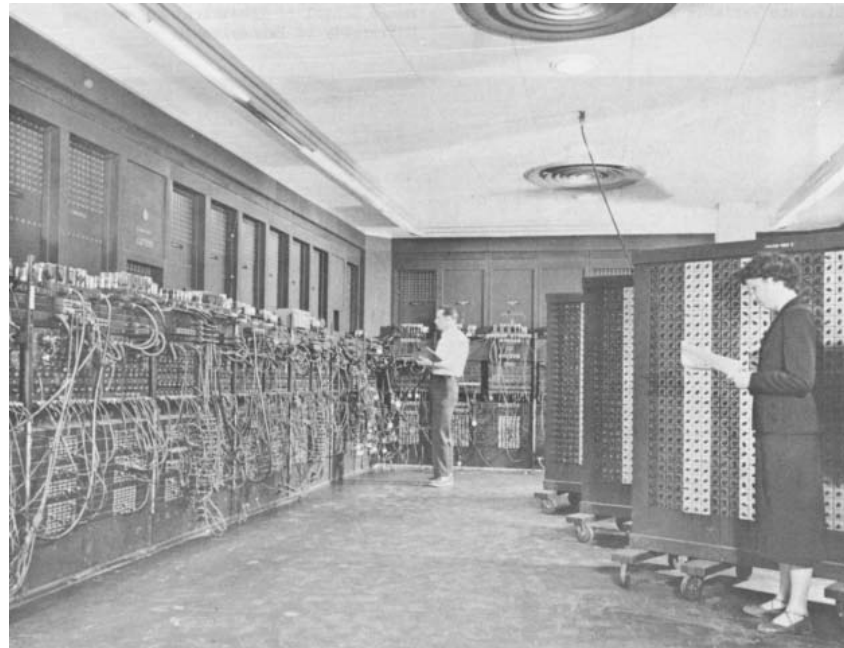
*I, Robot* (2004)



Isaac Asimov  
*Runaround (I, Robot)*

1942.

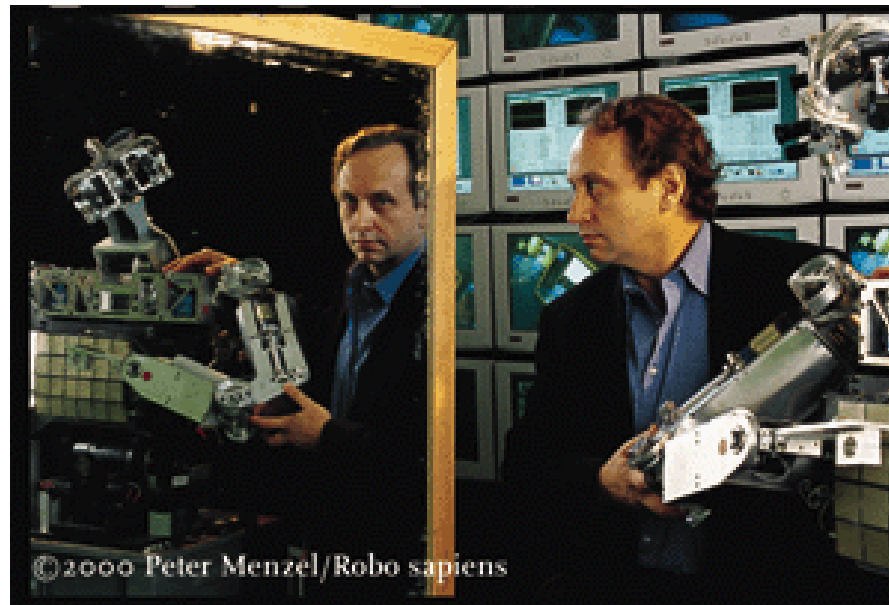
1945. ENIAC – prvo elektroničko računalo



U početku razvoja računala smatralo se  
**računala = elektronički mozak**

# "Can machines think?"

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



# Što ćete naučiti na kolegiju *Umjetna inteligencija* ?

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

- Uvod (3 sata)
- Pretraživanje prostora stanja, igranje igara (6 sati)
- Sustavi temeljeni na znanju:
  - Propozicijska logika (3 sata)
  - Predikatna logika (3 sata)

---

- Predikatna logika (5 sati)
- Ekspertni sustavi (3 sata)
- Nesavršeno znanje i zaključivanje (4 sata)

---

- Računalna inteligencija
  - Raspodijeljena i evolucijska UI: (4 sati)
  - Sustavi koji uče (3 sata)
  - Konektivistički pristup: perceptron, ANN (3 sata)
- Filozofski aspekti UI, zaključak (2 sata)

1

2

3



## **Predavanja**

Prof.dr.sc. Bojana Dalbelo Bašić, Dr.sc. Jan Šnajder  
Pozvano predavanje: Mr.sc. Marko Čupić

## **Asistenti**

Frane Šarić, dipl.ing. Artur Šilić, dipl.ing,

## **Demosi**

Petra Bosilj, Tin Franović, Ivan Kusalić,  
Paško Pajdek, Josip Saratlija

**Nastava** B4, četvrtkom 8-11h / 14-17h.

**Konzultacije** D339A, utorkom 12h-14h.

**IZBORNIK PREDMETA**

- Umjetna inteligencija
- Organizacija
- Nastavni materijali
- Laboratorijske vježbe
- Česta pitanja
- Literatura
- Linkovi

**GLAVNI IZBORNIK**

- Naslovnica
- O FER-u
- Ustroj ustanove
- Znanstveni i stručni rad
- Upis 2008/2009
- Preddiplomski studij
- Diplomski studij
- Poslijediplomski studij
- Cjeloživotno učenje i struka
- Život na FER-u
- Djelatnički intranet
- O Webu

**UMJETNA INTELIGENCIJA**

- Osnovni podaci
- Detaljne informacije
- Nastava
- Studenti
- Ocjenjivanje

**ECTS:** 4.0 

**Nositelji:** Prof. dr. sc. Bojana Dalbelo-Bašić

**Izvođači:** Mr. sc. Marko Čupić - Laboratorijske vježbe  
Mr. sc. Jan Šnajder - Laboratorijske vježbe

**Prijava ispita:** Studomat

**KONTAKT**

Sva pitanja, sve komentare i sugestije u vezi organizacije i sadržaja predmeta molimo uputite na [ui@zemris.fer.hr](mailto:ui@zemris.fer.hr). Ako pitanje želite uputiti točno određenom izvođaču predmeta, molimo koristite odgovarajuću individualnu e-mail adresu.

[ [Uredi tekst](#) | [Arhiva tekstova](#) | [Postavi ODT dokument](#) ]

**OBAVIJEŠTI**

[ [Nova obavijest](#) | [Administracija](#) ]

**Početak predavanja**

23.02.2009. u 17:13



Prvo predavanje iz predmeta "Umjetna inteligencija" održat će se, sukladno Fakultetskoj satnici, u **četvrtak, 26. veljače 2009. u 8 sati** u dvorani **B1**.

Jan Šnajder

[ [Briši](#) | [Uredi](#) ] [ [Komentiraj \(1\)](#) ]

**PRETPLATA**

**Trenutno pratite:**

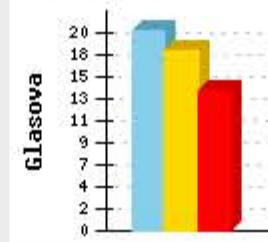
Forum  
Obavijesti

[Uređivanje pretplata](#)

**ANKETA**

**Rezultati ankete:**

*Vjerujem da će stroj čija inteligencija nadmašuje čovjekovu biti ostvaren.*



**Oblik:**

- Tortni
- Stupčasti
- Složeni

**Legenda** ▾

- nikada (38.5%)
- u dalekoj budućnosti (34.6%)
- u mom životnom vijeku (26.9%)

Broj glasova: 52

IZBORNIK PREDMETA

- Umjetna inteligencija
- Organizacija
- Nastavni materijali
- Laboratorijske vježbe
- Česta pitanja
- Literatura
- Linkovi

GLAVNI IZBORNIK

- Naslovnica
- O FER-u
- Ustroj ustanove
- Znanstveni i stručni rad
- Upis 2008/2009
- Preddiplomski studij
- Diplomski studij
- Poslijediplomski studij
- Cjeloživotno učenje i struka
- Život na FER-u
- Djelatnički intranet
- O Webu

UMJETNA INTELIGENCIJA

- Osnovni podaci
- Detaljne informacije
- Nastava
- Studenti
- Ocjenjivanje

**ECTS:** 4.0

**Nositelji:** Prof. dr. sc. Bojana Dalbelo-Bašić

**Izvođači:** Mr. sc. Marko Čupić - Laboratorijske vježbe  
Mr. sc. Jan Šnajder - Laboratorijske vježbe

**Prijava ispita:** Studomat

KONTAKT

Sva pitanja, sve komentare i sugestije u vezi organizacije i sadržaja predmeta molimo uputite na [ui@zemris.fer.hr](mailto:ui@zemris.fer.hr). Ako pitanje želite uputiti točno određenom izvođaču predmeta, molimo koristite odgovarajuću individualnu e-mail adresu.

[ [Uredi tekst](#) | [Arhiva tekstova](#) | [Postavi ODT dokument](#) ]

OBAVIJESTI

[ [Nova obavijest](#) | [Administracija](#) ]

Početak predavanja

23.02.2009. u 17:13



Prvo predavanje iz predmeta "Umjetna inteligencija" održat će se, sukladno Fakultetskoj satnici, u **četvrtak, 26. veljače 2009. u 8 sati** u dvorani **B1**.

Jan Šnajder

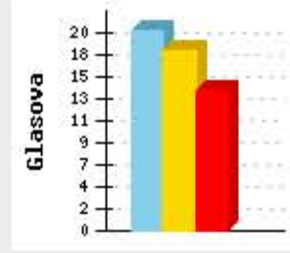
[ [Briši](#) | [Uredi](#) ] [ [Komentiraj \(1\)](#) ]

PRETPLATA

**Trenutno pratite:**  
Forum  
Obavijesti  
[Uređivanje pretplata](#)

ANKETA

**Rezultati ankete:**  
*Vjerujem da će stroj čija inteligencija nadmašuje čovjekovu biti ostvaren...*



Oblik:  
Tortni  
Stupčasti  
Složeni  
Legenda ▾

- nikada (38.5%)
- u dalekoj budućnosti (34.6%)
- u mom životnom vijeku (26.9%)

Broj glasova: 52

## Bodovanje aktivnosti

- sudjelovanje u nastavi (blicevi): **10 bodova**
- laboratorijske vježbe: **15 bodova**
- prvi međuispit: **20 bodova**
- drugi međuispit: **25 bodova**
- završni ispit: **30 bodova**

## Prag prolaznosti

- ukupno barem **50 bodova**
- barem **35 bodova** na ispitima
- barem **10 bodova** na završnom ispitu
- barem **10 bodova** na temelju **barem dva** lab. zadatka

## Međuispiti

Svaki ispit (međuispit, završni ispit) obuhvaća sve do tada obrađeno gradivo. Završni ispit – **pismeni i usmeni dio**.

## Nadoknade

Samo u opravdanim slučajevima. Tajnici zavoda ZEMRIS potrebno je predati **molbu i valjanu ispričnicu** najkasnije 7 dana nakon propuštene aktivnosti.

**Međuispiti:** u roku od 21 dan nakon međuispita. Nadoknada ispita provodi se u **pismenom i usmenom obliku**.

**Laboratorijske vježbe:** Moguće je nadoknaditi samo jednu vježbu. Nadoknada je na kraju semestra, prije završnog ispita.

## Laboratorijske vježbe

- Svaki laboratorijski zadatak nosi predviđeni broj bodova koji odgovara njegovoj težini.
- Asistent će usmeno provjeriti razumijevanje zadatka i rješenja i temeljem toga studentu dodijeti odgovarajući udio maksimalno mogućih bodova.
- Ako je vježba rađena u timu, svaki član tima treba samostalno demonstrirati rješenje i svaki će biti zasebno bodovan.
- Ukupno je iz laboratorijskih vježbi potrebno ostvariti **barem 10 bodova** od maksimalno 15 bodova, na **barem dvije vježbe**.

## Laboratorijske vježbe

- U svakom ciklusu birate jedan od desetak zadataka
- Svakom zadatku pridijeljen je broj bodova
- Svaki zadatak možete raditi u timu od **najviše četiri člana**
- Maksimum bodova po zadatku i po studentu:  
$$\text{max\_ostvarivo} = \min(10, \text{bodovi\_zadatak}/\text{sqrt}(n))$$
- Broj ostvarenih bodova određuje asistent na temelju demonstracije
- Zadatke možete raditi u: **C, C++, C#, Haskell, Java, Prolog i Python**
- Zadatak za 1. ciklus trebate prijaviti do **10. ožujka 2011.**

## Laboratorijske vježbe – primjer zadatka

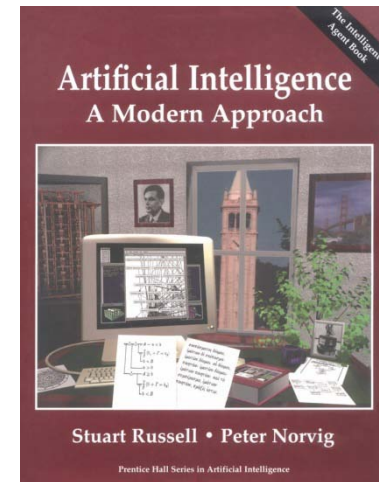
Problem misionara i kanibala (5 bodova)

Napišite program koji će pretraživanjem u širinu pronaći optimalno rješenje problema misionara i kanibala.

Problem je opisan na sljedeći način: *tri misionara i tri kanibala potrebno je jednim čamcem prevesti s jedne strane obale rijeke na drugu, pri čemu se niti u jednom trenutku na jednoj strani obale ne smije naći više kanibala nego misionara. Čamac može prevesti najviše dvije osobe i ne može ploviti prazan.*

Optimalno rješenje je ono s najmanjim brojem koraka. Program treba ispisati rješenje u obliku niza operatora i stanja koja dovode do ciljnog stanja.

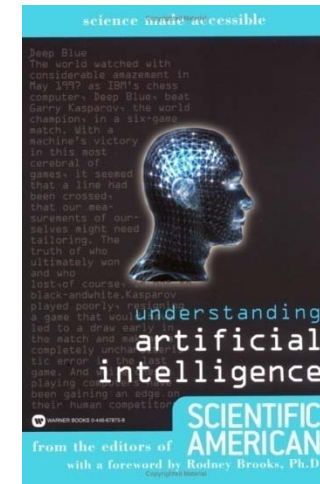
Stuart Russel, Peter Norvig Artificial Intelligence - A Modern Approach, Prentice Hall, 1995.



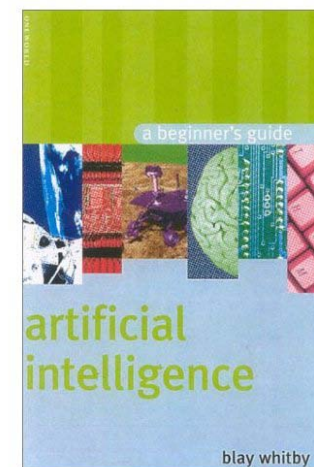
Elaine Rich, Kevin Night Artificial Intelligence, McGraw-Hill, 1990.



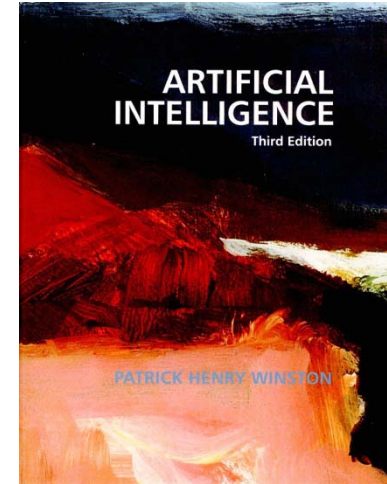
Understanding Artificial Intelligence,  
Grand Central Publishing, 2002.



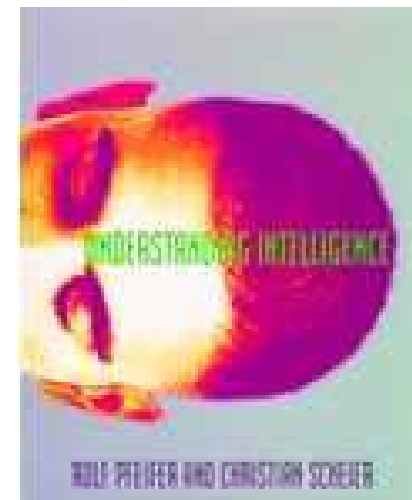
Blay Whitby, Artificial Intelligence,  
Oneworld Publications, 2003.



Patrick Henry Winston, Artificial Intelligence, Addison Wesley, 1992



Rolf Pfeifer and Christian Scheier, Understanding intelligence, MIT Press, 1999,

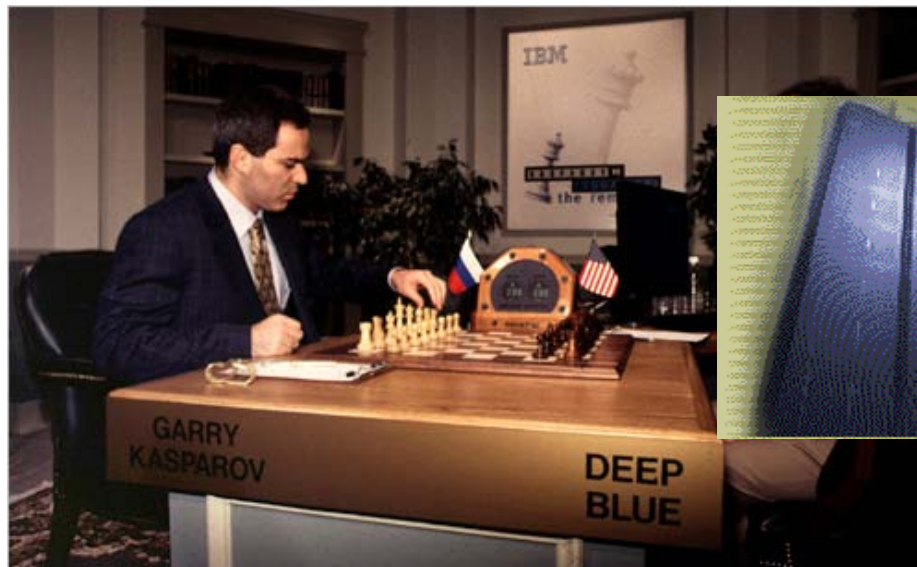


# Mi i strojevi

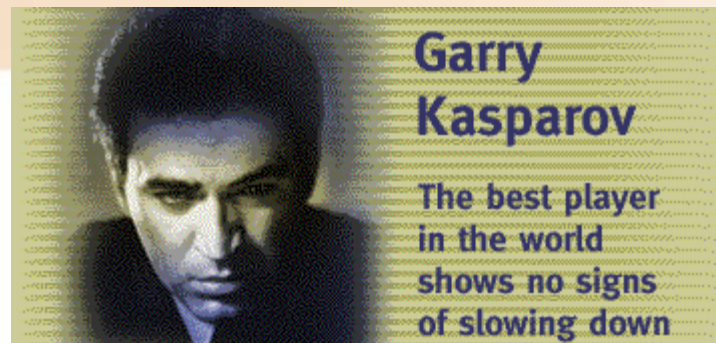
# "Can machines think?"

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

Deep Blue vs.  
Garry Kasparov



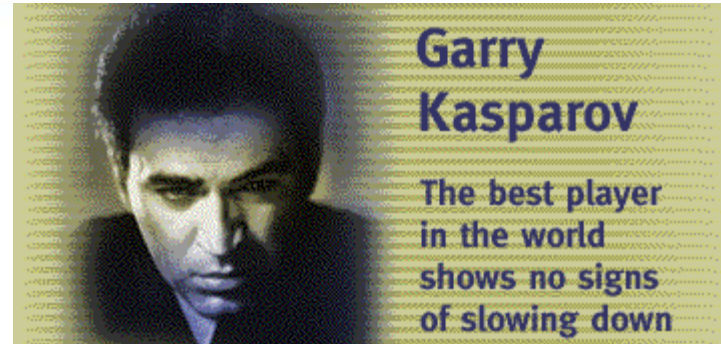
Je li Deep Blue inteligentan?



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

**Pretraživanje velikog broja mogućih kombinacija ne zahtijeva inteligenciju!**

# Deep Blue vs. Garry Kasparov



**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.

**Deep Blue** nevjerojatno učinkovito rješava probleme iz domene šaha, no **manje je “inteligentan”** čak i od malog djeteta.

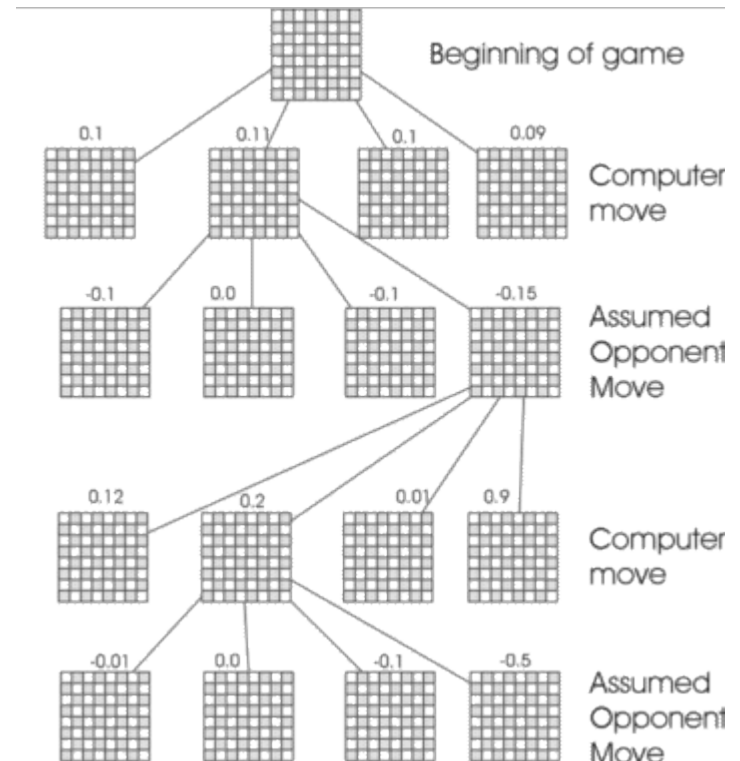
**Garry Kasparov može učiti i brzo se prilagoditi** na temelju svojih uspjeha i pogrešaka.

**Garry Kasparov je vrlo inteligentan.** Autor je triju knjiga i govori mnoge jezike.

# Deep Blue vs. Garry Kasparov

Rješavanje takvih 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.*

## 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!

## 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!

- **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 i komunikacija prirodnim jezikom podrazumijeva opće znanje i razumijevanje konteksta pomoću kojih se razrješavaju višeznačnosti**

# Jeopardy: IBM Watson



- **16.2.2011.:** Superračunalo **IBM Watson** pobijedilo je najbolje ljudske natjecatelja i osvojilo \$35.734



Činjenica:

Mi puno znamo

# Obrada prirodnog jezika - 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 teške su za računalo?

- Prirodni jezik
- Zdravorazumsko zaključivanje (Common sense)
  - CYC (najveća i najpotpunija opća baza znanja)
  - WordNet (<http://wordnet.princeton.edu>)
- Kretanje
- <http://www.zabaware.com/assistant/index.html>

## StarCraft AI Competition (2010)

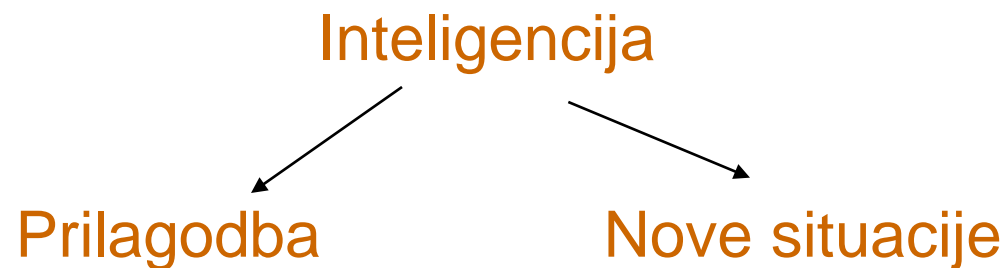


Agent mora biti sposoban riješiti niz teških problema (**planiranje, optimizacija, višeagentsko upravljanje**) u ograničenom vremenu i s ograničenim resursima



Što je inteligencija?  
Što je umjetna inteligencija?

- *Lat.* Intelligere – razabirati, shvaćati, razumijevati
- Inteligencija je **deskriptivan pojam** – opisuje neka svojstva jedinke ili grupe jedinki.
- Većina se slaže:



## Što je inteligencija ? - Neke definicije

- **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.)

- 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

## Klasifikacija prema **A**ssociation of **C**omputing **M**achinery (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
- Računalni vid, raspoznavanje uzoraka i analiza scena
- Porazdijeljena umjetna inteligencija

## Klasifikacija prema **A**ssociation of **C**omputing **M**achinery (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
- Računalni vid, raspoznavanje uzoraka i analiza scena
- Porazdijeljena umjetna inteligencija

## Naziv "umjetna inteligencija"

1956., **Dartmouth College**, Hanover, New Hampshire  
Workshop – 10 znanstvenika, 2 mjeseca.



*"... 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)."*

*We think that a significant advance can be made in one or more of these problems if a carefully selected group of scientists work on it together for a summer.*

# Rasprave o nazivu “umjetna inteligencija”

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

Konferencija u Dartmouthu nije donijela spektakularne rezultate, ali je ustanovila **novo 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**

- **Patrick H. Winston (MIT)**

“Proučavanje postupaka koji čine mogućim percipiranje, umovanje i reagiranje”



- Autor poznatog udžbenika "Artificial Intelligence"

### **Marvin Minsky (MIT)**

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



## Elain Rich

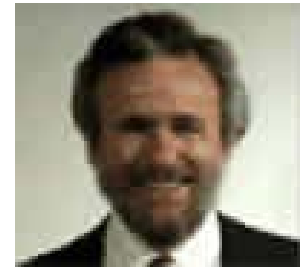
“Umjetna inteligencija bavi se izučavanjem kako računalo učiniti sposobnim da obavlja poslove koje u ovom času ljudi obavljaju bolje.”



- Autorica poznatog udžbenika "Artificial Intelligence"

**Eugene Charniak** (Brown University)

"Proučavanje mentalnih svojstava kroz  
uporabu računalnih modela"



# Klasifikacija definicija umjetne inteligencije

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

<b>Razmišljati ljudski</b>	<b>Razmišljati racionalno</b>
<b>Ponašati se ljudski</b>	<b>Ponašati se racionalno</b>

# Klasifikacija definicija umjetne inteligencije

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

Razmišljati <b>ljudski</b>	Razmišljati <b>racionalno</b>
Ponašati se <b>ljudski</b>	Ponašati se <b>racionalno</b>

# Klasifikacija definicija umjetne inteligencije

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

<b>Razmišljati ljudski</b>	<b>Razmišljati racionalno</b>
<b>Ponašati se ljudski</b>	<b>Ponašati se racionalno</b>

# 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 asociramo 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 računarnih 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.)*

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)*



# **Turingov test i pitanje “Mogu li strojevi misliti?”**

*I believe that in about fifty years' time it will be possible to programme computers to make them play the imitation game so well that an average interrogator will not have more than 70 per cent chance of making the right identification after five minutes of questioning.*

-- A. Turing, *Can machines think?*, 1950.

# Can machines 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**?

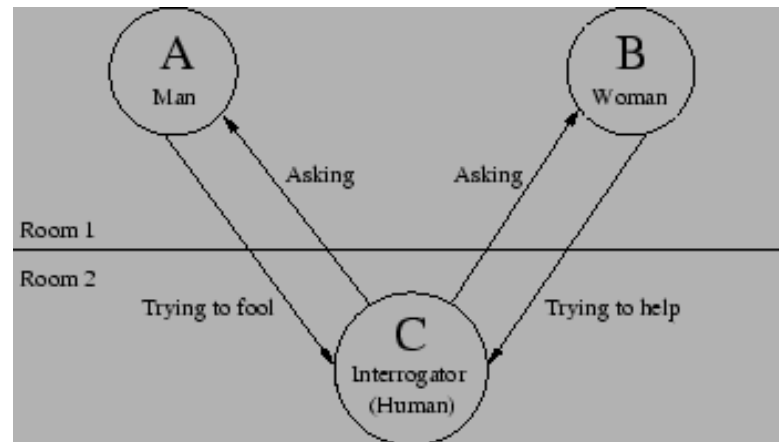
- **Alan Turing** u u časopisu *Mind*, članku “Computing Machinery and Intelligence” (1950.) predložio operacionalizaciju pitanja: Pitanje “**Can machines think?**” zamijeniti eksperimentom “*imitation game*”.



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

U igru su uključena tri sudionika s različitim ciljevima **A**, **B** (ispitanici) i **C** (ispitivač). **A** i **B** su suprotnih spolova.

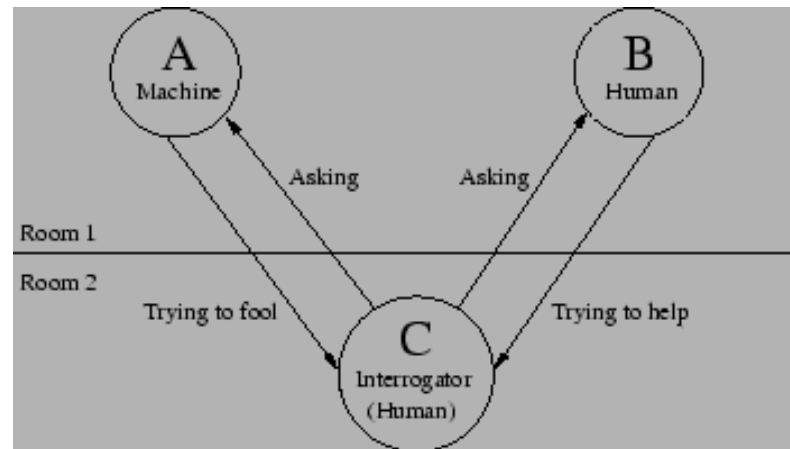
**Cilj igre C:** Ispitivač postavljanjem pitanja **C** mora odrediti koji je od dvoje ispitanika muškarac, a tko žena



**Cilj igre A:** Uputiti **C** na pogrešnu identifikaciju

**Cilj igre B:** Pomoći ispitivaču **C**

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**

## 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.

**U koju kategoriju spada definicija umjetne inteligencije prema TT?**

<b>Razmišljati ljudski</b>	<b>Razmišljati racionalno</b>
<b>Ponašati se ljudski</b>	<b>Ponašati se racionalno</b>

## TT: Ponašati se ljudski

Aeronautical engineering texts do not define the goal of their field as:

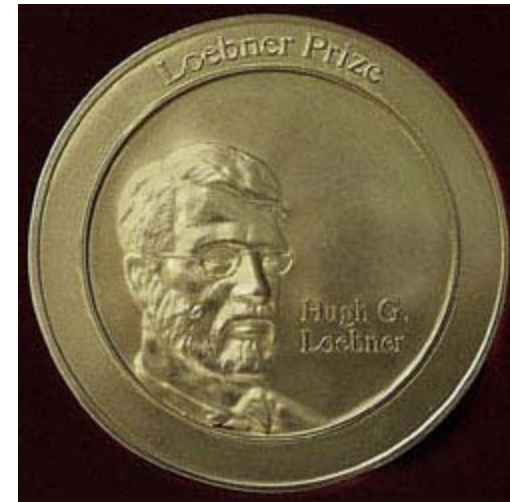
“making machines that fly so exactly like pigeons that they can fool other pigeons”.

## U smjeru Turingovog testa

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

Dobitnici:

- 2004. R. Wallace (**A.L.I.C.E.**)
- 2005. Rollo Carpenter **George**
- 2006. Rollo Carpenter **Joan**
- 2007. Robert Medeksza **Ultra Hal**
- 2008. Fred Roberts **Elbot**
- 2009. David Levy **Do-Much-More**
- 2010. Bruce Wilcox **Suzette**



# CAPTCHA: Telling Humans and Computers Apart Automatically

The  
**CAPTCHA**  
Project

**C**ompletely **A**utomated  
**P**ublic Turing Test to Tell  
**C**omputers and **H**umans  
**A**part



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

# Povijest UI

## 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 – Turingov test, strojno učenje, genetički algoritmi, podržano učenje

## 1952. – 1969. Rani entuzijazam, velika očekivanja

- 1952. A. Samuel (IBM), igra dame, program koji uči
- 1956. Newell, Shaw i Simon, prvi AI program, **Logic Theorist** (LT) – kraći dokaz teorema iz *Principia Mathematica*
- 1957. Newel & Simon – **GPS** prvi program koji je utjelovio ljudski način razmišljanja
- 1958. J. McCarthy LISP
- 1960.-1962. Widrow i Hoff – Adaline
- 1962. F. Rosenblat – perceptron – dokaz konvergencije

# Rogerian 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 entuzijazam, 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 ubrzavanja prevođenja ruskih radova, 1957. Sputnik) – temeljilo se na sintaktičkim transformacijama i zamjenama riječi na temelju engleske i ruske gramatike.

Rezultat *“The sprit is willing but the flesh is weak”* ->  
*“The votka is good but the flesh is rotten”*

## 1966. – 1973. Otrežnjenje

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

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

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, Feigenbaum, Buchanan (Stanford), sustav temeljen na znanju zaključuje o molekularnim strukturama organskih spojeva na temelju spektroskopije masa – 450 pravila.
- MYCIN, Shortliffe (Stanford), 550 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
- 1980-ih - Povratak neuronskih mreža (Werbos – *backpropagation algorithm*)
- AI je znanost!
- Inteligentni agenti
- *Agent – percepcija okoline kroz senzore i djelovanje na sredinu kroz akcije.*