

# Predavanje 1 i 2

## 1.1 Uvod u vještačku inteligenciju

**Vještačka** - napravljeno ili proizvedeno od strane ljudskih bića (ne javlja se prirodno, kopija nečeg prirodnog)

**Inteligencija** (lat. *intelligere*) - razabirati, shvaćati, razumijevati

Ne postoji adekvatna definicija kojom možemo reći šta je zapravo inteligencija jer se radi o deskriptivnom pojmu koji se ne može precizno mjeriti.

Po definicijama inteligencije koje se javljaju u rječnicima, **inteligencija je**:

- sposobnost učenja ili razumijevanja ili rješavanja novih situacija
- sposobnost primjene znanja za manipulaciju okruženjem u kojem se nalazimo ili za apstraktno razmišljanje, mjereno objektivnim kriterijima (kao što su testovi)
- mentalna prodornost
- čin razumijevanja

Pored toga, postoji još mnogo definicija inteligencije po raznim literaturama. Neke od njih su:

Osobina uspješnog snalaženja (adaptacije) jedinke u novim životnim situacijama. (*R. Pinter*)

Inteligencija se manifestira u odnosu na neki posebni društveni i kulturni kontekst. (*J. Weizenbaum*)

Sinonimi riječi inteligencija su: mozak, snaga mozga, siva materija, intelekt, intelektualnost, mentalitet, razum, smisao, pamet.

Inteligencija se može mjeriti na razne načine. Danas često mjerimo inteligenciju pomoću **Stanford-Binet IQ Test-a** ili po **Binet-Simon Skali**

**Inteligencije.** Ove načine mjerenja inteligencije je osmisilio psiholog *Alfred Binet* koji je kao cilj imao da razvrsta različite nivoe inteligencije. Pored toga, osmislio je "generalnu napravu za reagovanje i svrstavanje sve djece u određene metalne skupine", odnosno, prvi test inteligencije.



Slika 1.1: Alfred Binet

Pored toga, bitno je spomenuti i **Dunning-Krugerov efekat**. Radi se o tendenciji ljudi ispodprosječne inteligencije koji smatraju da su inteligentniji nego što to jesu u stvarnosti i istodobno podcjenjuju inteligenciju ljudi koji im stoje nasuprot.

Alternativni način definisanja inteligencije daje *Howard Gardner* u svojoj knjizi **Frames of Mind**. On iznosi drugi pogled na inteligenciju gdje kaže da

"Ljudska bića posjeduju složen skup sposobnosti izvan onoga što se mjeri tradicionalnim koeficijentom inteligencije".

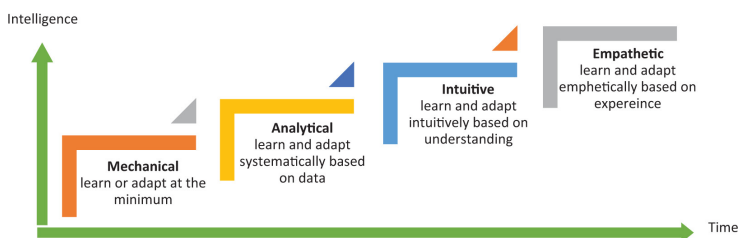
Shodno tome, on definiše 8(9) ključnih inteligencija:

1. **lingvistička** - sposobnost za izražavanje u odnosu na okolnosti u kojima se nalazimo
2. **logičko-matematička** - sposobnost za logičko i apstraktno razmišljanje
3. **prostorna** - sposobnost za snalaženje u prostoru
4. **tjelesno-kinestetička** - sklonost ka bavljenju fizičkim aktivnostima
5. **muzička** - razumijevanje ritma, melodije i zvučnih motiva
6. **interpersonalna** - zapažanja osjećaja kod drugih ljudi, sposobnost da se uspostavi komunikacija s drugima
7. **intrapersonalna** - očituje se u samosvjesnosti, samorazumijevanju, razumijevanju vlastitih potreba i mogućnosti

8. **prirodna** - sposobnost razumijevanja različitih situacija i snalaženja u njima ili na različitim mjestima
9. (**egzistencijalna/duhovna**) - osjetljivost i kapacitet osobe da se bavi dubokim pitanjima o ljudskoj egzistenciji

Naučna literatura razlikuje četiri vrste inteligencije i podijeljene su po vremenu koje je potrebno da se određeni posao izvrši (za mehaničku je potrebno najmanje vremena, a za empatičnu najviše):

- **mehanička** - mogućnost izvršavanja rutinskih i ponavljajućih zadataka (može se replicirati određenim algoritmima)
- **analitička** - obrada podataka/informacija za rješavanje problema i učenje iz procesa
- **intuitivna** - kreativno razmišljanje i prilagođavanje novim situacijama (radi na bazi stečenih iskustava)
- **empatična** - prepoznavanje i razumijevanje ljudskih emocija, razvoj adekvatnog emocionalnog odgovora i uticanje na emocije drugih



Slika 1.2: Podjela inteligencije

Empatična inteligencija je najteža za postignuti. Industry 4.0 (Četvrta Industrijska revolucija) teži ka ostvarivanju ove inteligencije. Podrazumijeva korištenje raznih modernih tehnologija za usavršavanje industrijskih procesa. Glavni cilj jeste brisanje granica između fizičke, digitalne i biološke sfere.

Primjer visokog nivoa inteligencije je društveni robot Pepper. Cilj ovog robota je da on u uslužnim ustanovama daje odgovore na određena pitanja. Međutim, robot još uvijek nije razvijen do te tačke gdje on može odgovoriti na svako postavljeno pitanje, već nekada odgovara određenim nepovezanim izrazima. Također, on nije u mogućnosti da prepozna emocije druge osobe s kojom razgovara, a pored toga nema ni svoje emocije. Samim time, ovaj robot ne pripada najvišem nivou inteligencije.



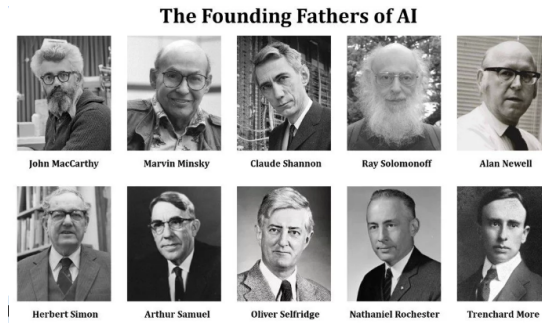
Slika 1.3: Robot Pepper

Svaka navedena vrsta inteligencije može da mijenja određene današnje poslove na različite načine. Jasno je da će se nivoi inteligencije razlikovati u načinu pristupa poslu, te će biti ograničene po količini posla koje mogu zamijeniti.

Uzmimo kao primjer posao psihijatra. Ukoliko bi ovaj posao preuzela mehanička vještačka inteligencija, posao koji bi ona mogla da izvrši jeste da vodi zapisnik onoga o čemu pacijent govori. Kada bismo pričali o analitičkoj inteligenciji, ona bi uz vođenje zapisnika mogla i da analizira razgovor sa pacijentom. Intuitivna inteligencija bi mogla da poveže dobijene informacije kako bi došla do rješenja i ponudila odgovarajući lijek za pacijenta. Jasno je da bi ova vrsta inteligencija kroz više rada mogla da rješava probleme jasnije i brže (iz činjenice da uči iz stečenih iskustava). Na kraju, ukoliko bi ovaj posao preuzela empatična inteligencija, ona bi pacijentima nudila empatičnost i komunikaciju kako bi se pacijent osjećao ugodno i shvaćeno.

### Šta je vještačka inteligencija?

Smatra se da je sam pojam vještačke inteligencije nastao 1956. godine u New Hampshire-u gdje su se skupili naučnici sa vodećih institucija. Raspravljali su o temeljima i stvaranju ovog novog naučnog polja. Sastank je sazvao *John McCarthy*.



Slika 1.4: Founding Fathers of AI

Ako bismo gledali prvu definiciju vještačke inteligencije, vežemo ju za John McCarthy-a koji je dao sljedeću definiciju 1956. godine na navedenom sastanku:

"Naučna disciplina koja se bavi izgradnjom računarskih sistema čije se ponašanje može tumačiti kao inteligentno."

Jedan od osnovnih ciljeva je, ne samo mogućnost razumijevanja inteligentnih jedinki, nego i imati potrebno razumijevanje za izgradnju jednog takvog entiteta.

Kao ni za inteligenciju, tako ni za vještačku inteligenciju ne postoji općeprihvaćena definicija. Jedna od definicija vještačke inteligencije koja obuhvata širi kontekst koju je dao *Dan Patterson* 1990. godine:

"Vještačka inteligencija je grana računarskih nauka koja se bavi proučavanjem i oblikovanjem računarskih sistema koji pokazuju neki oblik inteligencije, te takvi sistemi mogu da:

1. uče
2. donose zaključke o svijetu koji ih okružuje,
3. mogu razumijeti prirodni jezik,
4. mogu spoznati i tumačiti složene vizuelne scene i
5. obavljati druge vrste vještina za koje se zahtijeva čovjekova vrsta inteligencije."

Inteligentni sistemi se mogu podijeliti na četiri grupe koje se vežu za određene fenomene, odnosno, mogu se predstaviti kroz dvije dimenzije:

- razmišljati kao čovjek
- razmišljati racionalno

- ponašati se kao čovjek
- ponašati se racionalno

Ukoliko je moguće napraviti ovakav sistem, onda možemo reći i da imamo jedan vještački inteligentan sistem.

### Razmišljati kao čovjek

Ocijeniti da li neki program razmišlja ljudski podrazumijeva da poznamo neke metode koje mogu utvrditi da li čovjek postupa ljudski ili ne.

Postoje tri načina da se ovo utvrdi:

1. **introspekcija** - na ovaj način pokušavamo uhvatiti sopstvene misli kako nastaju
2. **psihološka testiranja** - posmatramo ponašanje osobe u akciji
3. **snimanje mozga** - posmatramo direktne reakcije mozga u akciji

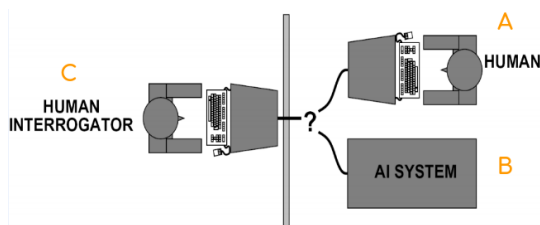
Za ovu grupu vještačke inteligencije vezemo naučno interdisciplinarno polje koje nazivamo **kognitivna nauka** koja pokušava da spoji nekoliko oblasti u svrhu razumijevanja principa rada ljudskog mozga. Sami cilj je spojiti računarske modele iz polja vještačke inteligencije i eksperimentalne tehnike iz psihologije kako bi se definisale precizne teorije rada ljudskog mozga, te testovi koji mogu testirati razne teorije.

### Ponašati se kao čovjek

Unutar ove grupe inteligencije, postavljaju se pitanja **mogu li mašine misliti i mogu li se mašine ponašati inteligentno**. Unutar ove grupe postoji operativni test za inteligentno ponašanje pod nazivom **The Imitation Game**. Pomoću ovog testa možemo da izvršimo analizu nekog inteligentnog ponašanja određenog entiteta. Test se bazira isključivo na analizi pisanog teksta gdje računar treba da nam odgovori na tekstualno postavljeno pitanje.

Test podrazumijeva sistem gdje imamo 3 sudionika:

- čovjek koji treba da ispita da li na pitanja koja postavlja odgovara čovjek ili AI sistem (na slici označen slovom **C**)
- entitet čiju inteligenciju ispitujemo (**B**)
- čovjek koji će odgovarati na pitanja s ciljem da zavara sudionika C (na slici označen sa **A**):



Slika 1.5: The Imitation Game

Prethodno navedeni test predstavlja Turingov test (Alan Turing, 1950.).

Turing je previdio da će do 2000. godine napraviti AI sistem za koji će postojati 30% šanse da zavarava laika da je riječ o čovjeku u trajanju od 5 minuta (što se na kraju i ostvarilo). Predvidio je sve glavne argumente protiv AI u narednih 50 godina. Zatim, predložio je glavne komponente vještačke inteligencije:

- znanje
- obrazloženje
- razumijevanje jezika
- učenje

Sve ove komponente imamo danas u naprednijim sistemima.

Problem (ograničenje) ovakvog testa je što se ljudi ponekad ponašaju neinteligentno, a inteligentno ponašanje ne mora nužno biti ljudsko. Samim time, smatra se da je test značajniji za filozofiju vještačke inteligencije, nego za njen razvoj.

Da bismo napravili sistem koji može da položi Turingov test, potrebno je da on ima određene osobine. Prva osobina jeste da ima **spособnost obrade prirodnog jezika** (engl. *natural language processing*) kako bi se uspješno ostvarila komunikacija. Pored toga, potrebno je da ima **mogućnost predstavljanja znanja** (engl. *knowledge representation*) kako bi mogao čuvati ono što zna ili čuje. Treća osobina je da ima **engl. automatizirano zaključivanje** (automated reasoning) kako bi autonomno donosio sopstvene zaključke i odluke. Ove odluke su u sprezi sa znanjem koje ima i situacijom u kojoj se nalazi. Posljednja osobina je **mašinsko učenje** (engl. *machine learning*) koja se koristi za prilagođavanje novim okolnostima ili za otkrivanje i ekstrapoliranje šablona.

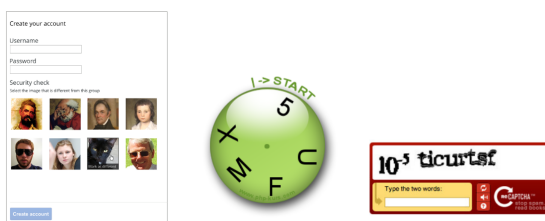
Pored navedenog testa, postoji i **Ukupni Turingov test** koji podrazumijeva uključivanje i video signala koji omogućava čovjeku da testira perceptualne sposobnosti nekog sistema. Sam sistem mora biti u mogućnosti da prepozna određeni objekat i da izvrši manipulaciju nad njime. U praksi se ovo realizira na način da se napravi mali otvor između zida i da čovjek proslijedi određeni

objekat kroz taj otvor. Na ovaj način, sistem može uzeti objekat te manipulirati sa njim (okretati objekat i slično). Nakon toga, sistem prepoznaje o kojem objektu je riječ i daje odgovor na neko postavljeno pitanje.

Za navedeno prepoznavanje objekta, potrebno je da sistem ima dvije dodatne osobine, odnosno znanje iz oblasti **računarske vizije** i **robotike**.

Računarska vizija je oblast u računarstvu koja se bavi analizom vizualne scene i podataka, dok je robotika usko vezana za manipulaciju određenim objektima.

Još jedna pojava umjetničke inteligencije s kojom se susrećemo često je **CAPTCHA** (skraćeno od Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart). U literaturi se predstavlja kao **obrnuti Turingov test**.



Slika 1.6: Captcha

## Razmišljati racionalno

Treća grupa vještačke inteligencije se tiče načina razmišljanja, odnosno, kako definisati da li neki entitet razmišlja racionalno ili ne. Temelje koje danas koristimo za ovo je postavio grčki filozof **Aristotel**.

Aristotel je prvi pokušao da definiše razmišljanje, tj. proces koji dovodi do ispravnog zaključka. Također, smatra se i kreatorom podoblasti u logici koja se naziva **silogizam**. Silogizam (grč. zaključiti, računati, smatrati) je oblik deduktivnog obrazloženja koji se sastoji od velike premise, manje premise i zaključka. Pomoću silogizma predstavljeni su šabloni za formiranje **argumentovanih struktura** koje će dovesti do ispravnih zaključaka kada se predstave ispravne premise.

Na bazi onoga što je definirano logikom, naučnici su već 1965. godine uspješno programirali programe koji mogu rješavati određene probleme koristeći logičke notacije.

Postoje dva ograničavajuća faktora korištenja isključivo logičkih notacija.

Prvi problem je što nije jednostavno predstaviti neformalno znanje korištenjem isključivo logičke notacije. Kao primjer ovog problema imamo



činjenicu da znanje sa kojim radimo ne mora uvijek da bude 100% sigurno. Ukoliko imamo ovaj slučaj, onda ne možemo reći da je znanje koje bismo mogli opisati logičkim notacijama ujedno i formalno znanje.

Drugi problem je što postoji razlika između rješavanja problema "u principu" i rješavanja problema u praksi. Primjer ovog problema je program koji ima više stotina činjenica koje pokušavamo da isprogramiramo. Na ovaj način se vrlo brzo troše računarski resursi. Da bi se ovakav problem riješio, koriste se određene kratice (heuristike) kako bi se nepotreba dokazivanja preskočila (dokazivanja koja nisu u vezi sa problemom kojeg je potrebno riješiti).

### Ponašati se racionalno

Četvrta grupa vještačke inteligencije se tiče načina ocjenjivanja ponašanja, i to kako ocijeniti da se neki sistem ponaša racionalno. U vezi sa ovom grupom se vežu određeni pojmovi koji će biti navedeni u nastavku.

**Agent** (lat. agere - uraditi) se može definisati kao nešto što postupa, čini, glumi i slično. **Računarski agent** se definiše kao koncept koji se bavi izgradnjom ili hardverskih ili softverskih sistema. Moraju imati mogućnost da djeluju autonomno i da se prilagođavaju okruženju u kojem se nalaze, te da slijede svoje ciljeve. Primjer ovakvog agenta je Rover koji se nalazi na Marsu. Navedni agent je udaljen od kontrole čovjeka, te se nalazi u potpuno nepoznatom okruženju gdje mora da djeluje sam. **Racionalni agent** je onaj agent koji djeluje na onaj način da postigne najbolji (očekivani) ishod.

## 1.2 Kratka historija vještačke inteligencije

Prvi počeci vještačke inteligencije se javljaju neposredno nakon nakon Drugog svjetskog rata (40tih i 50tih godina). McCulloch i Pitts **1943.** godine daju model mozga baziran na logičkim kolima gdje nastaje prvi model vještačkog neurona. Inspiracija za kreiranje ovog modela je sami biološki neuron. Nakon toga, **1950.** godine, Turing objavljuje naučni rad u kojem opisuje i definiše Turingov test. **1951.** godine Minsky i Edmons kreiraju prvu neuronsku mrežu od 40 neurona koristeći vakumske cijevi.

U razdoblju od 1950 - 1970. godine, vještačka inteligencija bilježi prve uspjehe. **1952.** godine, Samuel piše prvi AI program za šah. Newell, Shaw i Simon prave program **Logic Theorist** baziran na dokazu teorema iz knjige "Principia Mathematica" **1956.** godine. Iste godine, održan je sastanak u Dartmouth-u gdje je usvojeno korištenja termina Artificial Intelligence. Dvije godine nakon sastanka, John McCarthy objavljuje programski jezik **LISP** koji se koristi za definisanje određenih pravila koja mogu odgovoriti na određena pitanja. **1959.** godine, napravljen je Gelernter-ov prvi napredni AI program **Geometry Engine**. Zatim, **1962.** godine Rosenblatt dokazuje da perceptron može konvergirati što će imati uticaja na vještačku inteligenciju u budućnosti.

Robinson **1965.** godine objavljuje algoritam za logičko rezonovanje, a nakon toga Minsky i Papert **1969.** godine objavljuju knjigu "Perceptrons" u kojoj se razrađuje matematički model Perceptrona i dokazuju da postoje ograničenja neuronskih mreža.

Pristupi bazirani na znanju se javljaju u razdoblju 1970 - 1990. godine. Pored toga, od 1980. do 1988. godine se javlja nagla popularnost ekspertnih sistema. Međutim, u zadnjim godinama navedenog razdoblja se javlja pojam "**AI winter**". Ovaj period, odnosno pad ulaganja u oblast vještačke inteligencije, se javlja zbog objavljivanja knjige "Perceptrons" u kojoj je dokazano da postoje ograničenja neuronskih mreža.

Statistički pristupi se koriste u periodu od 1990. do 2012. godine kada je fokus stavljen na neizvjesnost. Također, dolazi do unapređenja različitih oblasti vještačke inteligencije.

U periodu od 2012. godine do danas, imamo nova otkrića i značajan napredak. Rješavaju se različiti problemi, te sistemi dolaze do tačke gdje mogu samostalno da uče. Koriste se veće količine podataka, bolje računarske arhitekture i neuronske mreže.

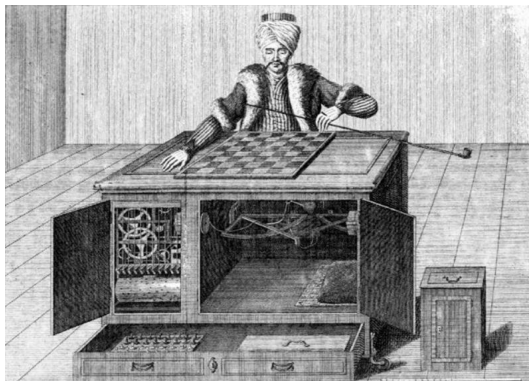
### 1.3 Prvi tragovi vještačke inteligencije

Prvi pisani trag o reproduciranju misli se javlja u knjizi **Frankenstein** autorice *Mary Shelley* 1918. godine. Knjiga opisuje pokušaj naučnika da stvori vještački život.



Slika 1.7: Frankenstein

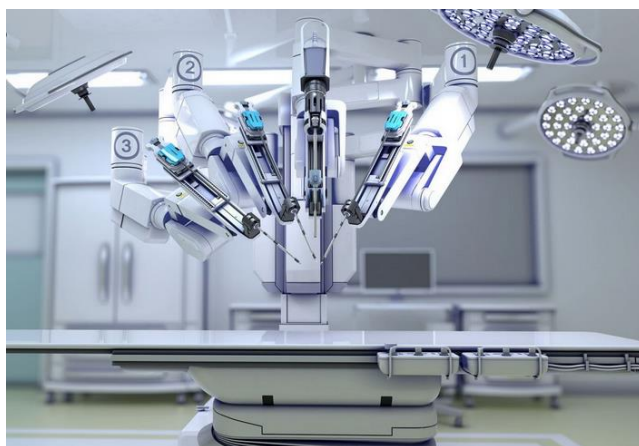
Još jedan pokušaj stvaranja vještačkog života je automaton **The Turk**. Radi se o spravi koja je stvorena sa ciljem da igra šah. Međutim, ipak je bila riječ o jednoj mehaničkoj iluziji koja je omogućavala čovjeku skrivenom ispod mašine da igra šah (ipak je uspio da zavara i pobijedi neke velike šahiste).



Slika 1.8: The Turk

**Robot** kao riječ se prvi put javlja 1921. godine u predstavi *Rossumovi Univerzální Roboti*. Smatra se da je riječ **robot** češkog porijekla i dolazi od riječi **robota** što znači prisilan rad.

Smatra se da je Japan najveći predstavnik koji najviše ulaže u razvoj robota. Zahvaljujući velikom razvoju u ovoj oblasti, danas imamo robote koji pomažu da doktori izvrše udaljene operacije iz jedne države na neko potpuno udaljeno mjesto na svijetu.



Slika 1.9: Mašina za robotsku hirurgiju

## 1.4 Aktuelnosti

U nastavku su navedeni primjeri koji su vezani za umjetničku inteligenciju i služe kao dokaz do koje mjere se ona zapravo može razviti i za šta se može koristiti:

### GPT-3 bot

Jezički model znanja kreiran na osnovu velike količine podataka razvijen s ciljem prevare čovjeka. Razgovor sa ovim modelom dovodi do osjećaja komunikacije sa pravim čovjekom, a ne robotom.

### Identifikacija maloljetnika sa kriminalnim dosijeom

U Buenos Aires-u je razvijen sistem, baziran na procesiranju slika, koji vrši identifikaciju i praćenje maloljetnih osoba koje su osumnjičene za neki zločin. Radi se o jako teškom problemu identifikacije zbog stalnog mijenjanja karakteristika lica kod maloljetnika.



Slika 1.10: Identifikacija maloljetnika

### Deepfake

Model koji uči iz velike količine podataka i vezan je za neuronske mreže (engl. *deeplearning*). Daje lažni osjećaj ljudima pomoću kojeg može da mijenja stanje u društvu (dovodi do socijalne dileme u kojoj teško možemo odlučiti šta je istina, a šta je laž).

Postoje dva važna koncepta deepfake modela (koji se mogu integrirati u jedan):

*Video deepfake* - mijenjanje lica osobe za lice neke druge osobe (do rezultata

se dolazi analizom pokreta i gestura određene osobe)

*Audio deepfake* - mijenjanje glasa osobe sa glasom neke druge osobe (do rezultata se dolazi procesiranjem zvučnih datoteka i ekstraktovanjem znanja na novi zvučni signal)

### Spot Enterprise

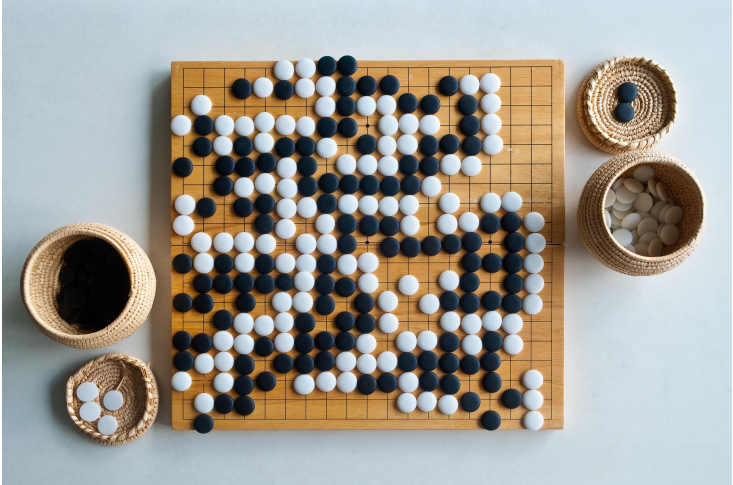
Razvoj tehnologije dovodi do modela robota koji može da zamijeni ljude u određenim poslovima inspekcije, analize i sličnih poslova pomoću kamere, te da procesira dobijene informacije u stvarnom vremenu. Bitna funkcionalnost ovog robota jeste mijenjanje određenih rizičnih poslova čime se ne ugrožava čovjek. Loša strana razvijanja ovakvih modela jeste što veliki broj ljudi ostaje bez posla. Pored toga, potrebno je za svaki posao postaviti različit model, dok jedan čovjek može da riješi niz problema.



Slika 1.11: Spot Enterprise

### AlphaGo

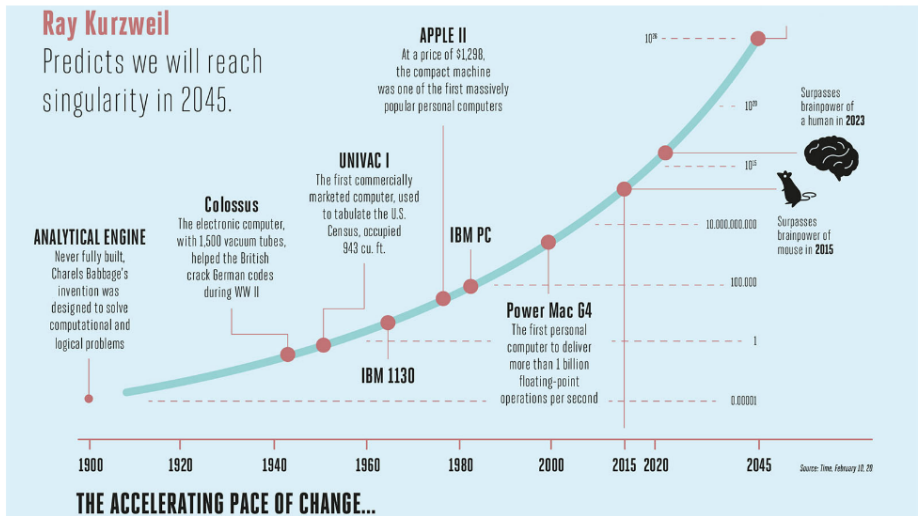
Prvi računarski program koji je porazio čovjeka u igri Go. Smatra se da je program najjači igrač ove igrice u historiji. Model je baziran na pojačanom učenju (engl. *reinforcement learning*), odnosno, kroz pokušaj i grešku nastoji da dostigne najbolji mogući rezultat. Broj mogućih koraka u igrici daleko premašuje broj atoma u posmatranom svemiru čime shvatamo kompleksnost razvoja algoritma ovog programa.



Slika 1.12: Go

## 1.5 Futurističke predikcije

U nastavku će biti opisana ideja koju je predstavio futurist Ray Kurzweil. Napravio je određena predviđanja u smislu dostizanja računarskih sposobnosti u odnosu na mozak. Na prikazanom grafu, x-osa predstavlja godine, dok je y-osa predviđeni mogući broj operacija koje se mogu izvršiti u jednoj sekundi. Po njegovim pretpostavkama, do 2045. godine ćemo imati sistem koji će moći u jednoj sekundi da izvrši  $10^{25}$  operacija!



Slika 1.13: Futurističke predikcije

## 1.6 Podoblasti vještačke inteligencije

Ako govorimo o bazičnog podjeli vještačke inteligencije, najzastupljenije podoblasti su

- mašinsko učenje (ML)
  - supervizirano
  - nesupervizirano
  - duboko učenje
- natural language processing (NLP)
- ekspertni sistemi
- vizija

- prepoznavanje objekata na slici
- računarska vizija
- govor
  - govor u tekst
  - tekst u govor
- planiranje
- robotika



Slika 1.14: Podoblasti vještačke inteligencije

Ovo je samo jedna podjela vještačke inteligencije jer njih ima dosta više. Na ovoj podjeli ne postoje fuzzy sistemi i inteligentni agenti.