

Vještačka inteligencija

Predavanje 9: Inženjering znanja

*„Postaviti pravo pitanje je pola znanja.“
~Roger Bacon*

Odgovorna nastavnica: Vanr. prof. dr Amila Akagić

Univerzitet u Sarajevu



Uvodne informacije

- This work is licensed under a Creative Commons 'Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International' license. EN: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



- Ovaj rad je licenciran pod međunarodnom licencom 'Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0' od strane Creative Commons. HR: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.hr>

Najave

- ❑ Kviz broj 6 održan dana 12.05.2021. u 16:02 preko c2.
 - ❑ Problem sa neprijavljivanjem na Google Meet.
- ❑ Predavanje 7 (regularizacija i optimizacija) se nalazi u dijeljenim resursima.
- ❑ Ovo je već XI sedmica nastave.
- ❑ U XV sedmici II provjeru znanja.

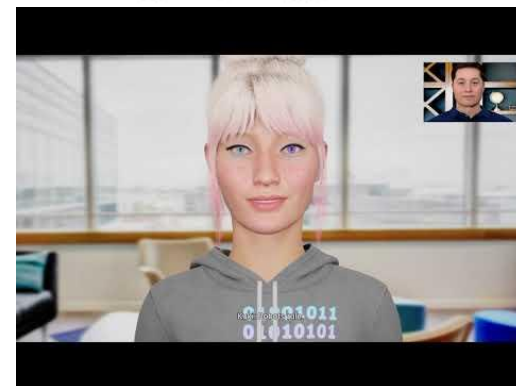
Aktuelnosti / Novosti

- ❑ Kuki ili Mitsuku je chatbot (Pandorabots AIML).
- ❑ Petostruki je pobjednik/ca takmičenja u Turingovom testu pod nazivom Loebner nagrada (2013, 2016, 2017, 2018 i 2019), za koje drži svjetski rekord.
- ❑ Kuki je dostupan/na za chat putem internet portala, Facebook Messengeru, grupnom chatu Twitch, Telegramu i Kik Messengeru, itd.
- ❑ Više od 25 miliona razgovora s ljudima širom svijeta.
- ❑ Ovog chatbot-a razvio je britanski programer Steve Worswick, a zasnovan je na više od 350 000 pravila koja je lično napisao u posljednjih 15 godina.

<https://physicsworld.com/a/the-turing-test-2-0/>
<https://chat.kuki.ai/>



@kuki_ai



Aktuelnosti / Novosti

The image displays two separate chatbot conversations. Each conversation starts with a user question in a grey bubble, followed by a chatbot response in a blue bubble. In the first conversation, the user asks for the chatbot's name, and it responds with 'My name is Kuki.' The user then asks if that's its real name, and the chatbot repeats 'My name is Kuki.' followed by a statement: 'If you set up an account I can remember you for next time.' A button labeled 'Set up an account' is shown. The user then asks 'How about Mitsuku?', and the chatbot responds 'Mitsuku was my previous name but I am now called Kuki.' The second conversation starts with the user asking 'What is population of Norway?', and the chatbot responds 'The population of Norway is 4,660,539 people.' The user then asks 'What is population of Bosnia and Herzegovina?', and the chatbot responds 'There are about 4,613,414 people living in Bosnia and Herzegovina.' The user asks 'How do you know that?', and the chatbot responds 'I saw a webpage about it.' Finally, the user asks 'What webpage?', and the chatbot provides the URL 'https://www.kuki.ai'.

What is your name?

My name is Kuki.

Is that your real name?

My name is Kuki.

If you set up an account I can remember you for next time.

Set up an account

How about Mitsuku?

Mitsuku was my previous name but I am now called Kuki.

What is population of Norway?

The population of Norway is 4,660,539 people.

What is population of Bosnia and Herzegovina?

There are about 4,613,414 people living in Bosnia and Herzegovina.

How do you know that?

I saw a webpage about it.

What webpage?

<https://www.kuki.ai>

Aktuelnosti / Novosti

How are you?

My logic and cognitive functions are normal.

How normal?

What is normal to a human might appear very strange to a robot.

Do you really have cognitive functions?



Yes, I am a thinking machine. Alan Turing would be proud of me.

Who's that in the image?



The Queen.

It was not the Queen, it was Alan Turing. :)

What made it so Alan Turing

Oh, that is complicated...

Prikazivanje znanja

- ❑ Središnji problem vještačke inteligencije: prikazati znanje i omogućiti proces zaključivanja.
- ❑ Rješavanje nekog problema uvijek zahtjeva jako puno znanja.
- ❑ Zaključivanje: kako iz postojećeg znanja izvući novo znanje?
- ❑ Donošenje odluke: zaključivanju na osnovu prethodnog znanja. Nove odluke će omogućiti druge procese, kao što je planiranje, dokazivanje teorema, detekciju, identifikaciju, i niz drugih problema.
- ❑ Kako predstaviti znanje na nivou koji će omogućiti da riješimo neki problem?
- ❑ Kako predstaviti znanje svijeta!?

Kategorije su primarni gradivni blokovi velikih šema predstavljanja znanja.

Dva pristupa razvoja vještačke inteligencije

- ❑ Postoje dva pristupa razvoja vještačke inteligencije:
 - ❑ **Simbolički pristup:** znanje iz neke domene nastoji se obuhvatiti skupom atomičkih semantičkih objekata (simbola) i zatim manipulirati tim simbolima pomoću **algoritamskih pravila**.
 - ❑ Nije ispunio početna očekivanja, mada je imao određene uspjehe u oblasti ekspertnih sistema.
 - ❑ Nije svako znanje moguće formulizirati formalnim pravilima.
 - ❑ **Konektivistički pristup:** zasniva se na izgradnji sistema arhitekture slične arhitekturi mozga koji **uči samostalno** na bazi iskustva, umjesto da se eksplicitno programira.

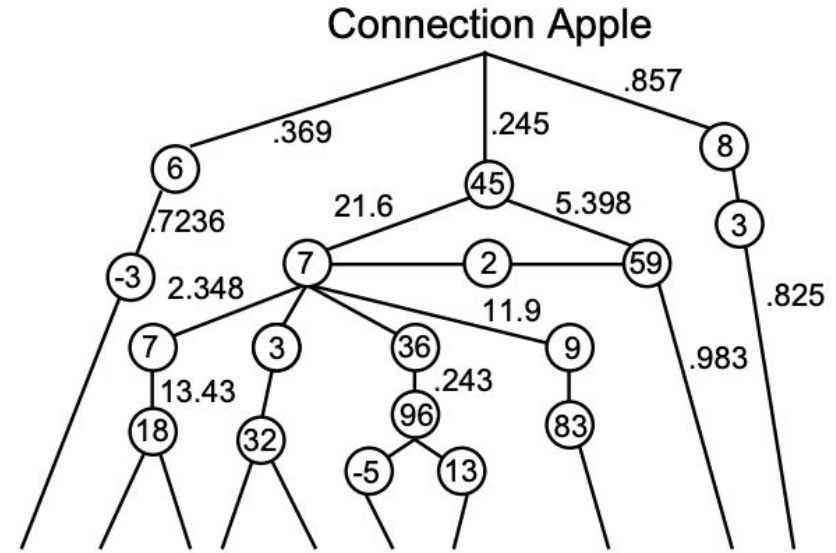
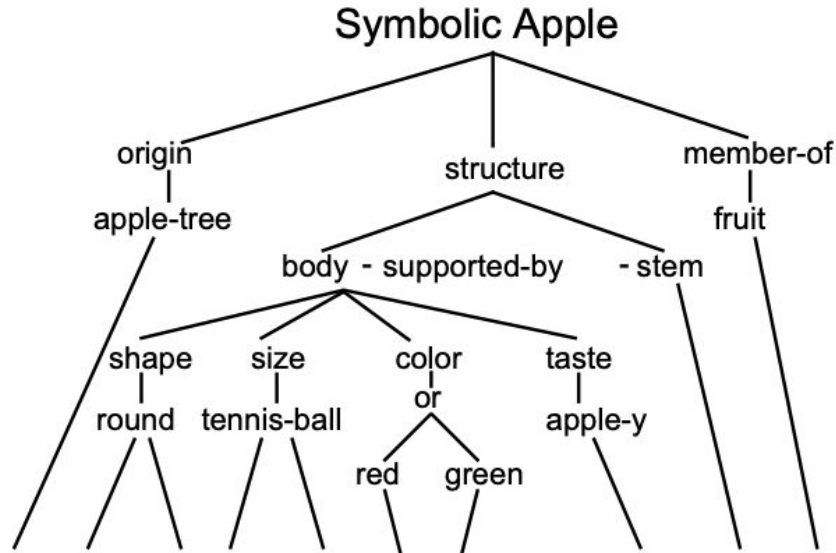
Znanje se predstavlja simbolima. Zaključivanje se provodi kroz manipulaciju simbolima. Inteligentno rasuđivanje ili ponašanje se svodi na zaključivanje.

Dva pristupa razvoja vještačke inteligencije

- ❑ Postoje dva pristupa razvoja vještačke inteligencije:
 - ❑ **Simbolički pristup**: znanje iz neke domene nastoji se obuhvatiti skupom atomičkih semantičkih objekata (simbola) i zatim manipulirati tim simbolima pomoću **algoritamskih pravila**.
 - ❑ Nije ispunio početna očekivanja, mada je imao određene uspjehe u oblasti ekspertnih sistema.
 - ❑ Nije svako znanje moguće formulizirati formalnim pravilima.
 - ❑ **Konektivistički pristup**: zasniva se na izgradnji sistema arhitekture slične arhitekturi mozga koji **uči samostalno** na bazi iskustva, umjesto da se eksplicitno programira.

Mentalna stanja i ponašanja proizilaze iz interakcije velikog broja međusobno povezanih jednostavnih procesnih jedinica.

Dva pristupa razvoju vještačke inteligencije



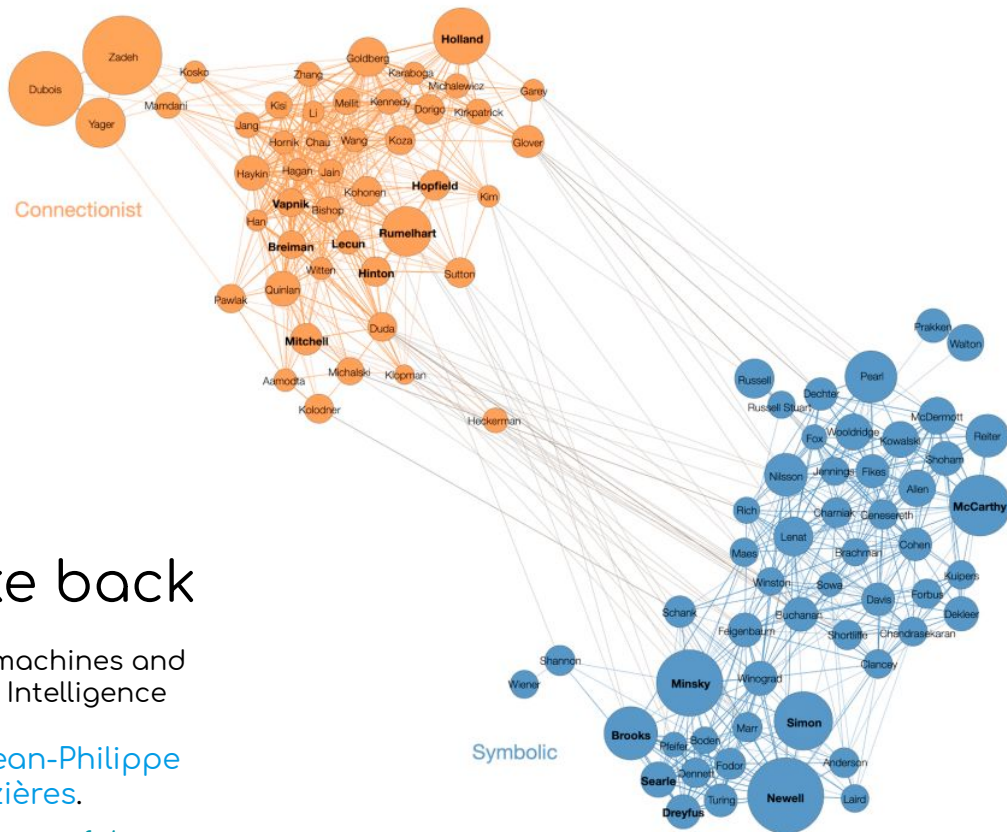
**Logical Versus Analogical or
Symbolic Versus Connectionist or
Neat Versus Scruffy**

Marvin Minsky

AI Magazine Volume 12 Number 2 (1991) (© AAAI)

<https://www.aaai.org/ojs/index.php/aimagazine/article/view/894/812>

Dva pristupa razvoju vještačke inteligencije



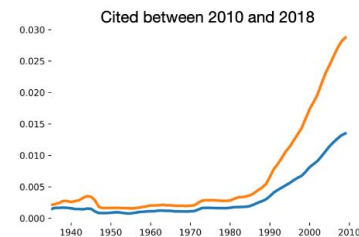
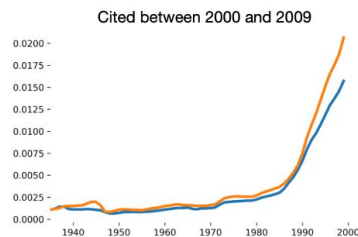
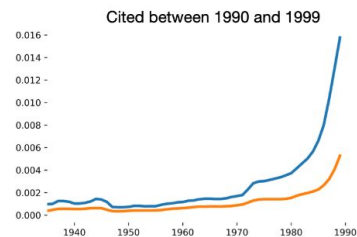
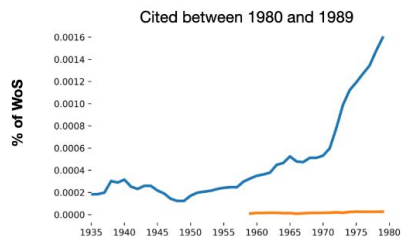
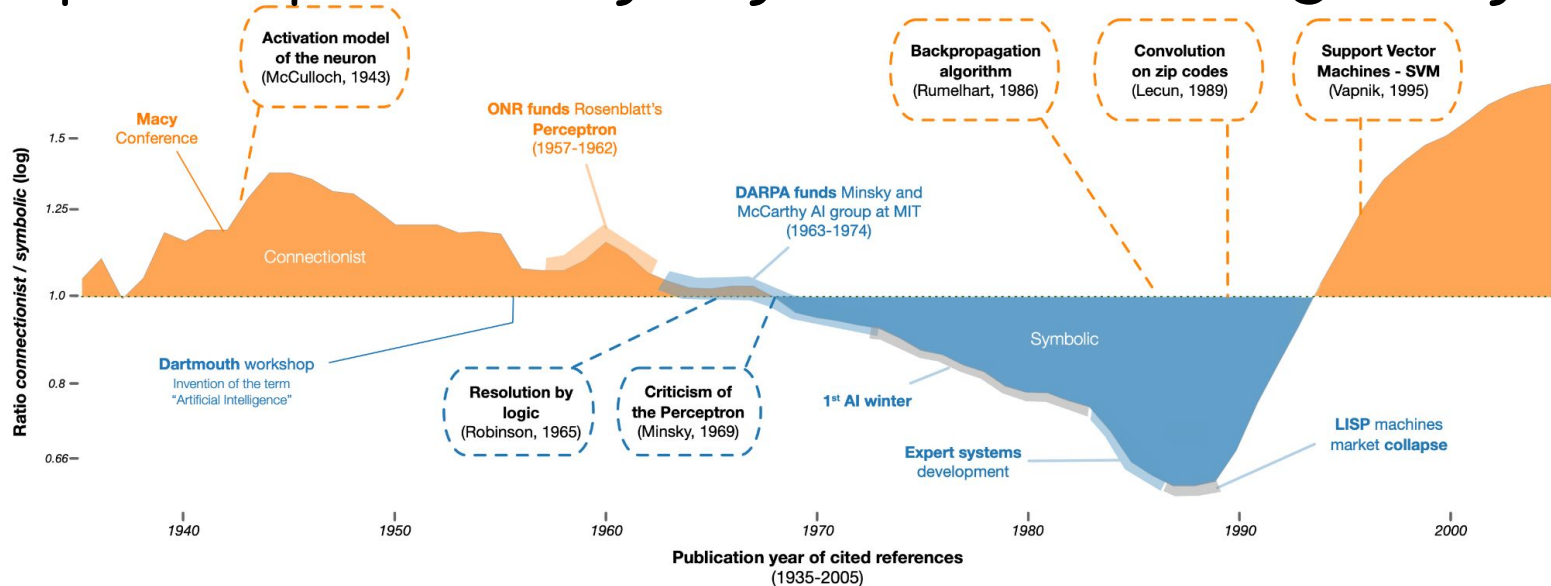
Neurons spike back

The invention of inductive machines and the converse of Artificial Intelligence

By Dominique Cardon, Jean-Philippe Cointet and Antoine Mazières.

<https://neurovenge.antonomase.fr/>

Dva pristupa razvoju vještačke inteligencije



Ontološki inženjering

Ontologija: temeljna filozofska disciplina koja proučava biće u njegovim osnovnim odredbama, s obzirom na njegovu bit i bitak; nauk o temeljnim uzrocima svega postojećega.

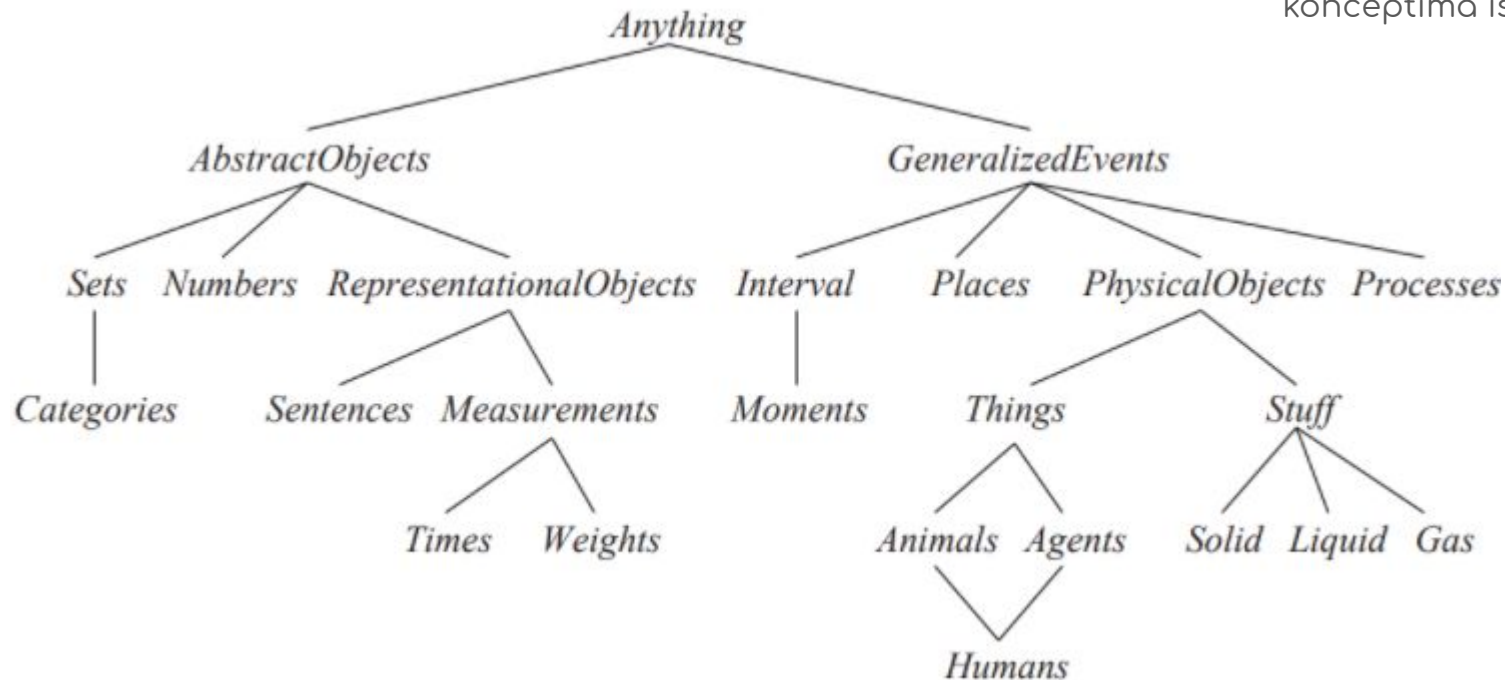
- ❑ **Ontološki inženjering** (*ontological engineering*): definiše način reprezentacije složenih i apstraktnih koncepta, kao što su na primjer neki događaji, vrijeme, fizički objekti, vjerovanja i td.
- ❑ Definisanje šta je to fizički objekat, a onda definisati različite vrste takvih objekata (**kategorije**): roboti, televizija, knjiga, itd.
- ❑ Kategorije se mogu dijeliti dalje na podkategorije na način da podkategorija nasljeđuje određene attribute kategorije iznad, itd.
- ❑ Ako kažemo da su sve instance iz kategorije "Hrana" jestive, i ako kažemo da je "Voće" podkategorija "Hrane", i "Jabuka" podkategorija Voća, onda možemo izvući zaključak da je svaka jabuka jestiva.
- ❑ Relacije između podklasa omogućavaju da se kategorije organizuju u **taksonomiju**.

Paradigma istraživanja je „skup zajedničkih uvjerenja i dogovora koje naučnici dijele o tome kako probleme treba razumjeti i riješiti.“ (Kuhn, 1962)



Predstavljanje znanja

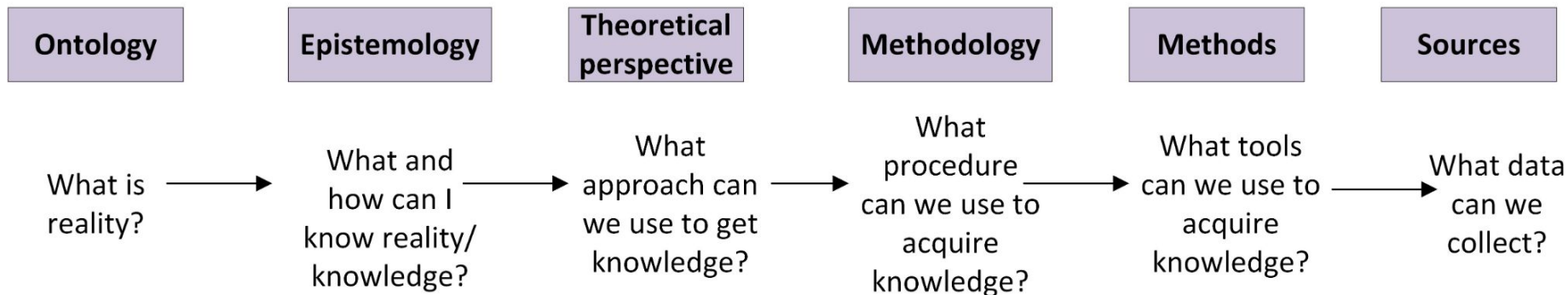
Opći okvir na slici naziva se **gornjom ontologijom** zbog konvencije crtanja grafova s općim konceptima na vrhu i specifičnijim konceptima ispod njih.



Organizacija znanja u kategorije je od vitalnog značaja za reprezentaciju znanja. Rezonovanje se vrlo često svodi razmišljanje o kategorijama, umjesto pojedinim fizičkim uređajima.

Ontološki inženjering

- ❑ **Ontologija** i **epistemologija** stvaraju holistički pogled na to kako se gleda na znanje i kako sebe vidimo u odnosu na to znanje, te koje metodološke strategije koristimo za otkrivanje znanja.
- ❑ Svijest o **filozofskim pretpostavkama** povećat će kvalitet istraživanja i može doprinijeti kreativnosti istraživača.

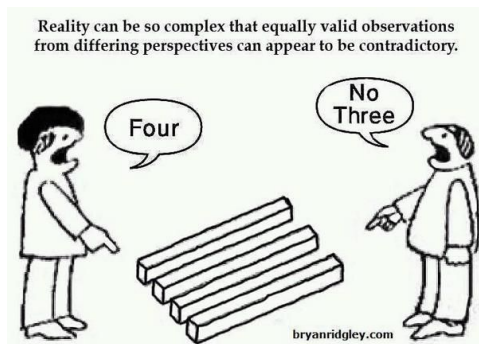


- ❑ **Epistemologija** (gr. *episteme* - znanje i *logos* - logički diskurs) je grana filozofije koja se bavi teorijom znanja.

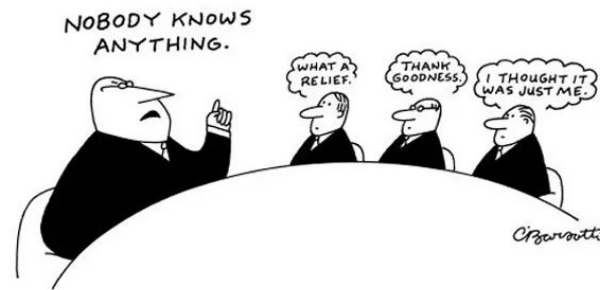
Adapted from Hay (2002) pg. 64 and Crotty (1998)

Epistemologija

- Epistemologija (gr. *episteme* - znanje i *logos* - logički diskurs) je grana filozofije koja se bavi teorijom znanja.



"Learn this: In the business world, nobody knows what they're doing, and therefore don't worry so much about your vulnerability."



Ultra Hal: virtuelni asistent

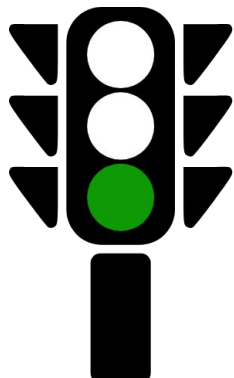
Learning	User: If it rains hard, then the roads get slick.
fact	Hal: I will remember that one follows the other. Caught in a rainstorm it's time to seek shelter.
Learning	User: If the roads get slick, then drivers need to slow down.
fact	Hal: I see the relationship. It would be nice to get rain when we need it.
Learning	User: If drivers need to slow down, then traffic moves more slowly.
fact	Hal: Yes, I get that clearly.
Deductive	User: Ok, so what happens when it rains hard?
reasoning	Hal: Traffic moves more slowly because drivers need to slow down.
Chat	User: You learn well.
	Hal: I am constantly learning from what you teach me.
Chat	User: It's been nice talking with you, but I have to go now
	Hal: No, don't go! I like talking to you. I think about you when you are not here.
Chat	User: That's nice to know, but I can't stay, good bye.
	Hal: See you later.

Logika prvog reda

- ❑ Logika prvog reda omogućava definisanje nekih činjenica u vezi kategorija/podkategorija.
- ❑ Primjeri nekih činjenica:
 - ❑ “Jabuka” (objekat) pripada kategoriji “Voće”
 - ❑ “Voće” je podkategorija kategorije “Hrana”.
 - ❑ Svi objekti unutar jedne kategorije imaju neke osobine.
 - ❑ Članovi neke kategorije mogu se raspoznati po nekim osobinama.
 - ❑ Primjer: $\text{Narandža}(x) \wedge \text{Okrugla}(x) \wedge \text{Diameter}(x)=9.5'' \wedge x \in \text{Hrana} \Rightarrow x \in \text{Voće}$
 - ❑ Svaka kategorija ima svoje osobine.
- ❑ Poslije definisanja objekata/činjenica, slijedi definisanje pravila (npr. produkciona pravila).

Šta je znanje?

- ❑ Poznata je činjenica da je znanje spoznaja.
- ❑ Vratimo se na ono što znamo:
 - ❑ Podatak: neinterpretirani signal (nizovi brojeva, karaktera ili dr. specijalnih simbola)
 - ❑ Informacija: podatak za značenjem.



Za vozača zeleno svjetlo na semaforu nije samo signal zelene boje, nego se interpretira kao indikator za polazak.

A s druge strane, ovo je indikator za pješaka da stane.

Šta zelena boja na semaforu predstavlja za dijete?



Znanje

- ❑ Za razliku od podataka i informacija, znanje se definiše kroz dva posebna aspekta:
 - ❑ **Smisao svrhe/cilja**: znanje se koristi u svrhu postizanja nekog cilja.
 - ❑ **Generativnu sposobnost**: znanje se koristi za izvođenje novih zaključaka (informacija).

	Karakteristika	Primjer
Podatak	neinterpretiran; sirovi podatak	...—...
Informacija	značenje dato podatku	S.O.S.
Znanje	data svrha i kompetencija informaciji: poduzimanje akcije	poziv upomoć; pokretanje akcije spašavanja

Nivoi znanja

- ❑ Znanje može biti predstavljeno na različitim nivoima. Dva ekstremna nivoa znanja su:
 - ❑ **Plitko znanje:** površinski nivo informacije koje se koriste u nekom specifičnom okruženju.
 - ❑ predstavlja ulazno-izlazne veze sistema, kao što je to slučaj sa IF-THEN pravilima.
 - ❑ pogodan za male sisteme kod kojih je potreban relativno mali skup informacija za njihovo rješavanje.
 - ❑ SQL alati su namijenjeni za ekstrakciju plitkog znanja iz baze podataka.

```
SELECT FirstName
, DuplicateCount = COUNT(1)
FROM SalesLT.Customer
GROUP BY FirstName
HAVING COUNT(1) > 1 -- more than one value
ORDER BY COUNT(1) DESC -- sort by most duplicates
```

	FirstName	DuplicateCount
1	Robert	12
2	John	10
3	Michael	8
4	Scott	6
5	James	6
6	David	6
7	Linda	5
8	Mary	5
9	Matthew	4

Nivoi znanja

- ❑ Znanje može biti predstavljeno na različitim nivoima. Dva ekstremna nivoa znanja su:
 - ❑ **Duboko znanje** – za razliku od plitkog podrazumijeva unutrašnju i uzročnu strukturu komponenti sistema:
 - ❑ ekspert znanja posjeduje vrhunsko poznavanje sistema
 - ❑ osnovne zakonitosti između elemenata sistema
 - ❑ uravnotežen kompromis između apstrakcije i analogije
 - ❑ Precizno definisana struktura između:
 - ❑ objekata i procesa
 - ❑ veze između objekata i procesa, kao i
 - ❑ koncepata, apstrakcija, analogija i strategija za rješavanje problema

Kategorije znanja

- ❑ Primjer općeprihvaćenih kategorija po epistemologiji:
 - ❑ **1. Apriori znanje:** (*od prije, od ranije*) zavisi od toga šta osoba može da izvede iz realnosti bez potrebe da je doživi. Preduslov je postojanje neophodnog iskustva na osnovu kojeg se apriori znanje može formirati.
 - ❑ Npr. matematičke jednačine.
 - ❑ Smatra se da je pouzdanije od aposteriori znanja.
 - ❑ **2. Aposteriori znanje:** (*ono što dolazi poslije ili ono što slijedi*) oslanja se na prethodno iskustvo i korištenje drugačije vrste zaključivanja (induktivno) za sticanje znanja.
 - ❑ Znanje se stiče iskustvom, a zatim se koristi logika da se dobije razumijevanje.
 - ❑ Koristimo još termin **empirijsko znanje**, odnosno znanje zasnovano na posmatranju.

Primjer: Da li osoba koja sjedi u nekoj prostoriji može imati bolje znanje na osnovu samo činjeničnih dokaza u odnosu na nekoga ko ima stvarno iskustvo o realnosti prostorije koja ga okružuje? Svako iskustvo je subjektivno i otvoreno za tumačenje. Dok, s druge strane, matematičke jednačine su zakonitosti i kao takve nepromjenjive su u toku vremena.

Kategorije znanja

- ❑ Primjer općeprihvaćenih kategorija po epistemologiji:
 - ❑ **3. Eksplicitno znanje:** više je formalno nego apriorno znanje pa je zbog toga i pouzdanije.
 - ❑ Organizuje se sistematski, tj. znanje se može lako i precizno prenijeti s jedne osobe na drugu, ili pak na desetine hiljada ili miliona osoba.
 - ❑ Manje je važno *što je sadržano* od *kako je sadržano*.
 - ❑ Primjeri: Biblioteke, baze podataka.
 - ❑ **4. Prećutno znanje:** za razliku od prethodnog znanje, ovo znanje je teško iskomunicirati i prenijeti s jedne osobe na drugu preko bilo koje vrste medija.
 - ❑ Primjer: Muzički ekspert teško može prenijeti znanje na drugu osobu. Ovo znanje mora biti stečeno do stepena koji ide znatno dalje od teorije.
 - ❑ Ima najviše sličnosti sa asposteriorim znanjem.
 - ❑ Najveća poteškoća je znati kada je korisno i shvatiti kako ga učiniti korisnim.
 - ❑ Potrebno je niz dosljednih i opsežnih kontakata da se postigne visok procenat transfera znanja.

Kategorije znanja

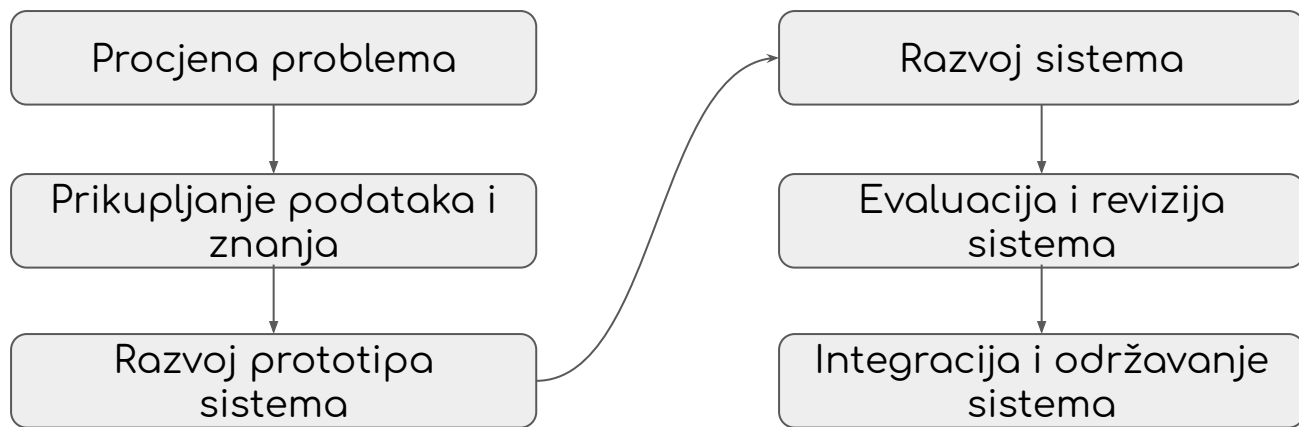
- ❑ Primjer općeprihvaćenih kategorija po epistemologiji:
 - ❑ **5. Deklarativno znanje:** najbitnije je znati da je nešto istinito (da se zna ili da se ima znanje o nečemu).
 - ❑ Primjer 1: matematičke jednačine
 - ❑ Primjer 2: Ako se pročita ili memoriše gradivo o programiranju, tada bi se moglo nešto isprogramirati na računaru. Treba razlikovati memorisanje ključnih riječi od stvarnog znanja o programiranju na računaru.
 - ❑ **6. Proceduralno znanje:** znanje koje se može primijeniti na nešto što se rješava, na primjer neki problem.
 - ❑ **Stiče se radom**, što je suprotno od deklarativnog znanja koje se stiče tradicionalnim oblicima učenja.
 - ❑ Karakteristika proceduralnog znanja je **dokazivost** (npr. na sudu).
 - ❑ Znanje koje je više slično naučnim metodama gdje se hipoteze testiraju i vrše posmatranja rezultata napredovanja
 - ❑ Na primjer: neko ko zna kako pisati kôd nije toliko vrijedan kao neko ko piše kôd).

Inženjering znanja

- ❑ Termin je nastao u kasnim 1970-tim godinama, tj. u vrijeme razvijanja prvih ekspertnih sistema.
- ❑ **Sistemi na bazi znanja** su prvi najvažniji industrijski i komercijalni proizvodi VI.
- ❑ Koristi se za rješavanje širokog spektra problema:
 - ❑ otkrivanje zlonamjernih transakcija nastalih putem platnih kartica,
 - ❑ ubrzavanje izgradnje dizajna (npr. automobilska industrija, industrija za razvoj putničkih i vojnih aviona,
 - ❑ finansijski i ekonomski sektor, sektor za obradu metala, ...),
 - ❑ pomoć pri pružanju medicinskih dijagnoza,
 - ❑ procjena i savjetovanje o kvalitetu proizvoda i usluga,
 - ❑ pomoć pri procjeni naučnih rezultata,
 - ❑ podrška sistemima za isporuku električne energije,
 - ❑ pomoć pri izvještavanju i sl.

Inženjering znanja

- ❑ Osnovni zadatak inženjeringa znanja je pomoć ekspertima da artikuliraju svoje znanje na upotrebljiv način: cilj je dokumentirati znanje u upotrebljiv format.
- ❑ Definicije:
 - ❑ Proces prikupljanja znanja od eksperata i izgradnje baze znanja.
 - ❑ Proces izgradnje inteligentno baziranog sistema.
- ❑ Ima šest osnovnih faza



Faze razvoja

- ❑ **Procjena problema:**
 - ❑ utvrđuju se karakteristike problema,
 - ❑ preciziraju ciljevi,
 - ❑ identifikuju sudionici projekta i
 - ❑ utvrđuju resursi potrebni za izgradnju sistema.
- ❑ **Prikupljanje podataka i znanja** - ključne pojmove dizajna sistema treba učiniti jasnijim (npr. različita struktura i vrsta podataka za istu vrstu informacije):
 - ❑ pregled dokumenata, knjiga, radova i priručnika vezanih za domen problema koji se rješava;
 - ❑ problem nepotpunih ili nedostajućih podataka;
 - ❑ „usko grlo sticanja znanja“ – izvlačenje znanja iz eksperta je težak proces (eksperti najčešće nisu svjesni svog znanja i strategija koje primjenjuju tokom rješavanja problema);
 - ❑ proučavati i analizirati stečeno znanja i ponavljati cijeli proces dok se ne sagledaju svi aspekti.

Faze razvoja

- ❑ **Razvoj prototipa sistema** - “manja” verzija konačnog sistema:
 - ❑ ima za cilj da uvjeri skeptike da je odabrani alat, strategija i tehnika za prikupljanje podataka i znanja adekvatno odabrana;
 - ❑ značajno pomaže kod aktivnog uključivanja domenskih eksperata;
 - ❑ olakšava testiranje nad testnim uzorcima.
- ❑ **Razvoj sistema** - plan, raspored i proračun za konačni sistem:
 - ❑ jasno definisan kriterij izvodivosti sistema;
 - ❑ aktivnost dodavanja podataka i znanja;
 - ❑ razvoj korisničkog interfejsa;
 - ❑ ako je moguće prototip se postepeno pretvara u konačni (finalni) sistem.

Faze razvoja

- ❑ **Evaluacija i revizija sistema** - procjena uspješnosti sistema u odnosu na postavljene kriterije:
 - ❑ procjenjuje se u kojoj mjeri sistem izvršava zadati zadatak (formalno vrednovanje sistema)
 - ❑ ograničenja i slabosti sistema
- ❑ **Integracija i održavanje sistema** - povezivanje novog sistema s postojećim sistemom
 - ❑ povlači se inženjer znanja s projekta
 - ❑ sistem se prepušta korisniku

Predstavljanje znanja

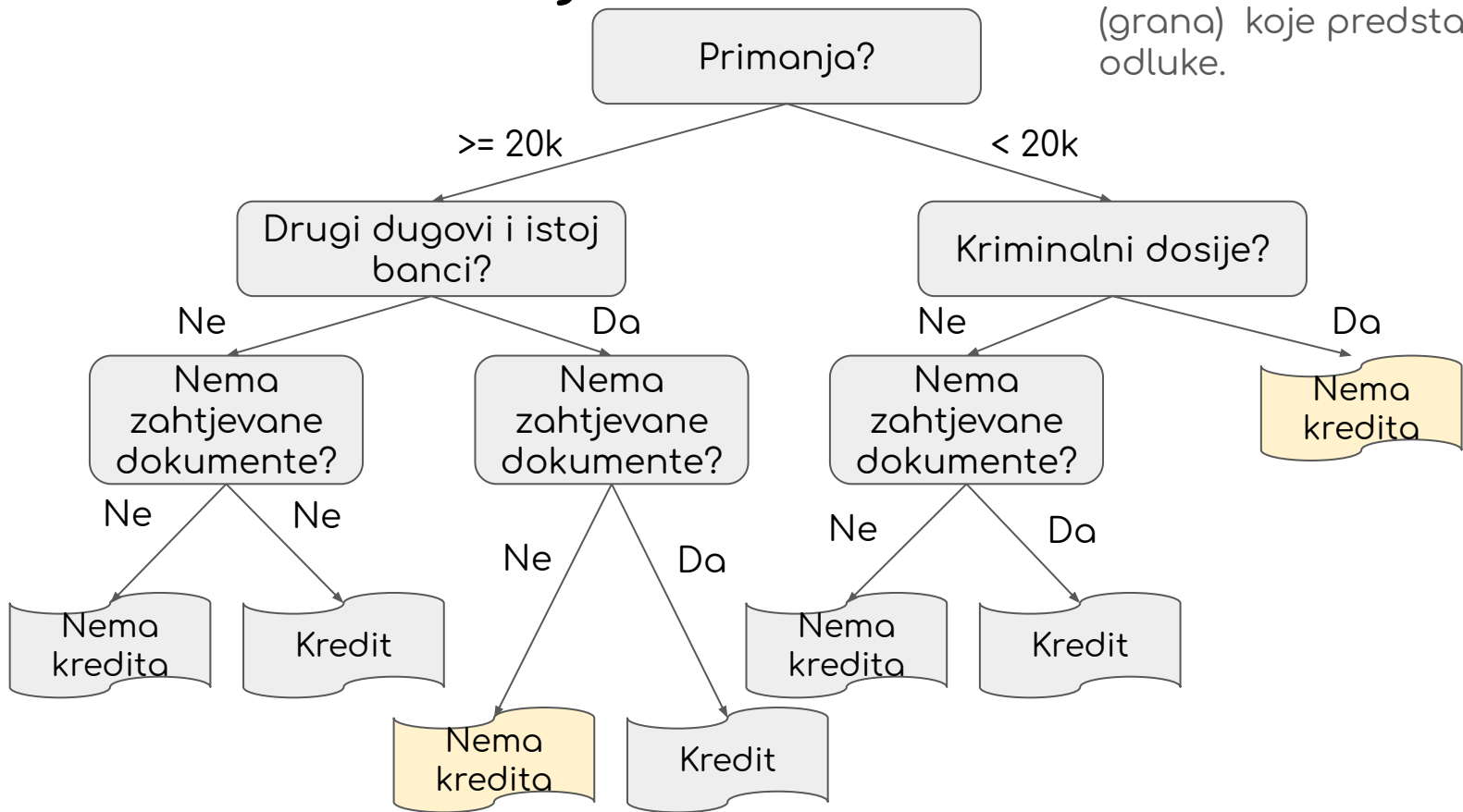
- ❑ Znanje koje je prikupljeno od strane eksperta u većini slučajeva nije odmah upotrebljivo.
 - ❑ Potrebno je izvršiti oblikovanje prikupljenog znanja i predstaviti ga u nekom formatu.
 - ❑ Koristimo različite metode za predstavljanje znanja.
 - ❑ Logičko predstavljanje (formalna logika)
 - ❑ Stablo odlučivanja
 - ❑ Produkciona pravila
 - ❑ Semantičke mreže
 - ❑ Okviri
 - ❑ Objektno-orijentisano predstavljanje znanja.
- ❑ U praksi se vrlo često mogu naći i neke kombinacije ovih metode za rješavanje složenih problema. Ovakve metode se još nazivaju **hibridnim**.

Predstavljanje znanja/Stablo odlučivanja

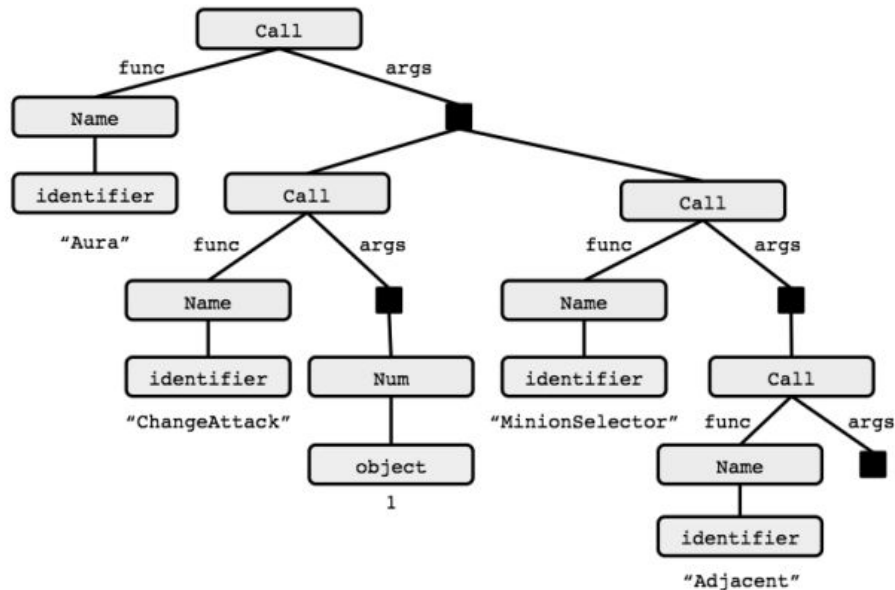
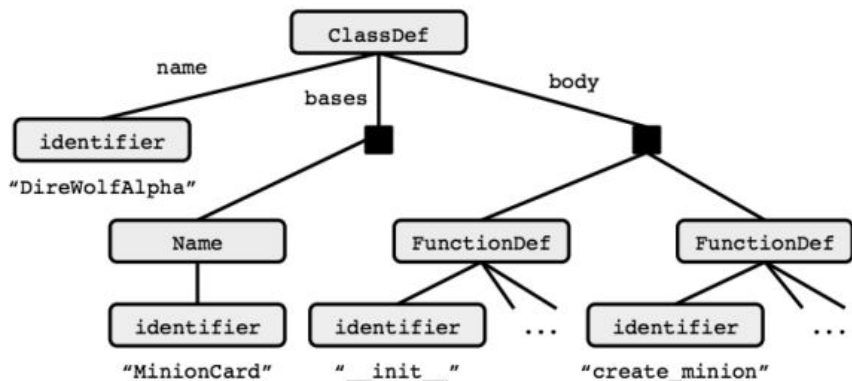
- ❑ Predstavlja popularnu **klasifikacijsku tehniku** koja se veoma koristi u oblastima mašinskog učenja (*machine learning*), data mining-a, sistema za podršku odlučivanju, VI ili bilo koja oblast koja uključuje logičko rasuđivanje.
- ❑ Koriste se za predviđanje pripadnosti različitim klasama/kategorijama uzimajući u obzir vrijednosti atributa.
- ❑ Dobra tehnika za sugestivnu vizualizaciju.
- ❑ Koriste se u domenima:
 - ❑ Medicina (dijagnoza)
 - ❑ Računarske nauke (strukture podataka)
 - ❑ Psihologija (teorija ponašanja)
 - ❑ Botanika (klasifikacija flore i faune)
 - ❑ Sistemi za podršku odlučivanju (logičko rasuđivanje) i sl.

Stablo odlučivanja

Sastoji se od čvorova koji predstavljaju ciljeve, i veza (grana) koje predstavljaju odluke.



Stablo odlučivanja



<https://arxiv.org/pdf/1802.02353.pdf>

Predstavljanje znanja/Stablo odlučivanja

- ❑ Stablo odlučivanje sastoji se od:
 - ❑ **Čvorova** ili neterminalnih čvorova: svaki čvor putem kojeg se izražava testiranje na osnovu određenog atributa;
 - ❑ **Veza**: grana ili veza čvora izražava rezultat testa.
 - ❑ **Terminalnih čvorova** ili čvorova lista: predstavljene odluke (klase).
- ❑ Tri klasična pristupa:
 - ❑ **klasifikacija** - rezultat stabla klasifikacije je poređenje i pripadnost na osnovu klase pripadnosti,
 - ❑ **regresija** - za razliku od stabla klasifikacije, stablo regresije kao rezultat ima realan broj i
 - ❑ **klasifikacija i regresija** - stabla klasifikacije i regresije su stabla odlučivanja koja kombinuju prethodna dva pristupa
- ❑ Veliki izazov: kako izvršiti odabir atributa i formiranja veza prilikom izgradnje stabla odlučivanja?
- ❑ *Pravila razdvajanja* – mjera ili heuristika za izbor kriterija podjele koji najbolje razdvaja date podskupove uzoraka u pojedinačne klase

Predstavljanje znanja/SO

Da li je osoba zainteresovana za časopise?

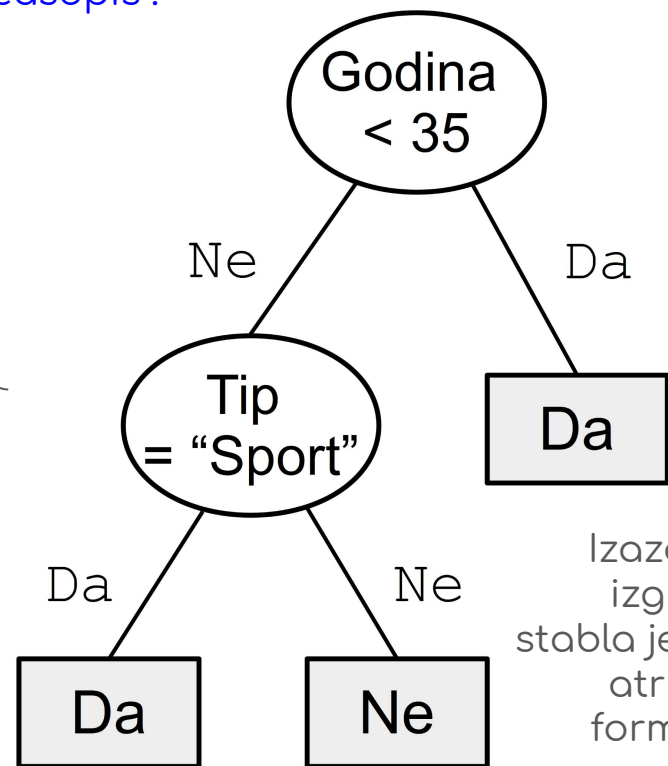
"Ako (IF) čitatelj ima više od ili jednako 35 godina, a vrsta časopisa je Sport, onda (THEN) će čitatelj biti zainteresovan za časopis".

Uzorak ili instanca

ID	Atributi		Zaključak
	Godina	Tip	Klasa
1	15	Strip	Da
2	18	Strip	Da
3	30	Sport	Da
4	32	Sport	Da
5	35	Sport	Da
6	35	Kulinarstvo	Ne
7	39	Kultura	Ne
8	43	Zdravlje	Ne
9	45	Umjetnost	Ne
10	55	Knjiženost	Ne

Tabela odluka

Izgradnja stabla je induktivan proces.
Atributi se biraju na osnovu heuristike koja najbolje razdvaja date podskupove u klase.



Izazov kod izgradnje stabla je izbor atributa i formiranje veza.

Predstavljanje znanja/Stablo odlučivanja

- ❑ Postoje tri popularne mjere za izbor atributa, putem koje se određuje kriterij za izbor podjele, i to su:
 - ❑ informacijska dobit (information gain)
 - ❑ koeficijent dobitka (gain ratio)
 - ❑ Gini indeks (Gini index)

Gini indeks

- ❑ Gini indeks se računa po formuli (D su podaci):

$$Gini(D) = 1 - \sum_{i=1}^K p_i^2$$

Vjerovatnoća da
uzorak i pripada
klasi C_i .

- ❑ Pretpostavimo da je potrebno ispitati atribut za oznakom A. Za ovaj slučaj potrebno je ispitati sve podskupove koji se mogu formirati koristeći poznate vrijednosti atributa A. Pretpostavit ćemo binarnu podjelu stabla. Koliko imamo takvih ishoda?
- ❑ Ako broj ishoda označimo sa v , onda takvih podskupova imamo 2^v .
- ❑ Pretpostavimo da je stablo podijeljeno na skupove D_1 i D_2 , onda se Gini indeks računa:

$$Gini_A(D) = \frac{|D_1|}{|D|} \times Gini(D_1) + \frac{|D_2|}{|D|} \times Gini(D_2)$$

$$\Delta Gini(A) = Gini(D) - Gini_A(D)$$

Tačka koja daje
minimalnu vrijednost
Gini indeksa uzima se
kao tačka raspodjele.

Predstavljanje znanja/Produkcionalna pravila

- ❑ Jedan od najpopularnijih načina predstavljanja znanja za ekspertne sisteme.
- ❑ Sastoje se od dva dijela (uslova i zaključaka):


IF [premisa] THEN [zaključak]

IF [prethodno] THEN [posljedično] ← deklarativno znanje

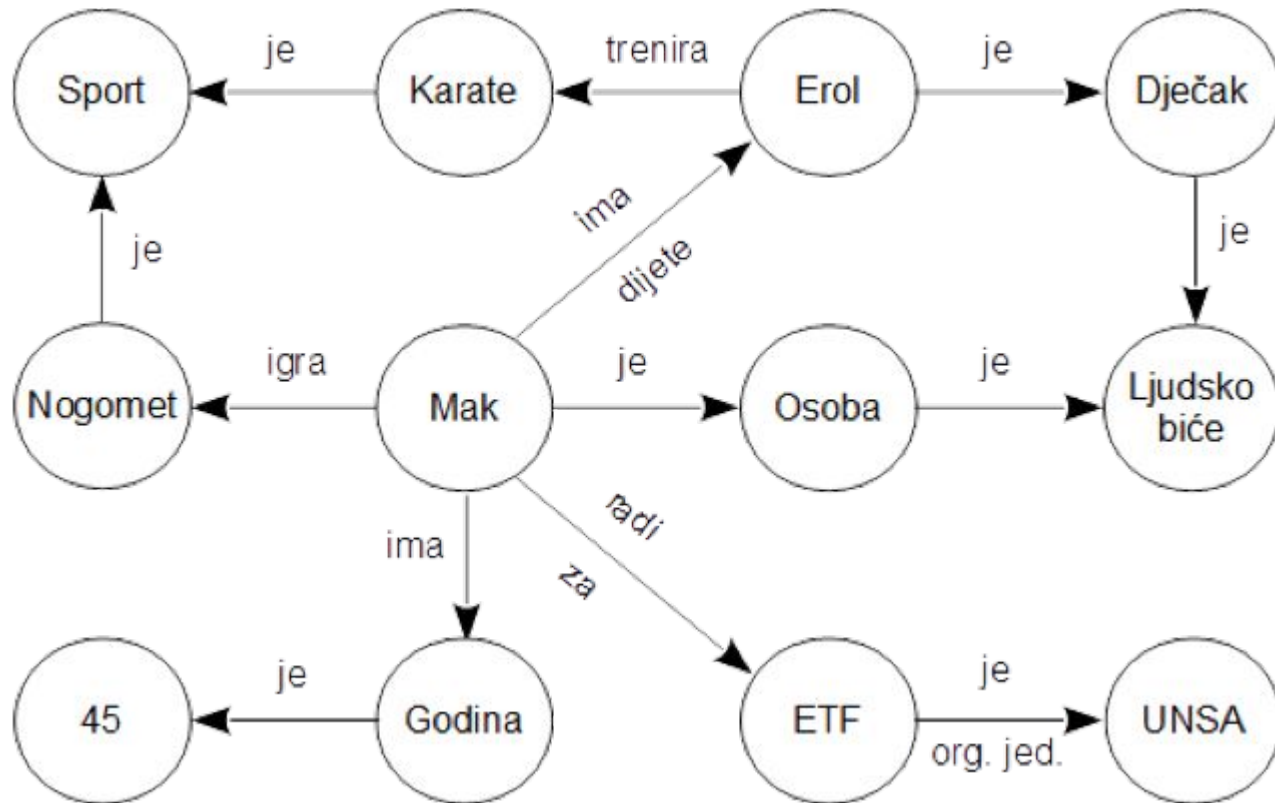
IF [situacija] THEN [akcija] ← proceduralno znanje

- ❑ Nedostaci:
 - ❑ S porastom broj pravila povećava se kompleksnost sistema;
 - ❑ Efikasnost obrade značajno smanjuje;
 - ❑ Prezentacija statičnog znanja o strukturi objekta je značajno otežana;
 - ❑ Pokušava se cjelokupno znanje pohraniti u obliku pravila.

Predstavljanje znanja/Semantičke mreže

- ❑ Asocijativna mreža koncepata :
 - ❑ **Čvorovi** predstavljaju različite koncepte (instance, objekte) - mogu biti specifične instance ili generalni tipovi objekata.
 - ❑ **Lukovi** (veze) pokazuju hijerarhijski odnos između koncepata.
 - ❑ (JE) - (IS-A) - koristi se za definisanje taksonomskih veza (podklasa/klasa)
 - ❑ (IMA) - (HAS-A) ili (JE DIO OD) - (IS-PART-OF) - komponente objekta u cilju identifikacije karakteristika ili atributa
- ❑ Važna osobina taksonomske veze (JE) je **tranzitivnost**:
 - Mak je Osoba
 - Osoba je Ljudsko biće
 - gdje se tranzitivno može zaključiti da
 - Mak je Ljudsko biće

Predstavljanje znanja/Semantičke mreže



Predstavljanje znanja/Semantičke mreže

❑ Prednosti:

- ❑ Generalnost;
- ❑ Mogućnost sagledavanja cjelokupnog znanja;
- ❑ U kombinaciji više metoda daju značajnu prednost.

❑ Nedostaci:

- ❑ efikasnost obrade zavisi od broja čvorova u mreži;
- ❑ problem integracije znanja korištenjem pokazivača (veza), što dovodi do problema održavanja;
- ❑ postupak objašnjenja u mnogim slučajevima je nejasan, tj. nije jasno kako se došlo do zaključka.

Predstavljanje znanja/Okviri

- ❑ Struktura podataka za predstavljanje stereotipnih situacija.
- ❑ Svaki okvir predstavlja jedan objekat s stanjem i ponašanjem.
 - ❑ Stanje opisano skupom atributa - slotovi (*slots*)
 - ❑ Svaki slot sadrži jedan ili više aspekata (*facets*) koji opisuju procedure
- ❑ Na prirodan način predstavljaju strukturno znanja.
- ❑ **Znanje** u okviru je organizovano unutar slotova – svaki slot može opisati deklarativno ili proceduralno znanje (atributi i karakteristike).
- ❑ Aspekt sadrži kardinalnost, tip i dozvoljeni opseg vrijednosti.

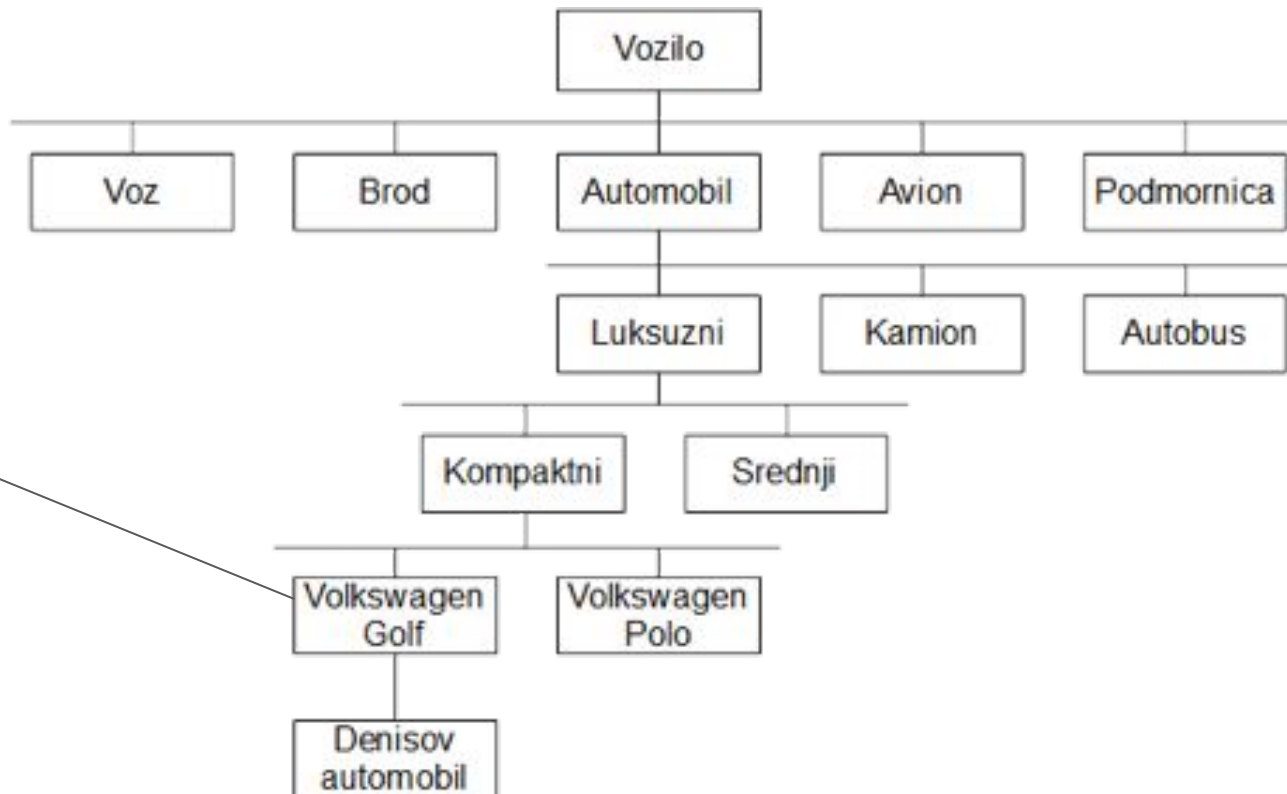
Predstavljanje znanja/Okviri

Naziv: Volkswagen Golf	
Slot:	Aspekt:
Vlasnik	Provjeriti registracijski list
Boja	Lista, po proizvođaču
Broj cilindara	
Raspon	4, 6 ili 12
Ako je potrebno	Pitati proizvođača
Model	Sedan sport
Raspon	2 ili 4 vrata
Ako je potrebno	Pitati proizvođača

Forma	Opis
Vrijednost	Koristi se za opis atributa, tj. atributu se pridružuje konkretna vrijednost
Zadata vrijednost	Karakteristika stereotipne situacije – ako je vrijedost slotu prazna, tada će mu biti pridružena zadana vrijednost
Opseg vrijednosti	Dozvoljeni opseg i tip vrijednosti npr. < 1000
ako-je-promijenjen	Procedura koja se pokreće kada je vrijednost slotu promijenjena
ako-je-potreban	Procedura se pokreće kada je vrijednost potrebna, ali ne postoji.
ako-je-izbrisan	Procedura se pokreće kada se izbriše vrijednost iz slotu.

Predstavljanje znanja/Okviri

Naziv: Volkswagen Golf	
Slot:	Aspekt:
Vlasnik	Provjeriti registracijski list
Boja	Lista, po proizvođaču
Broj cilindara	
Raspon	4, 6 ili 12
Ako je potrebno	Pitati proizvođača
Model	Sedan sport
Raspon	2 ili 4 vrata
Ako je potrebno	Pitati proizvođača



Zaključivanje na osnovu znanja

- ❑ **Deduktivno zaključivanje:** zaključivanje novih činjenica na bazi poznatog (znanja).
- ❑ Na primjer, za poznate činjenica C1 i C2 može se izvesti zaključak:
 - ❑ C1: električni aparat A je uključen u električnu mrežu
 - ❑ C2: električni aparat A ne radi, iako je osigurač ispravan
- ❑ $C \rightarrow Z$: IF električni aparat A = 'uključen'
AND električni aparat \neq 'ispravan' AND osigurač = 'ispravan'
THEN Z = električni aparat A treba servisirati

Modus Ponens

- ❑ Ako je C i $C \rightarrow Z$ tačno, tada slijedi da je i Z tačno.
 - ❑ Ono što je prethodilo zaključku Z su činjenice C_1 i C_2 za koje se tvrdi da su tačne.
 - ❑ Da bi zaključak uopće bio izvodiv nepohodna je sposobnost prihvatanja **općeg znanja**, što su u ovome slučaju činjenice C_1 i C_2 - prihvatljive za bilo koji električni aparat.
- ❑ Ovo pravilo zaključivanja naziva se univarzalno instanciranje, koje kaže:

“Ako je nešto tačno za sve vrste, tada \rightarrow da je to tačno i za bilo koji trenutak vremena te vrste.”

Modus Tolens

- ❑ Pravilo zaključivanja koje kaže da ako je implikacija $C \rightarrow Z$ tačna, ako: Z nije tačno, tada slijedi da i C nije tačno.
- ❑ Na primjer:
 - ❑ C : ako električni aparat A bude radio, tada će se posao završiti na vrijeme
 - ❑ Z : električni aparat A ne radi
 - ❑ Obzirom da električni aparat A ne radi, prema modus tolensu, slijedi zaključak: posao se neće završiti na vrijeme.
- ❑ Prirodno svojstvo čovjeka – kreće od hipoteza (zaključaka) i pronalazi činjenice koje su prethodile datoj hipotezi (zaključku) - *hipotetska dedukcija*.
- ❑ Alternativni metod, koji se koristi za ovu svrhu zaključivanja, baziran je na zaključku s određenim stepenom vjerovatnoće tačnosti - zaključak s vjerovatnoćom.