

EKSPERTNI SISTEMI

Bojan Tomic

E-mail: bojan.tomic@fon.bg.ac.rs

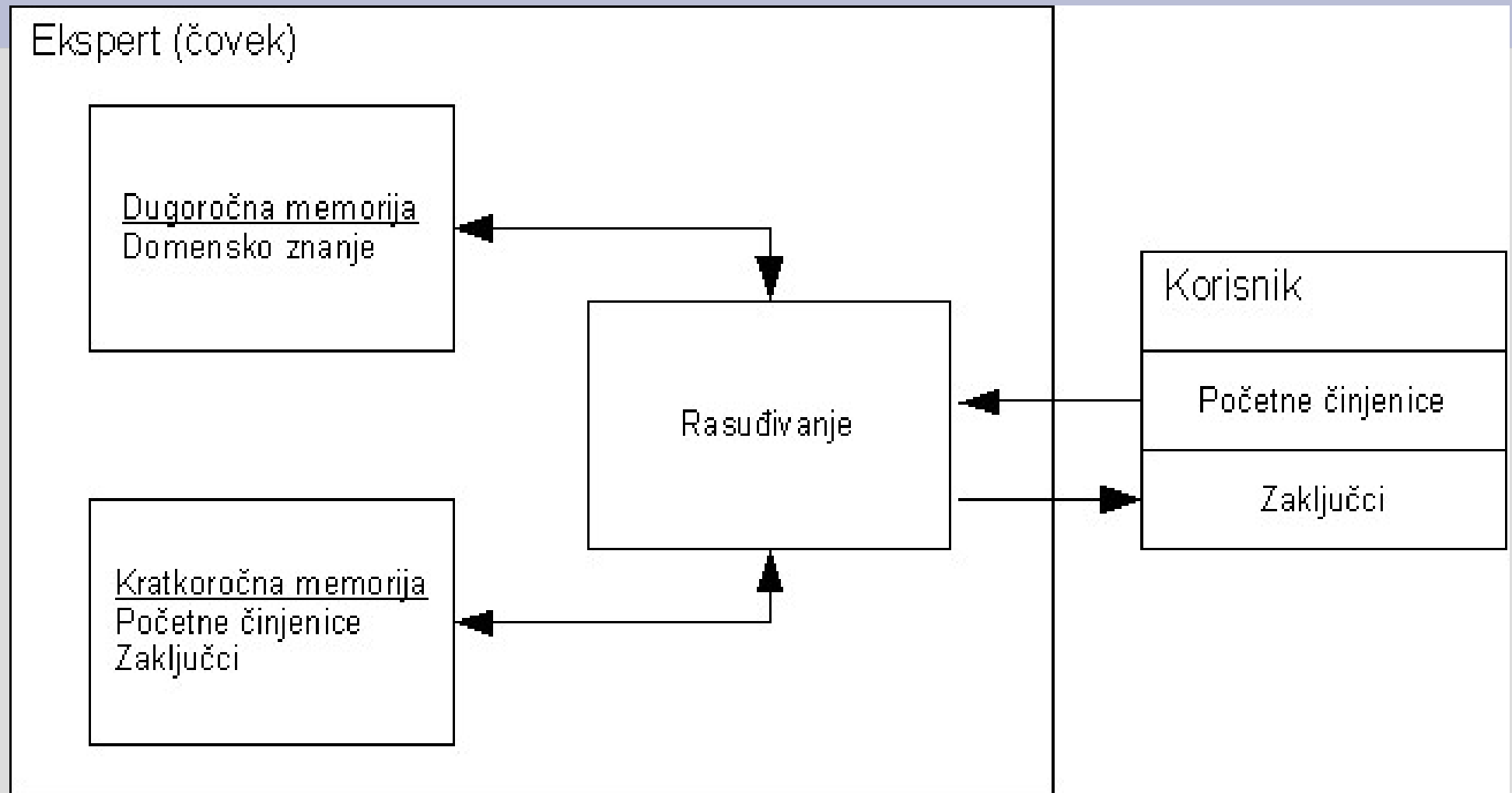
Ekspertni sistemi - osnove

- Ekspertni sistem (ES) je računarski program kojim se emulira rešavanje problema na način na koji to čini ekspert (čovek)

Ekspertni sistemi - osnove

- Da bi neki program mogao da se nazove ES, on mora da:
 - sadrži *ekspertsko znanje* iz neke oblasti
 - omogućava *automatizovano rezonovanje*

Model rezonovanja čoveka



Model rezonovanja čoveka

- Dugoročna memorija sadrži domensko znanje (domen = oblast):

“Ako je napolju oblačno, verovatno će padati kiša”

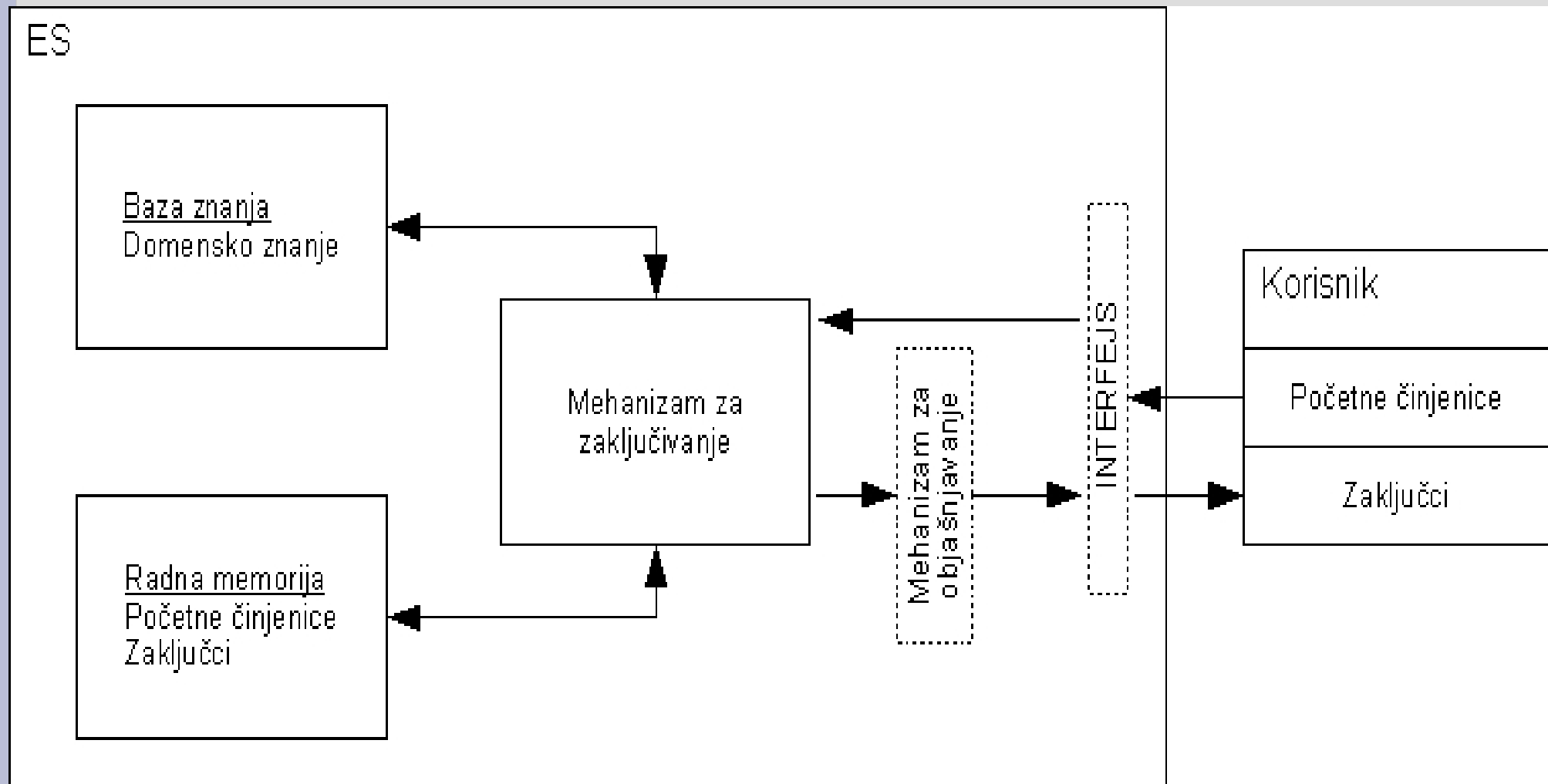
- Kratkoročna memorija sadrži činjenice

“Napolju je oblačno”

- Rasuđivanje - spajanje sadržaja iz obe vrste memorije i izvođenje zaključaka

“Padaće kiša”

Arhitektura ekspertnog sistema



Baza znanja

- Sadrži domensko znanje
- Domensko znanje mora da bude formalizovano
(da bi računar mogao da ga koristi)
- Najčešće se koristi tehnika pravila za predstavljanje znanja u okviru ES

IF

Napolju je oblačno

THEN

Padaće kiša

Baza znanja

- Pravila se sastoje iz IF i THEN dela i povezuju uslov (premisu) sa zaključkom:

IF

Auto neće da “upali” (premisu)

THEN

Kvar može da bude u
električnom sistemu (zaključak)

- Premisa može da bude i složena
 - više jednostavnih premisa povezanih logičkim operatorima AND, OR i NOT

Baza znanja

- Osnovna i najvažnija karakteristika pravila je da mogu da se “ulančavaju”
- Ulančavanje pravila se postiže time što zaključak jednog pravila predstavlja premisu drugog

Baza znanja

IF Auto neće da “upali” AND Napon na akumulatoru < 12V

THEN Akumulator je prazan

IF Akumulator je prazan

THEN Napuni akumulator

IF Auto neće da “upali” AND Napon na akumulatoru = 12V

THEN Anlaser je неисправan

IF Anlaser je неисправan

THEN Zameni anlaser

Radna memorija

- Sadrži činjenice i zaključke
- Zaključci nisu ništa drugo nego činjenice koje su nastale kao posledica rezonovanja
- I činjenice moraju da budu formalizovane
- Za predstavljanje činjenica koriste se okviri (frames)

Radna memorija

- Okvir (frame)
 - forma za predstavljanje znanja o nekom objektu
 - analogija koncepta Klasa u OO programskim jezicima
 - sadrži:
 - deklarativno znanje – opisno znanje o objektu
 - proceduralno znanje – šta objekti mogu da “rade”
 - slot – polje okvira, nosilac deklarativnog znanja

Radna memorija

- Okvir (frame)

- Primeri:

Covek.visina = 185

Vreme.temperatura = 17

Automobil.problem = “Neće da upali”

Automobil.naponNaAkumulatoru = 12.3

Radna memorija

- Kada se pravila i okviri koriste zajedno za predstavljanje znanja, to izgleda ovako:

IF Auto.problem = “neće da upali” AND

Auto.napon_na_akumulatoru < 12

THEN

Auto.uzrok_problema = “Prazan akumulator”

IF

Auto.uzrok_problema = “Prazan akumulator”

THEN

Auto.resenje = “Napuni akumulator”

Mehanizam za zaključivanje

- Kombinuje znanje iz baze znanja i činjenice iz radne memorije i stvara nove zaključke
- Omogućava automatizovano rezonovanje

Mehanizam za zaključivanje

- Izbor tehnike zaključivanja zavisi od korišćene tehnike za predstavljanje znanja
- Najpopularnije tehnike za zaključivanje:
 - **Ulančavanje unapred** (Forward chaining)
 - **Ulančavanje unazad** (Backward chaining)
- Ove dve tehnike mogu da se koriste isključivo u kombinaciji sa pravilima

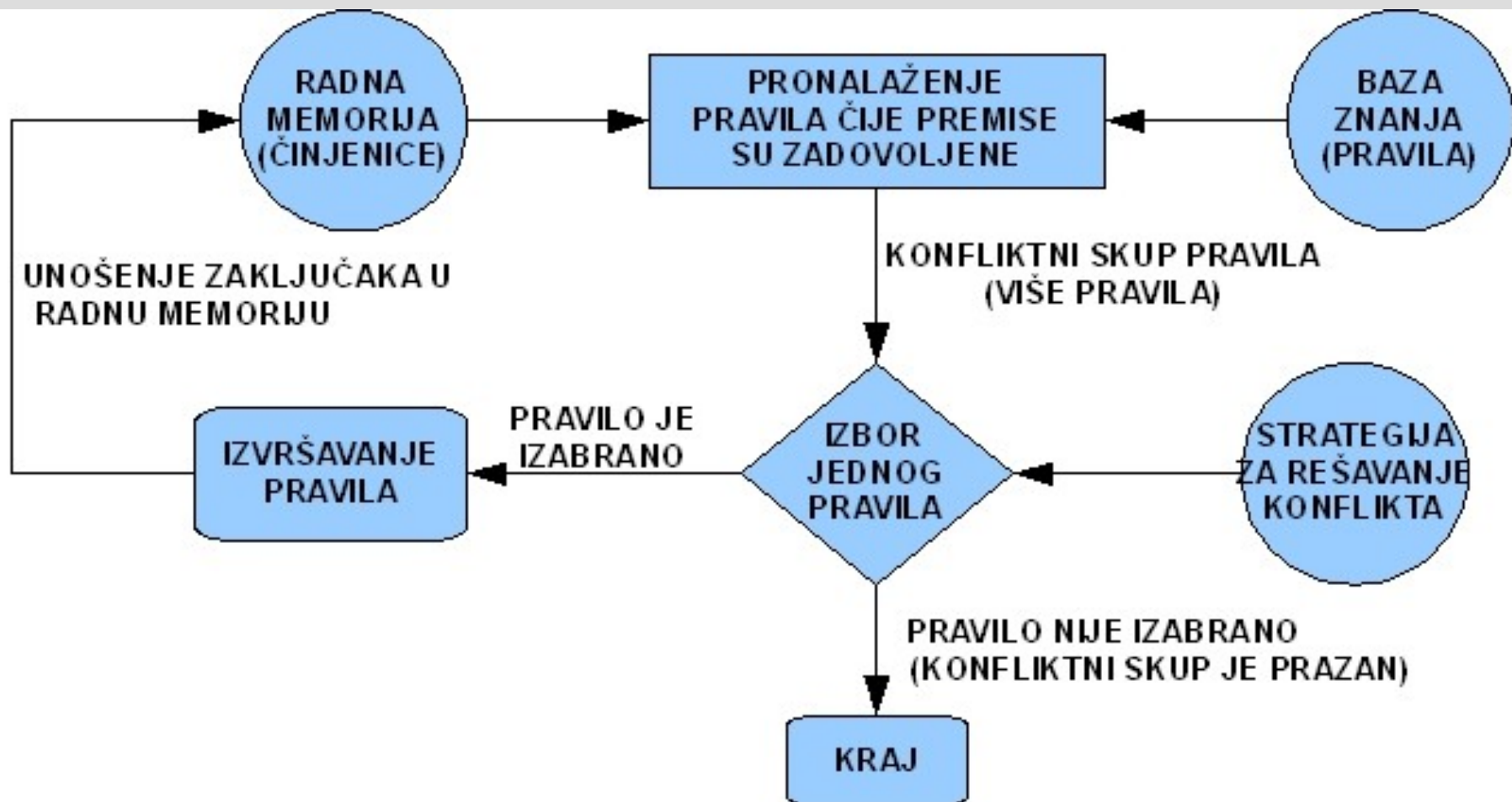
Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unapred

- Zaključivanje “vođeno podacima” (data-driven)
- Na osnovu ulaznih podataka se pokušava zaključiti što više o problemu
- Poznat i kao “prepoznavaj-razreši-izvrši” ciklus (recognize-resolve-act)

Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unapred - algoritam



Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unapred – algoritam

Korak 1 – Pronaći sva pravila čije premise su zadovoljene (ova pravila čine konfliktni skup).

Korak 2 – Iz konfliktnog skupa izabrati samo jedno pravilo (korišćenjem strategije za rešavanje konflikta). Ako je konfliktni skup prazan, to je kraj.

Korak 3 – Izvršiti izabrano pravilo (uneti zaključke tog pravila kao činjenice u radnu memoriju) i ići na korak 1.

Mehanizam za zaključivanje

- Ulančavanje unapred – strategije za rešavanje konflikta
 - izbor prvog pravila
 - izbor pravila sa najvišim prioritetom
 - izbor najspecifičnijeg pravila (sa najsloženijom premisom)
 - izbor pravila koje se odnosi na najskorije dodate činjenice
 - svako pravilo može samo jednom da se izvrši
- Najčešće se koristi više strategija odjednom

Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unapred – primer

– neka baza znanja sadrži sledeća pravila:

IF Auto neće da “upali” AND Napon na akumulatoru $< 12V$

THEN Akumulator je prazan

IF Akumulator je prazan

THEN Napuni akumulator

IF Auto neće da “upali” AND Napon na akumulatoru $= 12V$

THEN Anlaser je neispravan

IF Anlaser je neispravan

THEN Zameni anlaser

Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unapred – primer

– radna memorija sadrži sledeće početne činjenice:

Auto neće da “upali”

Napon na akumulatoru = 11V

Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unapred - primer (početak)

RADNA MEMORIJA

- 1) Auto neće da "upali"
- 2) Napon na akumulatoru = 11V

MEHANIZAM ZA ZAKLJUČIVANJE

Konfliktni skup pravila

Izvrši pravilo

BAZA ZNANJA

PRAVILO 1

IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru $\leq 12V$
THEN
Akumulator je prazan

PRAVILO 2

IF
Akumulator je prazan
THEN
Napuni akumulator

PRAVILO 3

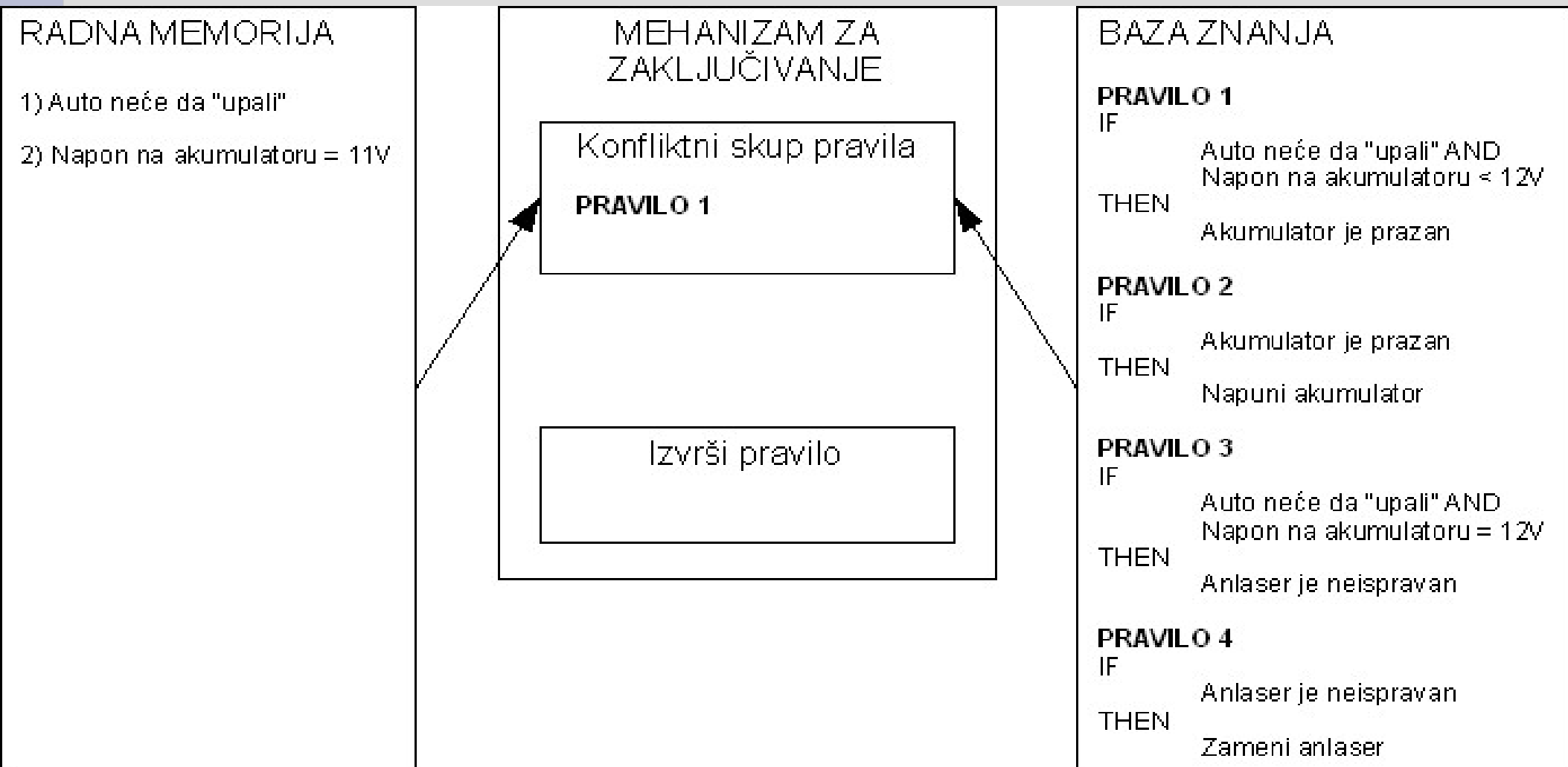
IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru = 12V
THEN
Anlaser je neispravan

PRAVILO 4

IF
Anlaser je neispravan
THEN
Zameni anlaser

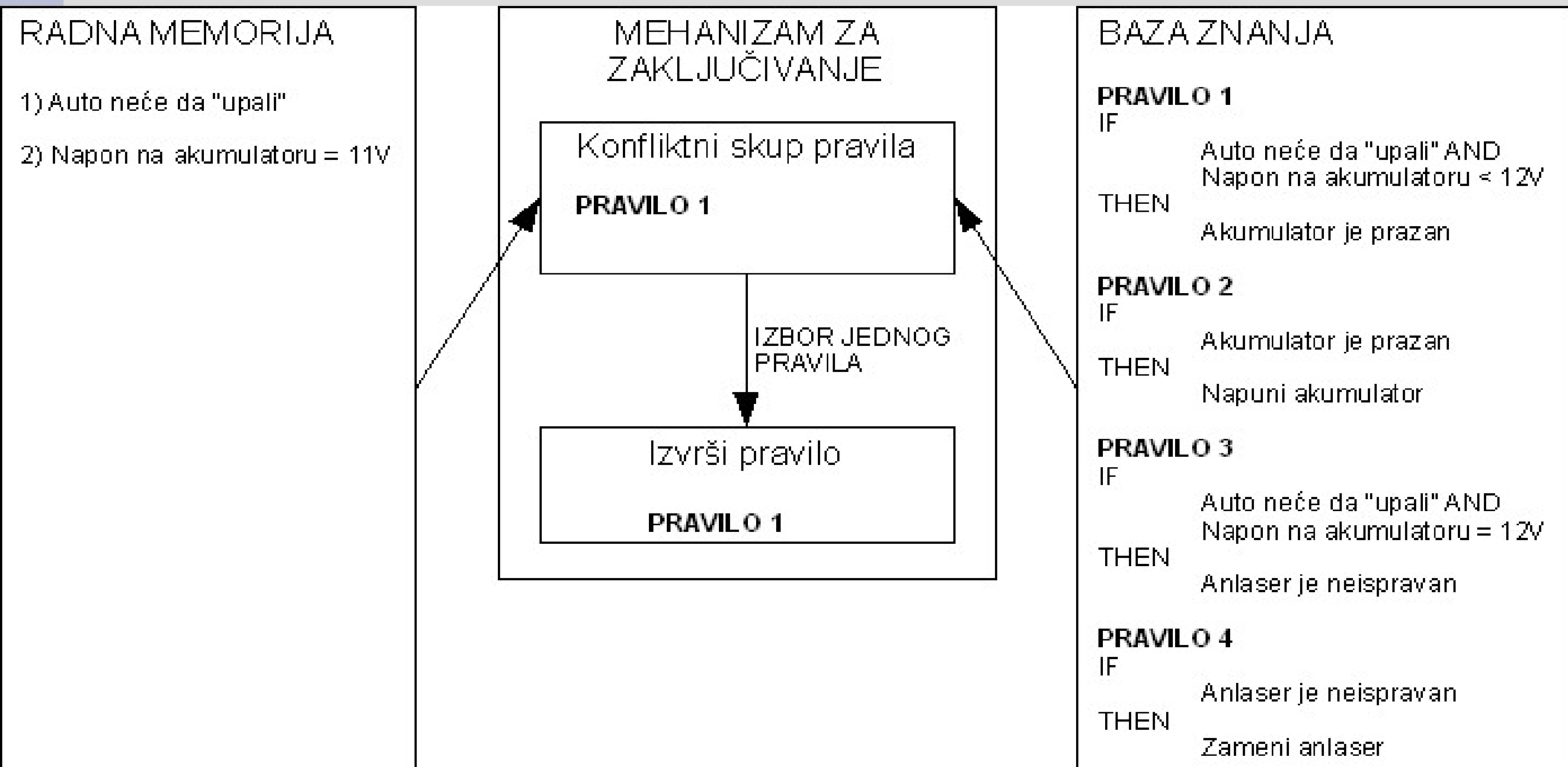
Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unapred – primer (ciklus 1 korak 1)



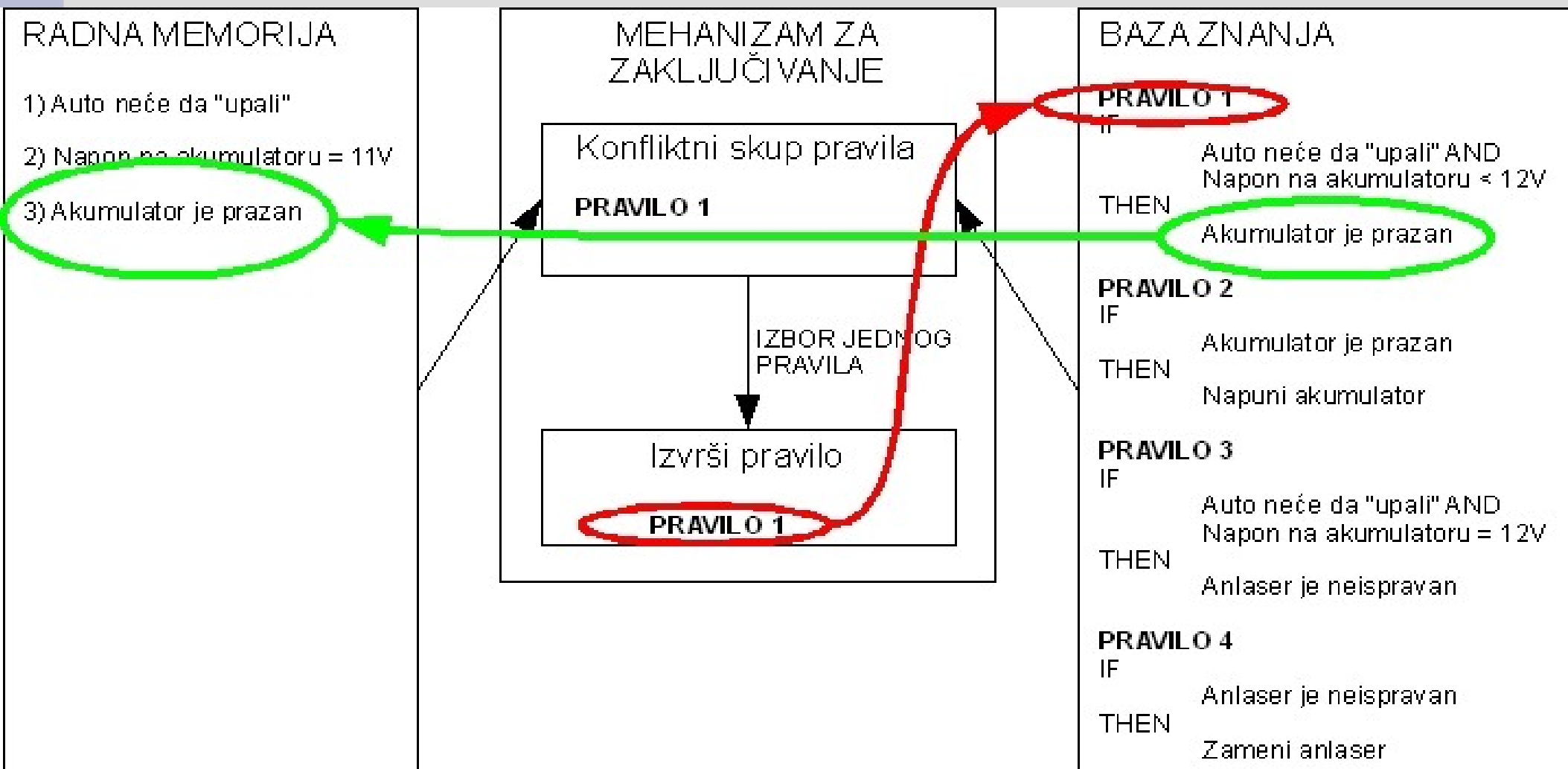
Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unapred – primer (ciklus 1 korak 2)



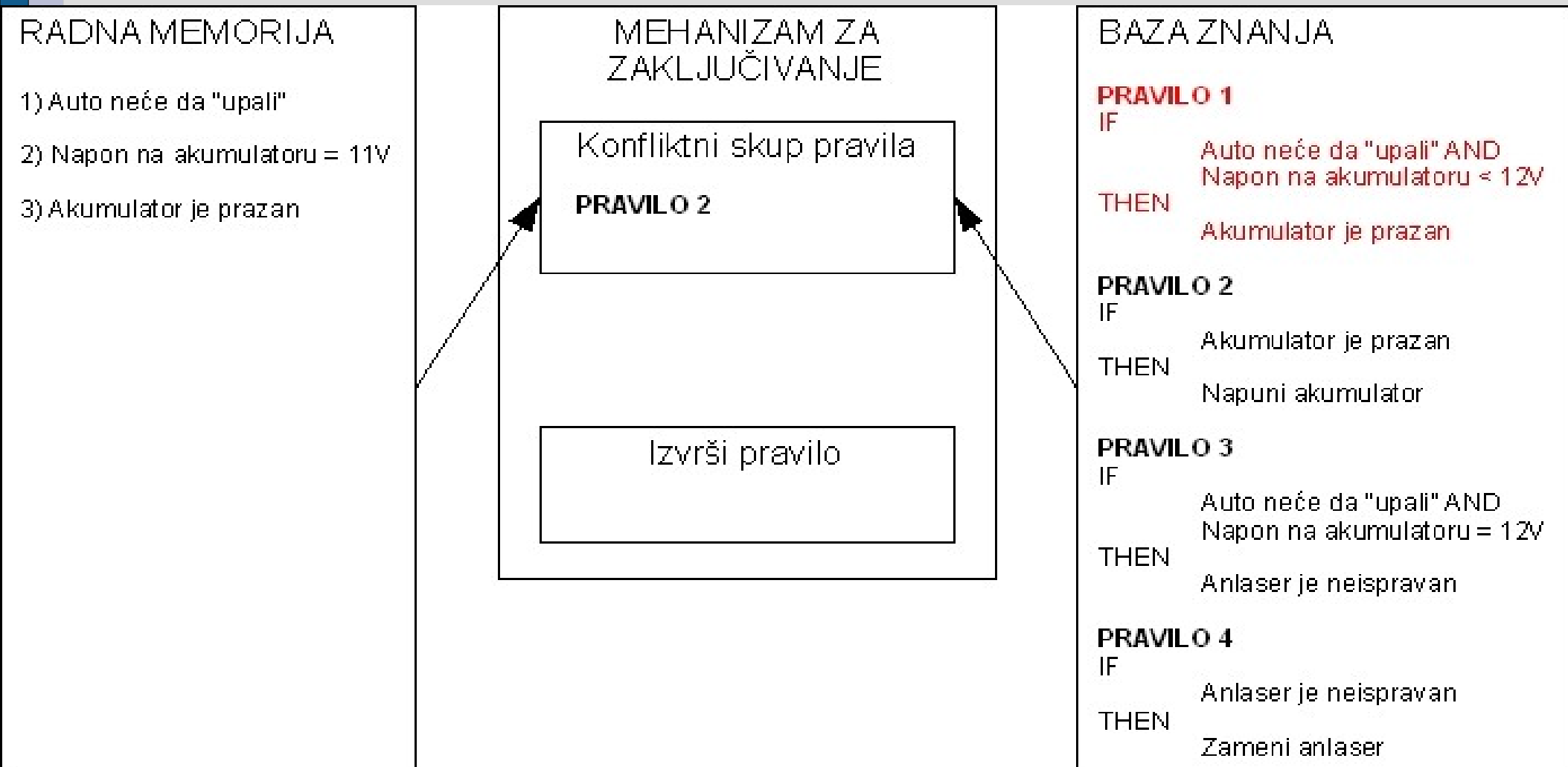
Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unapred – primer (ciklus 1 korak 3)



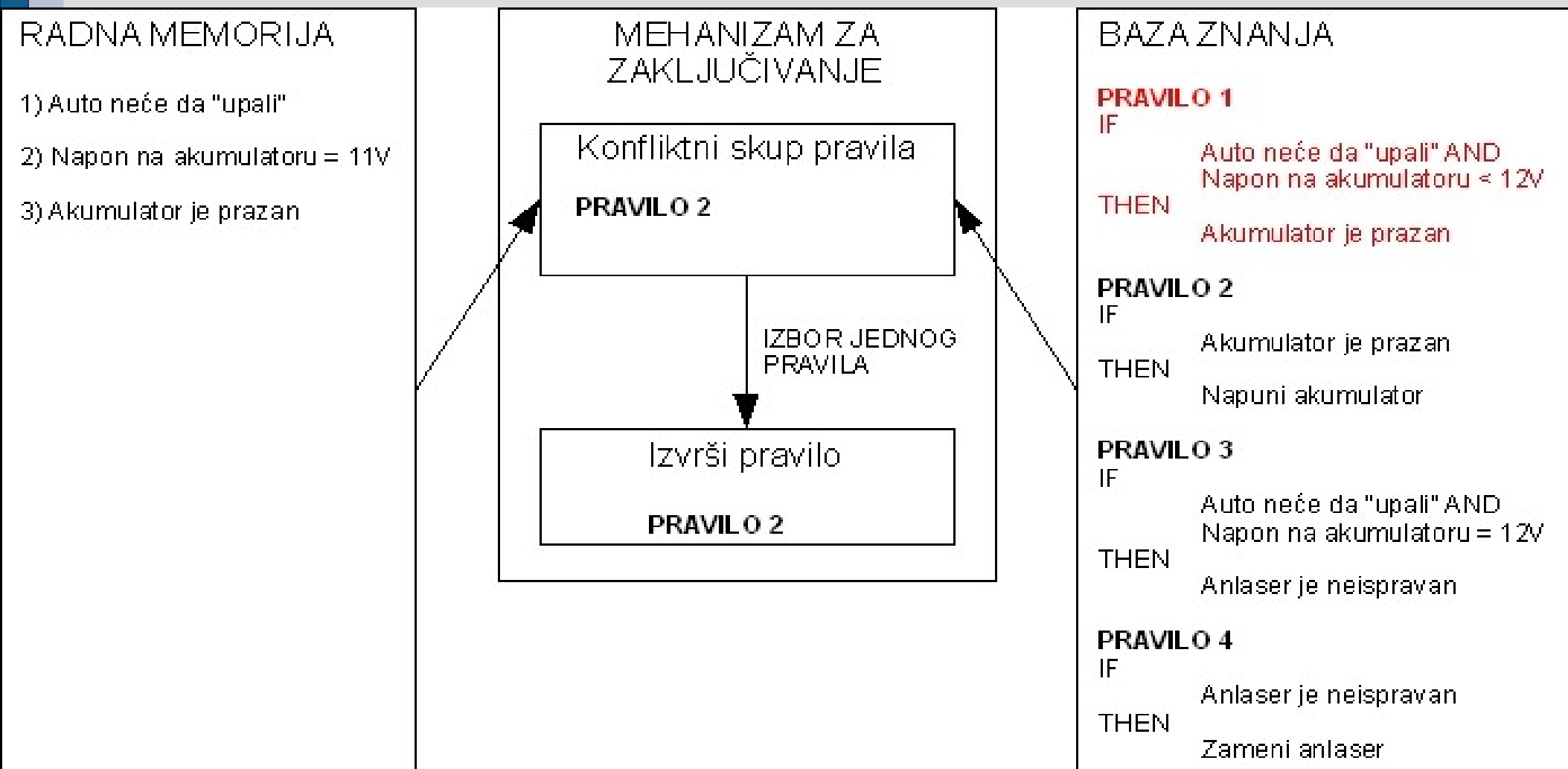
Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unapred – primer (ciklus 2 korak 1)



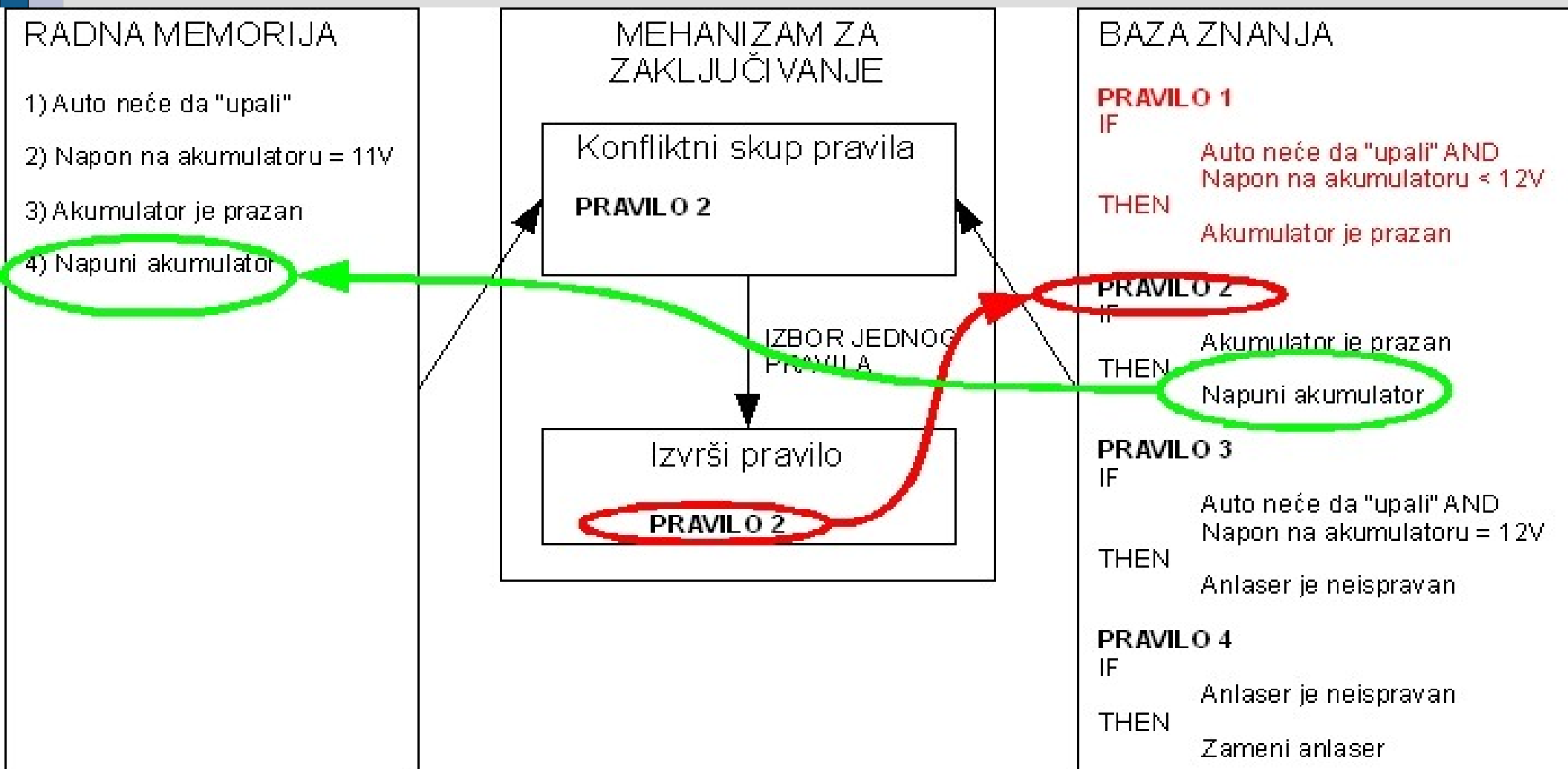
Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unapred – primer (ciklus 2 korak 2)



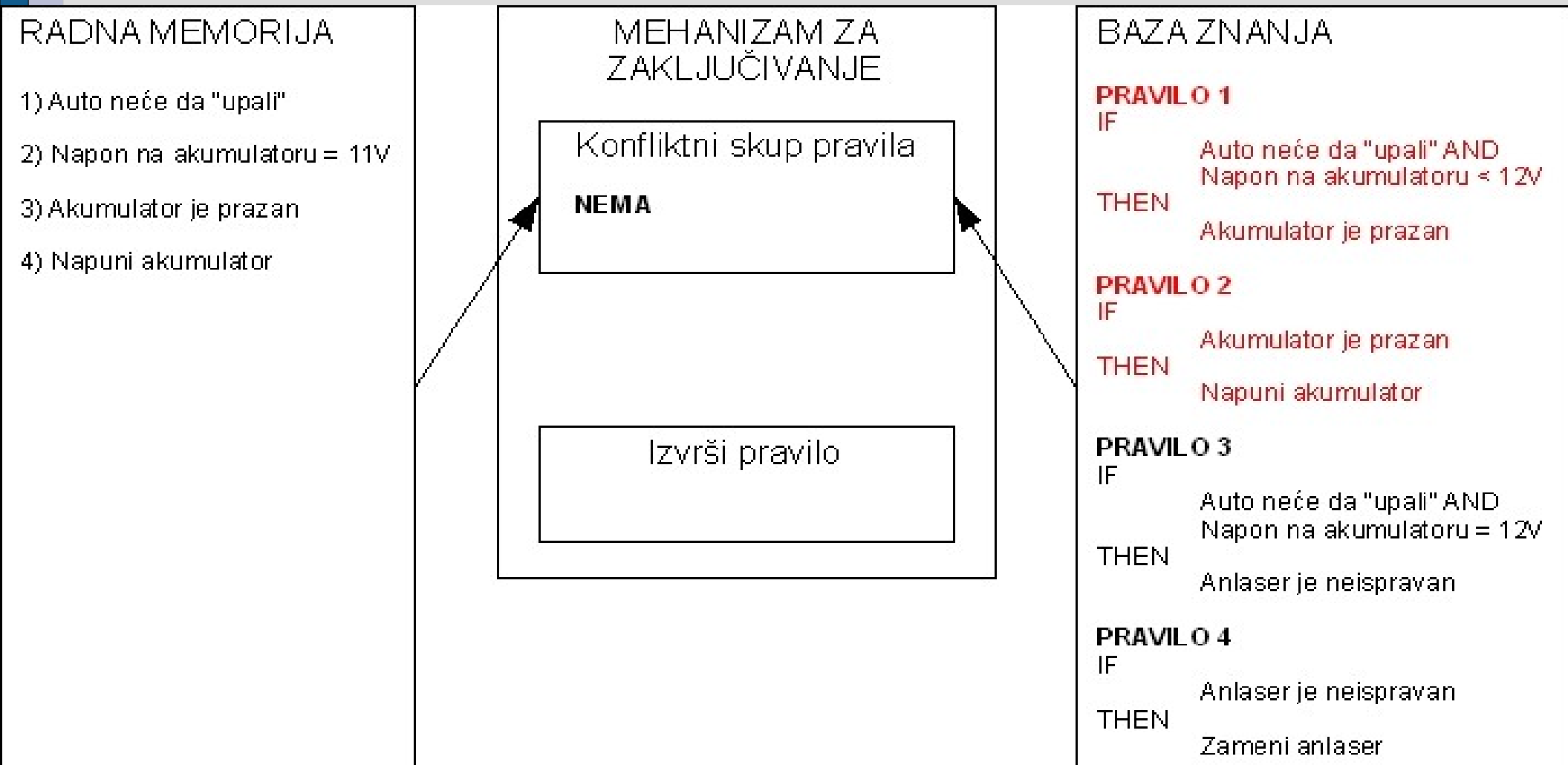
Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unapred – primer (ciklus 2 korak 3)



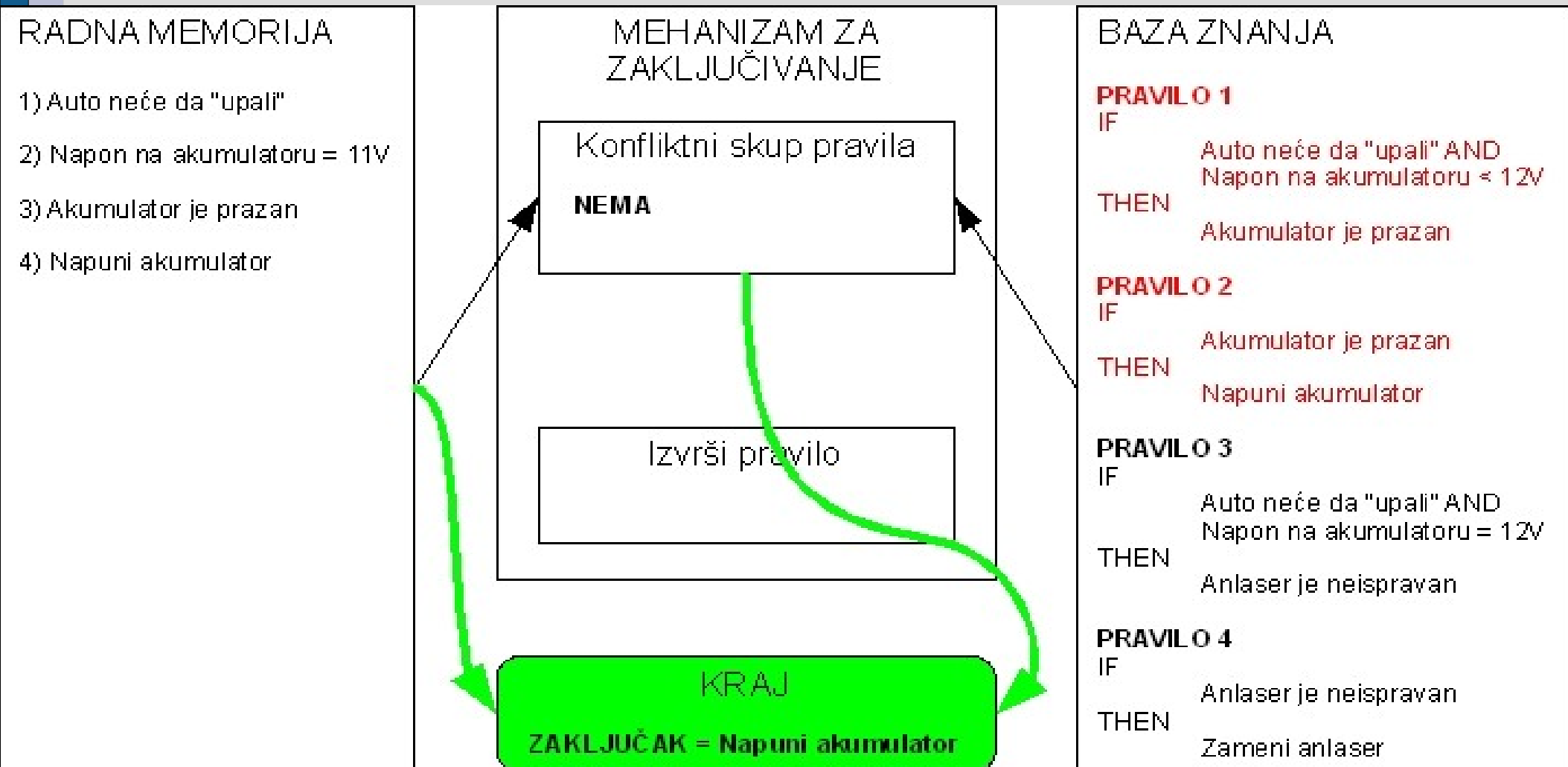
Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unapred – primer (ciklus 3 korak 1)



Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unapred – primer (kraj)



Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unazad

- Agenda ciljeva – hijerarhijska struktura ciljeva koje je potrebno dokazati da bi se dokazao osnovni cilj
- Ne posmatraju se svi podaci već samo oni koji mogu da pomognu dokazivanju cilja

Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unazad - primer

- Isti skup pravila i ulaznih činjenica kao u prethodnom primeru
- Osnovni cilj koji je potrebno dokazati:

“Napuni akumulator”

Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unazad – primer (početak)

RADNA MEMORIJA

- 1) Auto neće da "upali"
- 2) Napon na akumulatoru = 11V

MEHANIZAM ZA ZAKLJUČIVANJE

Agenda ciljeva

- Napuni akumulator

BAZA ZNANJA

PRAVILO 1

IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru $\leq$ 12V
THEN
Akumulator je prazan

PRAVILO 2

IF
Akumulator je prazan
THEN
Napuni akumulator

PRAVILO 3

IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru = 12V
THEN
Anlaser je neispravan

PRAVILO 4

IF
Anlaser je neispravan
THEN
Zameni anlaser

Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unazad – primer (ciklus 1 korak 1)

RADNA MEMORIJA

- 1) Auto neće da "upali"
- 2) Napon na akumulatoru = 11V

MEHANIZAM ZA ZAKLJUČIVANJE

Agenda ciljeva

- Napuni akumulator (*nedokazan*)

BAZA ZNANJA

PRAVILO 1

IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru $\leq 12V$
THEN
Akumulator je prazan

PRAVILO 2

IF
Akumulator je prazan
THEN
Napuni akumulator

PRAVILO 3

IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru = 12V
THEN
Anlaser je neispravan

PRAVILO 4

IF
Anlaser je neispravan
THEN
Zameni anlaser

Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unazad – primer (ciklus 1 korak 2)

RADNA MEMORIJA

- 1) Auto neće da "upali"
- 2) Napon na akumulatoru = 11V

MEHANIZAM ZA ZAKLJUČIVANJE

Agenda ciljeva

- Napuni akumulator (*nedokazan*)
- Akumulator je prazan

BAZA ZNANJA

PRAVILO 1

IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru $\leq 12V$
THEN
Akumulator je prazan

PRAVILO 2

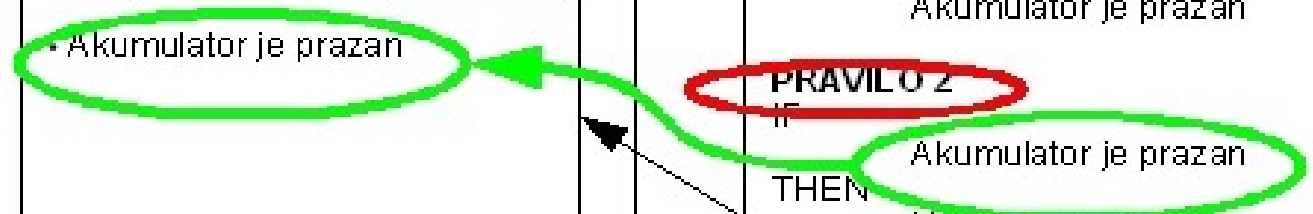
IF
Akumulator je prazan
THEN
Napuni akumulator

PRAVILO 3

IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru = 12V
THEN
Anlaser je neispravan

PRAVILO 4

IF
Anlaser je neispravan
THEN
Zameni anlaser



Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unazad – primer (ciklus 2 korak 1)

RADNA MEMORIJA

- 1) Auto neće da "upali"
- 2) Napon na akumulatoru = 11V

MEHANIZAM ZA ZAKLJUČIVANJE

Agenda ciljeva

- Napuni akumulator (*nedokazan*)
- Akumulator je prazan (*nedokazan*)

BAZA ZNANJA

PRAVILO 1

IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru $\leq 12V$
THEN
Akumulator je prazan

PRAVILO 2

IF
Akumulator je prazan
THEN
Napuni akumulator

PRAVILO 3

IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru = 12V
THEN
Anlaser je neispravan

PRAVILO 4

IF
Anlaser je neispravan
THEN
Zameni anlaser

Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unazad – primer (ciklus 2 korak 2)

RADNA MEMORIJA

- 1) Auto neće da "upali"
- 2) Napon na akumulatoru = 11V

MEHANIZAM ZA ZAKLJUČIVANJE

Agenda ciljeva

- Napuni akumulator (nedokazan)
- Akumulator je prazan (nedokazan)
- Auto neće da upali
- Napon na akumulatoru $< 12V$

BAZA ZNANJA

PRAVILO 1

IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru $< 12V$
THEN
Akumulator je prazan

PRAVILO 2

IF
Akumulator je prazan
THEN
Napuni akumulator

PRAVILO 3

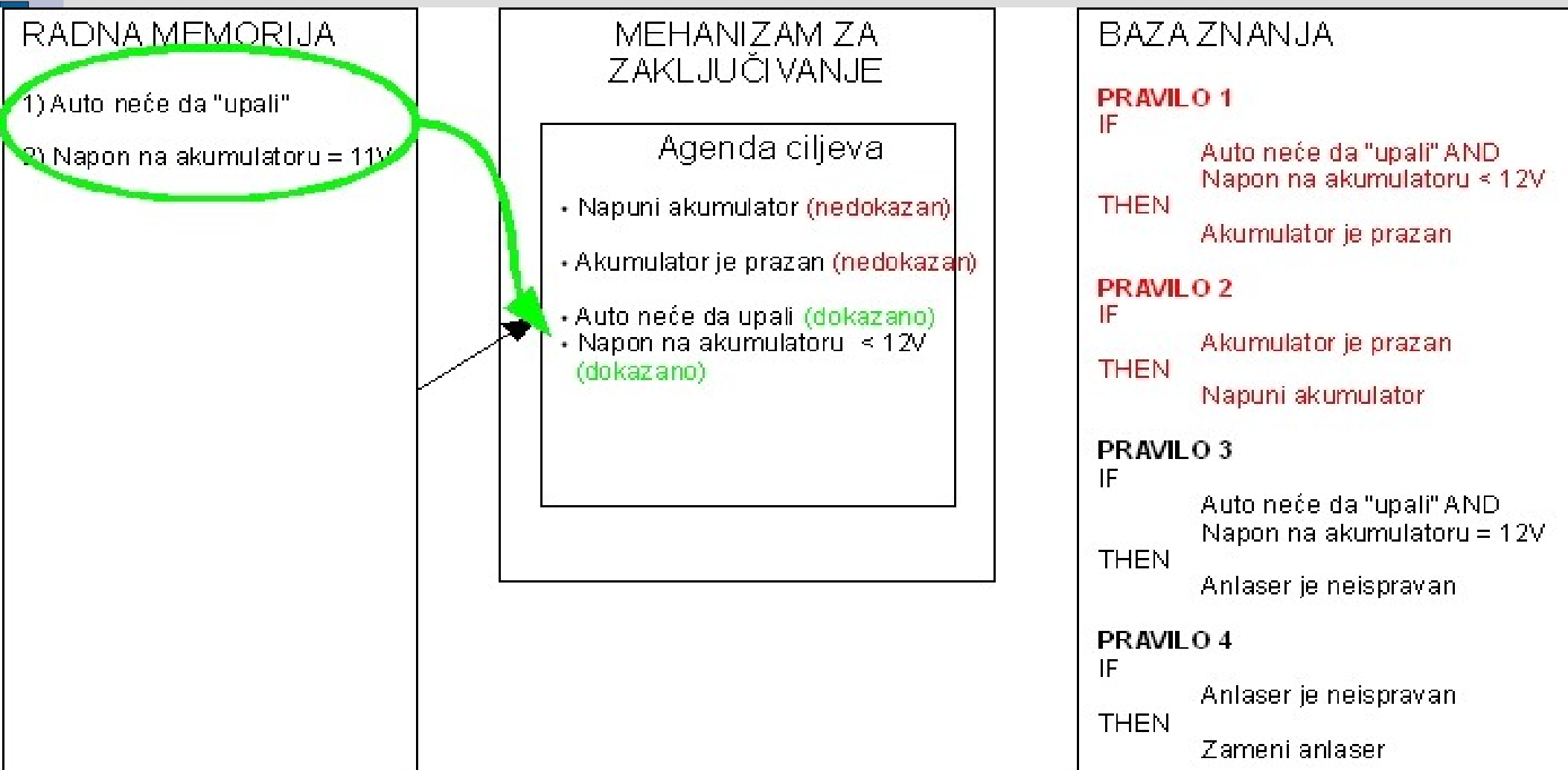
IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru = 12V
THEN
Anlaser je неисправan

PRAVILO 4

IF
Anlaser je неисправan
THEN
Zameni anlaser

Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unazad – primer (ciklus 3 korak 1)



Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unazad – primer (ciklus 3 korak 1A)

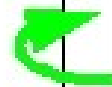
RADNA MEMORIJA

- 1) Auto neće da "upali"
- 2) Napon na akumulatoru = 11V

MEHANIZAM ZA ZAKLJUČIVANJE

Agenda ciljeva

- Napuni akumulator (nedokazan)
- Akumulator je prazan (dokazano)
- Auto neće da upali (dokazano)
- Napon na akumulatoru $\leq 12V$ (dokazano)



BAZA ZNANJA

PRAVILO 1

IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru $\leq 12V$
THEN
Akumulator je prazan

PRAVILO 2

IF
Akumulator je prazan
THEN
Napuni akumulator

PRAVILO 3

IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru = 12V
THEN
Anlaser je neispravan

PRAVILO 4

IF
Anlaser je neispravan
THEN
Zameni anlaser

Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unazad – primer (ciklus 3 korak 1B)

RADNA MEMORIJA

- 1) Auto neće da "upali"
- 2) Napon na akumulatoru = 11V

MEHANIZAM ZA ZAKLJUČIVANJE

Agenda ciljeva

- Napuni akumulator (dokazano)
- Akumulator je prazan (dokazano)
- Auto neće da upali (dokazano)
- Napon na akumulatoru $< 12V$ (dokazano)

BAZA ZNANJA

PRAVILO 1

IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru $< 12V$
THEN
Akumulator je prazan

PRAVILO 2

IF
Akumulator je prazan
THEN
Napuni akumulator

PRAVILO 3

IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru = 12V
THEN
Anlaser je neispravan

PRAVILO 4

IF
Anlaser je neispravan
THEN
Zameni anlaser

Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unazad – primer (kraj)

RADNA MEMORIJA

- 1) Auto neće da "upali"
- 2) Napon na akumulatoru = 11V

MEHANIZAM ZA ZAKLJUČIVANJE

Agenda ciljeva

- Napuni akumulator (dokazano)
- Akumulator je prazan (dokazano)
- Auto neće da upali (dokazano)
- Napon na akumulatoru $\leq 12V$ (dokazano)

KRAJ

Napuni akumulator – TAČNO

BAZA ZNANJA

PRAVILO 1

IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru $\leq 12V$
THEN
Akumulator je prazan

PRAVILO 2

IF
Akumulator je prazan
THEN
Napuni akumulator

PRAVILO 3

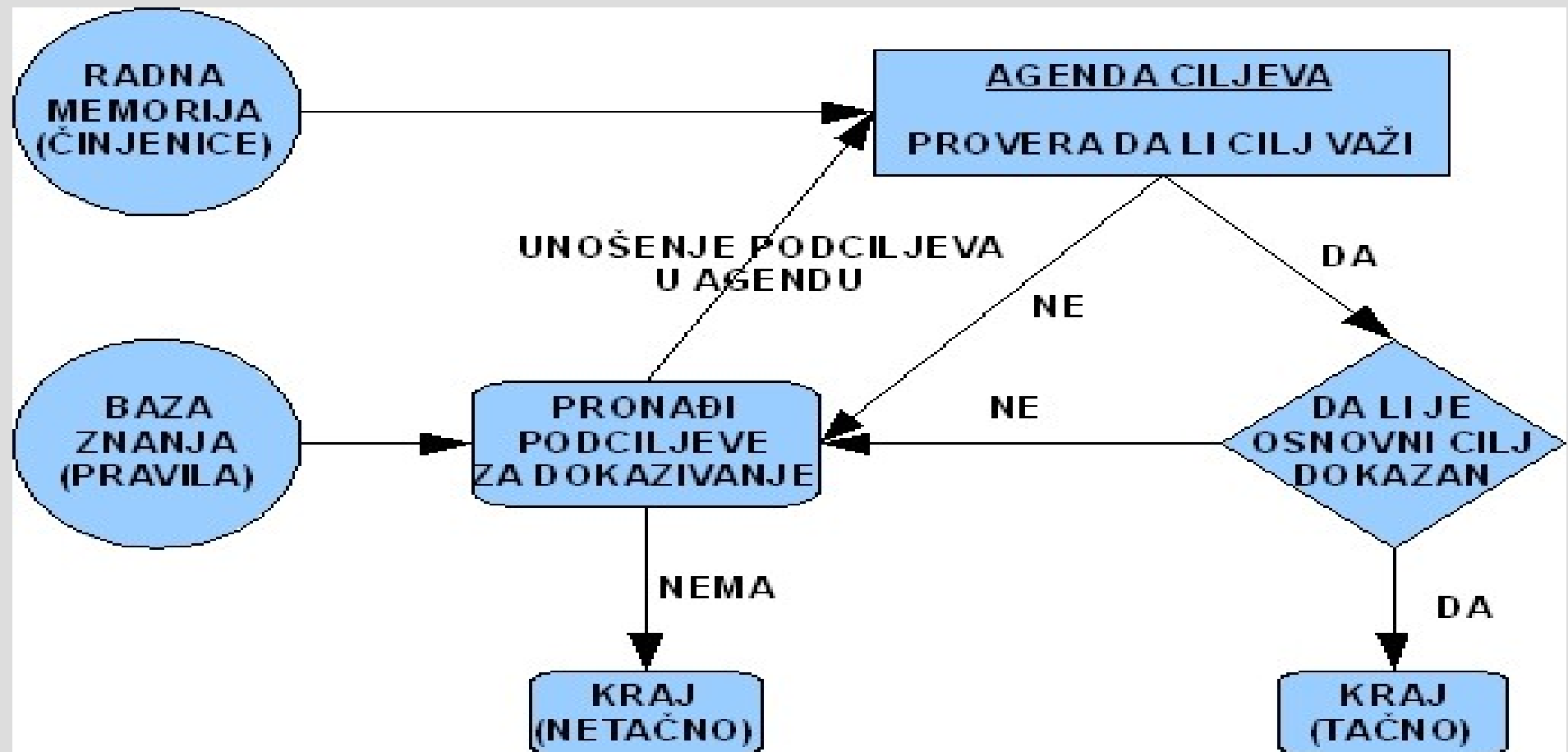
IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru = 12V
THEN
Anlaser je neispravan

PRAVILO 4

IF
Anlaser je neispravan
THEN
Zameni anlaser

Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unazad - algoritam



Mehanizam za objašnjavanje

- Formira tri vrste objašnjenja o zaključivanju ES
 - ZAŠTO** – objašnjenje o tome zašto ES postavlja određeno pitanje
 - KAKO** – objašnjenje o tome kako je ES stigao do rešenja
 - STRATEGIJA** – koju je strategiju izabrao ES da bi stigao do rešenja (meta-pravila, heuristike)

Mehanizam za objašnjavanje

- Dve vrste korisnika objašnjenja ES:
 - Oni koji prave ES (programeri, inženjeri znanja)
 - Oni koji samo koriste ES (krajnji korisnici, eksperti)
- Prvi koriste objašnjenje da bi testirali ili debug-ovali ES
- Drugi koriste objašnjenje da bi se uverili u istinitost zaključaka i stekli uvid u proces zaključivanja

Mehanizam za objašnjavanje

- Objašnjenje mora da bude prilagođeno korisniku
 - iskustvu
 - nivou znanja
 - rečniku
- Tehnike za formiranje objašnjenja (najčešće korišćene)
 - trag pravila
 - učeñeni tekst
 - prikaz pravila u pseudo-kodu ili na naćin razumljiv korisniku

Mehanizam za objašnjavanje

- Objašnjenja za one koji prave ES se često definišu u formi liste izvršenih pravila (trag pravila, “rule trace”):
 - Lista naziva izvršenih pravila u redosledu izvršavanja
 - Lista trenutnih činjenica koje su dovele do izvršenja svakog pravila (trenutno stanje radne memorije)
 - Primer:
Pravilo 1 → Pravilo 4 → Pravilo 2 → KRAJ

Mehanizam za objašnjavanje

- Objašnjenja za krajnje korisnike se često definišu u formi teksta predefinisane forme (učaurenog teksta, “templates”, “canned text”):
 - Unapred utvrđene rečenice koje mogu da imaju i dinamičke delove, npr. vrednosti promenljivih
 - Primer:

Ako je napon na akumulatoru $\langle X \rangle$ što je manje od optimalnih 12V, akumulator je prazan.

Mehanizam za objašnjavanje

Objašnjenje “Zašto” - primer

ES: Da li auto hoće da upali?

Korisnik: NE

ES: Koliki je napon na akumulatoru?

Korisnik: ZAŠTO?

ES: Ako auto neće da upali, a napon na akumulatoru je manji od 12V onda je akumulator prazan i to je problem.

Mehanizam za objašnjavanje

Objašnjenje "Kako" - primer (početak)

RADNA MEMORIJA

- 1) Auto neće da "upali"
- 2) Napon na akumulatoru = 11V

BAZA ZNANJA

PRAVILO 1

IF

Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru $\leq 12V$

THEN

Akumulator je prazan

OBJAŠNJENJE (KAKO?): "Auto neće da upali. Napon na akumulatoru je $\langle X \rangle$ volti što je manje od optimalnih 12V. Iz toga sledi da je akumulator prazan"

PRAVILO 2

IF

Akumulator je prazan

THEN

Napuni akumulator

OBJAŠNJENJE (KAKO?): "Sa obzirom na to da je akumulator prazan, jedino rešenje je da se akumulator napuni ili zameni"

MEHANIZAM ZA OBJAŠNJAVANJE

Objašnjenje

MEHANIZAM ZA ZAKLJUČIVANJE

Izvrši pravilo

Mehanizam za objašnjavanje

Objašnjenje "Kako" - primer (korak 1)

RADNA MEMORIJA

- 1) Auto neće da "upali"
- 2) Napon na akumulatoru = 11V
- 3) Akumulator je prazan

BAZA ZNANJA

PRAVILO 1

IF

Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru $\leq 12V$

THEN

Akumulator je prazan

OBJAŠNJENJE (KAKO?): "Auto neće da upali. Napon na akumulatoru je $<X>$ volti što je manje od optimalnih 12V. Iz toga sledi da je akumulator prazan"

PRAVILO 2

IF

Akumulator je prazan

THEN

Napuni akumulator

OBJAŠNJENJE (KAKO?): "Sa obzirom na to da je akumulator prazan, jedino rešenje je da se akumulator napuni ili zameni"

MEHANIZAM ZA OBJAŠNJAVANJE

Objašnjenje

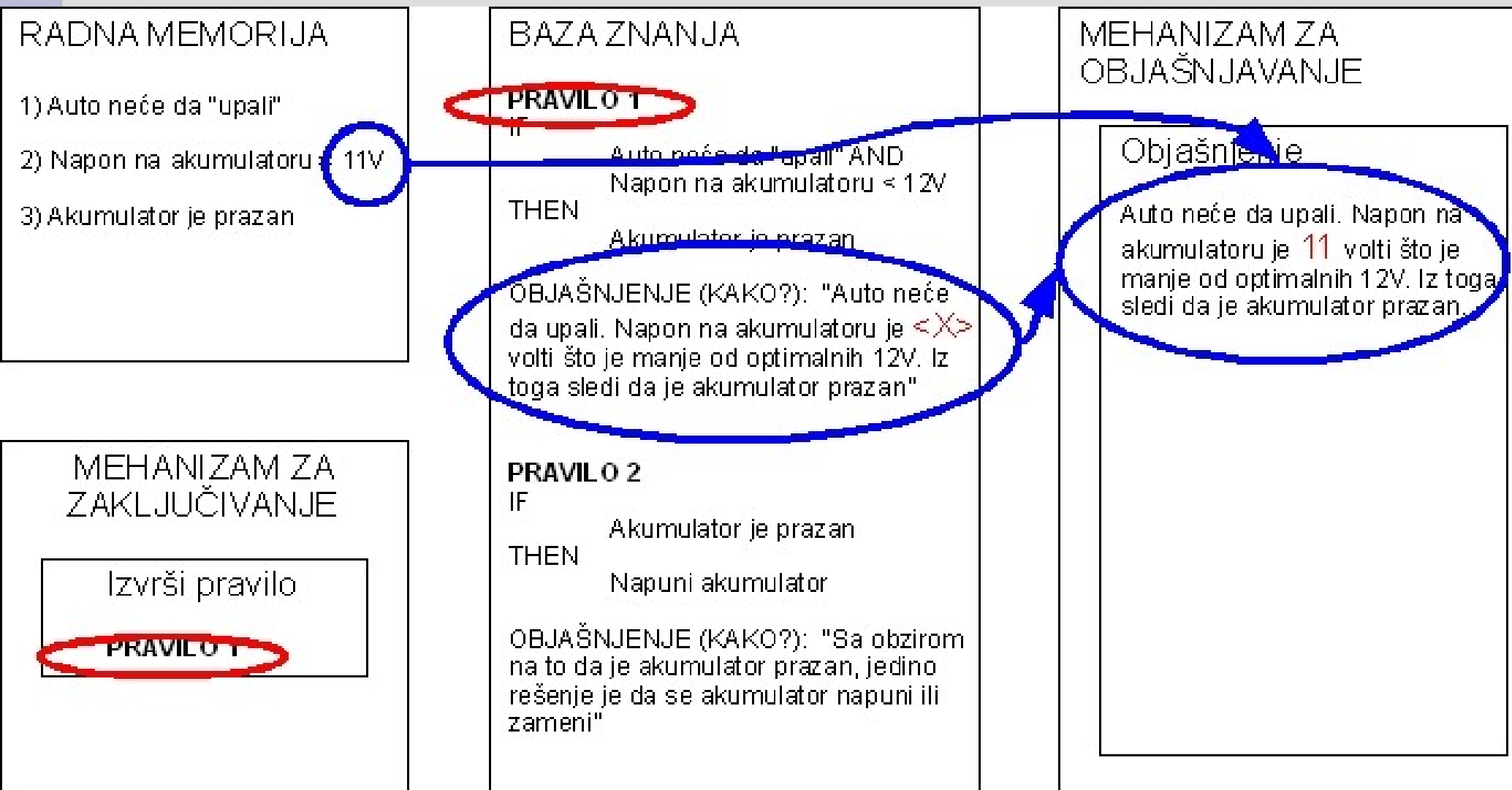
MEHANIZAM ZA ZAKLJUČIVANJE

Izvrši pravilo

PRAVILO 1

Mehanizam za objašnjavanje

Objašnjenje "Kako" - primer (korak 1A)



Mehanizam za objašnjavanje

Objašnjenje "Kako" - primer (korak 2)

RADNA MEMORIJA

- 1) Auto neće da "upali"
- 2) Napon na akumulatoru = 11V
- 3) Akumulator je prazan
- 4) Napuni akumulator

BAZA ZNANJA

PRAVILO 1

IF
Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru < 12V
THEN
Akumulator je prazan

OBJAŠNJENJE (KAKO?): "Auto neće da upali. Napon na akumulatoru je <X> volti što je manje od optimalnih 12V. Iz toga sledi da je akumulator prazan"

PRAVILO 2

IF
Akumulator je prazan
THEN
Napuni akumulator

OBJAŠNJENJE (KAKO?): "Sa obzirom na to da je akumulator prazan, jedino rešenje je da se akumulator napuni ili zameni"

MEHANIZAM ZA OBJAŠNJAVANJE

Objašnjenje

Auto neće da upali. Napon na akumulatoru je 11 volti što je manje od optimalnih 12V. Iz toga sledi da je akumulator prazan.

MEHANIZAM ZA ZAKLJUČIVANJE

Izvrši pravilo

PRAVILO 2

Mehanizam za objašnjavanje

Objašnjenje "Kako" - primer (korak 2A)

RADNA MEMORIJA

- 1) Auto neće da "upali"
- 2) Napon na akumulatoru = 11V
- 3) Akumulator je prazan
- 4) Napuni akumulator

MEHANIZAM ZA ZAKLJUČIVANJE

Izvrši pravilo

PRAVILO 2

BAZA ZNANJA

PRAVILO 1 IF

Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru $< 12V$

THEN

Akumulator je prazan

OBJAŠNJENJE (KAKO?): "Auto neće da upali. Napon na akumulatoru je $< X >$ volti što je manje od optimalnih 12V. Iz toga sledi da je akumulator prazan"

PRAVILO 2 IF

Akumulator je prazan

THEN

Napuni akumulator

OBJAŠNJENJE (KAKO?): "Sa obzirom na to da je akumulator prazan, jedino rešenje je da se akumulator napuni ili zameni"

MEHANIZAM ZA OBJAŠNJAVANJE

Objašnjenje

Auto neće da upali. Napon na akumulatoru je 11 volti što je manje od optimalnih 12V. Iz toga sledi da je akumulator prazan.

Sa obzirom na to da je akumulator prazan, jedino rešenje je da se akumulator napuni ili zameni.

Mehanizam za objašnjavanje

Objašnjenje "Kako" - primer (kraj)

RADNA MEMORIJA

- 1) Auto neće da "upali"
- 2) Napon na akumulatoru = 11V
- 3) Akumulator je prazan
- 4) Napuni akumulator

MEHANIZAM ZA ZAKLJUČIVANJE

Izvrši pravilo

BAZA ZNANJA

PRAVILO 1

IF

Auto neće da "upali" AND
Napon na akumulatoru $\leq 12V$

THEN

Akumulator je prazan

OBJAŠNJENJE (KAKO?): "Auto neće da upali. Napon na akumulatoru je $<X>$ volti što je manje od optimalnih 12V. Iz toga sledi da je akumulator prazan"

PRAVILO 2

IF

Akumulator je prazan

THEN

Napuni akumulator

OBJAŠNJENJE (KAKO?): "Sa obzirom na to da je akumulator prazan, jedino rešenje je da se akumulator napuni ili zameni"

MEHANIZAM ZA OBJAŠNJAVANJE

Objašnjenje

Auto neće da upali. Napon na akumulatoru je 11 volti što je manje od optimalnih 12V. Iz toga sledi da je akumulator prazan.

Sa obzirom na to da je akumulator prazan, jedino rešenje je da se akumulator napuni ili zameni.

Mehanizam za objašnjavanje

- Objašnjenje „STRATEGIJA“
 - Objašnjavaju se koraci (znanje, meta pravila, meta heuristike) koji su usmerili proces zaključivanja
 - Meta-pravila, zajedno sa grupama pravila omogućavaju optimizaciju procesa zaključivanja fokusiranjem na pravila koja najviše „obećavaju“.
 - Meta-pravila ne vode uvek tačnom rešenju.
- Primer meta-pravila
 - Ako auto neće ni da vergla, usmeriti rešavanje problema na probleme sa električnim sistemom auta

Predstavljanje znanja

- O-A-V trojke
 - iskazi o vrednostima pojedinih atributa objekata
 - primer: "Boja lopte je crvena"
 - objekti najčešće imaju više od jednog atributa
 - A-V parovi - specijalan slučaj O-A-V trojki

Predstavljanje znanja

- Činjenice sa više vrednosti
 - atributi O-A-V trojki mogu po prirodi imati više vrednosti
 - primer atributa sa jednom vrednošću:

Sistem: Koja je boja lopte?

Plava

Zelena

Korisnik: Plava

Predstavljanje znanja

- Činjenice sa više vrednosti
 - primer atributa sa više vrednosti:
Sistem: Koje nekretnine poseduje klijent?
Kuća
Stan
Vikendica
Korisnik: Kuća
Vikendica

Predstavljanje znanja

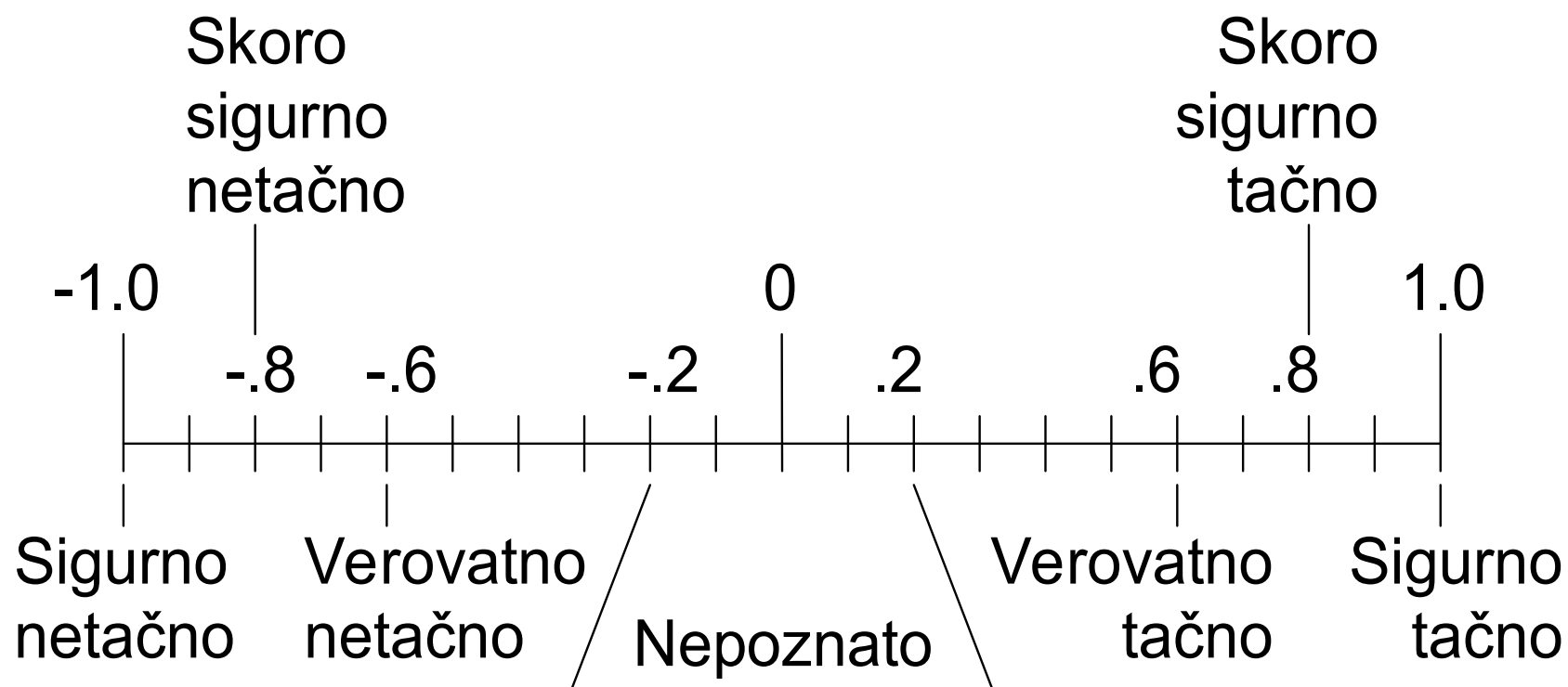
- Činjenice sa više vrednosti
 - kada korisnik izabere vrednost(i) iz ponuđene liste, sistem može:
 - da za nju (njih) unese u radnu memoriju odgovarajuće činjenice kao tačne
 - da za ostale vrednosti unese u radnu memoriju odgovarajuće činjenice kao netačne

Predstavljanje znanja

- Neizvesne činjenice
 - stepen poverenja u tačnost pojedinih činjenica
 - kolokvijalni izrazi kao "možda", "veoma", "donekle",...
 - faktor izvesnosti -
numerička vrednost stepena poverenja
 - ideja o faktorima izvesnosti
prvi put je primenjena u sistemu MYCIN

Predstavljanje znanja

- Neizvesne činjenice



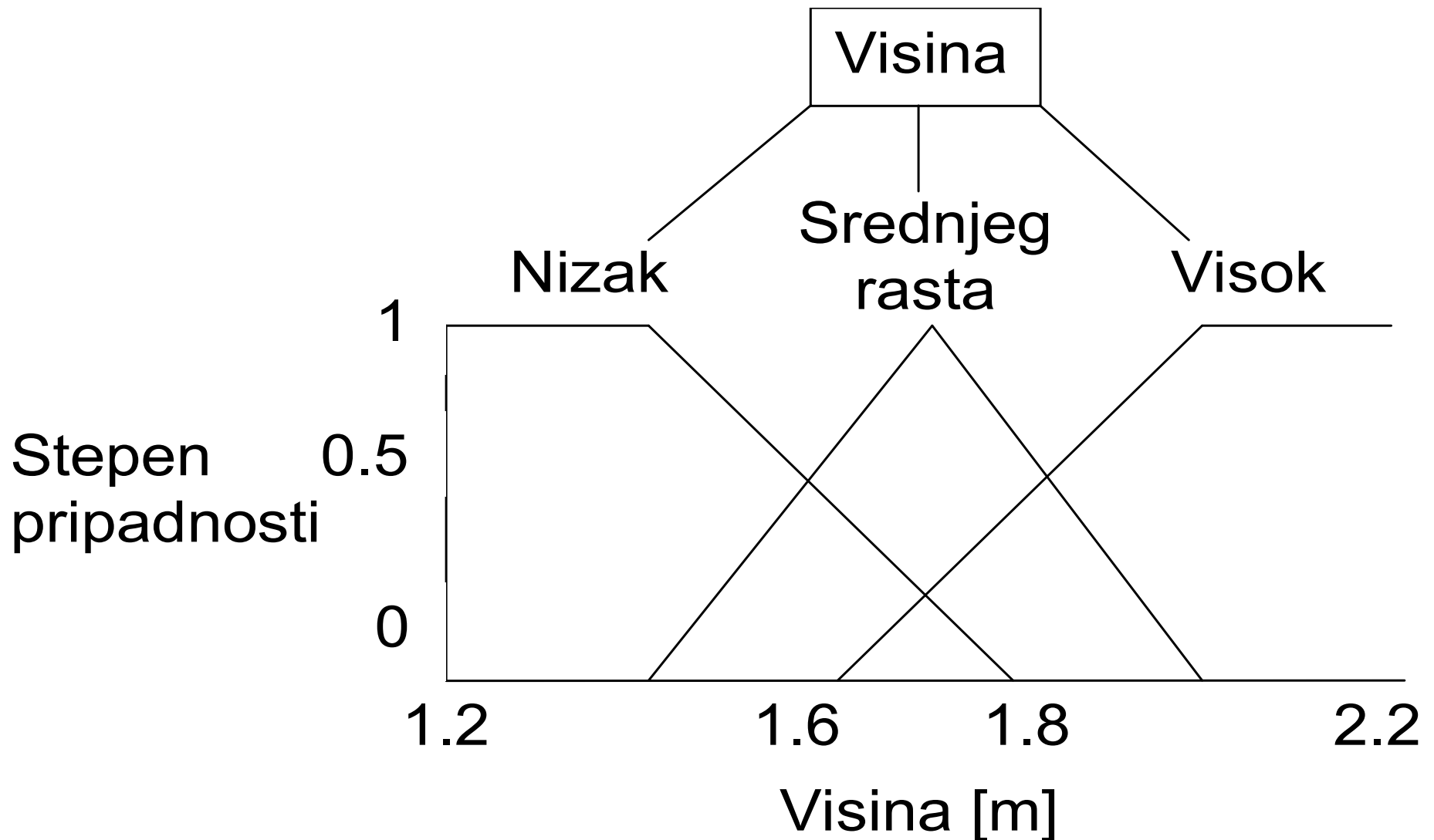
Predstavljanje znanja

- Pravila sa faktorom izvesnosti
 - IF Starost < 25 AND
 Položen-vozački-ispit = False
THEN Krivac-u-nesreći = Yes (CF = 0.2)

Predstavljanje znanja

- Fuzzy činjenice
 - pogodne za predstavljanje određenih izraza iz prirodnog jezika
 - izrazi koji u sebi nose dvosmislenost, neodređenost, nepreciznost
 - fuzzy skupovi
 - kvantitativna analogija neodređenih izraza
 - stepen pripadnosti
 - nivo poverenja da vrednost neke veličine pripada nekom fuzzy skupu

Predstavljjanje znanja



Predstavljanje znanja

- Fuzzy pravila
 - sadrže fuzzy skupove i u IF-delu i u THEN-delu
 - vrše preslikavanje fuzzy skupova iz jednih u druge
 - primer:

Ako	(IF)	Temperatura je normalna
Onda	(THEN)	Brzina je srednja

Predstavljanje znanja

- Uopštavanje pojma pravila
 - korišćenje matematičke logike
 - pozivanje funkcija iz pravila
 - pozivanje DBMS iz pravila
 - pravila za inicijalno dodavanje činjenica
 - "while TRUE do..."
 - pravila za **uklanjanje činjenica (truth maintenance)**
 - ...

Bitne karakteristike ES

- Ograničenost na rešive probleme
 - ako problem ne može da reši ekspert, najverovatnije neće moći da ga reši ni ES
 - ne treba koristiti ES za nove probleme
- Uzana oblast ekspertize
 - slabe performanse izvan te oblasti

Bitne karakteristike ES

- Neegzaktno rezonovanje
 - rezonovanje sa neizvesnim, dvosmislenim ili nedostupnim podacima
 - ekspertsko znanje je samo po sebi neegzaktno
- Heurističko rezonovanje
 - nepisana pravila (rules of thumb)
 - algoritmi vs. heuristike
- ES prave i greške

Bitne karakteristike ES

- Poređenje ES i konvencionalnih programa

<i>Konvencionalni programi</i>	<i>Ekspertni sistemi</i>
Numerički	Simbolički
Algoritamski	Heuristički
Podaci i kontrola integrisani	Znanje i kontrola odvojene
Teški za modifikacije	Laki za modifikacije
Precizne informacije	Neegzaktne informacije
Komandni interfejs	Prirodni jezik
Fiksni konačni rezultati	Preporuke

Zašto razvijati ES ?

- Poređenje eksperta i ES

<i>Faktor</i>	<i>Ekspert</i>	<i>ES</i>
Raspoloživost	Radnim danom	Uvek
Geografski	Lokalno	Bilo gde
Sigurnost	Nezamenljiv	Zamenljiv
Nestalnost	Da	Ne
Performanse	Promenljive	Konzistentne
Brzina	Promenjliva	Konzistentna (obično i veća)
Cena	Visoka	Prihvatljiva

Zašto razvijati ES

- Razlozi za razvoj ES kao zamene za eksperta
 - Potreba za ekspertizom van radnog vremena i na drugom mestu
 - Potreba za ekspertizom u nepristupačnom okruženju
 - Automatizacija rutinskih poslova koji zahtevaju eksperta
 - Ekspert odlazi u penziju ili napušta kompaniju
 - Ekspert je skup

Zašto razvijati ES

- Razlozi za razvoj ES kao pomoći za eksperta
 - Povećanje produktivnosti eksperta u rutinskim poslovima
 - Olakšavanje rada eksperta u rešavanju složenih zadataka
 - Omogućavanje ekspertu da se lakše priseti nekih stvari

Primene ES

- ES su veoma dobro izučena oblast
- Nova naučna dostignuća su najčešće novi vidovi primene ES (i tehnologija ES)
- Pojam “ekspertnog sistema” se skoro uopšte više ne koristi, ali su tehnologije ES široko rasprostranjene pod drugim imenom.
 - BRE (Business Rule Engine)
 - BRMS (Business Rule Management System)
 - RBS (Rule-Based System)
 - Negde i Recommender System

Primene ES

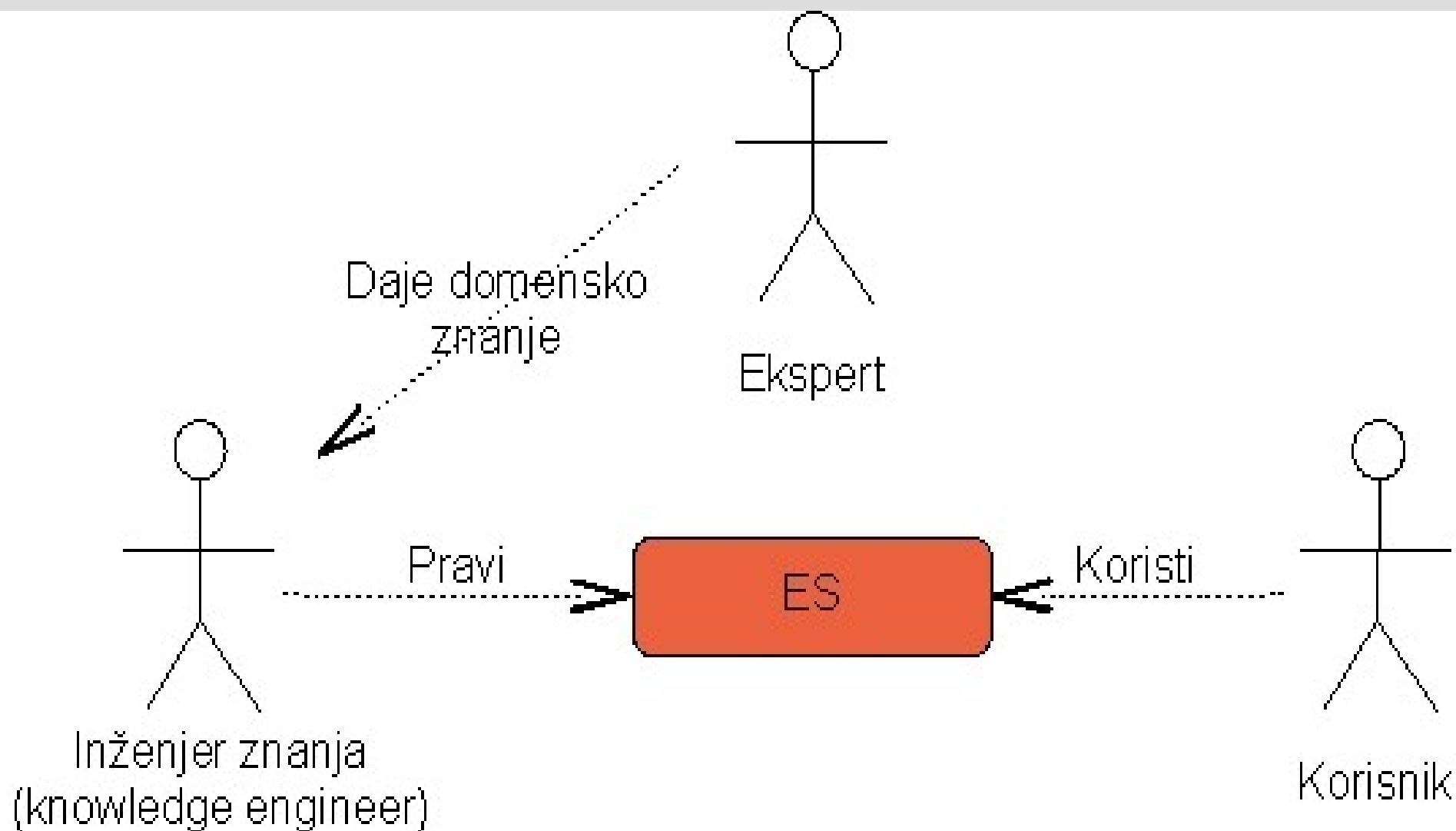
- Oblasti gde se tehnologija ES koristi „ispod haube“
 - Auto industrija (dijagnoza kvara na vozilima)
 - Praćenje i nadzor vozila, objekata
 - Računarske mreže i zaštita
 - Baze podataka
 - Poslovna pravila (“Business Rules”)
 - Programiranje u okviru ograničenja („Constraint based programming“)

Online demo primeri

- Demo primeri sa Exsys sajta:

<http://www.exsys.com/demomain.html>

Ključne uloge u razvoju ES



Ključne uloge u razvoju ES

- Ekspert
 - “Pozajmljuje” tj. daje svoje znanje
 - Pomaže pri proveru (testiranju) znanja
 - Problemi ako je:
 - Nedostupan
 - Nekomunikativan
 - Sklon tome da ističe očigledno
 - Zaboravan – ne može da se seti svega

Ključne uloge u razvoju ES

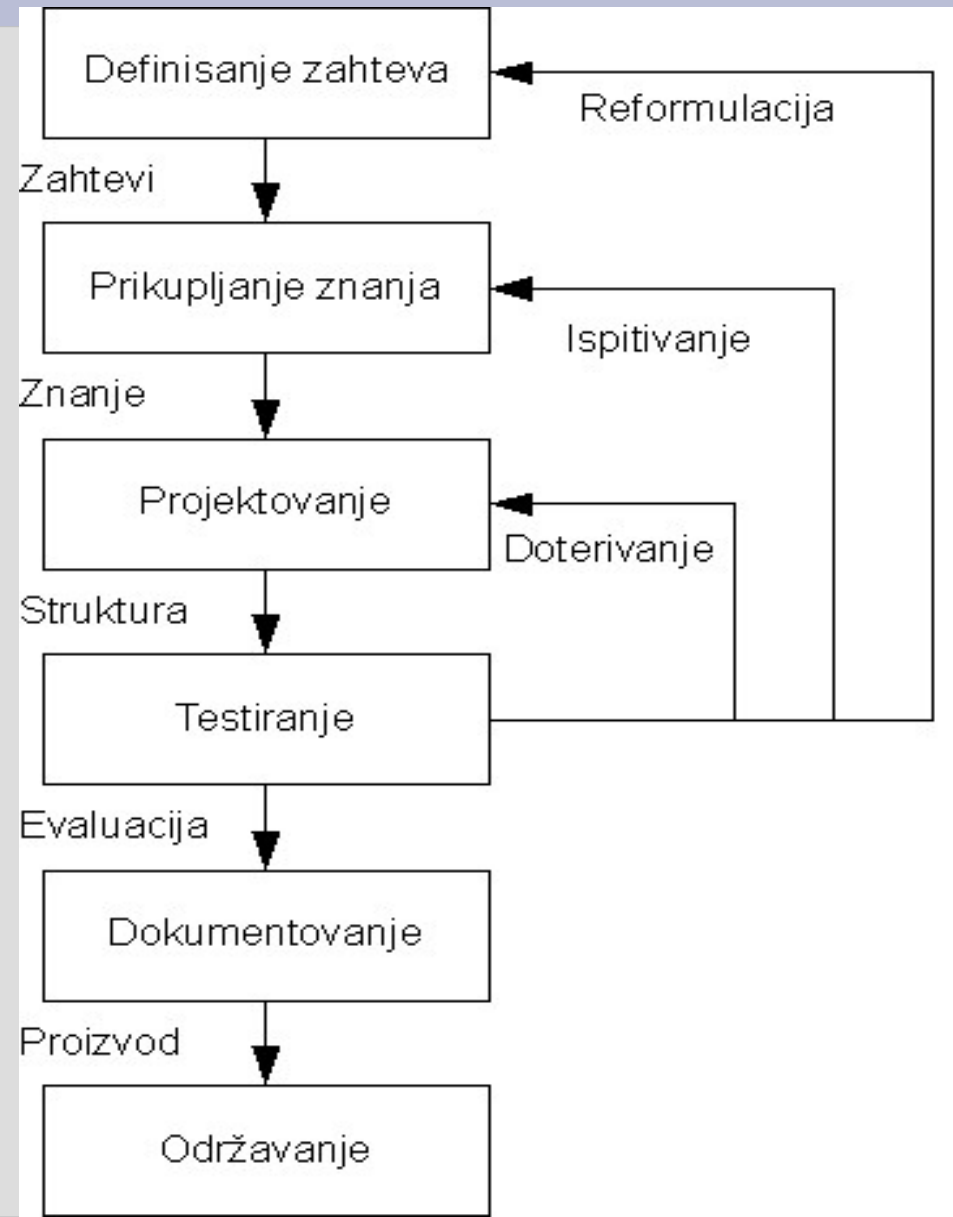
- Inženjer znanja
 - Vodi intervju sa ekspertom i iz njega “izvlači” znanje
 - Vrši izbor odgovarajućih tehnika za predstavljanje znanja
 - Vrši izbor odgovarajućih tehnika za zaključivanje
 - Vrši izbor razvojnog alata
 - Formalizuje, formuliše i “sređuje” ekspertovo znanje
 - Testira ES

Ključne uloge u razvoju ES

- Korisnik
 - Koristi gotov ES
 - Učestvuje u formiranju zahteva
 - Može da učestvuje u testiranju i pisanju dokumentacije za ES

Proces razvoja ES

- Ekspert
 - Prikupljanje znanja (ključna faza)
 - Testiranje
- Inženjer znanja
 - Sve faze
- Korisnik
 - Definisanje zahteva
 - Testiranje
 - Dokumentovanje



ES shell

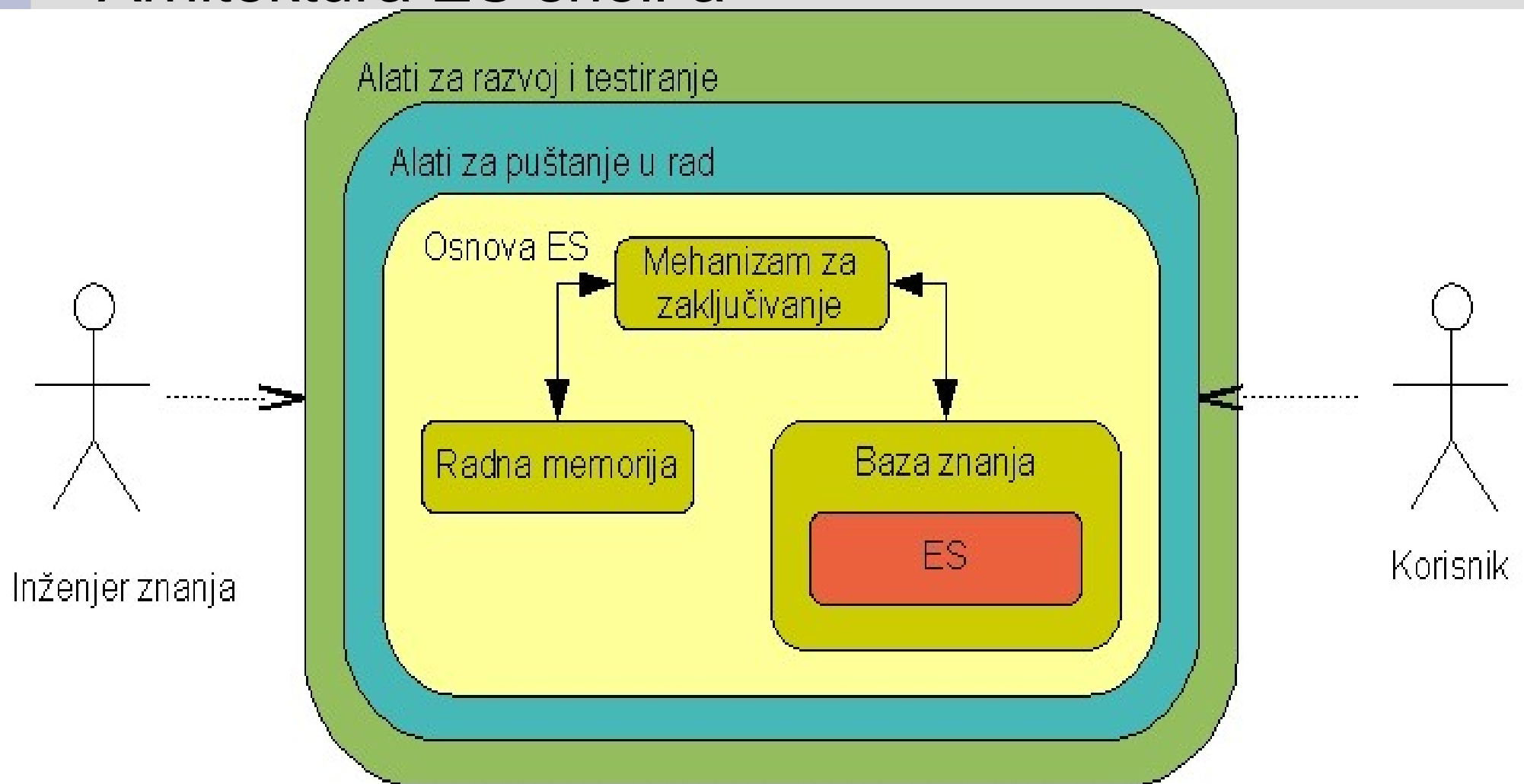
- ES se ne razvija programiranjem u nekom programskom jeziku
- ES se razvija korišćenjem odgovarajućih softverskih alata (shell):
 - “Programsko okruženje koje sadrži sve potrebne alate za razvoj, puštanje u rad i testiranje ES”
- Razlozi:
 - Brži razvoj i testiranje
 - Lakše održavanje
 - Uzrok: ne moraju da se svaki put programiraju svi ključni delovi ES

ES shell

- Svaki ES shell se sastoji iz dve grupe alata:
 - Alati za razvoj i testiranje
 - Alati za puštanje ES u rad
- Alati za razvoj i testiranje
 - Sadrže u sebi i alate za puštanje u rad
 - Koristi ih inženjer znanja
- Alati za puštanje u rad
 - Sadrže već gotove osnovne komponente ES (bazu znanja, mehanizam za zaključivanje i radnu memoriju)
 - Koristi ih krajnji korisnik kada pušta ES u rad

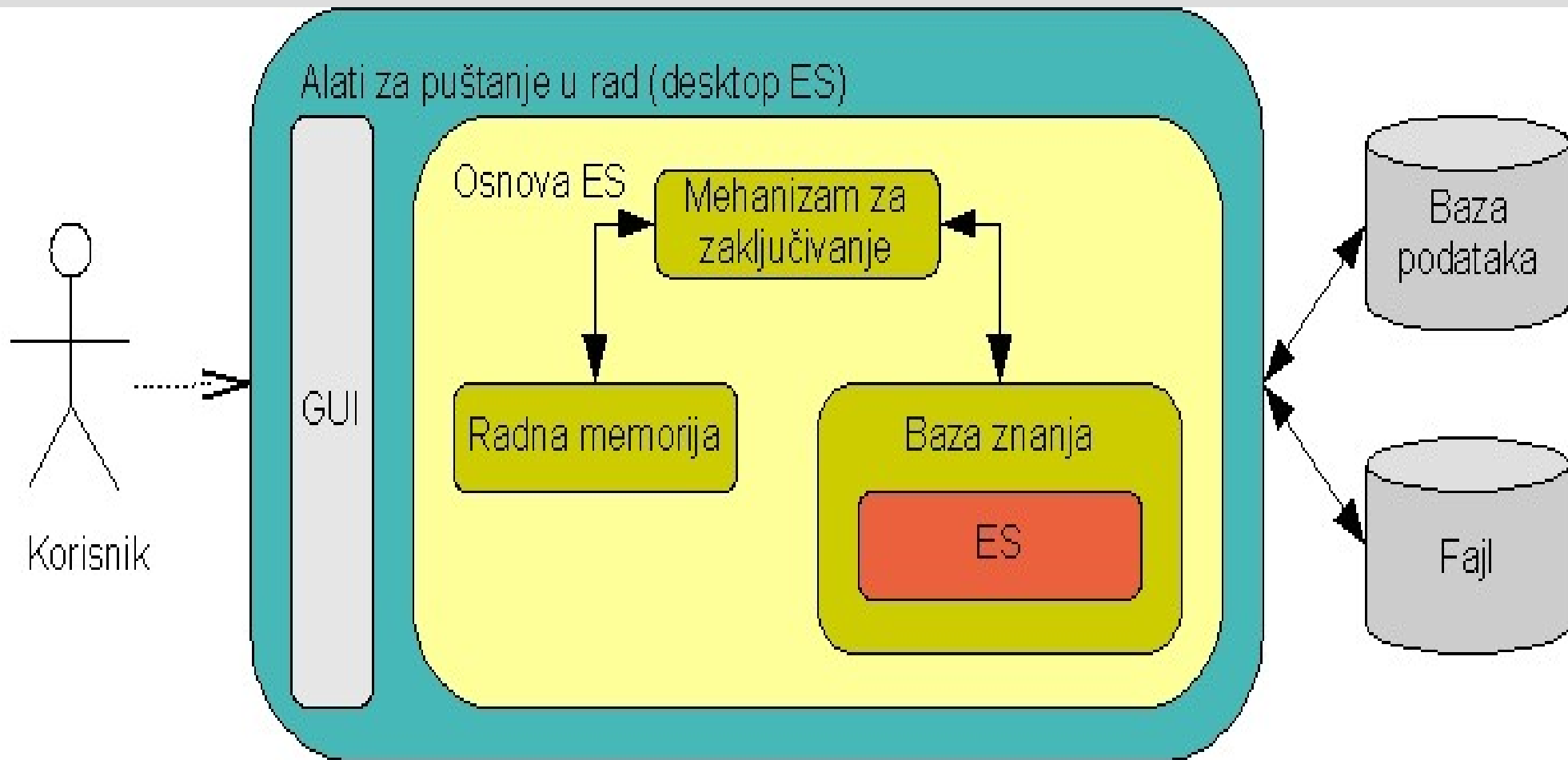
ES shell

Arhitektura ES shell-a



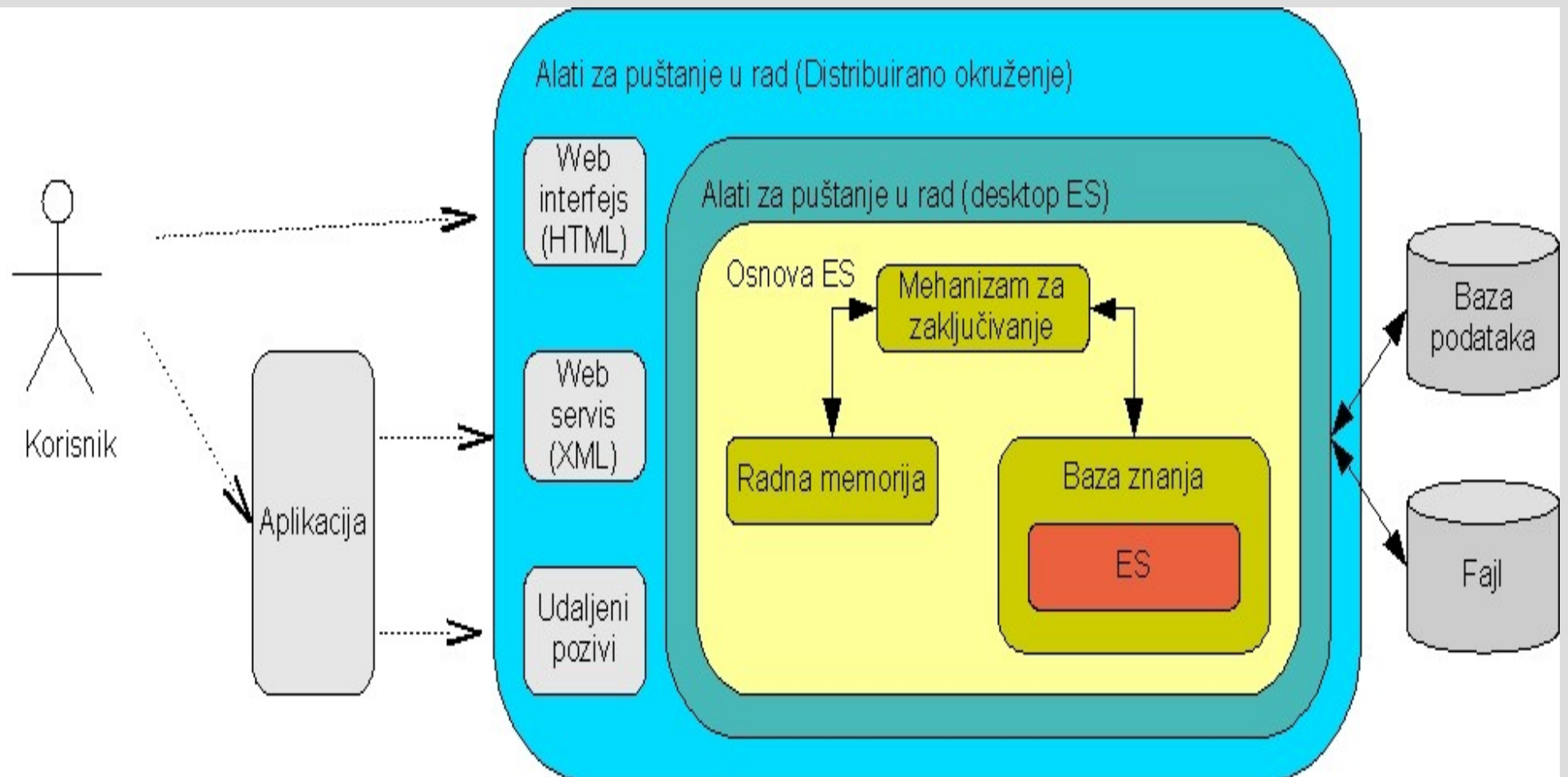
ES shell

Alati za puštanje u rad (desktop ES)



ES shell

Alati za puštanje u rad (distribuirani ES)



JavaDON

- ES shell
- Napisan u Javi, besplatan, open source
- Koristi **pravila** i **okvire** za predstavljanje znanja
- Koristi ulančavanje unapred
- Strategije za rešavanje konflikta:
 - prioritet pravila
 - svako pravilo se izvršava samo jednom.

JavaDON

- Prednosti
 - Brz razvoj ES
 - Nije potrebno znati poseban jezik za pisanje baze znanja
 - Nije potrebno praviti poseban GUI (dovoljno je napraviti bazu znanja)
- Mane
 - Ograničen na unos podataka od strane korisnika
 - Efikasno podržava samo manje baze znanja
 - Samo desktop ES

JavaDON - ES za pomoć pri izboru tipa bicikla

- **Ekspert:** prodavac bicikala
- **Korisnik:** kupac bicikla
- ES zamenjuje eksperta
- Moguća rešenja:
 - MTB
 - Trkački bicikl
 - Hibridni bicikl
 - Uslužni bicikl



JavaDON - ES za pomoć pri izboru tipa bicikla

- U razgovoru sa prodavcem, kupac obično odgovara na sledeća pitanja:
 - Na koji način biste koristili bicikl?
 - Da li vam je bitan komfor?
 - Ako biste se trkali, kakve bi to bile trke?
 - Da li biste ga vozili van puta (off-road) i kako?
 - Da li biste ga ostavljali zaključanog napolju?
 - Da li biste ga vozili po ravnom ili po brdovitom terenu (uzbrdice, nizbrdice)?

JavaDON - ES za pomoć vozaču ako auto neće da upali

- **Ekspert:** majstor iz AMSS
- **Korisnik:** vozač
- ES zamenjuje eksperta kada su u pitanju najlakši problemi koje i korisnik sam može da otkloni
- Moguća rešenja:
 - Prazan akumulator
 - Neispravan anlaser
 - Neispravan električni sistem za paljenje
 - Prazan rezervoar
 - Neispravna pumpa za gorivo
 - Neispravna kontakt brava

JavaDON - ES za pomoć vozaču ako auto neće da upali

- U razgovoru sa vozačem koji ima ovaj problem, majstor iz AMSS obično postavlja sledeća pitanja:
 - Da li auto hoće da vergla?
 - Da li rade farovi i sirena?
 - Da li rade lampice na komandnoj tabli?
 - Da li u autu ima goriva?
 - Kada pritiskate gas i verglate u isto vreme, da li se pojavljuje miris benzina u autu?