

# **EKSPERTNI SISTEMI**

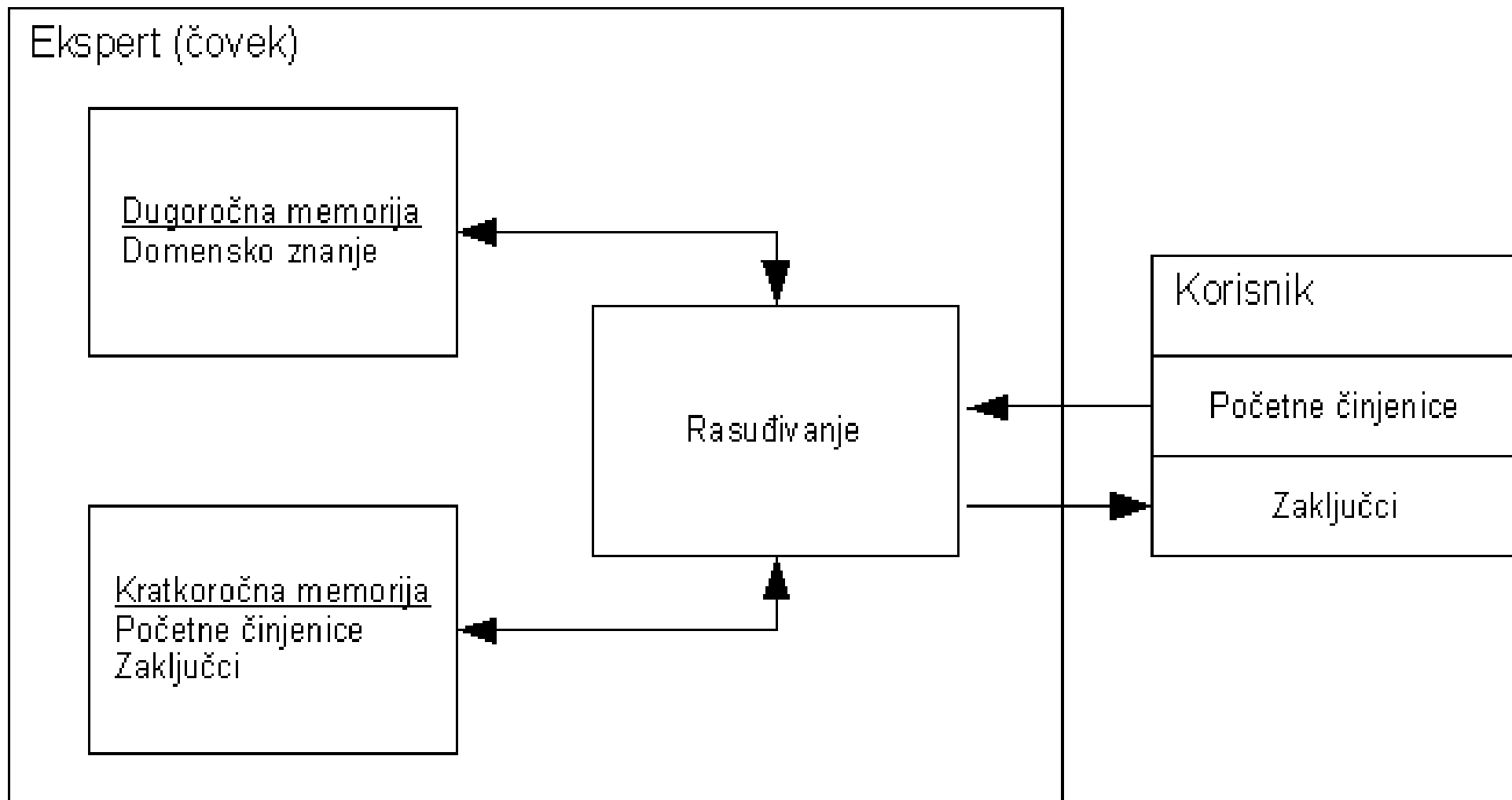
# Ekspertni sistemi - osnove

- 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”

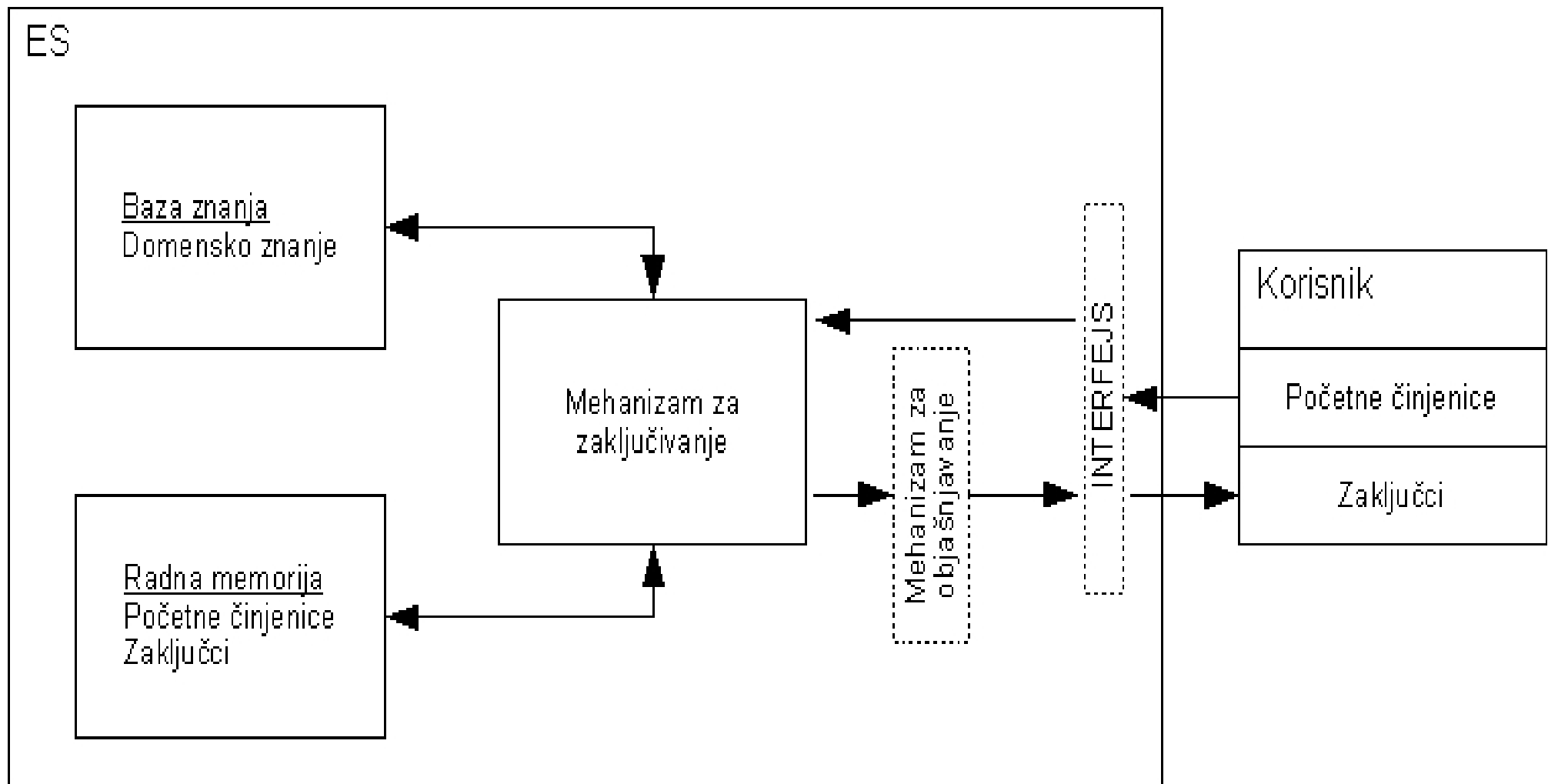
- Kratkoročna memorija sadrži činjenice

“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 neispravan

**IF** Anlaser je neispravan

**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  
stvora 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



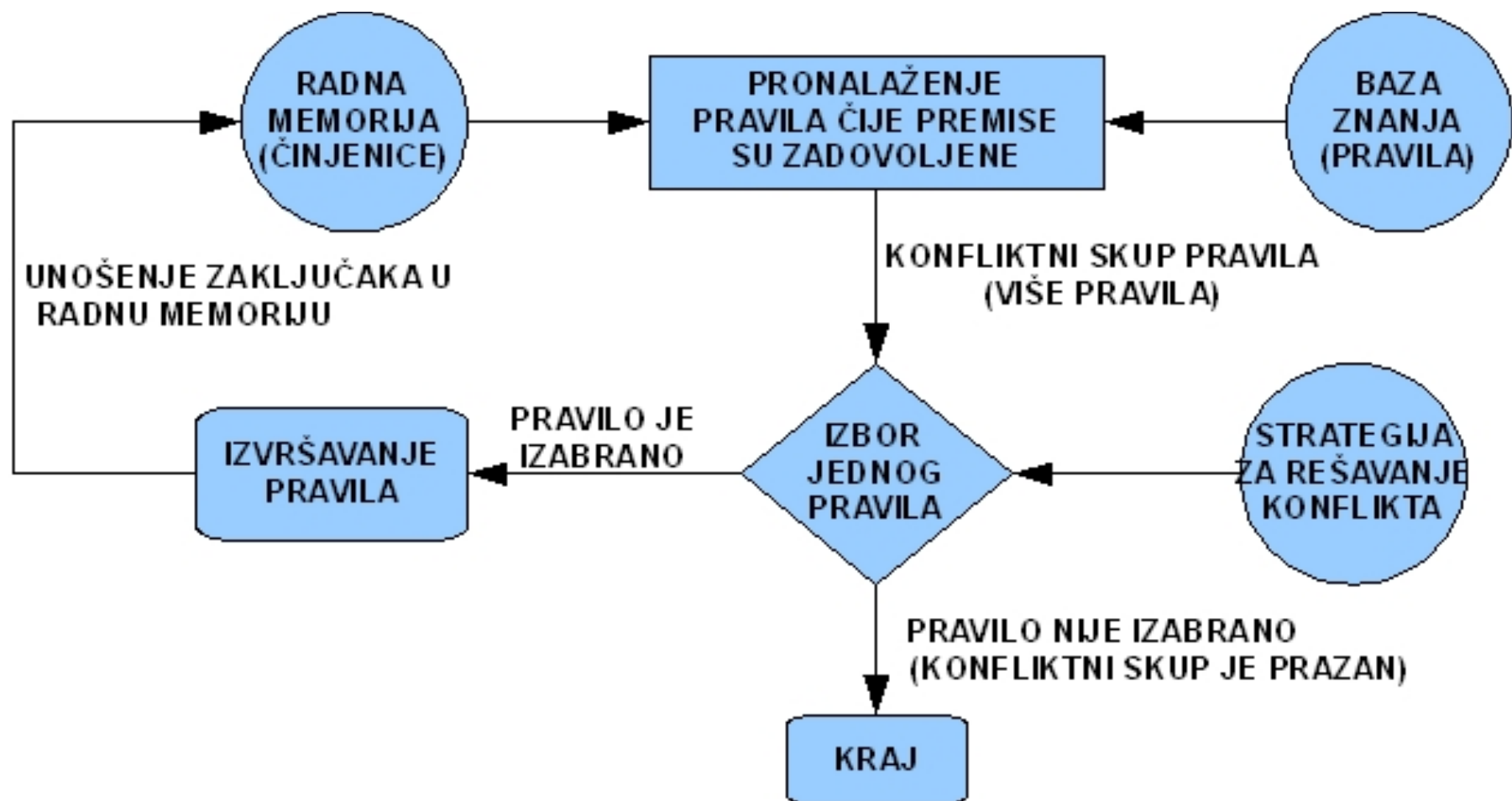
# Mehanizam za zaključivanje

## Ulančavanje unapred

- Zaključivanje “vođeno podacima” (data-driven)
- Na osnovu ulaznih podataka se pokušava zaključiti što više o problemu
- Poznat i kao “prepoznaj-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 prioriteto
  - 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 < 12V  
THEN  
Akumulator je prazan

#### PRAVILO 2

IF  
Akumulator je prazan  
THEN  
Napuni akumulator

#### PRAVILO 3

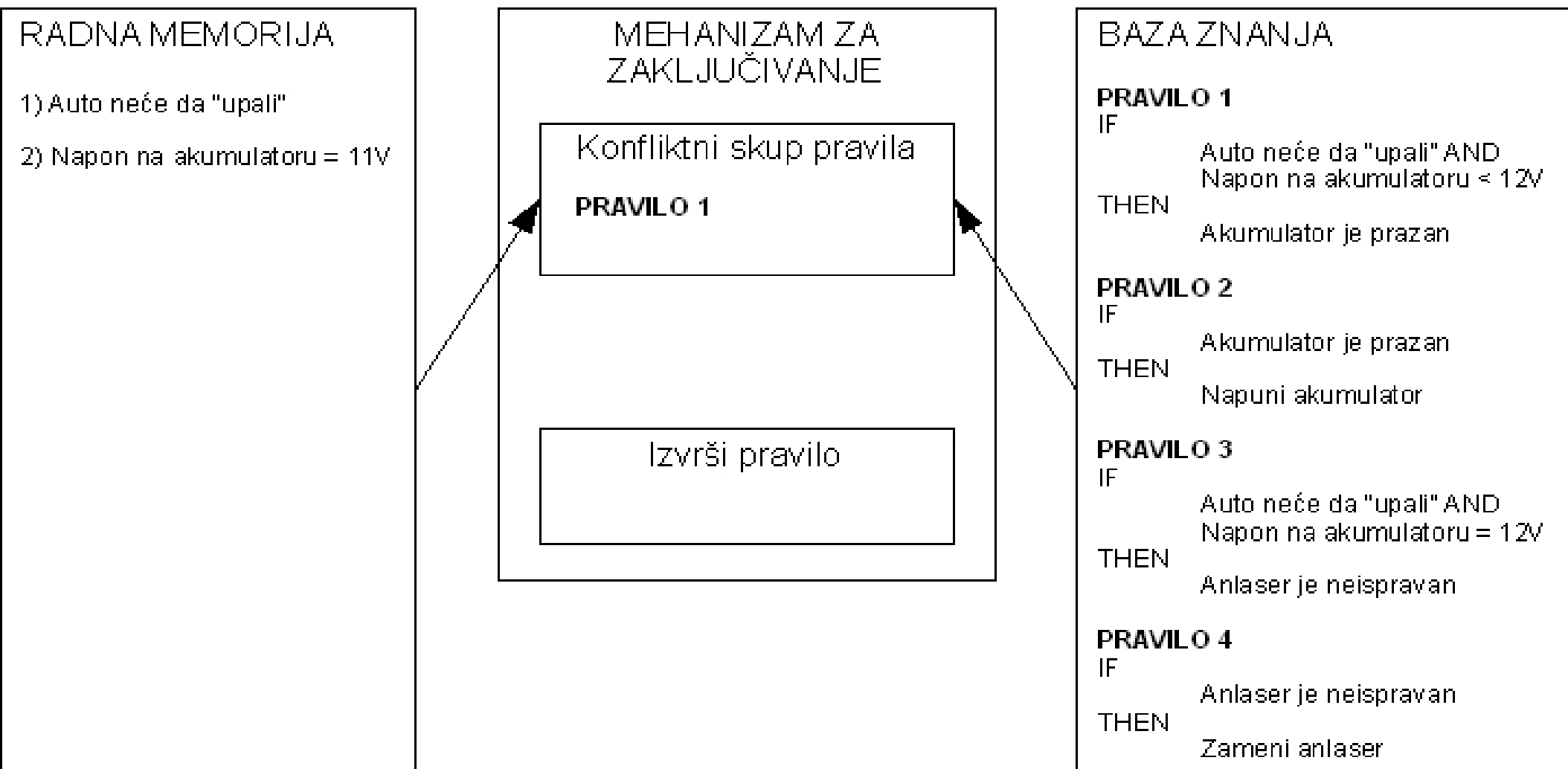
IF  
Auto neće da "upali" AND  
Napon na akumulatoru = 12V  
THEN  
Anlaser je neispravan

#### PRAVILO 4

IF  
Anlaser je neispravan  
THEN  
Zameni anlaser

# Mehanizam za zaključivanje

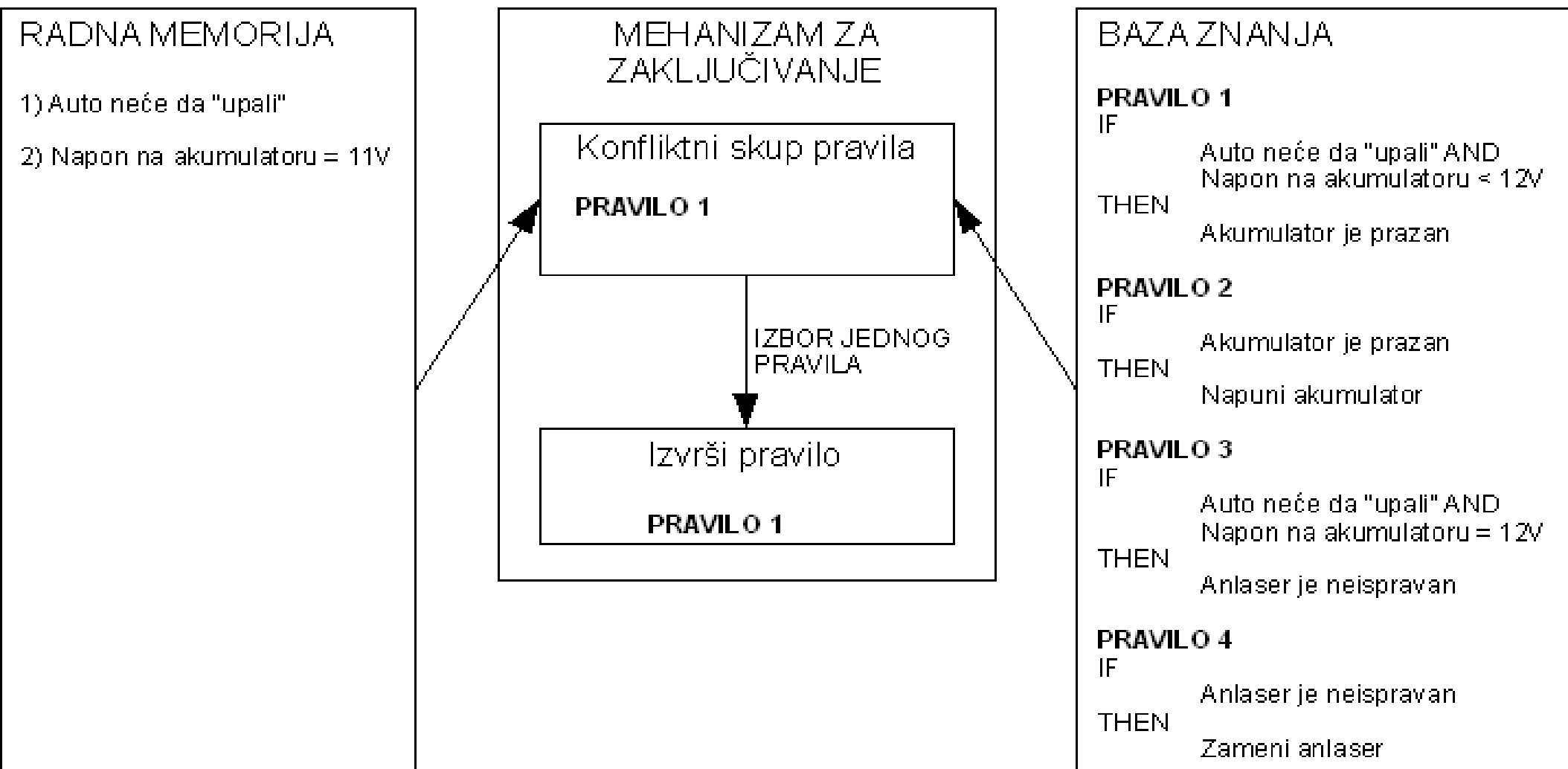
## Ulančavanje unapred – primer (ciklus 1 korak 1)





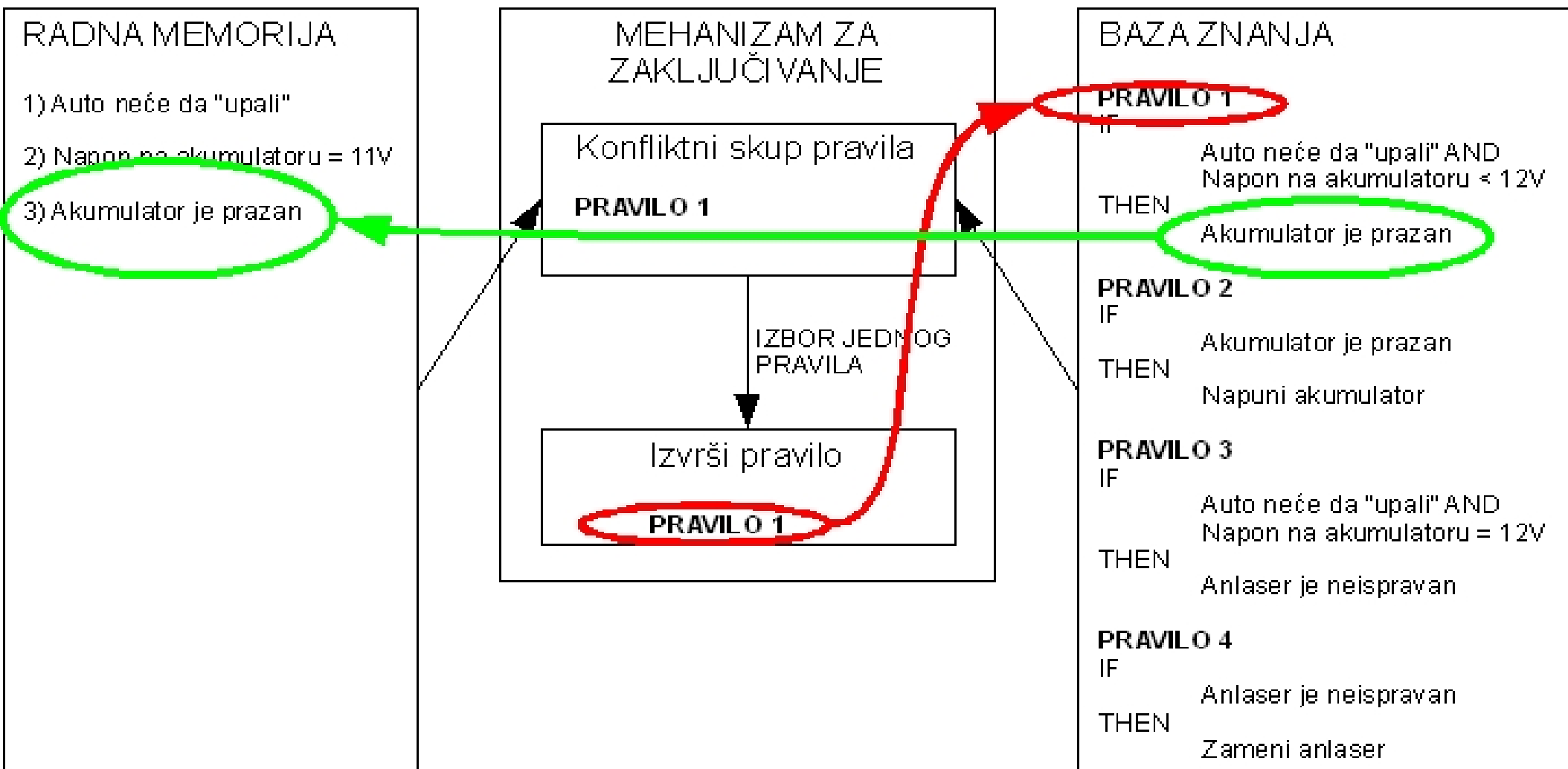
# Mehanizam za zaključivanje

## Ulančavanje unapred – primer (ciklus 1 korak 2)



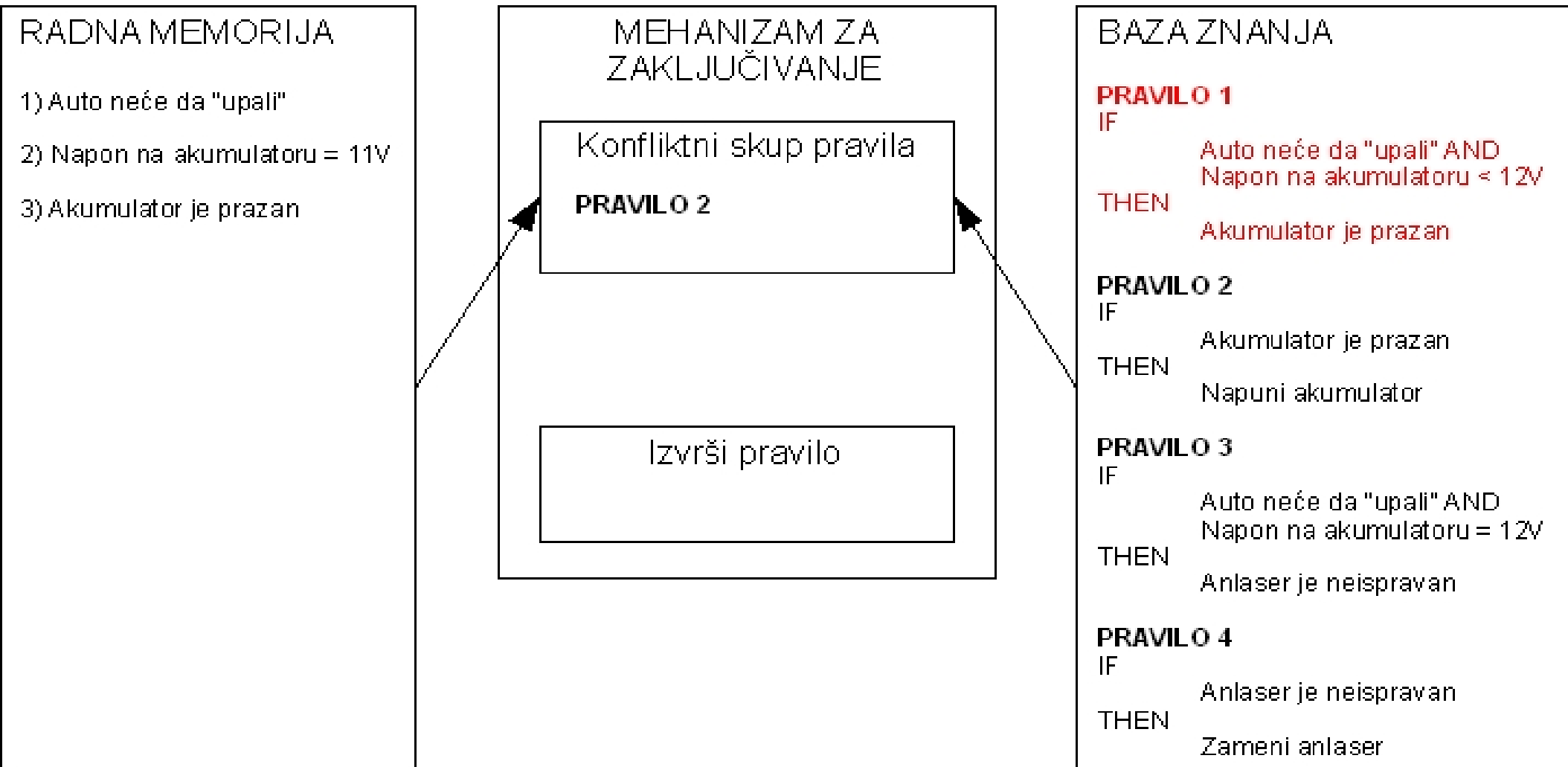
# Mehanizam za zaključivanje

## Ulančavanje unapred – primer (ciklus 1 korak 3)



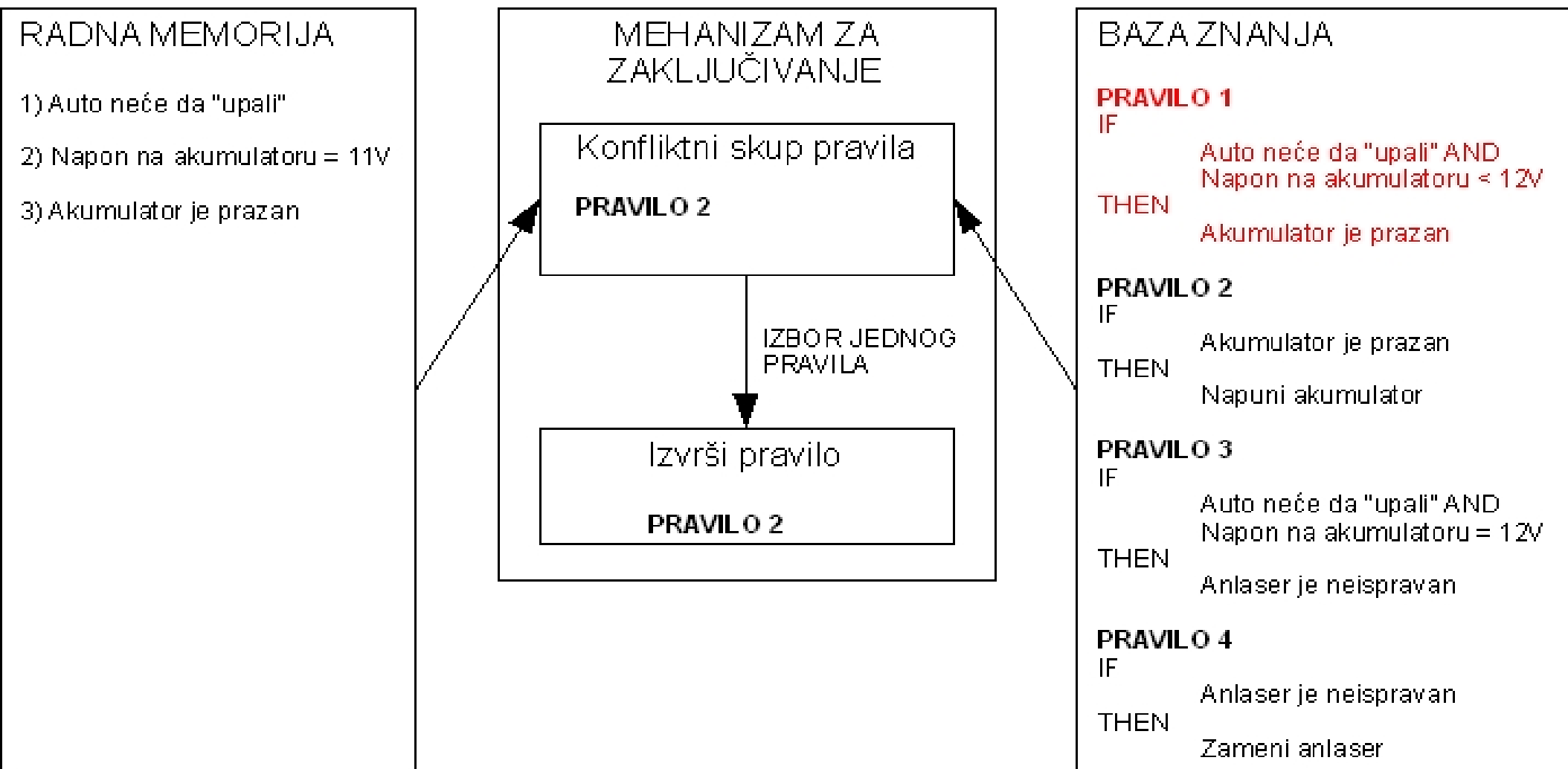
# Mehanizam za zaključivanje

## Ulančavanje unapred – primer (ciklus 2 korak 1)



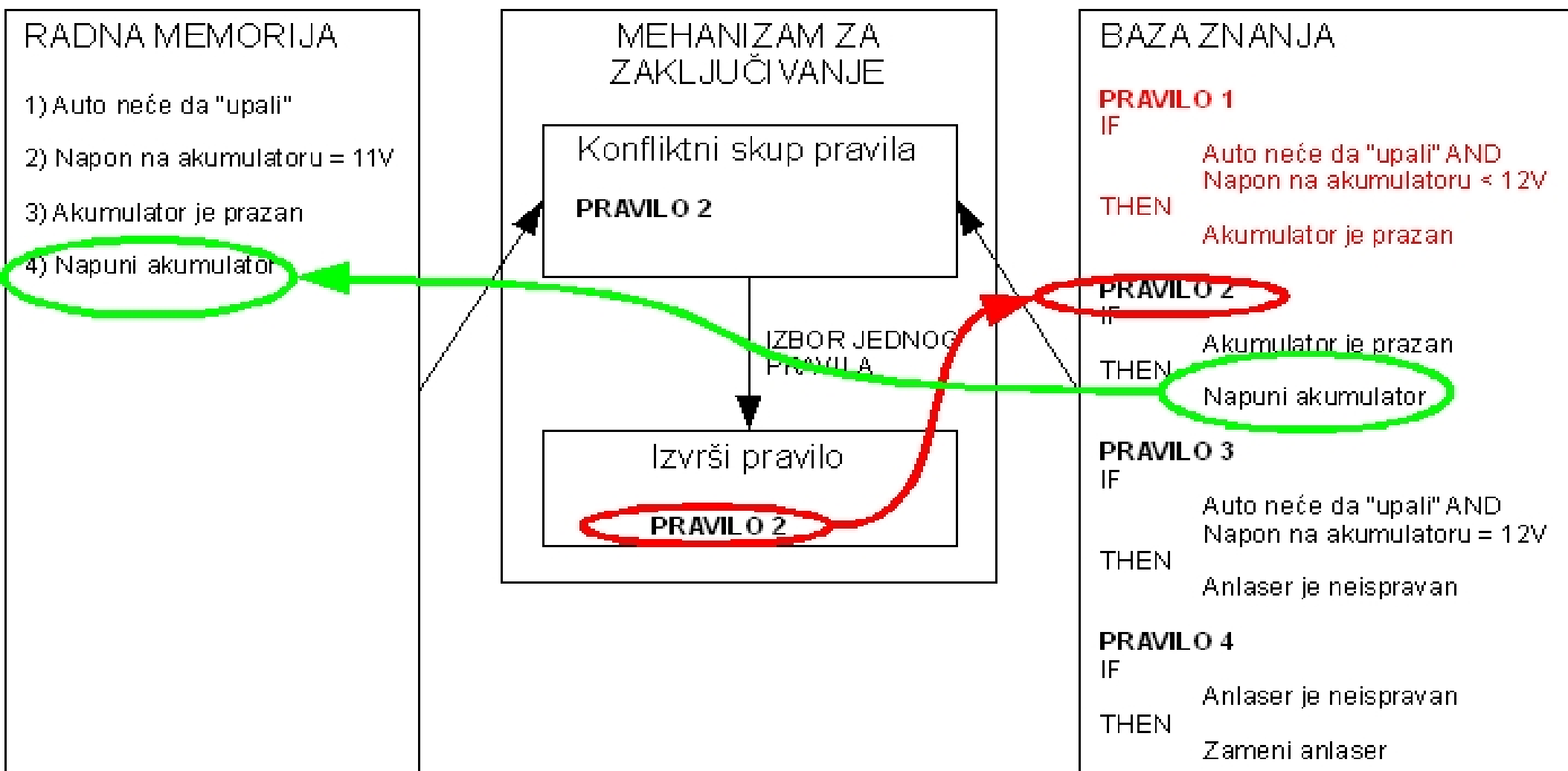
# Mehanizam za zaključivanje

## Ulančavanje unapred – primer (ciklus 2 korak 2)



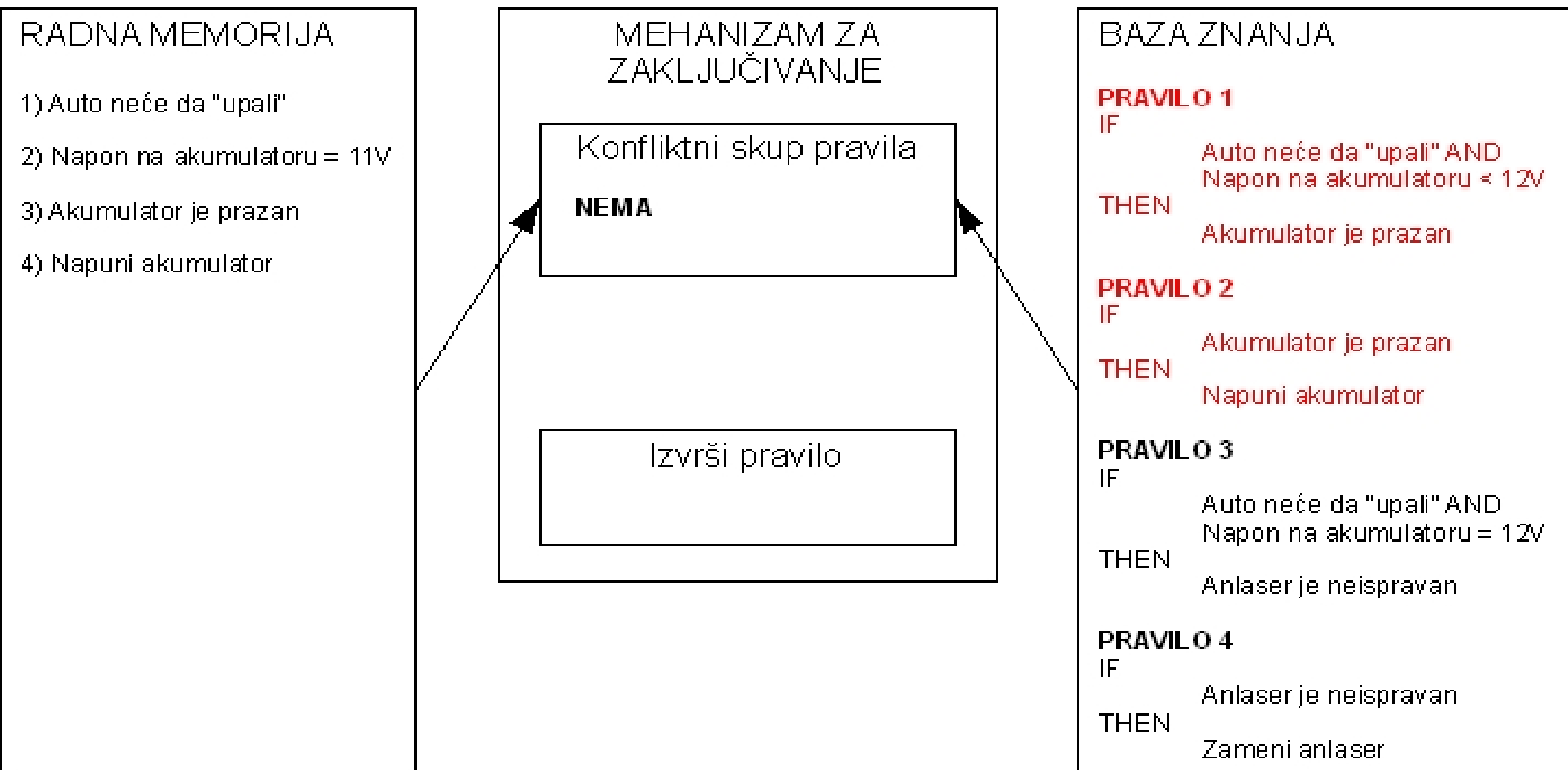
# Mehanizam za zaključivanje

## Ulančavanje unapred – primer (ciklus 2 korak 3)



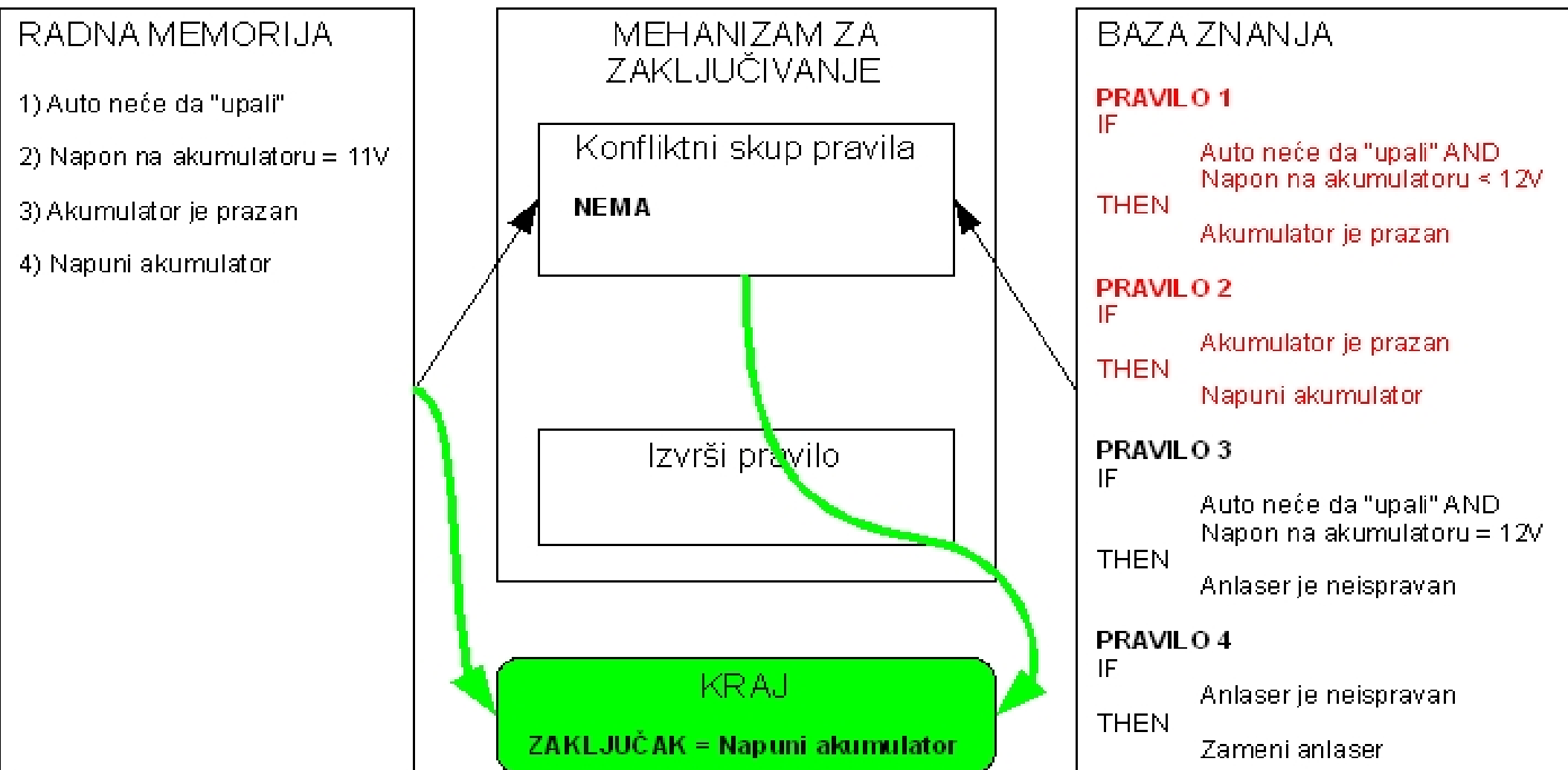
# Mehanizam za zaključivanje

## Ulančavanje unapred – primer (ciklus 3 korak 1)



# Mehanizam za zaključivanje

## Ulančavanje unapred – primer (kraj)



# Mehanizam za zaključivanje

## Ulančavanje unazad

- zaključivanje “vođeno ciljem” (goal-driven)
- pokušava se dokazati samo jedan konkretan zaključak (cilj)
- zaključak koji se dokazuje je činjenica iz THEN dela nekog pravila



# 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

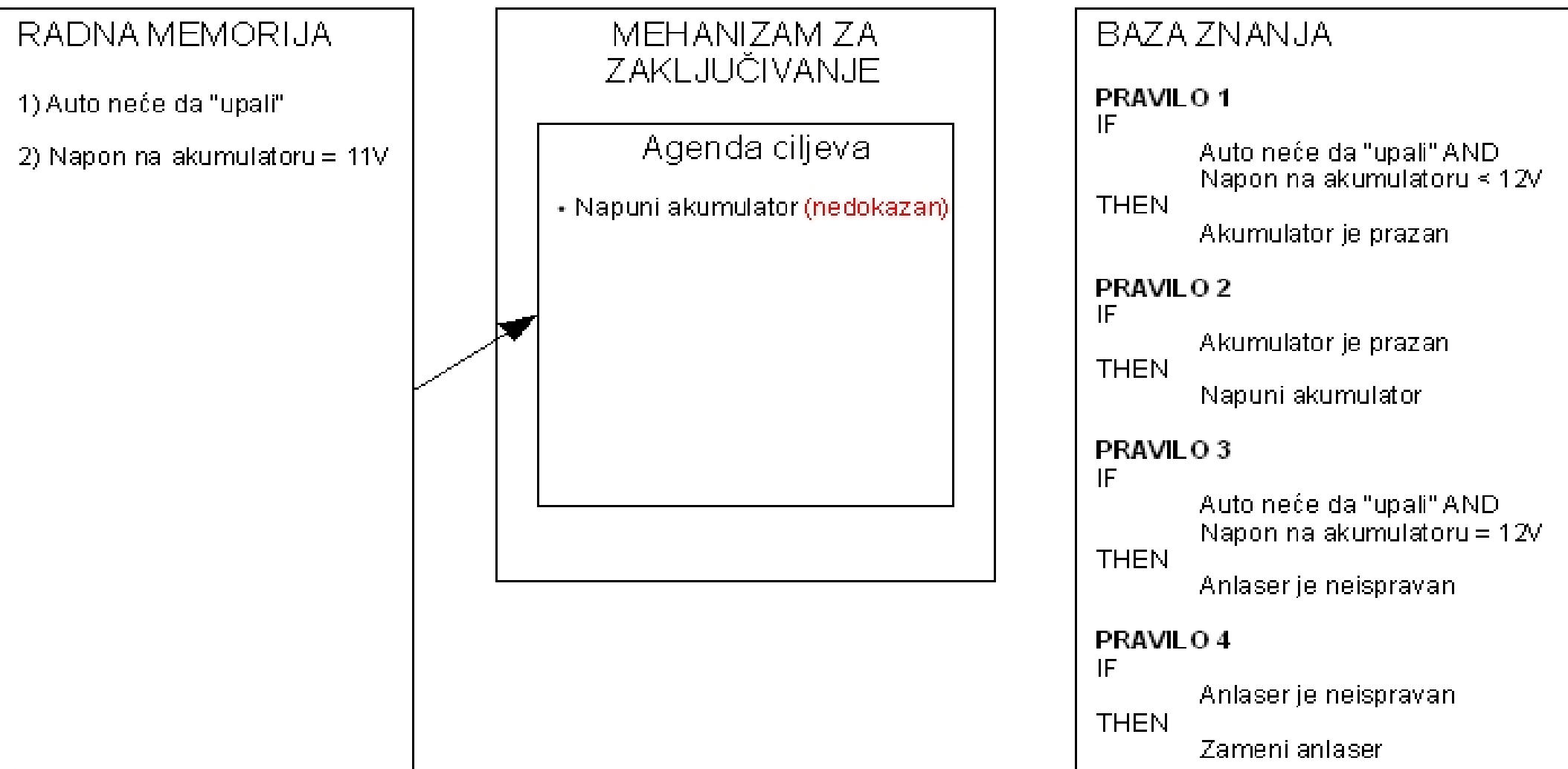
IF  
Auto neće da "upali" AND  
Napon na akumulatoru = 12V  
THEN  
Anlaser je neispravan

#### PRAVILO 4

IF  
Anlaser je neispravan  
THEN  
Zameni anlaser

# Mehanizam za zaključivanje

## Ulančavanje unazad – primer (ciklus 1 korak 1)



# 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

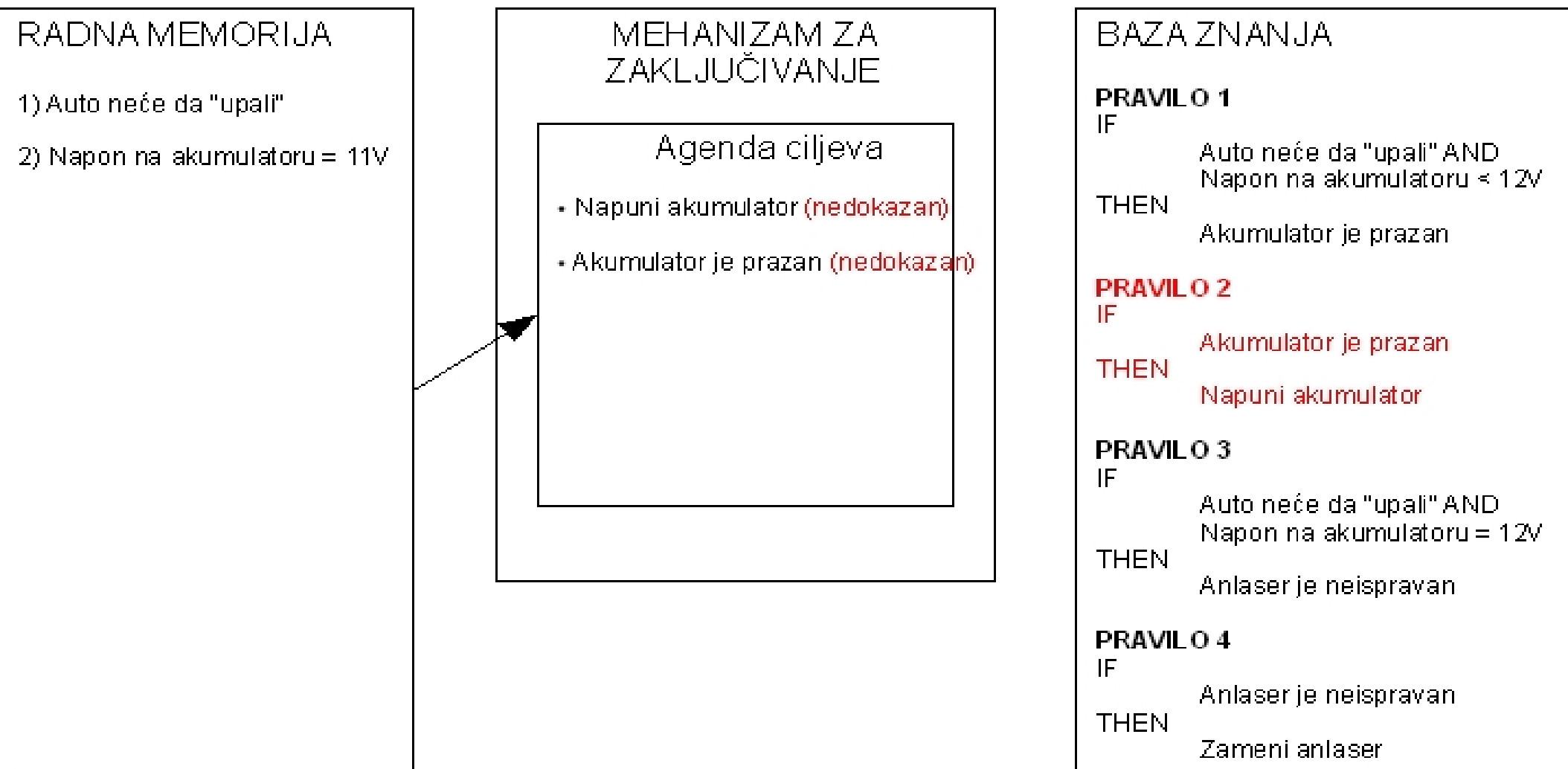
**PRAVILO 2**  
IF  
    Akumulator je prazan  
THEN  
    Napuni akumulator

**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)



# 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**

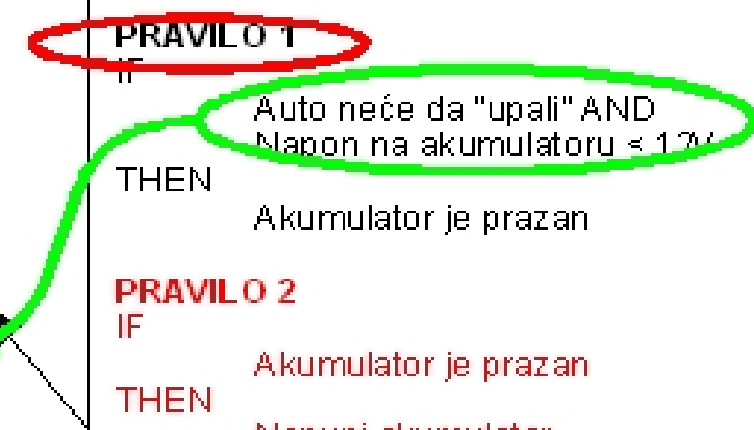
IF Auto neće da "upali" AND Napon na akumulatoru = 12V

THEN Anlaser je neispravan

**PRAVILO 4**

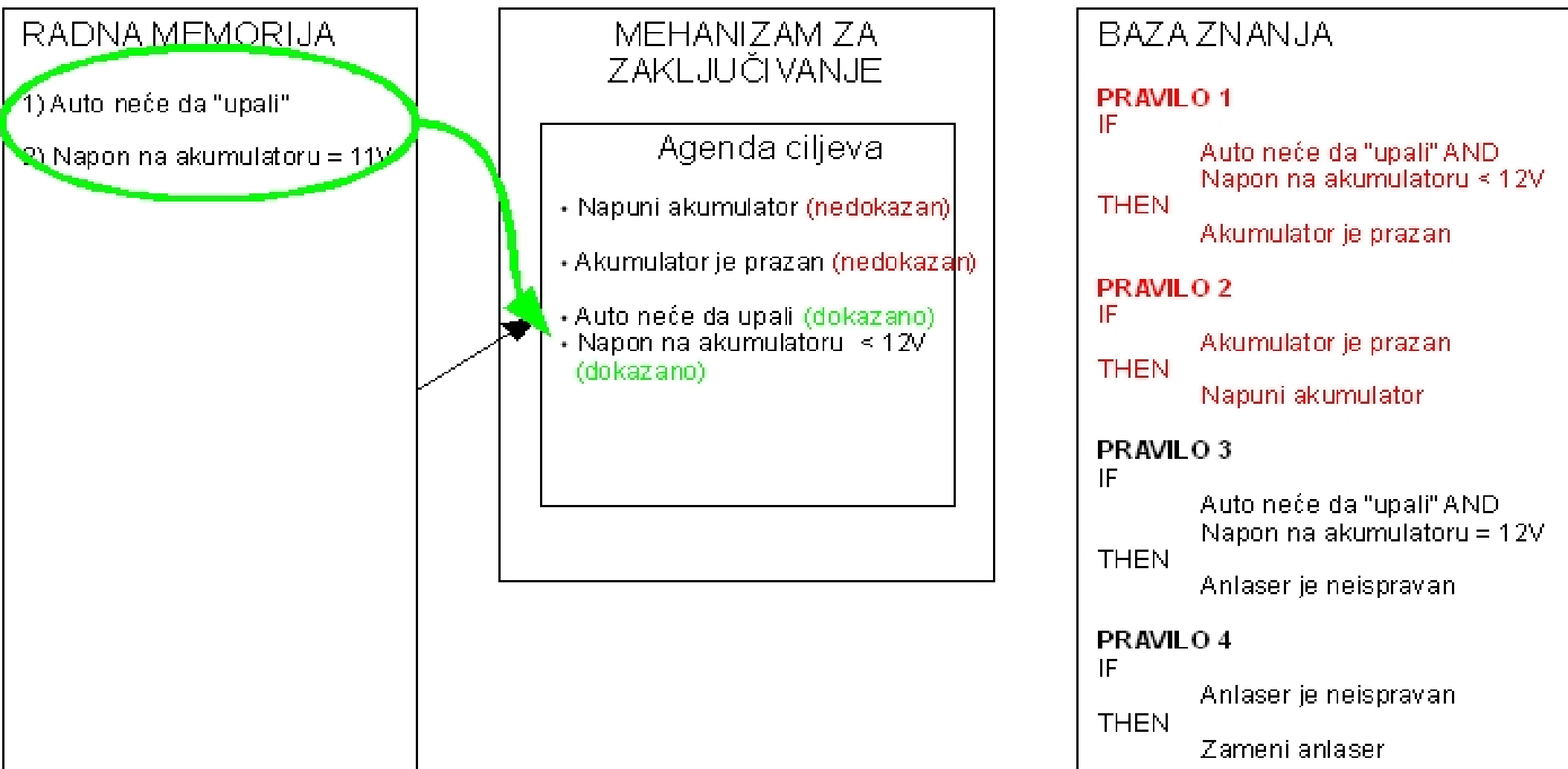
IF Anlaser je neispravan

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  $< 12V$  (dokazano)

KRAJ

Napuni akumulator – TAČNO

### 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

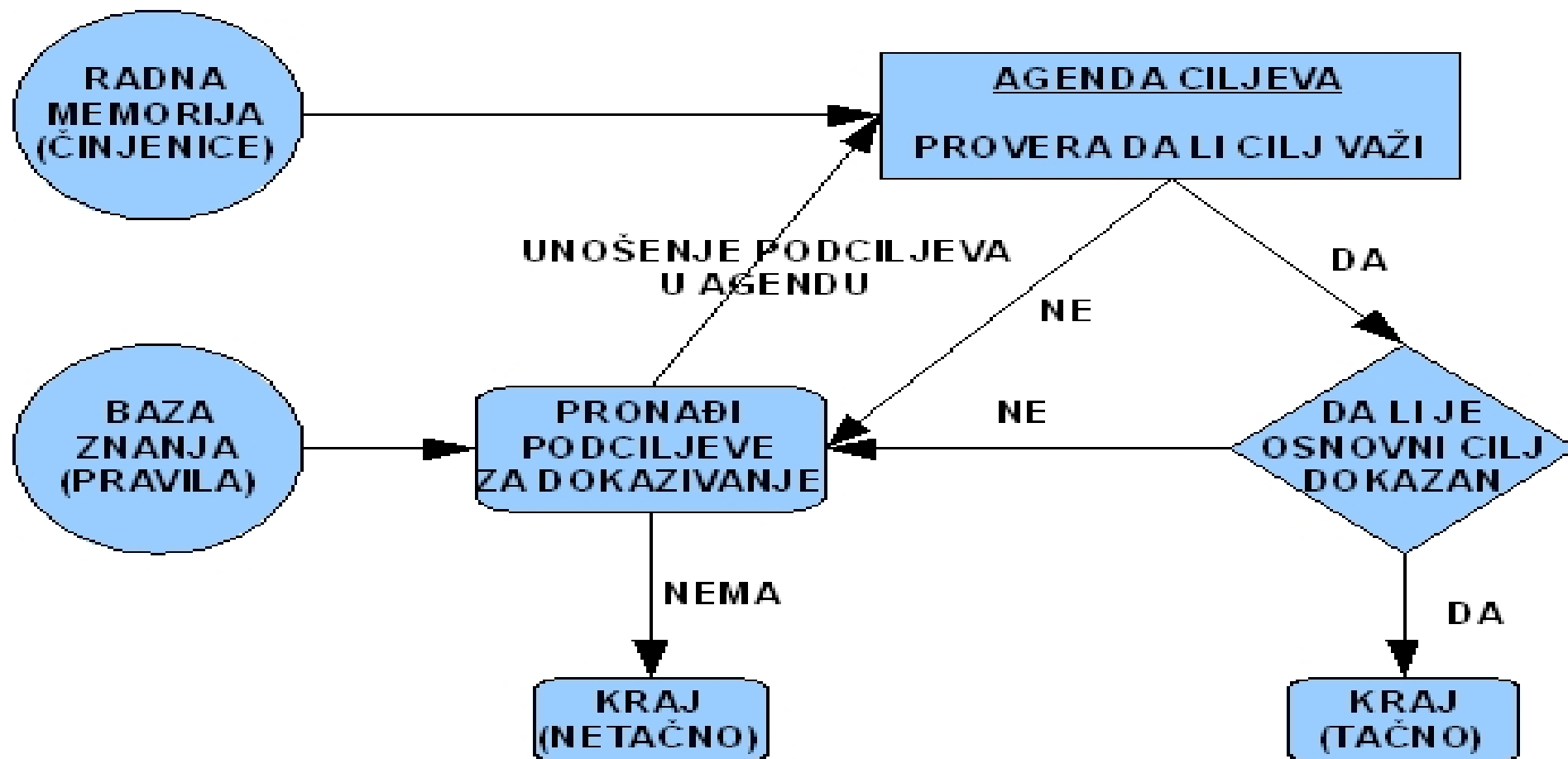
IF  
Auto neće da "upali" AND  
Napon na akumulatoru = 12V  
THEN  
Anlaser je neispravan

#### PRAVILO 4

IF  
Anlaser je neispravan  
THEN  
Zameni anlaser

# Mehanizam za zaključivanje

Ulančavanje unazad - 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
  - učeoreni tekst
  - prikaz pravila u pseudo-kodu ili na način 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 < 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

# Mehanizam za objašnjavanje

## Objašnjenje "Kako" - primer (korak 1)

RADNA MEMORIJA

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

MEHANIZAM ZA ZAKLJUČIVANJE

Izvrši pravilo

**PRAVILO 1**

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 objašnjavanje

## Objašnjenje "Kako" - primer (korak 1A)

**RADNA MEMORIJA**

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

**MEHANIZAM ZA ZAKLJUČIVANJE**

Izvrši pravilo

**PRAVILO 1**

**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 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

### 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 ZAKLJUČIVANJE

Izvrši pravilo

PRAVILO 2

# 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  $\leq X$  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

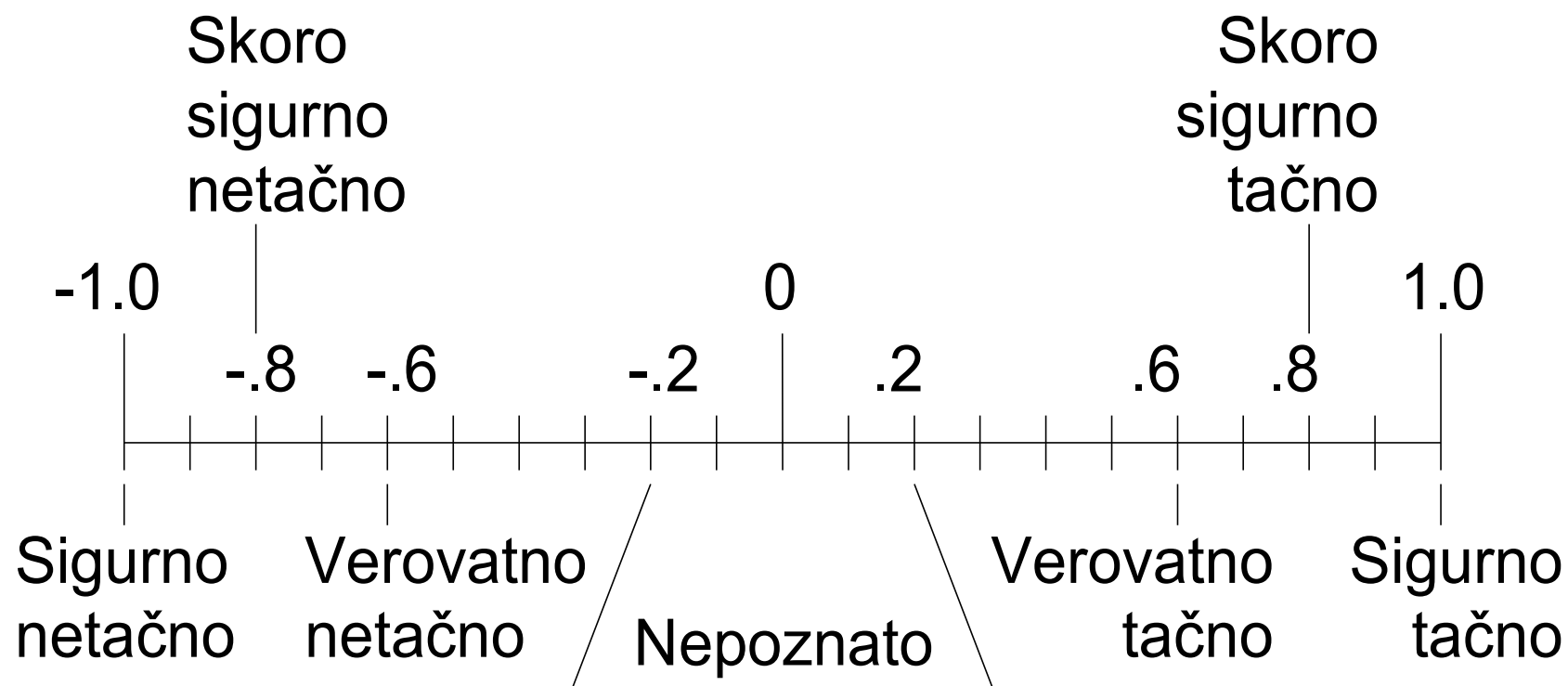
- Činjenice sa više vrednosti
  - kada korisnik izabere vrednost(i) iz ponuđene liste, sistem može:
    - da za nju (njih) unese u radnu memoriju odgovarajuće činjenice kao tačne
    - da za ostale vrednosti unese u radnu memoriju odgovarajuće činjenice kao netačne

# 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)

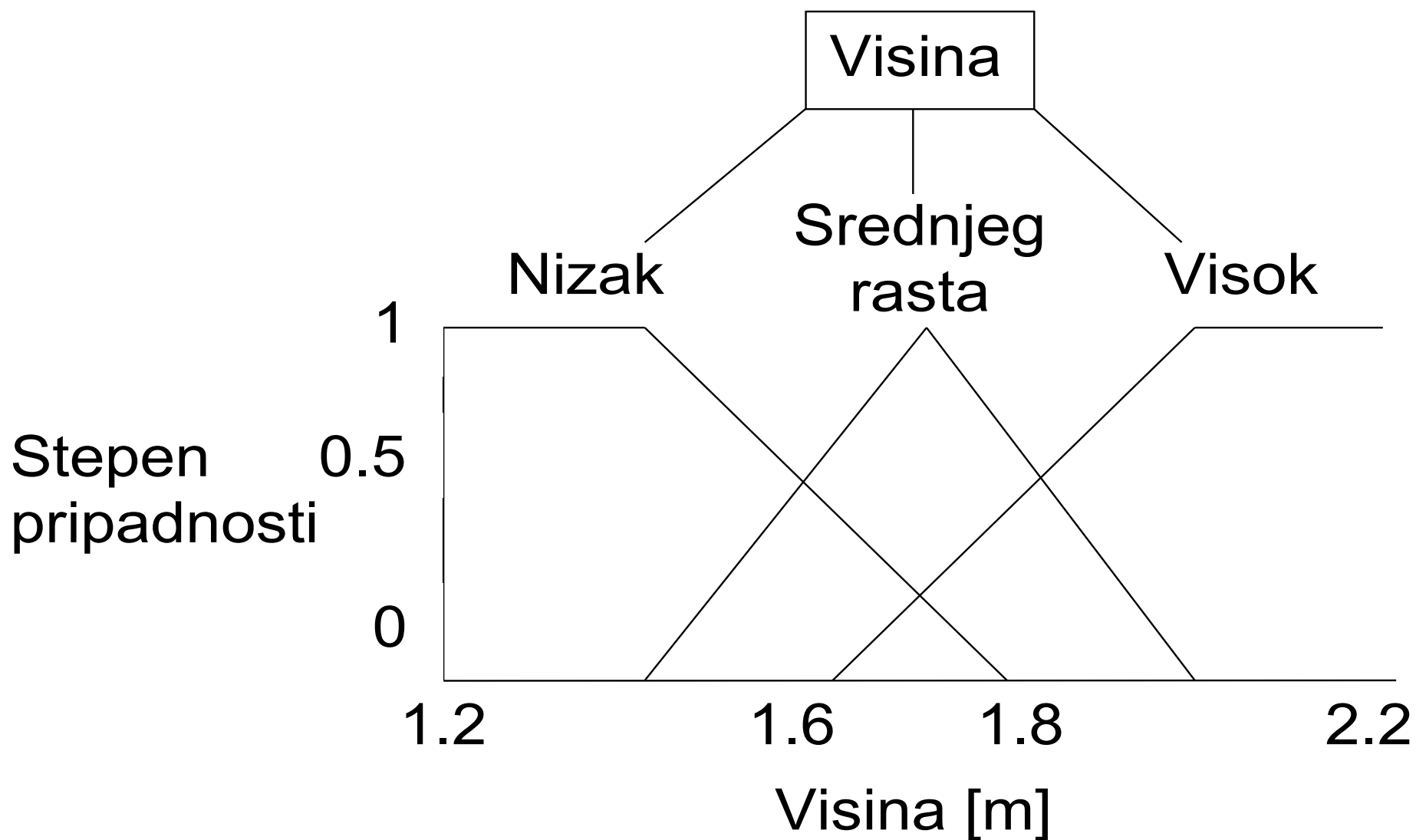


# Predstavljanje znanja

## ▪ 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

# Predstavljanje 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 razdvojeni
Teški za modifikacije	Laki za modifikacije
Precizne informacije	Neegzaktne informacije
Komandni interfejs	Prirodni jezik i objašnjenja
Fiksni konačni rezultati	Preporuke i objašnjenja
Optimalna rešenja	Prihvatljiva rešenja

# Zašto razvijati ES ?

## ▪ Poređenje eksperta i ES

<i><b>Faktor</b></i>	<i><b>Ekspert</b></i>	<i><b>ES</b></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

- ES za izbor vina:

<http://expertise2go.com/webesie/wine/>

- ES za dijagnozu kvara na kolima:

<http://expertise2go.com/webesie/car/>

- Demo primeri sa Exsys sajta:

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