

U sklopu međunarodne konferencije MIPRO 2001. u Grand hotelu Adriatic, Opatija, od 22. svibnja do 24. svibnja, 2001. održan je seminar Inteligentni sustavi u organizaciji tvrtke Inteligentni sustavi d.o.o. Suorganizatori su bili Hrvatska udruga MIPRO, Opatija i Zavod za elektroniku, mikroelektroniku, računalne i inteligentne sustave, Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Zagreb. Predavači su ugledni znanstvenici s Fakulteta za elektrotehniku i računarstvo, Zagreb te predavač sa Fakultete za elektrotehniko, Univerze v Ljubljani. Seminar je pohađalo 36 slušatelja iz vodećih hrvatskih tvrtki i institucija, primjerice, iz Siemens, Končara, Hrvatskih telekomunikacije, HEP-a, ECS-a, Bilokalnika itd.

Za potrebe seminara tvrtka je izdala i skriptu "Inteligentni sustavi", a autori su predavači na seminaru: prof. dr. sc. L. Budin, doc. dr. sc. B. Dalbello Bašić, prof. dr. sc. S. Ribarić i prof. dr. sc. N. Pavešić.

Skripta ima 140 stranica i može se naručiti na <http://www.isustavi.com/> ili na e-mail info@isustavi.com po cijeni od 80 kn.

Sadržaj

- Umjetna inteligencija - definicija i područje umjetne inteligencije
- Intelligentni sustavi - značajke i svojstva
- Predstavljanje znanja u inteligentnim sustavima
- Automatsko zaključivanje u propozicijskoj i predikatnoj logici
- Rezolucijsko načelo
- Zaključivanje u produkcijskim sustavima. Ekspertni sustavi
- Rješavanje problema pretraživanjem prostora stanja
- Intelligentni agenti i multiagentski sustavi
- Neizrazita (fuzzy) logika
- Neuronske mreže
- Genetski algoritmi
- Komunikacija čovjek - stroj
- Raspoznavanje i razumijevanje govora
- Sinteza govora
- Procjena ponašanja dinamičkih sustava
- Osnove teorije kaosa

1. Umjetna inteligencija – definicija i područja umjetne inteligencije

- Inteligencija – svojstvo uspješnog snalaženja jedinice u novim situacijama
- Inteligencija – opća sposobnost mišljenja pri rješavanju problema
- Inteligencija – svrsishodno i prilagodljivo ponašanje u danim okolnostima (Psihologija, grupa autora, ŠK, Zagreb, 1992.)

Inteligencija se manifestira u odnosu na neki posebni društveni i kulturni kontekst (J. Weizenbaum, 1975.)

Umjetna inteligencija (AI Artificial Intelligence, Machine Intelligence) – inteligentno ponašanje strojeva

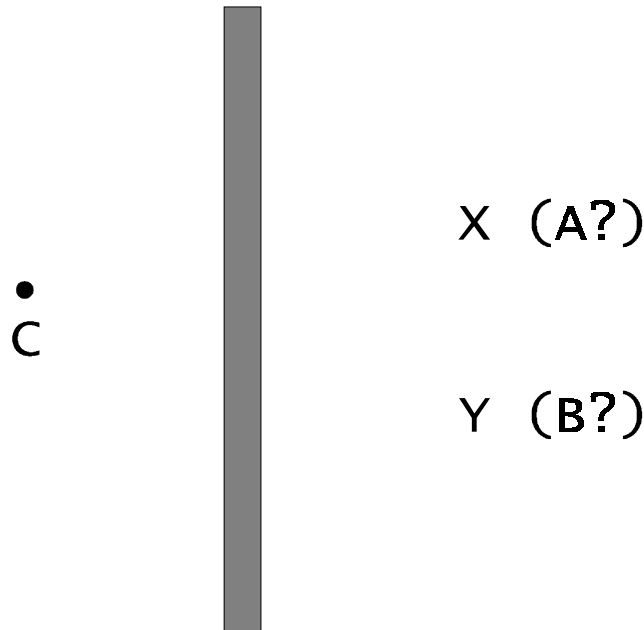
- Sposobnost zaključivanja
- Sposobnost prikupljanja i uporabe znanja
- Sposobnost baratanja znanjem i izmjenjivanja zamisli
- Sposobnost postavljanja problema

Informacijsko-obradne sposobnosti i sposobnosti prikaza informacija (P. H. Winston, 1979.)

Inteligentno ponašanje stroja – Može li stroj misliti?

1.1. Turingov test (A. Turing, "Computing Machinery and Intelligence, Mind, 59, 433-460, 1950.)

- Osnovna zamisao Turingovog testa – igra imitacije
 - Muškarac (A)
 - Žena (B)
 - Ispitivač (C) – muškarac ili žena



Cilj igre: Postavljanjem pitanja C mora odrediti koji je od dvoje ispitanika muškarac a tko žena

Cilj igre A: Uputiti C na pogrešnu identifikaciju

Cilj igre B: Pomoći ispitivaču C

Što će se dogoditi ako **stroj** preuzme ulogu igrača A?

Hoće li ispitivač C praviti jednak broj pogrešaka kao u igri u kojoj sudjeluju muškarac i žena?

Ako je broj pogrešaka jednak onda je stroj inteligentan (prema A. Turingu)

Očekivane sposobnosti i svojstva (inteligentnog) stroja:

- obrada prirodnog jezika
- prikaz (predstavljanje) znanja
- automatsko zaključivanje

Totalni Turingov test

Ispitivač C može ispitivati i sposobnosti percepcije igrača A i B

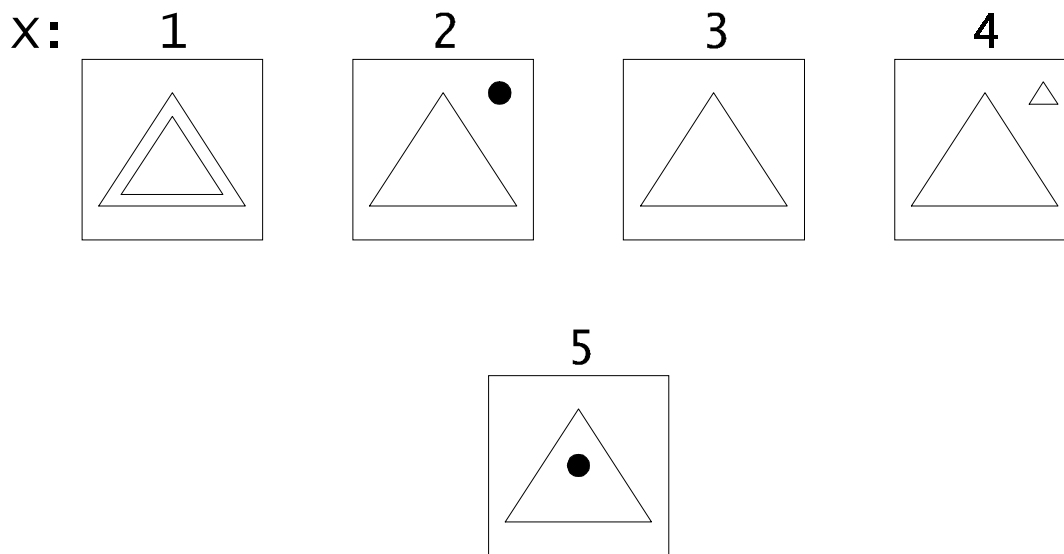
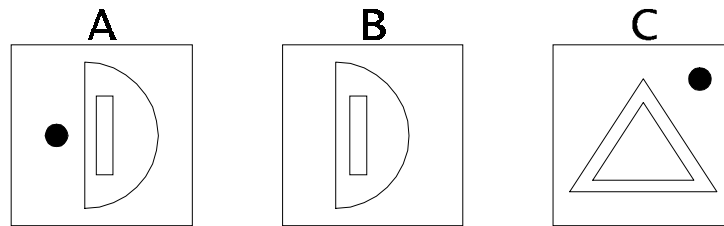
Dodatne sposobnosti stroja:

- računarski vid
- robotika

Primjer: ELIZA – A Computer Program For Study of Natural Language Communication Between Man and Machine (J. Weizenbaum, Communication of ACM, vol. 9, No. 1, 1965.)

A Heuristic Program to Solve Geometric Analogy Problems, PhD Thesis, MIT Press, 1968.

A je u odnosu naprema B kao C naprema X



T.G. Evans, A Heuristic Programs to Solve Geometric Analogy Problems, Ph.D. thesis, M.I.T. Press, 1968.

Umjetna inteligencija proučava zamisli koje omogućuju računalima obavljanje zadataka koji se ljudima čine inteligentnim (P. H. Winston, 1979.)

Mnoge ljudske aktivnosti kao što su, naprimjer, rješavanje slagaljki i zagonetki, igranje igara, rješavanje matematičkih problema ili, pak, vožnja automobila podrazumijevaju inteligenciju. Ako računala mogu obaviti takve zadatke, tada se pretpostavlja da ta računala (skupa s pripadajućim programima) imaju određen stupanj "umjetne inteligencije" (N. J. Nilsson, 1971.).

Definicije AI svrstane u četiri kategorije (S. Russel, P. Norvig, 1995.):

- Sustavi koji misle kao čovjek
- Sustavi koji se ponašaju kao čovjek
- Sustavi koji misle racionalno
- Sustavi koji se ponašaju racionalno

1.2. Kratki povijesni pregled razvoja umjetne inteligencije

Iako mlada znanost AI je naslijedila mnoge zamisli, pristupe i tehnike iz drugih disciplina:

- Filozofija (428 B.C. – do danas)
- Matematika (800 – do danas):
Algoritam (arapski matematičar al-Khowarazmi, 9. stoljeće)
Računanje
Logika
Vjerojatnost
- Psihologija (1879. – do danas)
H. von Helmholtz (1821. – 1894.) i W. Wundt – znanstvene metode proučavanja ljudskog vida
- Moderno računarstvo (1949. – do danas)
H. Robinson i istraživački tim A. Turinga – računski stroj Colossus (1943.)
K. Zuse – računalo Z-3
J. Atanasoff, C. Berry, Iowa State University, (1940.- 1943.)
H. Aiken, Mark I, II i III
J. von Neumann –EDVAC (1946.)
- Lingvistika (1957. – do danas)
B. F. Skinner, Verbal Behavior (1957.)
N. Chomsky, Syntactic Structures (1955. – 1957.)
- Biologija
W. McCulloch, W. Pitts (1943.) – osnovna znanja iz psihologije i fiziologije, funkcioniranje neurona u mozgu, propozicijska logika, Turingova teorija računanja → **umjetni neuron – osnova za konekcijski model**

D. Hebb (1949.) – učenje neuronskih mreža

M. Minsky i D. Edmonds (1951.) – prvo računalo temeljeno na neuronskoj mreži SNARC

Izraz **umjetna inteligencija** – J. McCarthy, M. Minsky, A. Newell, H. Simon, na konferenciji u Dartmouth College, **1956. godine**

1.3. Neki važniji događaji na području AI:

C. Shannon i A. Newell (1952. – 1955.) – računalo koje igra šah na reduciranoj ploči

A. Newell, J. C. Shaw, H. A. Simon (1957.) – GPS (General Problem Solver)

J. McCarthy (1958.) – razvoj programskog jezika LISP

F. Rosenblatt (1958.) - **Perceptron**

A: L. Samuel (1961.) – šahovski program koji igra šah na razini majstora

J. A. Robinson (1965.) – uporaba rezolucije kao metode logičkog zaključivanja

J. Lederberg, E. Feigenbaum, C. Djerassi (1965.) – započeli rad na glasovitom ekspertnom sustavu Dendral

1.4. Razdoblja u razvoju AI:

- Faza inkubacije (1943.- 1956.)
- Faza ranog entuzijazma i velikih očekivanja (1952. – 1969.)
- Faza sustava temeljenih na znanju (Knowledge-based Systems) (1969. – 1979.)
- Faza kada AI postaje **industrija** (1980. – do danas)
- Faza **povratka neuronskih mreža** (1986.- do danas)

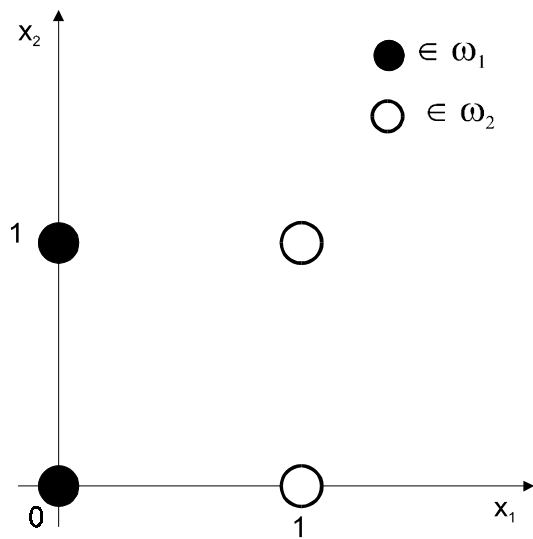
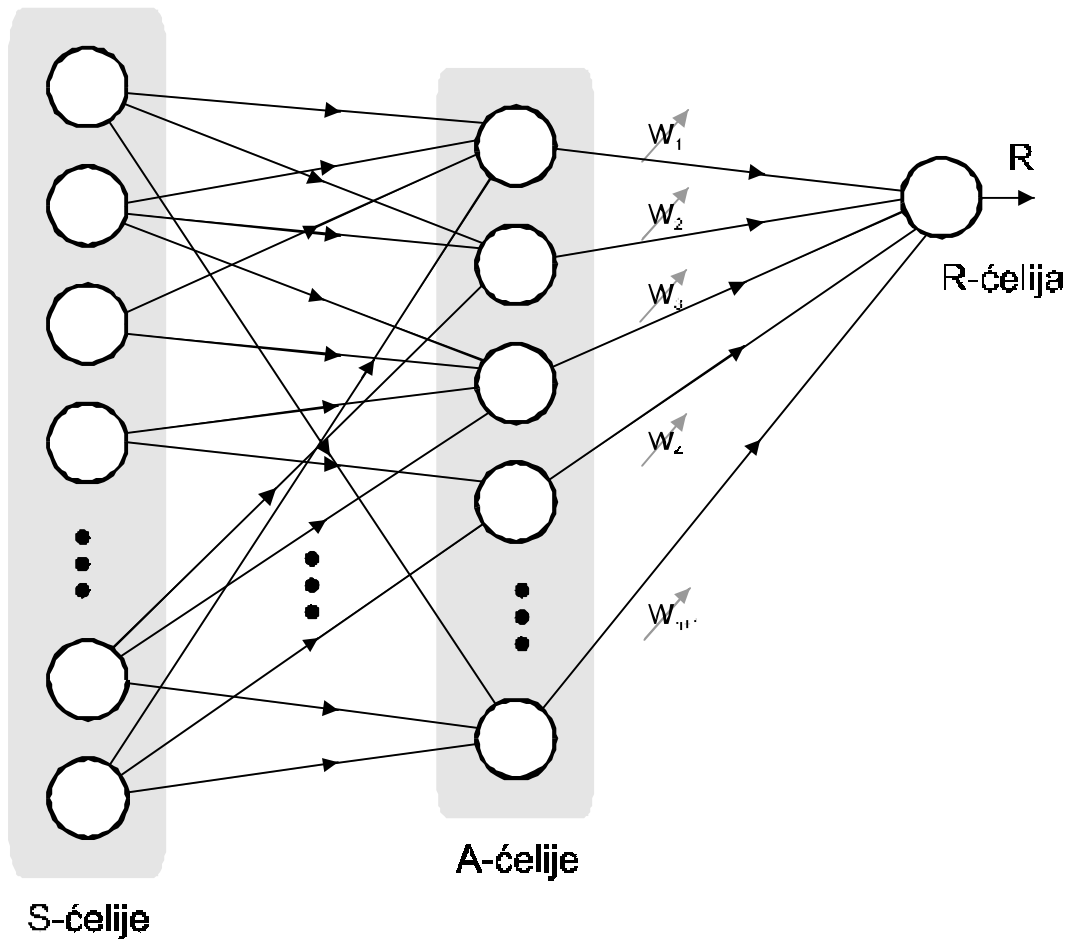
1.5. Definicija umjetne inteligencije (D. W. Patterson, 1990.)

Umjetna inteligencija je grana računarskih znanosti koja se bavi proučavanjem i oblikovanjem računarskih sustava koji pokazuju neki oblik inteligencije. To su sustavi koji mogu učiti nove koncepte, sustavi koji mogu zaključivati i donositi uporabne zaključke o svijetu koji ih okružuje, sustavi koji mogu razumijeti prirodni jezik ili spoznati i tumačiti složene vizualne scene, sustavi koji mogu obavljati i druge vrste vještina koje zahtijevaju čovjekovu vrstu inteligencije.

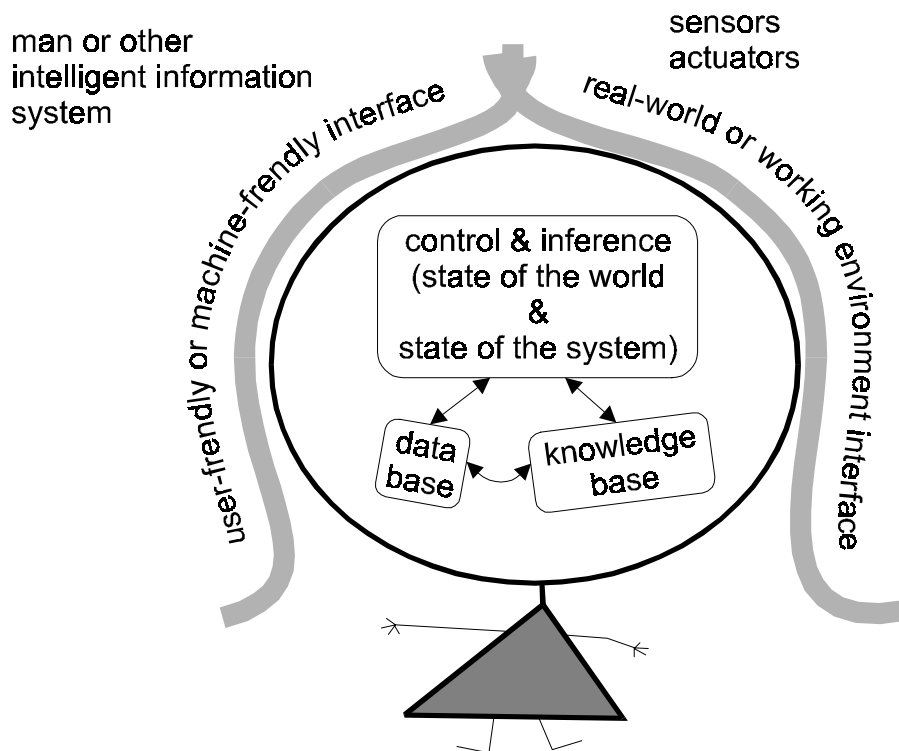
1.6. Područja umjetne inteligencije (prema Association of Computing Machinery):

- Ekspertni sustavi
- Formalizmi i metode prikaza znanja
- Učenje
- Razumijevanje i obrada prirodnih (i umjetnih) jezika
- Rješavanje problema i metode pretraživanja
- Robotika
- Automatsko programiranje
- Računalni vid, raspoznavanje uzoraka i analiza scene
- Umjetne neuronske mreže i genetski algoritmi

perceptron



2. Inteligentni sustavi – značajke i svojstva



- Funkcije inteligentnog sustava:
 1. Prikupljanje i obrada informacija
 2. Interakcija s vanjskim svijetom (radnom okolinom)
 3. Komunikacija s čovjekom i /ili s drugim inteligentnim sustavima
 4. Prikupljanje znanja (učenje)
 5. Rukovanje znanjem
 6. Obrada znanja i zaključivanje
 7. Planiranje

Inteligentni sustav (R. Reddy, Carnegie Mellon University, 1996) svaki sustav koji pokazuje sljedeća svojstva:

1. Pokazuje prilagodljivo ciljno usmjereno ponašanje (engl. goal-oriented behavior),

/željeni cilj ili ciljeve predočiti podciljevima i rabiti znanje o operacijama i postupcima koji prevode željeni cilj u sljedeću akciju. Ako neki od podciljeva nije ostvaren sustav traži alternativni put prema konačnom cilju sustava/

2. Uči na temelju iskustva,

/sustav ima algoritme za automatsku modifikaciju strukture i funkcija na temelju iskustva koja stiče u radu - učenje podrazumijeva da sustav može prikupljati, prikazivati i upotrebljavati znanje/

3. Koristi velike količine znanja,

/količina znanja pohranjena u sustavu mora biti slična količini znanja koju posjeduje čovjek da bi riješio takav problem/

4. Pokazuje svojstva svjesnosti,

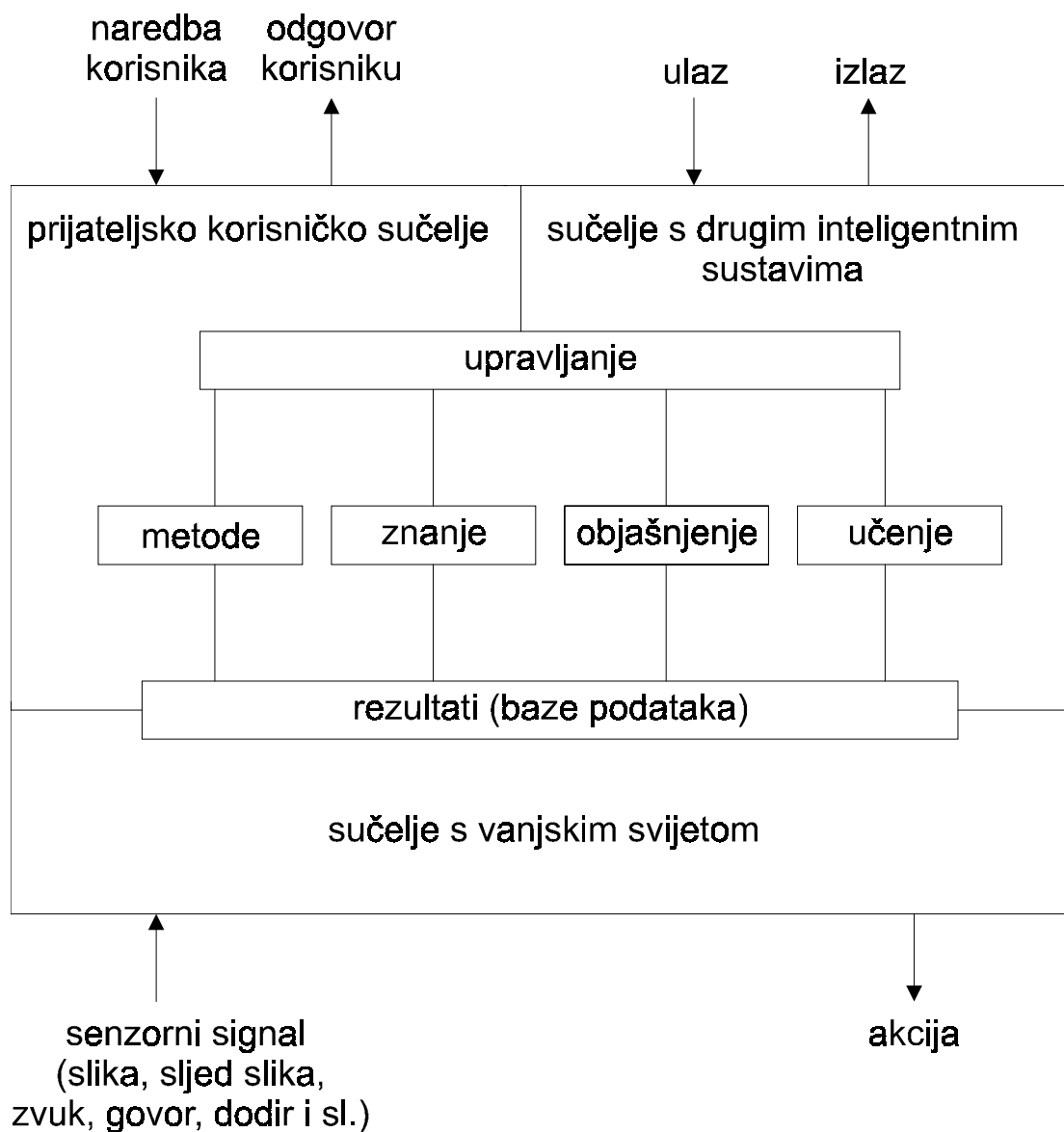
/sustav ima sposobnost objašnjavanja svojeg ponašanja, nadgledanja i diagnoze stanja, te oporavka u slučaju pogreške/

5. Komunicira sa čovjekom prirodnim jezikom i govorom,

/sustav mora komunicirati sa čovjekom i drugim inteligentnim sustavima na "prijateljski način" - zato upotrebljava prirodni jezik i govor. Takva komunikacija podrazumijeva baratanje i dvosmislenostima i gramatički neispravnim rečenicama/

6. Tolerira pogreške i nejasnoće u komunikaciji

7. Odgovara u stvarnom vremenu



Moduli inteligentnog sustava (preinaka prema H. Niemannu, 1990)

3. Predstavljanje (prikaz) znanja u inteligentnim sustavima

Znanje: Stvari koje su znane, rezultati dobiveni percepcijom.

U užem smislu: Sistematizacija sudova koji su uniformno organizirani pomoću načela koja zahtijevaju objektivnu prikladnost.

Znanje: Spoznaja + Logika

Spoznaja – uključuje nepropozicijsko razumijevanje (npr. kao što je percepcija, pamćenje i refleks) ali i propozicijsko razumijevanje te razumijevanje sudova o nepropozicijskom razumijevanju

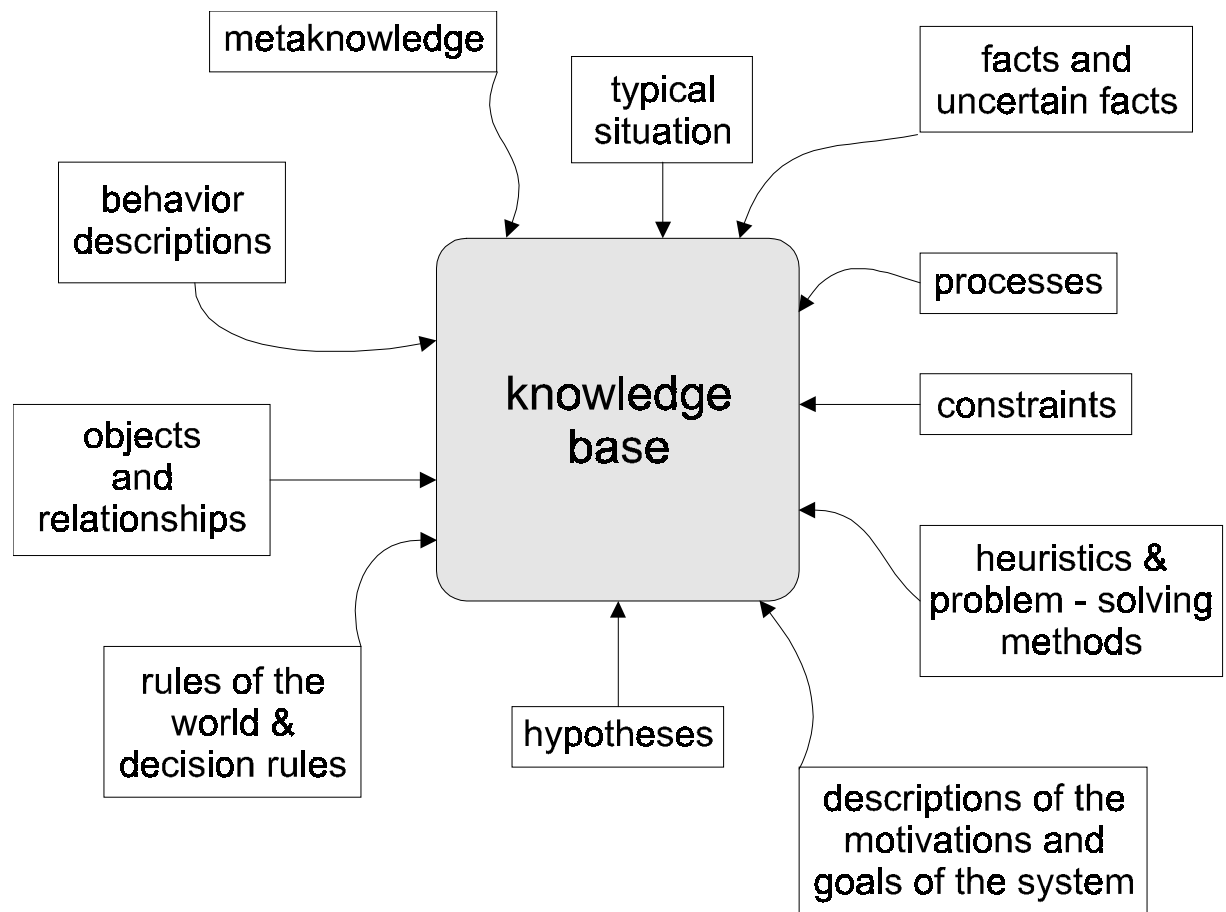
Logika – znanost koja proučava načela koja vode do ispravnih zaključaka

3.1. Baza znanja u inteligentnim sustavima

Baza znanja – Apstraktni prikaz radne okoline ili svijeta u kojem sustav treba rješavati zadatke.

Baza znanja:

- Znanje iz problemske domene
- ◆ Znanje o načinu kako se problem rješava



Baza znanja sadrži:

- Objekte i relacije među njima
 - Činjenice i nesigurne činjenice
 - Pravila svijeta i decizijska pravila
 - Opise motivacije, cilja i stanja sustava
 - ◆ Metode rješavanja problema i heuristiku
 - Opis ponašanja
 - Hipoteze
 - Opise tipičnih situacija
 - Procene
 - Ograničenja
 - ◆ Metaznanje
-
- Znanje iz problemske domene
 - ◆ Znanje o načinu kako se problem rješava

Jedan od središnjih problema na području umjetne inteligencije jest razvoj dovoljno precizne i djelotvorne notacije za prikaz znanja u inteligentnom sustavu – *scheme za prikaz znanja (engl. Knowledge Representation scheme)*.

3.2. Svojstva sheme za prikaz znanja:

- *Primjerenost prikaza* (engl. Representational Adequacy): Sposobnost prikaza svih vrsta znanja koja su potrebna za određeno područje.
- *Primjerenost zaključivanja* (engl. Inferential Adequacy): Sposobnost baratanja prikaznim strukturama na takav način da se izvode nove strukture koje odgovaraju novom znanju dobivenom zaključivanjem na temelju starog znanja.
- *Djelotvornost zaključivanja* (engl. Inferential Efficiency): Mogućnost ugradnje dodatne informacije u strukturu znanja, koja se može koristiti za usmjeravanje pažnje mehanizma zaključivanja prema obećavajućom smjerovima.
- *Djelotvornost učenja* (engl. Acquisitional Efficiency): Sposobnost lakog prikupljanja znanja.

3.3. Taksonomija shema za prikaz znanja (J. Mylopoulos, H. J. Levesque, 1984.)

Svijet – Zbirka objekata i/ili činjenica i zbirka odnosa koji postoje među njima

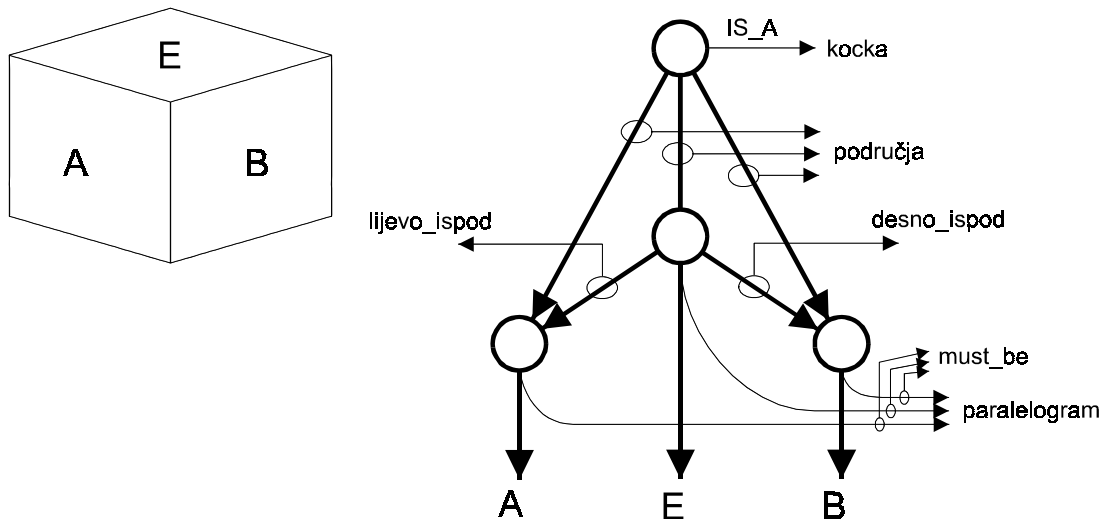
Stanje svijeta – Zbirka svih objekata i odnosa među njima u određenom trenutku u nekom svijetu.

Transformacija stanja – Prouzrokuje nastajanje i/ili nestajanje objekata te promjene odnosa među njima.

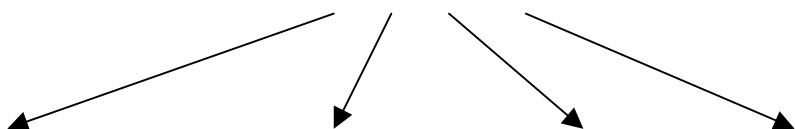
Ishodišne točke:

- Objekti i odnosi među njima → *mrežne sheme za prikaz znanja*
- Istinitost izjava o stanjima → *logičke sheme za prikaz znanja*
- Transformacije stanja → *proceduralne sheme za prikaz znanja*

Teorija okvira (M. Minsky, 1975.) – aktivna organizacija iskustva i/ili reakcija u prošlosti upotrebljena u novim situacijama.



Scheme za prikaz znanja

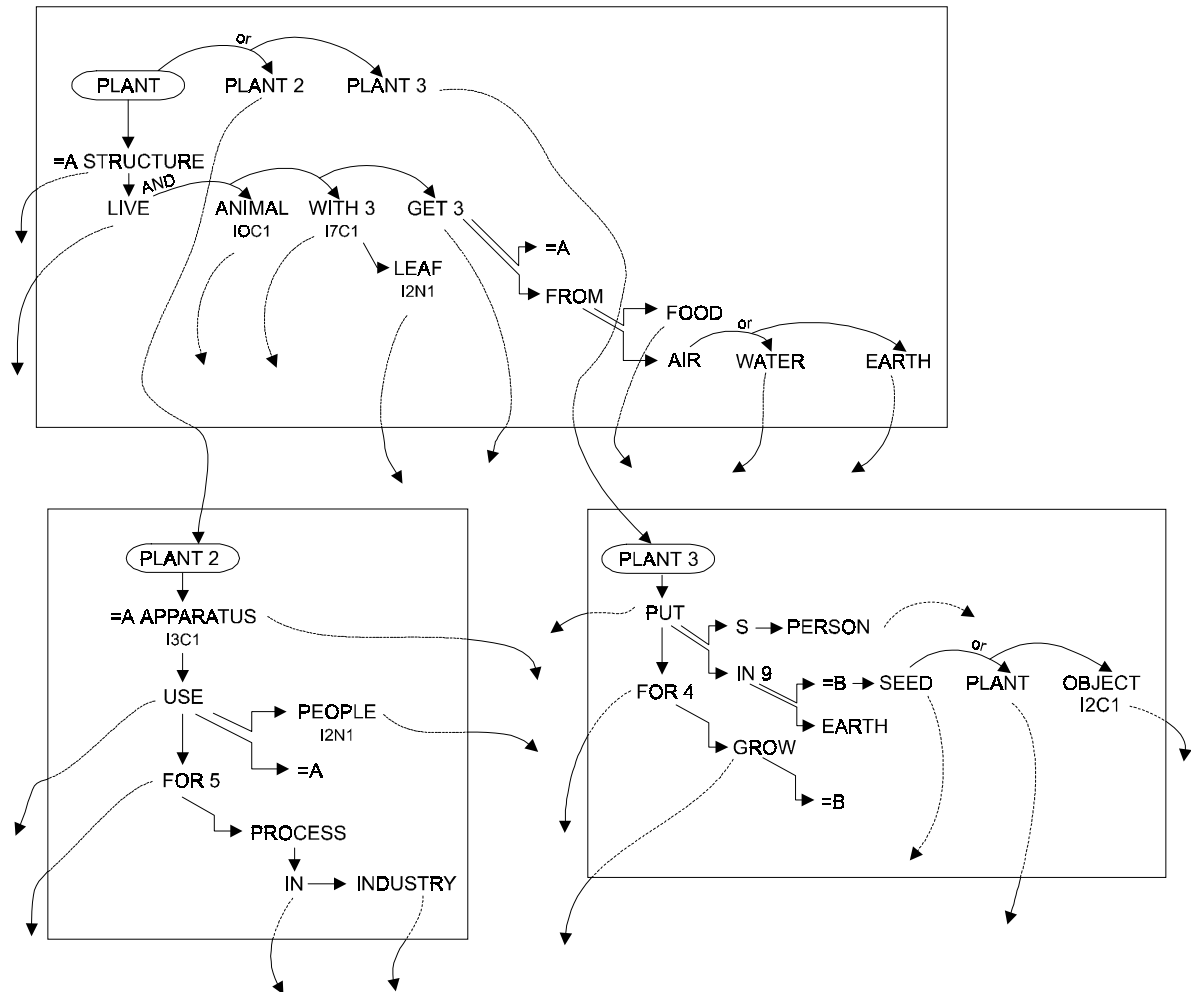


<i>Mrežne sheme</i>	<i>Logičke sheme</i>	<i>Proceduralne sheme</i>	<i>Okvir</i>
Semantičke mreže SCHOLAR Dijeljene semantičke mreže Strukturni opisi Propozicijske mreže NETL KRP	Propozicijska logika Predikatna logika Logičko programiranje Nemonotona logika Neizrazita logika	Produkcijski sustav PLANNER SHRDLU	Sustav okvira FRL KRL KL-ONE

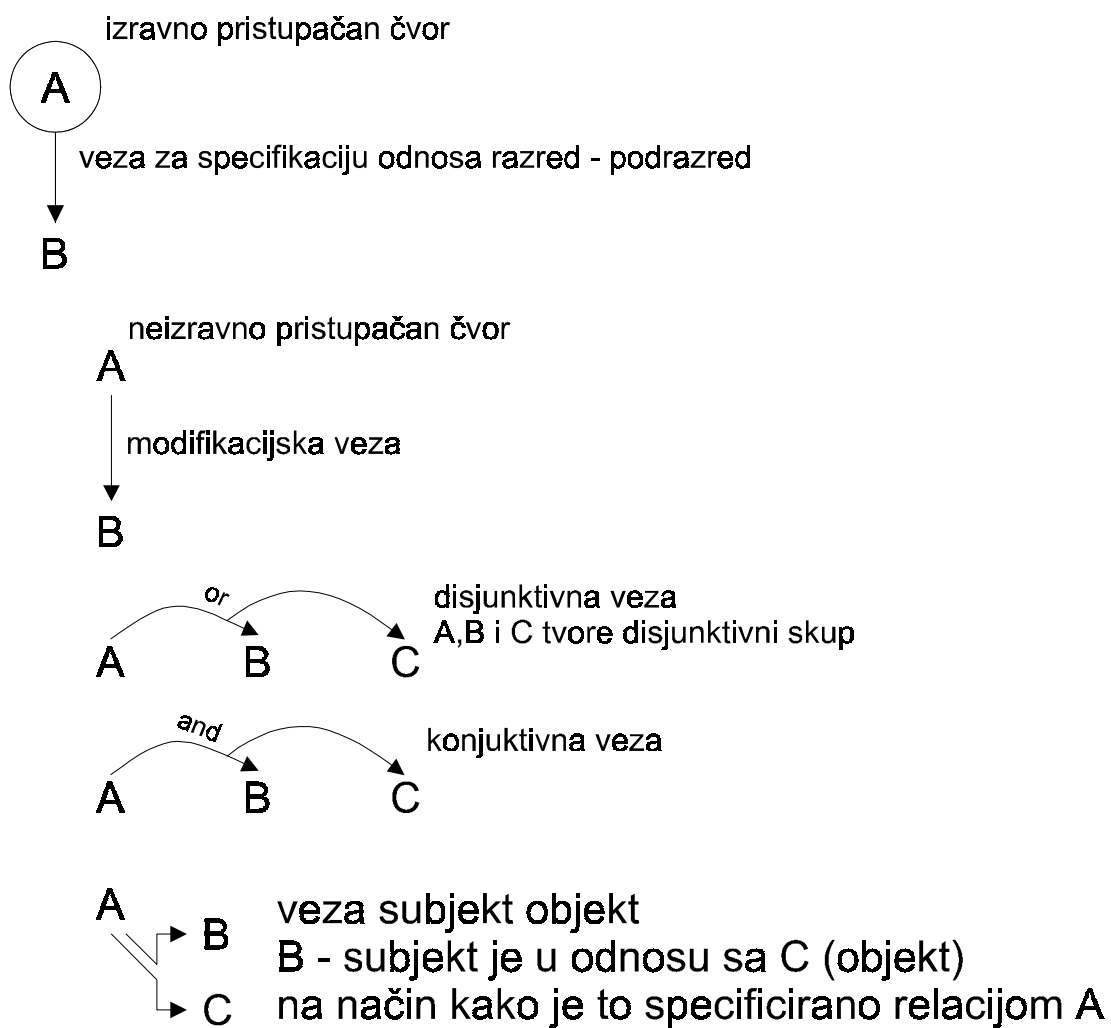
3.4. Semantičke mreže (R. Quillian, 1966., 1967.) – za modeliranje čovjekove asocijativne dugotrajne (longterm) memorije.

PLANT

1. Živa struktura koja nije životinja, obično s lišćem, dobiva hranu iz zraka ili vode ili zemlje
2. Operma i uređaji za neki proces u industriji
3. Posaditi (biljku, sjeme i sl.) u zemlju da raste

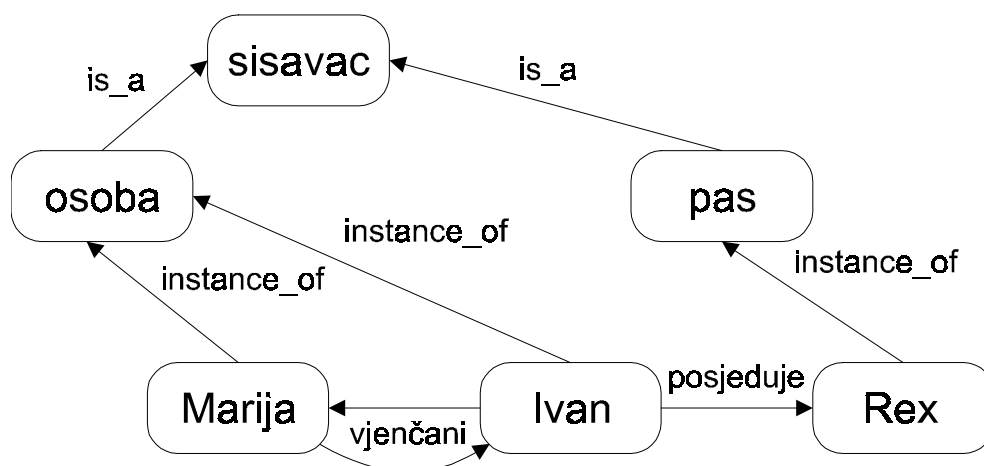


Semantička mreža – čvorovi povezani različitim vrstama asocijativnih veza koje su predočene usmjerenim lukovima u grafu.

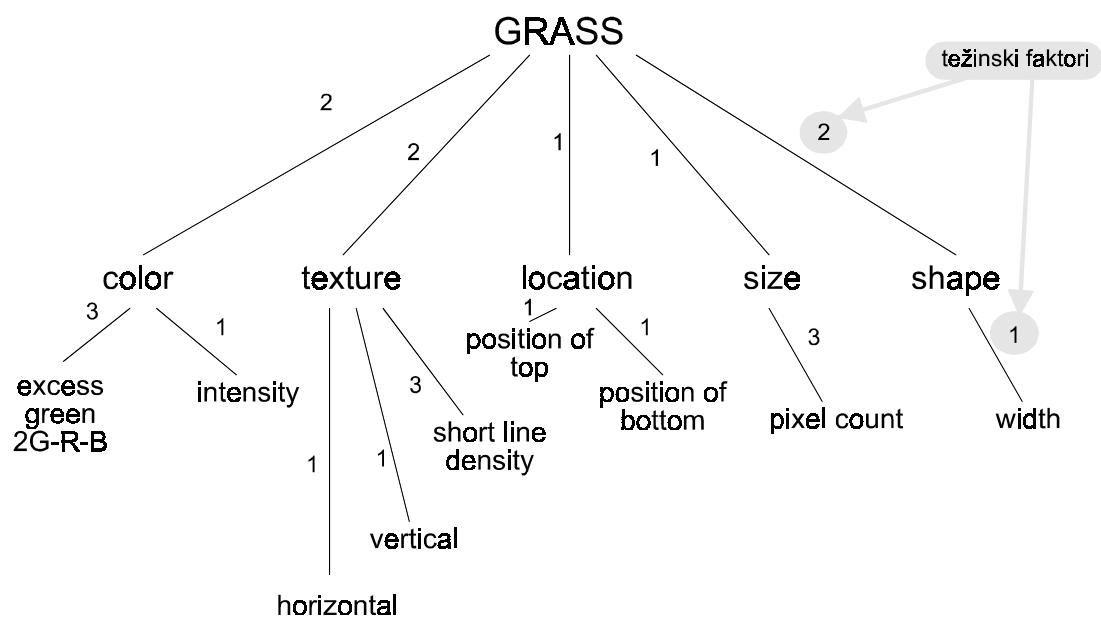


Uobičajene asocijativne veze u semantičkim mrežama:

- "IS-A" – dopušta prikaz hijerarhijskih odnosa između čvorova (razred – podrazred)
- "INSTANCE-OF" – prikaz primjera iz razreda
- "IS-A-PART" – dopušta prikaz građe složenog objekta

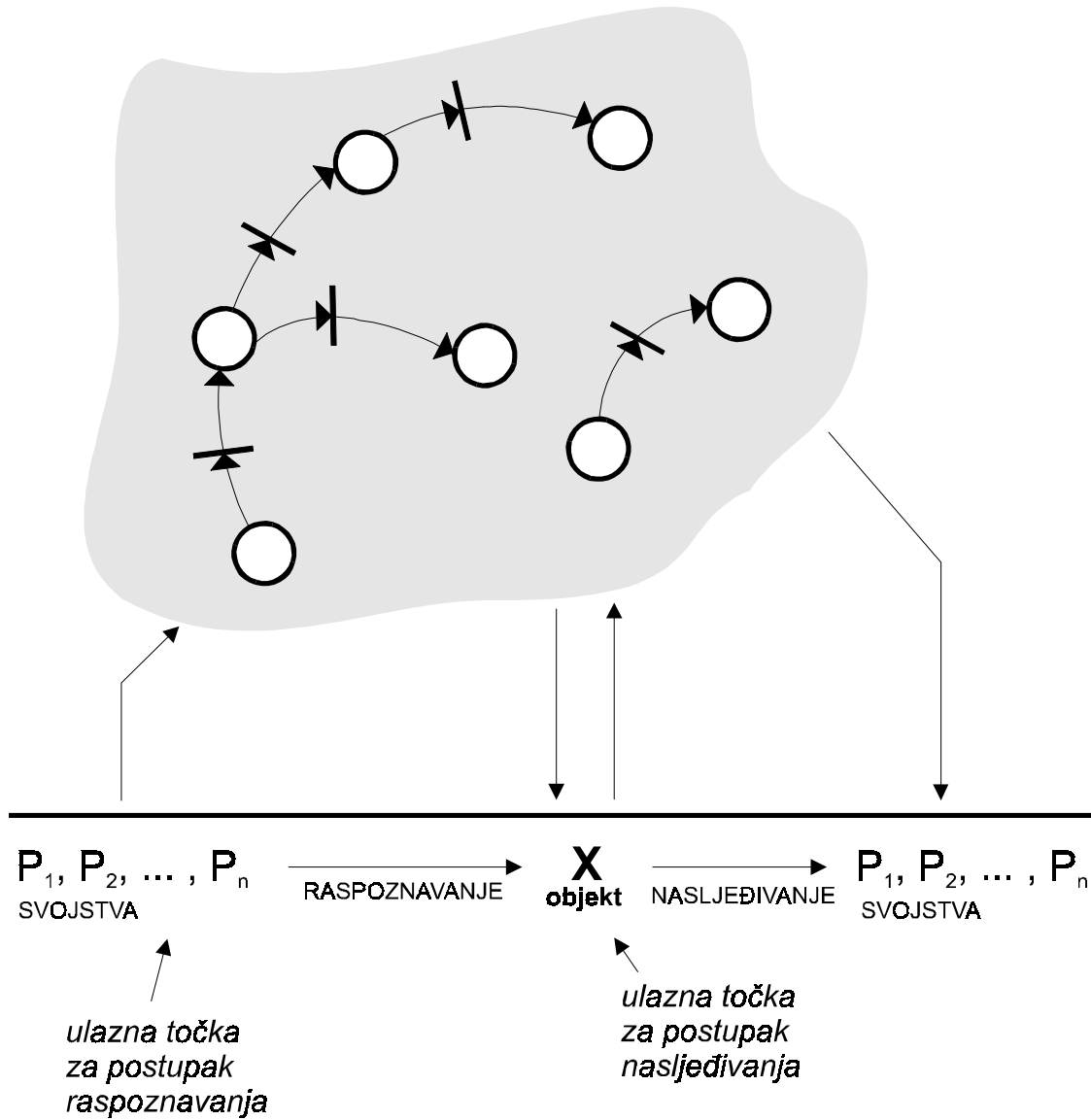


Detalj iz baze znanja u sustavu računarskog vida VISION



Postupci zaključivanja u mrežnim shemama

- Nasljeđivanje
- Raspoznavanje



3.5. Teorija okvira

Okvir: Zapamćena okosnica koja će se prilagoditi tako da odgovara stvarnoj (trenutnoj) situaciji.

Okvir – struktura podataka za prikaz stereotipnih situacija predočena mrežom čvorova i relacija među njima.

Više razine okvira su čvrste i predstavljaju stvari i činjenice koje su uvijek istinite u pretpostavljenoj situaciji.

Niže razine okvira imaju niz priključaka (terminala ili slotova) koji se moraju popuniti podacima za određenu situaciju

Zbirka okvira – sustav okvira

Podudaranje okvira (engl. Matching) → Prilagođavanje okvira → Zamjena okvira

