

Keywords: method, knowledge engineering, artificial intelligence, education

Ljubomir Jerinić, Zoran Budimac,
Dura Paunić i Mirjana Ivanović

U radu su opisane metode inženjerstva znanja kao podoblasti veštačke inteligencije, i mogućnosti primene tih metoda u obrazovanju. Kao najpogodnija metoda reprezentacije znanja za potrebe obrazovanja izabran je sistem okvira Marvina Minskog. Na osnovu takvog pristupa razvijen je programski sistem OSOF za prikupljanje, internu reprezentaciju i korišćenje znanja u svim vidovima i nivoima obrazovanja.

1. UVOD

Prema [1], veštačka inteligencija (VI) je deo računarskih nauka u kojima se projektuju inteligentni računarski sistemi, koji se ponašaju na način sličan inteligenciji u ljudskom ponašanju, za razumevanje prirodnih jezika, učenje, rezonovanje, rešavanje problema i sl. VI je interdisciplinarna nauka i potekla je iz istraživanja iz domena simboličke obrade podataka i dela psihologije o rasuđivanju. VI istražuje simboličku obradu i heurističke procese zaključivanja i rezonovanja, kao i predstavljanje znanja u obliku pogodnom za zaključivanje uz pomoć računara [2].

Osnovni pravci istraživanja u okviru VI su: razumevanje prirodnog govora, mašinsko učenje, automatsko programiranje, računarska vizija, inteligentna robotika, inženjerstvo znanja itd.

Razvojem računarske tehnologije i metoda VI u zadnjih deset godina, približavanjem računara svim uzrastima, kao i uvođenjem računara u škole, istraživačima VI obrazovanje postaje interesantno polje rada. Deo VI, inženjerstvo znanja, po svojoj definiciji, metodama i rezultatima postaje direktno primenljivo i u obrazovanju, sa ciljem krajnje individualizacije obrazovnog procesa. Davnašnja težnja da jedan nastavnik ili profesor obrazuje jednog učenika ovakvim pristupom postaje realnost, kao i napredovanje svakog učenika prema njegovim sposobnostima.

U radu se dalje opisuju metode inženjerstva znanja i njihova primena u obrazovanju. Data je definicija i klasifikacija načina predstavljanja znanja, prihvaćena u inženjerstvu znanja. Iskorišćena je metoda M. Minskog [6] za realizaciju univerzalnog programskog paketa OSOF [3] za primenu računara u obrazovanju.

2. INŽENJERSTVO ZNANJA

U ranom razdoblju istraživanja u ovoj podoblasti VI, do sredine 70-tih godina, težilo se (pod uticajem psihologije), iznalazenju opštih metoda rešavanja problema "ekspertize" znanja, zasnovanih na opštim principima zaključivanja sa psihološkog aspekta. Ovakav pristup se pokazao neefikasnim za Von Neuman-sku organizaciju računara i sa malom primenljivošću u praksi. Nedostatak je prevashodno što se unutar opšteg generalizovalo specifično znanje relativno disjunktne oblasti.

Krajem sedamdesetih godina se sa paradigme zasnovane na zaključivanju prešlo na novu paradigmu zasnovanu na znanju. Oblast delovanja istraživača inženjerstva znanja postaje istovetna sa oblastima delovanja stručnjaka iz pojedinih uskih oblasti: prikupljanje specifičnih znanja i iskustava, te potom i njihova primena u rešavanju određene grupe problema. Preduslov za ovakvo, heurističko, rešavanje problema je izbor pogodne reprezentacije relevantnog znanja kome inteligentni program može lako da pristupi, dok mehanizam zaključivanja, tj. mehanizam korišćenja tako memorisanog znanja treba da je jednostavan i zasnovan na tom znanju umesto na opštim principima ili nekakvim funkcijama komplikovanim za izračunavanje.

Ljudsko znanje se kodira određenim metodama u module koji se u mehanizmu zaključivanja aktiviraju uzorcima: "sirovi" podaci, "obrađeni" podaci, parcijalna rešenja, neočekivane situacije, greške i sl. Ovakvi uzoračko vođeni moduli imaju niz prednosti u odnosu na nekakav opšti algoritam zaključivanja:

- predstavljanje znanja u delovima je primereniji načinu memorisanja znanja eksperata,

- programiranje sa ovakvim modulima omogućava razvoj inteligentnih sistema u koracima, programi se lako modifikuju i proširuju, a greške unutar znanja se popravljaju bez izmene koda programa, i sl.

Proces konstruisanja jednog inteligentnog sistema obuhvata sledećih pet oblasti:

- prikupljanje i sistematizacija relevantnog znanja: od eksperta ili mašinskim učenjem na primerima,

- reprezentacija znanja: izbor pogodnog načina kojim se velika količina znanja može predstaviti pomoću simboličkih struktura podataka unutar računara, pogodnih za zaključivanje. Odabrana struktura treba da omogući fleksibilne izmene i dopune memorisanog znanja,

- primena znanja: planiranje i kontrola rešavanja problema, heurističko zaključivanje, tačnost i efikasnost rada inteligentnih procesa, koje memorisano znanje predstavlja,

- generisanje objašnjenja: interakcija računar-čovek, objašnjenje zašto je problem rešen na jedan a ne na neki drugi način, mogućnost učenja na greškama i uticanja čoveka na proces zaključivanja,

- obrazovanje: smešteno znanje se uz izvesne ograde može koristiti i za stvaranje

inteligentnih sistema učenja.

3. INŽENJERSTVO ZNANJA I OBRAZOVANJE

Računar u obrazovanju sa stanovišta nastave se može posmatrati kao novo nastavno sredstvo i kao upravljač nastavnog procesa. Za razliku od konvencionalnih nastavnih sredstava (grafoskop, diaskop, interna televizija, responderi i dr.) računar u nastavni proces unosi značajnu novinu - mogućnost obostrane komunikacije računar - učenik. Nijedno od konvencionalnih nastavnih sredstava ne može da odgovara na pitanja učenika i da na taj način usmerava nastavni proces. Kao upravljač nastavnog procesa, računar u obrazovanju se posmatra kao neposredni izvršioc nastavnog procesa kreiranog putem programske podrške i upravljač raznih pomoćnih uređaja nastavnog procesa (laboratorijski uređaji, responderi i dr.).

Ovakvo posmatrana primena računara u obrazovnom procesu otvara mogućnost primena metoda i tehnika inženjerstva znanja u obrazovanju i otvara novo polje istraživanja - projektovanje inteligentnih sistema učenja. Projektovanje ovakvih sistema učenja zahteva interakciju metoda inženjerstva znanja sa jedne strane i metoda pedagogije, metodike, didaktike i psihologije sa druge.

Pretpostavka da se znanje koje sadrže ekspertni sistemi standardnog tipa može iskoristiti i u svrhe obučavanja, demantuje se u praksi jer su takvi inteligentni programi loši učitelji [4]. Uzrok je upravo izostavljanje osnovnih principa pedagogije i metodike pri kreiranju programskih sistema čija je svrha prvenstveno konsultantska pomoć pri rešavanju problema.

Kreiranje posebnih inteligentnih sistema namenjenih obrazovanju, mora rešiti sledeće probleme:

- kako predstaviti znanje koje učenik treba da usvoji,
- kako opisati pojmove koji se usvajaju,
- kako usaglasiti mehanizam korišćenja takvog znanja sa metodičkim i pedagoškim principima usvajanja znanja,
- kako iskoristiti dobre osobine svih vrsta konvencionalnih načina prenošenja i usvajanja znanja: predavanje, testiranje, eksperiment, opažanje, programirana nastava i dr.

4. SISTEMI REPREZENTOVANJA ZNANJA

Znanje se može definisati kao simbolička reprezentacija činjenica i relacija među njima. Reprezentacija znanja je način predstavljanja znanja, kao i način kako se ono može povezivati sa drugim znanjem, koristiti za rešavanje novih situacija i izvoditi novo znanje.

U [8] reprezentacija znanja se definiše kao skup sintakasnih i semantičkih konvencija koje omogućavaju opisivanje stvari. Sintaksa reprezentacije je skup pravila za formiranje, kombinovanje i uređenje izraza u jeziku reprezentacije. Semantika reprezentacije određuje kako se sintakasnno valjani izraz koji reprezentuje znanje interpretira, tj. kako se iz date forme može izvesti i koristiti znanje.

Reprezentacija znanja je bitan element inženjerstva znanja koji omogućava sistematičan način kodiranja znanja stručnjaka o nekom problemu unutar neke šire kategorije. Ona implicitno obuhvata i organizaciju podataka u računaru za memorisanje znanja. Postoji niz notacijskih sistema za predstavljanje znanja u računaru. Zajednička karakteristika svih je da treba da obezbede brz pristup znanju i da se znanje može lako koristiti pomoću manje-više prirodnih mehanizama zaključivanja ili izvođenja. Programeru nakon odabiranja

notacijskog sistema ostaje da izabere najpogodniju strukturu podataka koja se implementira zadržavajući sve dobre osobine izabranog notacijskog sistema.

Važni kriterijumi za izbor notacijskog sistema i organizaciju podataka za reprezentaciju znanja su:

- logička dovoljnost tj. da formalizam može na pogodan način da opiše znanje,
- efikasnost pristupa pri obradi znanja,
- iskoristivost, tj. reprezentovano znanje se može upotrebiti u rešavanju problema za koje su ta znanja dovoljna.

Za reprezentaciju znanja u primeni inženjerstva znanja se koriste sledeći formalizmi: produkcijska pravila, strukturni objekti i predikatska logika.

Svi navedeni formalizmi se implementiraju sami ili u nekoj kombinaciji, u uzoračko vođenim sistemima. Struktura podataka koja pretstavlja unutrašnju reprezentaciju izabranih formalizama predstavljanja znanja je zavisna od problema koji se rešava, sistema zaključivanja, interpretatora mehanizma procesiranja znanja, računara na kome se implementira i programskog jezika izabranog za realizaciju određenog inteligentnog sistema.

Sistemi koji koriste neki od navedenih formalizama, se sastoje od niza relativno nezavisnih modula koji omogućavaju prikupljanje i memorisanje znanja, formiranje odgovarajuće unutrašnje reprezentacije znanja, korišćenje prikupljenog znanja i sl.

Produkcijska pravila su formalizam za predstavljanje znanja koji se koristi i u teoriji automata, formalnim jezicima i dizajniranju programskih jezika. Sastoje se od skupa pravila oblika:

$$\text{if } (P_1 \wedge \dots \wedge P_n) \text{ then } (A_1 \wedge \dots \wedge A_m),$$

gde su $P_i, i=1, \dots, n$ uslovi, $A_j, j=1, \dots, m$ zaključci. Uslovi su trojke objekt - atribut - vrednost oblika:

(Bor je_rudnik bakar)

dok su zaključci akcije koje se preduzimaju ako su uslovi zadovoljeni.

Korišćenjem ovog formalizma kodiraju se iskustvene veze (asocijacije) između uzoraka podataka i akcija koje sistem treba da preduzme kao posledicu zadovoljenosti uslova. Produkcijskim pravilima se kodiraju dva tipa znanja: opšte znanje relevantno za problem koji se opisuje tim znanjem i specifično znanje važno za posebne primene koje će koristiti to znanje. To specifično znanje se može i reprezentovati tradicionalnim tehnikama predstavljanja znanja u bazama podataka. Neodređeno znanje koje, se takode može koristiti je predstavljen trojkom:

$$\text{if } (P_1 \wedge \dots \wedge P_n) \text{ then}$$

$$(A_1 \wedge \dots \wedge A_m) \text{ with } V(0.7)$$

gde je $V(0.7)$ verovatnoća da $(P_1 \wedge \dots \wedge P_n)$ izvodi $(A_1 \wedge \dots \wedge A_m)$.

Predikatska logika, u čijoj osnovi je propozicioni i predikatski račun, razvojem logičkog programiranja i logičkih programskih jezika, se koristi i kao sistem predstavljanja znanja. Znanje se predstavlja pomoću formula, kao napr.:

$$\text{Svako voli nekog } (\Leftrightarrow) (\forall x) (\exists y) (\text{voli}(x y))$$

Ovakav načina opisivanja znanja se koristi u

reprezentaciji opštih činjenica za razliku od produkcijskih pravila u kojima znanje predstavlja iskustvene činjenice.

Strukturni objekti su opšti izraz za bilo koju šemu reprezentacije znanja. Osnovni delovi strukturnih objekata su analogni čvorovima i vezama u teoriji grafova, otvorima ("slot") i markerima teorije okvira ("frame"), ili otvorima i puniocima ("filler") konvencionalnih struktura podataka tipa slog. Oni obuhvataju sledeće formalizme: semantičke (asocijativne mreže), okvire, objektno orjentisane sisteme, strukture konceptualne zavisnosti ili skripte.

Predikatska logika i produkcijski sistemi kao formalizmi predstavljanja znanja se koriste za reprezentovanje različitih aspekata okoline. Međutim, u opštem slučaju, oni ne dozvoljavaju da struktuiramo znanje o toj okolini. Strukturni objekti uključuju mogućnost reprezentovanja strukture znanja, grupisanjem delova znanja u celine i relacija među znanjem, kao i pokazivača na akciju koja se preduzima korišćenjem tog znanja. Takođe se unutar strukturnih objekata predviđa rad sa podrazumevanim (default) vrednostima, otkrivanje grešaka kao i rad sa nepotpunim znanjem. Sve ove nabrojane osobine su direktno primenljive u predstavljanju znanja za obrazovne svrhe.

5. PREDSTAVLJANJE ZNANJA U SISTEMU OSOF

Znanje za potrebe obrazovanja se može organizovati u nastavne sekvence (lekcije) koje se sastoje od skupa međusobno povezanih članaka (pojmova). Članak sadrži minimalnu količinu zaokruženog znanja koga učenik treba da savlada u jedinici vremena.

Svaki članak se sastoji od naziva, teksta kojim je on opisan, grafičke ilustracije ili simulacije i proizvoljnog broja zadataka kojim se može proveriti i utvrditi znanje opisano u članku.

Zadatak je opisan tekstom, slikom ili simulacijom, a odgovor se može eksplicitno uneti, odabrati od niza ponuđenih alternativa ili odabrati iz dve grupe ponuđenih alternativa, uparivanjem.

Alternative su opisane tekstom, a svaki mogući odgovor sadrži i informaciju o daljem toku učenja u slučaju da je učenik odgovorio na odgovarajući način ili odabrao određenu alternativu kao svoj odgovor na postavljeni zadatak.

U sistemu OSOF iskorišćena je metoda okvira za pretstavljanje ovako organizovanog znanja. Okvir se sastoji od skupa imenovanih slotova koji sadrže vrednosti ili pokazivače na druge okvire [5]. Struktura podataka koja odgovara navedenoj reprezentaciji i organizaciji znanja zapisana u pseudo jeziku za opis okvira je:

```
Begin Sekvenca
  ( Ime: Niska;
    F Početak: Članak )
Begin Članak
  ( Pojam: Niska;
    Opis: Niska, Simulacija, Slika;
    F Pitanje: Zadatak )
End;
Begin Zadatak
  ( Opis: Niska, Simulacija, Slika;
    F Sledeći: Zadatak;
    F Odgovor: Alternativa )
End;
Begin Alternativa
  ( Opis: ( Izbor, Otvoreni odgovor,
           Uparivanje );
    F Akcija: ( Članak, Zadatak,
```

```
      Dopuna_opisa, Kraj );
    F Sledeći: Alternativa )
End;
Begin Kraj
  ( Ime: Niska;
    F Akcija: ( Sekvenca, Članak, 'Exit' ) )
End;
```

U okvirima Sekvenca, Članak, Zadatak i Kraj "Niska" označava tekst proizvoljne dužine, "Simulacija" proceduru za simuliranje nekog procesa, a "Slika" proceduru za grafički prikaz proizvoljne slike. Unutar okvira Alternativa mogući zadaci koje učenik treba da izvrši su: "Izbor" - na postavljeni zadatak se odgovara izbor jedne od navedenih alternativa, "Otvoreni odgovor" - zahtev za eksplicitni upis rešenja i "Uparivanje odgovora" - postavljeni zadatak se rešava uparivanjem odgovarajućih alternativa iz dva skupa. Na osnovu učenikovog rešenja zadatka, akcija računara se odvija prelaskom na: jedan od okvira Članak, Zadatak i Kraj, ili grupu okvira Članak koji pružaju dodatno objašnjenje nejasnog opisa ("Dopuna opisa"). Oznaka F ispred imena slotova označava da je njegova vrednost pokazivač na okvir.

6. SISTEM OSOF

Sistem OSOF [3] je razvijen u Institutu za matematiku u Novom Sadu i sastoji se iz modula za prikupljanje znanja TEA, njegovu internu reprezentaciju po opisanoj shemi i dva modula elementarnog korišćenja za usvajanje znanja: izborom alternativa - LEA i testiranjem - EXA. Realizovan je program vodenim menijima i izuzetno je jednostavan za korišćenje, te od nastavnika i učenika ne zahteva nikakvo znanje o ustrojstvu računara niti znanje programiranja. Primenom sistema zaključeno je da je odabrana metoda okvira pogodna za primenu u obrazovanju.

LITERATURA:

1. Barr A., Feigenbaum E. A., Handbook of Artificial Intelligence, Stanford University Computer Science Dept, Stanford, (1980), USA
2. Buchanan B. G., Feigenbaum E. A., Dendral and Meta-Dendral: their applications dimension, Artificial Intelligence, 11(1,2), 5-24, (1978), USA.
3. Paunić D., Jerinić Lj., Budimac Z., Ivanović M., Univerzalni programski paket za primenu računara u nastavi, u štampi.
4. Clancey W. J., Methodology for building an intelligent tutoring system, from "Methods and tactics in Cognitive Science", Lawrence Erlbaum Publishers, (1983), USA.
5. Frost R., Introduction to Knowledge Based Systems, Collins, London, (1986), Great Britain.
6. Ivanović M., Jerinić Lj., Paunić D., Budimac Z., On knowledge representation in education, Review of research, Institute of Mathematics, Novi Sad, (1988), (u štampi).
7. Nilsson N. J., Principles of Artificial Intelligence, Tioga Publishing, Palo Alto, (1980), USA.
8. Winston P., Artificial Intelligence, Addison - Wesley, Reading, (1977), USA.