

# Model traganja – dijagnostička tehnika inteligentnih tutorskih sustava

Ani Amžić, Slavomir Stankov, Marko Rosić

Zavod za informatiku  
Fakultet prirodoslovno-matematičkih znanosti i odgojnih područja Sveučilišta u Splitu  
Teslina 12, 21000 Split, Hrvatska  
Telefon: (385) 21-38 51 33-105, Fax: (385) 21-38 54 31,  
E-mail: ani.amizic {slavomir.stankov, marko.rosic}@pmfst.hr

**Sažetak -** Obrazovni sustav je zajednica u kojoj u procesu učenja i poučavanja sudjeluju učenici i učitelji. Inteligentni tutorski sustavi (ITS) su računalni sustavi namjenjeni potpori i poboljšanju procesa učenja i poučavanja u odabranom područnom znanju. Tutor - Expert System (TEx-Sys) je hipermedijska autorska ljuska koja služi za izgradnju inteligentnih tutorskih sustava.

«Živi» učitelji kod ispitivanja učenika promatraju redosljed učenikovih akcija pri odgovaranju (npr. učenik pogriješi, pa se sam ispravi i odgovori točno), zatim pamte broj i vrstu učenikovih pogreški, te broj pitanja ili neke druge vrste pomoći koja se koristila da bi pomakla učenika iz «mrtve točke». Na osnovi ovakvih informacija učitelji ocjenjuju učenikovo znanje. U vezi s tim tutorski sustav koji promatra samo krajnji rezultat tj. odgovor učenika, ne može pravedno i potpuno ispravno ocijeniti njegovo znanje. Odlučili smo dograditi postojeći sustav ocjenjivanja praćenjem (eng. *tracing*) ovakvih situacija koristeći dijagnostičku tehniku model traganja (eng. *model tracing*). Ovisno o broju pojavljivanja određenih situacija kao i završnog stanja, sustav generira ocjenu i preporuku za daljni rad te pruža učeniku pomoć kada procijeni da mu je ta pomoć potrebna.

Programski modul *PomoćČvor* temelj je strategije razrješavanja učenikovih pogrešaka. Sustav koji traži od učenika doslovno pamćenje pojmova neprecizno ocjenjuje učenikovo znanje jer ne može ispitati viši stupanj znanja, a to je razumjevanje pojmova, već samo doslovnu reprodukciju područnog znanja. Ponekad učenik daje točan odgovor, ali ga izražava na drugi način.

## I. UVOD

Modul učitelja inteligentnog tutorskog sustava smatramo komponentom čije djelovanje možemo lakše objasniti ako ga, možda previše generalizirano, smatramo tutorom u pravom smislu te riječi. Tutor bi morao znati što učenik zna, koja je razina njegovih sposobnosti, njegovo predznanje. Osim toga, tutor mora odabrati da li će zanemarivati pogrešku koju je učenik napravio, istaknuti tu pogrešku, ispraviti pogrešku ili na neki način voditi učenika prema prepoznavanju i ispravljanju pogrešaka vlastitim snagama.

Učenik u procesu učenja i poučavanja u sustavu TEx-Sys koristi programski modul *Learning and Teaching*, dok u postupku provjeravanja svojeg znanja putem prekrivanja sa znanjem učitelja (engl. *overlay method*) koristi module *Testing* i *Evaluating*. Programski modul *Quiz* služi za provjeravanje znanja putem kviza ([1]). Naša je pozornost u ovom radu usmjerena na određena poboljšanja koje treba

izvršiti u procesu provjeravanja znanja učenika pomoću metode prekrivanja. Temeljna pretpostavka za bolje razumjevanje činjenica iznesenih u ovom radu je poznavanje strukture sustava i prikaza znanja u sustavu TEx-Sys (detaljnije u [1] i [6]).

Polazimo od postavke da za konačnu ocjenu nije dovoljno uzimati samo završna stanja, već treba promatrati i međustanja. Naime, o učenikovu znanju više nam mogu kazati njegovi postupci kao što su: (i) dodavanje i brisanje određenih tipova čvorova i veza; (ii) korištenje pomoći (INFO) te konačno (iii) broj poziva i način korištenja modula *PomoćČvor*. Promatranjem svih ovih situacija može se uočiti učenikova nesigurnost, a možda čak i neznanje, koje sustav TEx-Sys dosada nije uzimao u obzir pri ocjenjivanju učenikova znanja. Zato smo odlučili nadopuniti sustav ocjenjivanja praćenjem (eng. *tracing*) ovakvih situacija. Ovisno o broju pojavljivanja određenih situacija te na osnovu završnog stanja, sustav generira ocjenu i preporuku za daljni rad.

## II. MODELIRANJE UČENIKA

Karakteristika većine inteligentnih tutorskih sustava je da zaključuju o tome kako učenik razumije dano gradivo i to iskoriste da bi poučavanje prilagodili učenikovim potrebama. Ovakvo zaključivanje još se zove i postavljanje dijagnoze. Dijagnostički sustav ITS-a nam otkriva skriveno stanje spoznaje učenika na temelju promatranog ponašanja. On mora zaključiti što je učenik mislio i čime se bavio tijekom učenja. Trenutačno stanje učenikova znanja predstavljeno je modelom učenika. Učenikov model je skup podataka, a dijagnoza je proces manipulacije tim podacima.

Problem oblikovanja ovih dviju komponenti naziva se problem modeliranja učenika ([2]). VanLehn (1988) koristi: (i) tri dimenzije učenikova modela od kojih svaka ima tri svoje dimenzije (vidi Tablicu I), kao i (ii) devet dijagnostičkih tehnika (vidi Tablicu II) koje odgovaraju pojedinim učenikovim modelima.

Analiziranjem svih navedenih tehnika dijagnosticiranja te analiziranjem strukture sustava TEx-Sys, zaključili smo da bi rješavanju problema modeliranja učenika u ovom sustavu najbolje odgovarala dijagnostička tehnika pod nazivom – *model traganja* (eng. *model tracing*).

TABLICA I  
TRI DIMENZIJE UČENIKOVA MODELA

1) <b>Obuhvat ulaznih podataka</b> – koliki dio učenikove aktivnosti je dostupan programu za dijagnozu?
a) <i>Približna mentalna stanja</i> – dostupne su sve aktivnosti (i fizičke i umne)
b) <i>Međustanja</i> – dostupna je sva vidljiva aktivnost tijekom rješavanja problema
c) <i>Konačna stanja</i> – dostupno je samo konačno stanje (odgovor)
2) <b>Tip znanja</b> – kojeg je tipa znanja dano građivo?
a) <i>Ravninsko postupkovno</i> – postupkovno znanje bez podciljeva
b) <i>Hijerarhijsko postupkovno</i> – postupkovno znanje s podciljevima
c) <i>Deklarativno</i>
3) <b>Razlike između učenika i eksperta</b> – kako se učenikov model razlikuje od ekspertova modela?
a) <i>Prekrivanje</i> – neki pojmovi iz ekspertovog modela nedostaju u učenikovu modelu
b) <i>Knjižnica pogrešaka</i> – uz pojmove koji nedostaju, učenikovi modeli mogu imati i netočno (pogrešno) znanje. Pogreške dolaze iz ranije definirane knjižnice
c) <i>Djelomične knjižnice pogrešaka</i> – pogreške se sakupljaju u procesu učenja i poučavanja i time vjerno ocrtavaju ponašanje učenika

TABLICA II  
DIJAGNOSTIČKE TEHNIKE

Tip znanja Obuhvat ulaznih podataka	Ravninsko postupkovno	Hijerarhijsko postupkovno	Deklarativno
<b>Približna mentalna stanja</b>		<u>Model traganja</u>	
<b>Međustanja</b>	Parcijalno traganje	Plan raspoznavanja	Ekspertni sustav
<b>Konačna stanja</b>	Put otkrivanja Uvjet vođenja	Stablo odluke Napravi i testiraj Interaktivna dijagnoza	Napravi i testiraj

### III. MODEL TRAGANJA

Model traganja pretpostavlja da je cjelokupno relevantno učenikovo mentalno stanje dostupno dijagnostičkom programu. Osnovna ideja je u primjeni nedovoljno determiniranog prevoditelja za modeliranje procesa rješavanja problema. U svakom koraku procesa rješavanja problema, ovakav prevoditelj može predložiti čitav skup pravila koja se mogu primjeniti. Algoritam za dijagnostiku aktivira sva predložena pravila, te postiže skup mogućih sljedećih stanja. Jedno od ovih stanja mora odgovarati stanju koje je učenik proizveo. Ime “model traganja” proizlazi iz činjenice da dijagnostički program prati izvršavanje u modelu i to uspoređuje s aktivnosti učenika.

Ulazni podaci potrebni ovom algoritmu su:

1. znanje eksperta i problem koji rješava učenik
2. skup produkcija
3. učenikov odgovor koji želimo pronaći (eng. trace)

Izlazni podaci su:

1. Istina ili laž ovisno o tome da li je učenikov odgovor pronađen.
2. Ako je odgovor pronađen, izlazni podaci su nizovi ulančanih produkcija. Ako algoritam nije uspio pronaći niz produkcija koje su mogle generirati

učenikov odgovor, kažemo da je učenikov odgovor neinterpretiran.

Postoje i produkcije kojima pronalazimo pogrešne učenikove odgovore, tj. takve odgovore činimo sustavu razumljivima. Ove “buggy” produkcije koriste se da bi dale smisao učenikovu odgovoru čak i kada je učenik napravio nekoliko pogrešnih koraka.

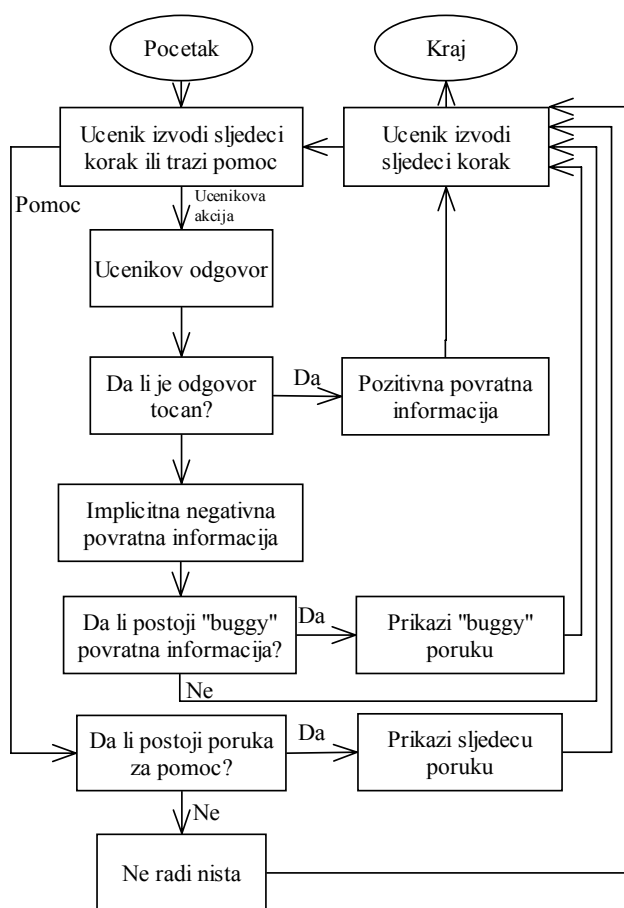
Da bi učenika obavjestio o njegovim postupcima, sustav generira povratnu informaciju i to na dva načina:

1. “buggy” povratna informacija
2. savjeti ili pomoć

Svako “buggy” pravilo generira poruku o napravljenoj pogrešci kao povratnu informaciju. Savjeti ili pomoć se daju kada ih zatraži učenik ili kada sustav procjeni da su učeniku potrebni. Tada sustav generira niz produkcija koje predstavljaju kognitivni korak koji bi učenik trebao napraviti da dođe do sljedećeg koraka u rješavanju problema. Taj niz produkcija generira niz savjeta koje će sustav ponuditi učeniku.

Model traganja pokušava dinamički simulirati učenikovo rješavanje problema i koristi tu simulaciju za interpretiranje učenikova ponašanja. Ova dijagnostička tehnika se zasniva na prethodno zadanom katalogu produkcija. Traganje se pokreće nakon svake učenikove akcije i koristi se za nadgledanje učenika tijekom rješavanja problema.

### A. Prigovori postojećoj verziji sustava TEx-Sys



Slika 1. Tradicionalna arhitektura modela traganja

Model traganja se temelji na ideji analiziranja učenikova procesa razmišljanja rekonstruirajući, korak po korak, proces donošenja zaključaka kojim je učenik prolazio pri rješavanju problema. Da bi se realiziralo ovakvo "traganje", potrebno je imati na raspolaganju područno znanje eksperta i katalog stereotipnih pogrešaka. Za svaki učenikov korak ova dijagnostička tehnika pokušava prepoznati ulazne informacije i znanja koja je učenik koristio da bi došao do odgovarajućih izlaznih informacija.

VanLehn u [2] postavlja sljedeća pitanja u vezi valjanosti ove dijagnostičke tehnike:

1. Što bi sustav trebao učiniti ako učenik ne slijedi ni jedno od pravila u modelu?
2. Pretpostavimo da učenik generira sljedeća stanja pogađanjem ili greškama. Sustav će netočno podrazumijevati kako učenik poznaje odgovarajuće pravilo.
3. Kada sustav mora mijenjati svoje mišljenje o učenikovom modelu?

Modul *Testing* sustava TEx-Sys je modul za ispitivanje učenikovih znanja. Na postojećoj razini razvijenosti funkcionira na sljedeći način:

1. Generira se zadatak odabirom baze znanja i jednog od tri tipa problema
2. Ovisno o tipu problema, kroz testiranje je potrebno dodati čvorove i veze koje nedostaju u bazi <ZADATAK> (NEDOSTAJUĆI čvor, NEDOSTAJUĆA veza), izbrisati veze koje su ZADANE POGREŠNE, DODANE POGREŠNE, NOVE, prepoznati čvorove BEZ PROMJENE i veze BEZ PROMJENE
3. Moguće je koristiti Info (Slika 2) koji daje informacije o broju dodanih čvorova, brisanih čvorova, nedostajućih čvorova, čvorova bez promjene i novih čvorova te brisanih pogrešnih veza, dodanih točnih veza, veza bez promjene, nedostajućih veza, zadanih pogrešnih veza, brisanih točnih veza, dodanih pogrešnih veza i novih veza
4. Kada ste napravili sve što ste trebali ili znali završavate testiranje

Nakon testiranja može se izabrati modul *Evaluating* gdje će se dobiti informacije o znanju ili neznanju učenika.

1. *Analytics* – prikaz statusa čvorova i veza
2. *Diagnostic* – prikaz maksimalnog broja bodova, ostvarenog broja bodova
3. *Statistic* – prikaz tablice sa skupnim numeričkim podacima o statusu čvorova i veza po tipovima

Slijedi konačno posebno ocjena za čvorove i ocjena za veze kao i kratki opis što se trebalo napraviti, a što se napravilo.

Živi učitelji pri ispitivanju učenika ne obraćaju pažnju samo na njegove odgovore. Dapače, oni promatraju redoslijed učenikovih akcija pri odgovaranju (npr. učenik pogriješi, pa se sam ispravi i odgovori točno), zatim pamte broj i vrstu učenikovih pogreški, te broj pitanja ili neke druge vrste pomoći koja se koristila da bi pomakla učenika iz «mrtve točke». Na osnovu svih ovih podataka učitelji ocjenjuju učenikovo znanje.

Inteligentni tutorski sustav koji promatra samo krajnji rezultat tj. odgovor učenika, ne može pravedno i potpuno ispravno ocijeniti učenika. Stoga je potrebno modificirati modul *Testing* sustava TEx-Sys dodavanjem novih funkcija, a to znači programskih modula koji će pratiti učenikove korake i na temelju tih podataka donijeti dodatne zaključke o učenikovom znanju. Tako dobiveni podaci o učenikovu znanju pridonjeti će preciznosti ocjenjivanja učenika u modulu *Evaluating*.

Nodes status		Links status	
Added	5	Correct deleted	0
Deleted	0	Wrong deleted	0
Missing	16	Correct added	0
New	1	Wrong added	1
No changes	23	Missing	42
		New	1
		Correct given	12
		Wrong given	0

OK

Slika 2: INFO

### B. Situacije i produkcijska pravila

Za početak uočavamo četiri početne akcije koje učenik uvijek ima na raspolaganju kad krene s rješavanjem problema:

1. dodavanje čvora
2. brisanje čvora
3. dodavanje veze
4. brisanje veze

Definiramo slijedove elementarnih događaja, tj. učenikovih postupaka (akcija, koraka) i nazivamo ih *situacijama* (u nastavku ćemo situacije kraće označavati sa *s*).

Svaki događaj opisan je statusom određenog čvora ili veze. Koristeći sintaksu i semantiku statusa čvorova i veza ([1]), elementarnim događajima te kombinacijama tih događaja, pridjeljene su šifre radi njihova lakšeg označavanja i razlikovanja.

Učeniku su na raspolaganju samo tri vrste akcija: *dodavanje*, *brisanje* i *INFO*. Posebno se promatraju situacije koje su nastale kao rezultat akcija nad čvorovima, a posebno situacije nastale kao rezultat akcija nad vezama jer se pri baratanju s čvorovima i vezama ne radi o istim mentalnim procesima. Ono što je pohranjeno u verbalnom dugoročnom pamćenju obično se iskazuje (upotrebljava) u jednom od dva glavna oblika: kao tvrdnja ili kao intelektualna vještina. Tvrdnja je rečenica koja najčešće sadrži jedan bitan pojam. Tvrdnje su povezane u mreže tvrdnji, preko asocijacija među pojmovima. Intelektualna vještina sastoji se od pojmova i pravila, i to u obliku plana akcije (kako treba nešto uraditi) ([3]). Kada učenik dodaje ili briše čvorove smatramo da on barata s tvrdnjama, dok povezivanje dva čvora ili brisanje veze između dva čvora čini intelektualnu vještinu. Bolje rečeno, čvorovi iskazuju poznavanje objekata područnog znanja, tj. činjenica područnog znanja u izabranoj bazi znanja. Vezama se iskazuje misaoni proces uopćavanja činjenica područnog znanja, tj. odnos među objektima u izabranoj bazi znanja.

Uočeno je da je dovoljno pamtit tri zadnja učenikova koraka i paziti na njihove kombinacije, tj. promatraju se situacije koje su rezultat tri događaja. Razlog tomu je činjenica da su učeniku na raspolaganju samo tri vrste akcija: dodavanje, brisanje ili INFO.

Definiramo podskup *S* skupa svih situacija *s*, koji sadržava samo one situacije koje utječu, pozitivno ili negativno, na donošenje zaključka o učenikovim sposobnostima i znanju ([4]). Definiramo particiju skupa *S* koju čine dva disjunktna podskupa *C* i *V* skupa *S* (tj.  $C \cap V = \emptyset$ ), tj.  $S = C \cup V$ , tako da vrijedi:

$$C = \{ \text{situacija } s \in S \mid \text{elementarni događaji situacije } s \text{ su učenikove akcije nad čvorovima} \}$$

$$V = \{ \text{situacija } s \in S \mid \text{elementarni događaji situacije } s \text{ su učenikove akcije nad vezama} \}$$

Da bi olakšali objašnjavanje i korištenje situacija, uveli smo zapisivanje situacije u obliku produkcijskog pravila iskazanih s pseudokodom (vidi Pseudokod 1.).

```

Ako je <Događaj1> .veznik.
      <Događaj2> .veznik.
      ...
      <DogađajN>
Tada
      <Indikator_Ocjene>=<Indikator>
Tiskaj:
      Tekst produkcijskog pravila.
KrajAko

```

Pseudokod 1: Forma produkcijskog pravila za čvorove i veze

gdje je:

<DogađajM> jedan od elementarnih događaja ili njihovih kombinacija

veznik je "i" ili "ili"

<Indikator> je <Znanje> ili <Neznanje>

Tekst produkcijskog pravila je uputa za daljni rad.

Situacije iz skupa *C* opisali smo produkcijskim pravilima u kojima su <DogađajM> događaji za čvorove (produkcijska pravila za čvorove), a situacije iz skupa *V* produkcijskim pravilima u kojima su <DogađajM> događaji za veze (produkcijska pravila za veze). Dakle, svako produkcijsko pravilo daje objašnjenje učenikovih postupaka i uputu za daljni rad.

### C. Ulazni i izlazni podaci modela traganja

Ulazni podaci potrebni ovom algoritmu su:

1. Baza <ZADATAK>
2. Skup produkcija (produkcijiska pravila za čvorove i veze)
3. Učenikov odgovor koji želimo pronaći (situacija)

Izlazni podaci su:

1. Ako za određenu situaciju postoji produkcijsko pravilo koje je opisuje, tada je odgovor pronađen i izlazni podatak je tekst tog produkcijskog pravila.
2. Ako za određenu situaciju ne postoji produkcijsko pravilo koje je opisuje, to ne znači da je taj učenikov odgovor neinterpretiran. To znači da ta situacija pripada ovom skupu situacija koje bitno ne utječu na predodžbu o učenikovu znanju pa ih i nije potrebno detaljno opisivati produkcijskim pravilima.

Ovim je odgovoreno na prvo VanLehn-ovo pitanje. Naime, učenik uvijek slijedi jedno od pravila u modelu jer ne postoji niz od tri događaja koji ne bi bio izlazni podatak ovog algoritma.

Većina produkcija kojima opisujemo učenikove odgovore, tj. situacije, su tzv. “buggy” produkcije. Nazivamo ih “buggy” zato što uz njihovu pomoć pronalazimo pogrešne učenikove odgovore, tj. takve odgovore činimo sustavu razumljivima. Ove “buggy” produkcije koriste se da bi dale smisao učenikovu odgovoru čak i kada je učenik napravio nekoliko pogrešnih koraka. Da bi učenika obavjestio o njegovim postupcima, sustav generira povratnu informaciju i to na dva načina:

1. “Buggy” povratna informacija koju daje na kraju testiranja (tekstovi produkcijskih pravila)
2. Savjeti za upis veza ili pomoć pri upisu čvorova

Svako “buggy” pravilo generira poruku o napravljenoj pogrešci kao povratnu informaciju. Savjeti ili pomoć se daju kada ih zatraži učenik ili kada sustav procjeni da su učeniku potrebni. Učenik može dobiti pomoć u obliku informacije o stusu čvorova i veza u bazi <RJEŠENJE>, može dobiti pomoć u obliku modula *PomoćČvor* ili pomoć u obliku generiranog niza savjeta za upis veza.

Ako je tijekom testiranja učenik generirao sljedeća stanja, tj. akcije pogreškama ili pogađanjem, sustav ne podrazumjeva da učenik zna to što je napravio, već dodatnim mehanizmima, kao što su pamćenje izbrisanih i dodanih čvorova i veza, omogućava prepoznavanje tih akcija kao pogrešnima ili nastalih nagađanjem. Time je odgovoreno na drugo VanLehn-ovo pitanje.

Odgovor na treće VanLehn-ovo pitanje je sljedeće: sustav mora mijenjati svoje mišljene o učenikovu modelu nakon generiranja povratne informacije koja ga obavještava kroz koje je bitne situacije učenik prolazio.

### IV. POMOĆ PRI DOSJEĆANJU U SUSTAVU TEX-SYS

Problem koji se pokazao pri korištenju modula *Testing* je kod upisa čvorova. Ako se radi o čvoru dužeg naziva i još na npr. engleskom jeziku, gotovo ga je nemoguće pogoditi. Kroz modul *Learning and Teaching* učenik usvaja točne nazive jednostavnijih čvorova (obzirom na duljinu i složenost sintakse), ali ako su oni tipa “Using the

Start button, you can accomplish almost any task.” Može se dogoditi da učenik zapamti sam samo ključne pojmove kao što su “Start button”, “any task”, dakle usvoji suštinsko značenje čvora. Kako “Start button, any task” nije točan naziv čvora, sustav će učenikovo znanje ocjeniti lošom ocjenom, dok bi živom učitelju mogao svojim riječima, koristeći pojmove “Start” i “task”, objasniti značenje čvora i dobiti bolju ocjenu.

Dakle, sustav koji traži od učenika doslovno pamćenje pojmova neprecizno ocjenjuje učenikovo znanje jer ne može ispitati viši stupanj znanja, a to je razumjevanje pojmova, već samo doslovnu reprodukciju područnog znanja. Ponekad učenik daje točan odgovor, ali ga izražava na drugi način.

Posebno je teška situacija u pogreškama sintakse tj. pravilnog ispisa naziva čvora. Dakle, potrebno je osmisliti pomoć koja bi se učeniku nudila samo u određenim situacijama određeni broj puta i koja bi omogućavala dodavanje čvorova kojima znamo smisao, ali ne i doslovnu sintaksu. Naime, u praksi misaono – verbalnog učenja informacije se mogu upotrebljavati u jednakom obliku u kojem su primljene ili s jednakim smislom, ali u obliku različitom od onoga u kojem su primljene.

Programski modul *PomoćČvor* temelji se na upisivanju ključnih riječi, tj. pojmova koji su dio naziva čvora. Naime, pri dosjećanju iz dugoročnog pamćenja osobito su važni tzv. znaci za dosjećanje, koji nas “vođe” u šire područje pamćenja u kojem bi se mogla nalaziti željena čestica, kao što ključne riječi i razni indeksi u bibliotekarstvu pomažu da se dođe do tražene publikacije ([5]).

Programski modul *PomoćČvor* generira ponudu koja sadrži one čvorove koji sadrže neke od tih ključnih riječi, ali i neke druge da bi izbor čvora bio teži. U nekim situacijama može prepoznavanje biti teže od dosjećanja. Kad je broj mogućnosti od kojih treba izabrati traženu razmjerno velik, osobito ako su one međusobno vrlo slične, može biti više grešaka u prepoznavanju nego ako treba pretraživati u jednom, vrlo određenom i ograničenom području pamćenja ([3]).

Stvaranjem ovakve pomoći bi problem upisa naziva čvorova bio riješen jer bi učenik koji je “pohvatao” značenja čvorova, ali ne i njihovu sintaksu, lako pogodio točan naziv čvora. Postavlja se pitanje zašto učenicima omogućiti da na lakši način (prepoznavanjem, a ne dosjećanjem) dođu do točnog naziva čvora?

Kad se neke informacije ne možemo dosjetiti, ali je prepoznajemo, onda zaključujemo da je proces pohrane bio uspješan, ali se radi o nemogućnosti pronalazjenja te informacije u dugoročnom pamćenju. To ne znači da tu informaciju nismo usvojili. Naime, gradivo koje smo jednom naučili, pa ga zatim (dakako, samo naizgled) “potpuno” zaboravili, jer ga se ne dosjećamo i ne prepoznajemo ga, pri ponovnom učenju redovito brže naučimo ([5]). Zato onog učenika koji je tri puta koristio modul *PomoćČvor*, sustav upućuje na ponovno učenje gradiva. Nakon tog ponovnog učenja učenik može ponovno testirati svoje znanje tog gradiva, ali u ovom slučaju više neće moći koristiti modul *PomoćČvor*.

### A. Model traganja i pomoć za upis čvorova

Pokretanje modula *PomoćČvor* smatramo događajem koji je nastao kao rezultat neke situacije ([4]). Ta situacija je opisana produkcijskim pravilom *PraviloČvor8* (vidi Pseudokod 2.).

```
Ako je <Dodavanje_Čvora>=<Novi> .i.  
  <INFO>=True .i.  
  <Brisanje_Čvora>=<Novi>  
Tada  
  <Indikator_Ocjene_Čvorova>=<Neznanje>  
  Pokreni modul PomoćČvor  
KrajAko
```

Pseudokod 2: Produkcijskog pravila za čvorove  
*PraviloČvor8*

Međutim, da ne bi došlo do nepravilnog korištenja pomoći (analiziranjem svih NOVIH čvorova može se zaključiti da li učenik ima problema sa sintaksom naziva čvorova ili su u pitanju čvorovi nekog drugog područnog znanja), odlučeno je da se moraju dogoditi tri situacije koje su opisane gornjim produkcijskim pravilom i tek onda se učeniku može ponuditi pomoć za upis čvorova. Učenik ima pravo koristiti pomoć za upis čvorova samo tri puta tijekom testiranja određenog područnog znanja određene težinske kategorije određenje vrstom odabranog problema. Nakon što je učenik iskoristio sve svoje “kupone” za pomoć, sustav ga šalje na ponavljanje tog područnog gradiva. Pri sljedećem testiranju istog područnog znanja učenik više nema pravo na pomoć za upis čvorova.

### V. OCJENJIVANJE

Pojavljivanje svake situacije (izražene produkcijskim pravilima) u modulu *Testing* zajedno sa modulom *PomoćČvor*, se pamti i kvantificira pa broj pojavljivanja situacija koje su opisane produkcijskim pravilima utječe na konačnu ocjenu.

Ukupan broj osvojenih bodova tijekom rješavanja zadatka u modulu *Testing* je u neposrednoj vezi sa statusom čvorova i veza u bazi <RJEŠENJE> i dobiven je korištenjem dijagnostičkog interpretera znanja učenika (detaljnije u [1]). Tako dobivenom broju bodova pridodaje se broj *BodoviPravila*, tj. broj bodova dobiven iz broja javljanja produkcijskih pravila. Dakle, ukupan broj bodova sada ovisi i o broju javljanja određenih situacija kojima je detaljnije opisano učenikovo znanje i učenikove sposobnosti. Uz to, produkcijska pravila generiraju i uputu za daljni rad koja uvelike može pomoći učeniku jer nabraja

i opisuje situacije kroz koje je učenik tijekom testiranja prolazio. Time je učeniku dana mogućnost da usmjeri svoje učenje onog dijela gradiva koje mu stvara poteškoće ili da ispravi pogreške koje stalno ponavlja.

### VI. ZAKLJUČAK

Problem komunikacije prirodnim jezikom u računalnim sustavima koji podupiru proces učenja i poučavanja je još uvijek aktualan i u istraživačkom svijetu intrigantan. U sklopu istraživanja i razvoja sustava TEx-Sys pristupili smo rješavanju tog problema te ga u izvjesnoj mjeri i riješili implemetacijom dijagnostičke tehnike model traganja. Ova dijagnostička tehnika omogućila je praćenje svakog učenikovog koraka, a samim time i preciznije ocjenjivanje učenikova znanja. Praćenje učenikovih akcija omogućilo je sustavu da procijeni kada je učeniku potrebna pomoć i kakva mu je pomoć potrebna, ostavljajući učeniku slobodan izbor da odluči hoće li prihvatiti pomoć ili ne. Ovakvim pristupom smo sustavu TEx-Sys dijelom razvili komponentu “razmišljanja”.

### LITERATURA

- [1] Slavomir Stankov: “Izomorfni model sustava kao osnova računalom poduprtog poučavanja načela vođenja“, doktorska disertacija, FESB, Split, 1997.
- [2] Kurt VanLehn: “Student Modeling“ u M. C. Polson, J. J. Richardson (eds): “Foundations of Intelligent Tutoring Systems“, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1988, 55 – 79
- [3] Vlado Andrić, Mira Čudina: “Psihologija učenja i nastave“, Školska knjiga, Zagreb, 1988.
- [4] Ani Amić: “Model traganja – dijagnostička tehnika inteligentnih tutorskih sustava“, (diplomski rad), Fakultet prirodoslovno – matematičkih znanosti i odgojnih područja, Split, 2001.
- [5] Predrag Zarevski: “Psihologija pamćenja i učenja“, “Naklada Slap“, Jastrebarsko, 1997.
- [6] Slavomir Stankov, Vlado Glavinić, Andrina Granić, Marko Rosić: “Inteligentni tutorski sustavi – istraživanje, razvoj i primjena“, časopis “Edupoint - informacijske tehnologije u edukaciji“, godište I, broj 1  
<http://edupoint.carnet.hr/casopis/broj-01/index.html>
- [7] “Intelligent Tutoring Systems“, Ed. D. Sleeman, J. S. Brown, Academic Press, 1982.
- [8] Neil T. Heffernan: “Intelligent tutoring systems have forgotten the tutor: Adding a cognitive model of human tutors”
- [9] Kinshuk and Ashok Patel: “Knowledge Characteristics: Reconsidering the Design of Intelligent Tutoring Systems“, 1996.  
<http://fims-www.massey.ac.nz/~kinshuk/papers>