

KAZALO:

1. UVOD	1
2. OSNOVNI DIDAKTIČKI POJMOVI	4
2.1. UČENJE.....	4
2.1.1. <i>Primanje informacija u namjernom i sustavnom učenju</i>	<i>4</i>
2.1.2. <i>Obrada informacija u namjernom i sustavnom učenju</i>	<i>5</i>
2.1.3. <i>Upotreba informacija u namjernom i sustavnom učenju</i>	<i>6</i>
2.2. PAMĆENJE.....	6
2.2.1. <i>Ispitivanje pamćenja.....</i>	<i>6</i>
2.2.2. <i>Modeli za dosjećanje i prepoznavanje</i>	<i>8</i>
2.2.3. <i>Podjela pamćenja prema vremenu zadržavanja informacija.....</i>	<i>10</i>
2.3. ISPITIVANJE I OCJENJIVANJE UČENIČKIH ZNANJA	15
2.4. POMOĆ PRI DOSJEĆANJU U SUSTAVU TEX-SYS	17
3. MODELIRANJE UČENIKA.....	23
3.1. MODEL TRAGANJA	24
3.2. MODEL TRAGANJA - DIJAGNOSTIČKA TEHNIKA SUSTAVA TEX-SYS.....	27
3.2.1. <i>Prigovori postojećoj verziji sustava TEx-Sys.....</i>	<i>28</i>
3.2.2. <i>Situacije i produkcijska pravila</i>	<i>29</i>
3.2.2. <i>Ulazni i izlazni podaci modela traganja</i>	<i>36</i>
3.2.4. <i>Model traganja i pomoć za upis čvorova</i>	<i>37</i>
3.2.5. <i>Ocjenjivanje.....</i>	<i>40</i>
4. PRILOG	42
PRILOG A - PRODUKCIJSKA PRAVILA ZA ČVOROVE	42
PRILOG B - PRODUKCIJSKA PRAVILA ZA VEZE.....	45
PRILOG C - PRODUKCIJSKA PRAVILA ZA POMOĆ	49
PRILOG D - PSEUDOKOD.....	52
5. ZAKLJUČAK	63
LITERATURA	64

1. Uvod

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. To su sustavi računalom kontroliranog poučavanja u koje je integrirana umjetna inteligencija, tj. to su sustavi koji moraju imati razvijenu komponentu "razmišljanja", tj. rješavanja problema onako kako bi to učinili ljudi, a uz to su i tutorski sustavi s razvijenom pedagoškom paradigmom koja se temelji na činjenici da ITS-ovi, da bi ispunili svoju funkciju, moraju osposobiti učenika za rješavanje problema u danom područnom znanju.

Temeljne odrednice ovih sustava su: (a) znanje koje sustav ima o područnom znanju; (b) principi pomoću kojih sustav poučava i metode pomoću kojih primjenjuje te principe; (c) metode i tehnike za modeliranje učenika tijekom stjecanja znanja i umjeća. Ove temeljne odrednice uvjetuju sljedeću strukturu inteligentnog tutorskog sustava: (a) baza područnog znanja (modul eksperta); (b) modul za vođenje poduke (modul učitelja); (c) modul za obuhvat i procjenu znanja učenika (modul učenika); (d) modul interakcije učenika, učitelja i područnog znanja (modul komunikacije).

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. Također, 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 grešaka vlastitim snagama.

TEx-Sys (Tutor-Expert System) je ITS kojeg razvija Zavod za informatiku Fakulteta prirodoslovno-matematičkih znanosti i odgojnih područja Sveučilišta u Splitu (Stankov, 1997). Učenik u procesu učenja i poučavanja koristi programski

modul *Learning*, 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. Naša je pozornost u ovom radu usmjerena na određena poboljšanja koje treba izvršiti u procesu provjeravanja znanja učenika pomoću metode prekrivanja, o čemu će biti više govora u trećem poglavlju.

U drugom poglavlju ovog diplomskog rada iznesena su detaljna objašnjenja pojmova pamćenje, učenje, ocjenjivanje. Ovaj teorijski repetitorij je potreban da bi objasnili zašto smo uveli pomoć pri upisu čvorova i kako smo taj problem pomoći riješili uvodeći novi programski modul *PomoćČvor*. Na ovom programskom modulu temelji se strategije razrješavanja učenikovih pogrešaka.

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 podpitanja ili neke druge vrste pomoći koja se koristila da bi pomakla učenika iz mrtve točke. Na osnovu svih ovih podataka učitelji ocjenjuju učenikovo znanje. Zbog toga, inteligentni tutorski sustav koji promatra samo krajnji rezultat tj. odgovor učenika, ne može pravedno i potpuno ispravno ocijeniti učenika.

Došli smo do zaključka 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 daljnji rad.

U trećem poglavlju dana je teorijska osnova modeliranja učenika u inteligentnim tutorskim sustavima na kojoj smo gradili gore opisanu nadopunu modula za ocjenjivanje i dijagnostiku. Prikazan je način na koji smo ove teorijske postavke ugradili u sustav TEx-Sys.

U prilogu se nalaze produkcijska pravila na kojima se temelji rad nadopune modula za ocjenjivanje i dijagnostiku. Osim toga, prilog sadrži i detaljni pseudokod modula sustava TEx-Sys koji su promjenjeni, nadopunjeni ili dodani u svrhu rješavanja prije spomenutih problema.

2. Osnovni didaktički pojmovi

Učenje, pamćenje te ispitivanje i ocjenjivanje učenikova znanja temeljni su didaktički pojmovi na kojima se zasniva obrazovanje u bilo kojem svom obliku. Da bi učitelj mogao bolje prilagoditi svoja izlaganja i provjeravanja znanja, potrebno je da poznaje način na koji učenici pamte, kojom brzinom uče, što najprije zaboravljaju te kakve pogreške rade i kako često ih rade. Stoga je potrebno da i stručnjaci koji se bave razvijanjem inteligentnih tutorski sustava, a sve u svrhu što veće prilagodbe individualnim potrebama učenika, razumiju gore spomenute pojmove.

2.1. Učenje

Učenje je proces kojim iskustvo ili vježba proizvode promjene u mogućnostima obavljanja određenih aktivnosti. Velikim dijelom ono što naučimo ne koristimo odmah, već to znanje postoji kao mogućnost koja se primjenjuje u određenom trenutku. Sve ono u ponašanju što nije određeno biološkim nasljeđem stečeno je – učenjem.

Učenje je proces kojim na osnovi aktivnosti pojedinac stječe nove mogućnosti ponašanja, odnosno mijenja ponašanje. Namjera da učimo javlja se nakon neke aktualne teškoće ili iznenađenja, tj. kada taj podražaj (događaj) nije u skladu s našim očekivanjem. Pamćenje je zadržavanje onoga što je stečeno učenjem i korištenje toga poslje učenja.

2.1.1. Primanje informacija u namjernom i sustavnom učenju

Primanje informacija u namjernom i sustavnom učenju događa se u stanju spremnosti primaoca za tu aktivnost. To znači da je primalac motiviran, što će mu olakšati izbor iz eventualnog obilja informacija. Informacije se najčešće primaju

vidnim i slušnim putem, dakle čitanjem, promatranjem neverbalnih prikaza i slušanjem.

Kapacitet izvora informacija obično je veći od kapaciteta primaoca. Subjektivna težina teksta koji se čita ovisi o količini i točnosti prethodnih znanja što ih čitač ima o danoj temi. Objektivna težina teksta ovisi o raznolikosti riječnika, dužina riječi te dužina rečenica.

Što je tekst raznolikiji s obzirom na riječi, tj. manje redundantan, sadrži više informacija i teže ga je sažimati, tj. svesti na bitno. Čitajući tekst, mi tražimo njegov smisao te taj smisao nastojimo zapamtiti. Shvaćanje rečenice je povratna informacija o tome da je ona primljena dobro. Rečenica bez smisla je ona koju nismo dobro primili, pa je treba ponovno čitati.

2.1.2. Obrada informacija u namjernom i sustavnom učenju

Obrada informacija obavlja se na različitim razinama i s različitim zadacima, ovisno o tome što treba naučiti i u vezi s osobinama onoga tko uči.

Obrada znači transformiranje, povezivanje i pravljenje plana reprodukcije. Zadaće obrade informacija u namjernom i sustavnom učenju su:

1. razumjeti ("uhvatiti" smisao)
2. izabrati reakciju iz postojećeg iskustva (odgovor ili repertoar ponašanja kojeg smo formirali prije)
3. formirati reakciju (odgovor treba formirati, ako nemamo gotovo rješenje)
4. zapamtiti (pohraniti sadržaj učenja u dugoročno pamćenje)

Razumjeti znači novo povezati s poznatim, tj. kodirati, "prevesti" to novo u simbole koji učeniku najbolje odgovaraju.

Izabrati reakciju iz postojećeg iskustva znači upotrijebiti neko od dostupnih "gotovih rješenja", što ih imamo pohranjene u dugoročnom pamćenju. Stanovite teškoće mogu nastati onda kada onaj tko uči ima više sličnih "gotovih rješenja" a

treba izabrati jedno od njih. Da bi se između više mogućih izabralo najbolje rješenje, ponekad treba i više dodatnih informacija, tj. produženo učenje.

Zapamćivanje se većinom događa uz višestruko ponavljanje sadržaja učenja.

Kada se shvati smisao situacije, ali nemamo rješenje koje bi se slagalo po smislu, valja formirati rješenje, tj. razviti nov repertoar ponašanja.

Ako se radi o učenju složenijih tema, uči se smisao, a ne doslovni tekst.

2.1.3. Upotreba informacija u namjernom i sustavnom učenju

Misaono – verbalni repertoari temelje se na različitim simbolima, uglavnom na upotrebi jezika. U praksi misaono – verbalnog učenja informacije se mogu upotrebljavati:

1. u jednakom obliku u kojem su primljene
2. s jednakim smislom, ali u obliku različitom od onoga u kojem su primljene
3. s novim smislom, tj. sa smislom koji je izveden značajnijom obradom primljenih informacija

2.2. Pamćenje

Pamćenje određujemo kao mogućnost usvajanja, zadržavanja i korištenja informacija. Pamćenje je u najužoj vezi s pojmom učenja. Pri učenju naglasak je na prvom stupnju pamćenja – usvajanju. Za pamćenje bitna su sva tri stupnja, ali je naglasak na zadržavanju i korištenju informacija.

2.2.1. Ispitivanje pamćenja

Da li je nešto zapamćeno uglavnom ispitujemo na tri načina: prepoznavanjem, dosjećanjem i metodom uštede.

Kad nakon učenja nekog gradiva ispitujemo prepoznavanje, zadaje se to isto gradivo pomješano s nekim novim. Ispitanik treba izdvojiti prije zadano gradivo. Taj je zadatak najlakši: samo treba usporediti zadano s onim što je pohranjeno u pamćenju.

Pri dosjećanju ili reprodukciji materijal više nije zadan i zadatak je znatno teži. Dosjećanje se ispituje na dva načina: tzv. slobodno dosjećanje, u kome je zadatak dosjetiti se čim više zadanog materijala bez obzira na redoslijed, i dosjećanje upravo prema redoslijedu zadavanja. Kod slobodnog se dosjećanja osim kvantitativne analize (količina reproduciranog materijala) vrši i kvalitativna analiza:

- a) pogrešaka pri dosjećanju,
- b) sekvenci (redosljeda dosjećanja)
- c) klastera ili "grozdova" u kojima ispitanik vrši dosjećanje.

Može se dogoditi da ispitanik ne prepozna neki materijal niti ga se može dosjetiti. Tada se koristimo metodom uštede u cilju utvrđivanja uspješnosti prethodnog učenja. Naime, gradivo koje smo jednom naučili, pa ga zatim (dakako, samo naizgled) "potpuno" zaboravili, jer ga se ne dosjećamo i ne prepoznavamo ga, pri ponovnom učenju redovito brže naučimo. Razlika između početnog i ponovnog učenja (ušteda) može se izraziti u postocima vremena ili broja pokušaja da se taj materijal nauči.

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.

Pri školskom ispitivanju znanja redovito se pojavljuju dvije pojave koje treba imati na umu pri učenju. Jedna je različita uspješnost pamćenja u odnosu prema mjestu čestice u nizu koji se uči. Druga se odnosi na to da li je posrijedi neposredno ili odgođeno ispitivanje pamćenja.

Pri neposrednom ispitivanju pamćenja (znači odmah nakon učenja) najbolje se pamte zadnje čestice. To se tumači time da se one još uvijek nalaze u kratkoročnom pamćenju. Tu pojavu nazivamo efektom novosti. Ali, dobro se pamte i čestice s početka niza. Smatra se da je to zato što su one kodiranjem prve došle u dugoročno pamćenje i tu se zadržale, jer su dobile veći broj ponavljanja od čestica koje se nalaze na sredini liste. Tu pojavu zovemo efektom prvenstva (Zarevski, 1997).

Čestice iz sredine niza pamte se najslabije. Kako si možemo pomoći? Ako npr. učimo listu od deset kemijskih formula, napišemo li petu formulu crvenom olovom ili neuobičajeno velikim slovima i sl., učinili smo je perceptivno uočljivom. Po tzv. von Restoffovom efektu (prema Zarevski, 1997), ne samo što se uočljiva čestica dobro pamti, već i nekoliko čestica prije i poslje uočljivih bolje se pamti.

Različitim načinima ispitivanja može se zaključiti o odvijanju pojedinih vrsta procesa pri pamćenju. Neposrednim ispitivanjem pamćenja mjerimo prvenstveno uspješnost procesa usvajanja informacija, a odgođenim ispitivanjem pamćenja mjerimo uspješnost zadržavanja informacija. Kad se neke informacije ne možemo dosjetiti, ali je prepoznamo, onda zaključujemo da je proces pohrane bio uspješan, ali se radi o nemogućnosti pronalaženja te informacije u dugoročnom pamćenju.

2.2.2. Modeli za dosjećanje i prepoznavanje

Kad se ne možemo sjetiti imena osobe koju smo nedavno upoznali na nekom skupu, ako pregledamo listu sudionika, najčešće prepoznamo o kojem se imenu radi. Ili, ako zaboravimo listu za kupovinu, najčešće je dovoljno pogledati po policama, i obično se tada prepozna ono čega se nismo mogli dosjetiti.

Laboratorijska istraživanja (prema Zarevski, 1997, istraživanje Bahrck-a, Bahrck-a i Wittlinger-a¹) i naše svakodnevno iskustvo govore da nam je najčešće

¹ H. P. Bahrick, P. O. Bahrick and R. P. Wittlinger: "Fifty years of memory for names and faces: a cross – sectional approach", Journal of Experimental Psychology, 1975, 104, 54 – 75

znatno lakše prepoznati nego se dosjetiti nekog podatka. Kad se zada čestica, javlja se određeni stupanj poznatosti. u trenutku ispitivanja ispitanik temelji svoj odgovor na djelomično izbljedjelom tragu: slab trag je dovoljan za prepoznavanje, dok je za dosjećanje potreban jači stupanj poznatosti.

Dosjećanje je bolje za frekventnije riječi, a prepoznavanje za manje frekventnije. Kod postojanja instrukcije i namjere ispitanika da materijal zapamti dosjećanje je za oko 50% bolje nego kad je učenje bilo slučajno, a prepoznavanje je gotovo identično (prema Zarevski, 1997., istraživanje Estes-a i DaPolito-a²). Dakle, smisljena organizacija materijala znatno povećava uspješnost dosjećanja.

Čestica se prepoznaje na osnovi prepoznavanja samo malog, ali karakterističnog dijela čestice, dok to nije dovoljno za dosjećanje. Kod prepoznavanja je problem pronalaženja razmjerno jednostavan: čestica je senzorno prisutna i jednostavno se pronalazi njena korenspodirajuća reprezentacija u pamćenju. Ispitanik tada procjenjuje novost traga, pa kad se zadovolji određeni kriterij čestica se prepozna. Novost čestica se najlakše određuje kad su one vrlo različite i kad se pojavljuju rijetko, a najteže je odrediti novost onih čestica koje se koriste vrlo često.

Problem dosjećanja je drukčiji. Čestice nisu senzorno prisutne, već ih treba pronaći u pamćenju. Pronalaženje zahtjeva prebacivanje s jednog na drugi trag. Zbog toga je važan odnos među česticama, jer se čestice ne traže u vakuumu, već kao članovi veće strukture. Da se uspostavi ta veća struktura, potrebna je namjera ispitanika da materijal zapamti. Ponekad već postoje prikladne veze među česticama i ispitanik ih samo treba zapamtiti.

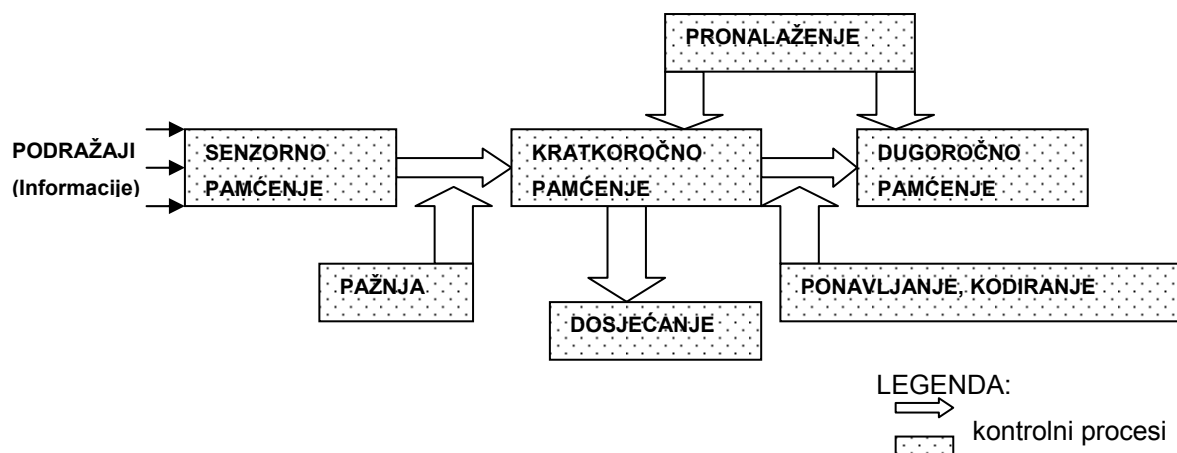
dosjećanje = pronalaženje + prepoznavanje tj.

prepoznavanje – dosjećanje = nemogućnost uspješnog pronalaženja

² W. K. Estes and F. DaPolito: "Independent variation of information storage and retrieval process in paired – associate learning", Journal of Experimental Psychology, 1967, vol. 75.

2.2.3. Podjela pamćenja prema vremenu zadržavanja informacija

Postoje tri faze pamćenja kroz koje informacija prolazi: senzorno, kratkoročno i dugoročno pamćenje. Kontrolni procesi – pažnja, ponavljanje, kodiranje, pronalaženje i dosjećanje, određuju tok kretanja informacije (Slika 1).



Slika 1: Tijek kretanja informacija kroz različite faze

2.2.3.1. Senzorno pamćenje

Senzorno pamćenje vrlo kratko zadržava nadolazeće informacije u nepromjenjenom obliku. Njegov značaj je u tome što mi prenosimo informacije i na temelju samog podražaja i na temelju senzornog pamćenja o tom podražaju, koje traje još neko vrijeme nakon što je podraživanje prestalo.

2.2.3.2. Kratkoročno pamćenje

Nakon što je informacija bila nakratko “zapisana” ili zvučno “snimljena” u našem senzornom pamćenju, ona dolazi u kratkoročno pamćenje. Tu ju možemo ponavljanjem zadržati koliko god nam treba. Informacije kojima je iz nekog razloga poklonjena pažnja kodiraju se u kratkoročnom pamćenju. Kodiranje pri pamćenju zapravo je promjena informacije u oblik koji se može pohraniti i kasnije pronaći. Na takav se način informacije pripreme za pohranu u dugoročno pamćenje.

U kratkoročno pamćenje osim iz senzornog pamćenja informacije stižu i iz dugoročnog pamćenja. Kratkoročno pamćenje nam služi za obavljanje triju različitih funkcija:

1. ako nam informacija ne treba za kasnije, zadržavamo je ponavljanjem u nepromjenjenu obliku dok nam je potrebna, a zatim se ona gubi
2. ako nam informacija treba na duži rok, onda je nastojimo tako kodirati da je što uspješnije pohranimo
3. kad nam treba neka informacija, onda je iz dugoročnog pamćenja vratimo u kratkoročno

2.2.3.3. Dugoročno pamćenje

Sve što znamo i što nam omogućuje procese mišljenja pohranjeno je u dugoročnom pamćenju. Dugoročno pamćenje mora biti dobro organizirano, jer ga ne možemo tako brzo pregledati kao kratkoročno pamćenje tražeći potrebnu informaciju. Pri dosjećanju iz dugoročnog pamćenja osobito su važni tzv. znaci za dosjećanje, koji nas "vode" u šire područje pamćenja u kojem bi se mogla nalaziti željena čestica. U osnovi radi se o istom načinu traženja informacija kao što ključne riječi i razni indeksi u bibliotekarstvu pomažu da se dođe do tražene publikacije.

Između kodiranja u kratkoročnom i dugoročnom pamćenju postoje određene razlike. Dok se kodiranje verbalnog materijala u kratkoročnom pamćenju prvenstveno temelji na fonološkim karakteristikama riječi, za kodiranje u dugoročnom pamćenju od većeg je značaja smisljena organizacija. Kodiranje u kratkoročnom pamćenju je prvenstveno fonemske prirode i stoga ga ometa akustička sličnost materijala, dok dugoročno pamćenje ometa semantička, pojmovna sličnost.

- Organizacija materijala u dugoročnom pamćenju

S razvojem kognitivističke psihologije na osobu koja uči ne gleda se kao na pasivnog primatelja informacija, već ih ona aktivno organizira na vlastiti način. Mi organiziramo pamćenje u skladu s našim unutrašnjim kognitivnim shemama. One određuju ne samo odabir onog što ćemo zapamtiti, već i pravac distorzija pri rekonstrukciji koja se odvija u slučaju kad se ne možemo doslovno dosjetiti događaja.

Model pamćenja koji pretpostavlja postojanje tri faze pamćenja može se najslikovitije opisati analogijom sa zgradom u kojoj je knjižnica. Zgrada se sastoji od staklenog predsoblja iz kojeg se dobro vidi i čuje (naše senzorno pamćenje), razmjerno male čekaonice (naše kratkoročno pamćenje) i goleme prostorije s redovima polica popunjenim s knjigama po raznim načelima koja omogućuju pristup do tražene knjige uz različitu strategiju traženja (naše dugoročno pamćenje). U čekaonici se odlučuje hoće li:

- a) posjetitelj (informacija iz senzornog pamćenja) poći u pravcu neke police i tamo se različito dugo zadržati, ovisno o tome koliko je dobro upućen. Ako nađe zanimljivu policu (uspješan proces kodiranja) dugo će se tu zadržati. Ako nije dobro upućen (loši procesi kodiranja) i dođe do police gdje nema što raditi brzo će se "izgubiti" iz knjižnice, odnosno ako mu nije bilo posvećeno dovoljno pažnje (pre mali broj ponavljanja ili vrlo površno kodiranje) "uvrijeđeno" će otići iz knjižnice, ili će se posjetitelj
- b) kratko zadržati u čekaonici i izaći iz zgrade (izgubiti se iz našeg toka svijesti), a da ni ne zaviri u knjižnicu.

- Vrste dugoročnog pamćenja

Razlikujemo tri vrste dugoročnog pamćenja. One su međusobno povezane, ali imaju i nekih posebnosti. To su autobiografsko pamćenje, znanje (ili tzv. semantičko, deklarativno pamćenje) i proceduralno pamćenje.

Za autobiografsko pamćenje bitno je znati kada i gdje smo usvojili neku informaciju. Informacije kojima se često koristimo "sele" u semantičko pamćenje. Znanje nema autobiografsku notu; neke stvari jednostavno znamo, ne znajući

kada i gdje smo ih naučili. Za proceduralno pamćenje bitno je da se stvaraju nizovi asocijacija između pojedinačnih operacija. Najvažniji je oblik proceduralnog pamćenja vještine.

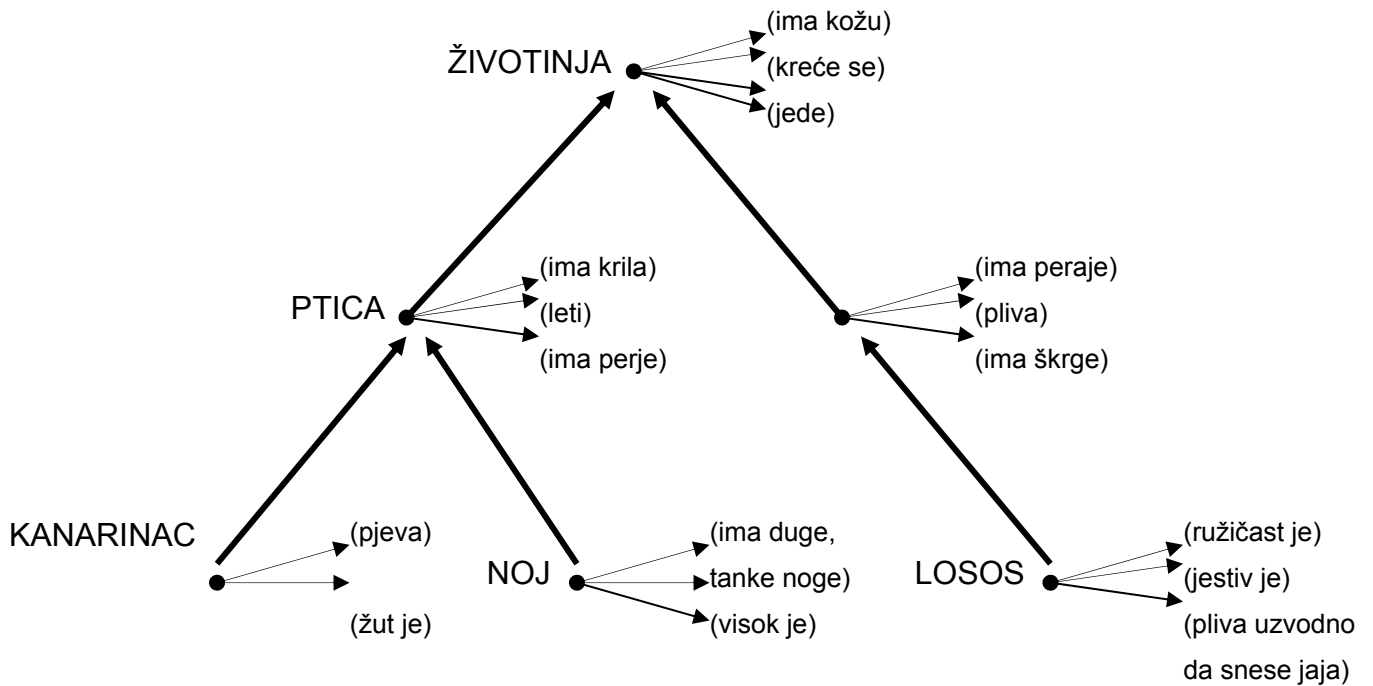
Ono što je pohranjeno u verbalnom dugoročnom pamćenju obično se iskazuje (upotrebljava) u jednom od dva glavna oblika: tvrdnja i intelektualna vještina. Tvrdnja je rečenica koja najčešće sadrži jedan bitan pojam. Tvrdnje su povezane u mreže tvrdnji, preko asocijacija među pojmovima. Intelektualna vještina sastoji se od pojmova i pravila, i to u obliku plana akcije (kako treba nešto uraditi).

Danas se smatra gotovo dokazanim da su mreže preko kojih su povezane riječi (uključujući i pojmove) u dugoročnom pamćenju toliko fleksibilne da omogućuju upotrebu istog pojma u fiksiranim (naučenim) i u novim tvrdnjama (rečenicama).

Čini se da je svaka riječ u pamćenju predstavljena barem u dva oblika: slušnom i semantičkom. Riječ ima svojstva i ona su pohranjena zajedno s njom. Analizom svojstava otkrivamo značenje riječi. Što riječi imaju više zajedničkih svojstava, sličnije su po značenju. Značenja riječi i pravila njihova kombiniranja u rečenice – sadržaji su semantičkog pamćenja.

- Model semantičkog pamćenja A.M.Collinsa i M.R.Quilliana (Andrilović, Čudina, 1988.)

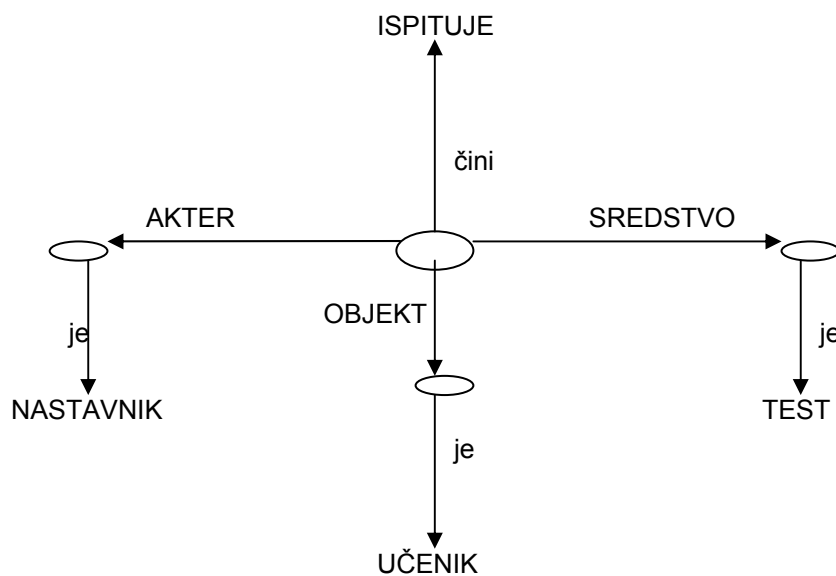
Želeći izraditi program za računalo koje bi moglo "razumjeti" jezik, Collins i Quillian napravili su hijerarhijski model semantičkog pamćenja (Slika 2). Model sadrži elemente (jedinice) i njihova svojstva. Oznake su u modelu ove: [element], (svojstvo).



Slika 2: Model semantičkog pamćenja A.M.Collinsa i

- Model semantičkog pamćenja J.R.Andersona i G.H.Bowera (Andrilović, Čudina, 1988.)

Andersonov i Bowerov model zove se ljudska asocijativna memorija i prikazuje njihovu pretpostavku o tome kako se u pamćenju reprezentira rečenica.



Slika 3: Model semantičkog pamćenja J.R.Andersona i G.H.Bowera

Asocijacije (veze) ostvaruju se pomoću “je” i “čini” (Slika 3). Budući da većina rečenica uključuje “aktera”, “objekt” i “sredstvo” pomoću kojega “akter” obavlja neku radnju, rečenica se može prikazati ovako:

2.3. Ispitivanje i ocjenjivanje učeničkih znanja

U psihologijskom smislu školsko ispitivanje znanja takav je postupak u kojem se pitanjima (podražajima), upućenim subjektu (učeniku), izazivaju reakcije znanja (odgovori). U pitanjima su sadržani zahtjevi učeniku da određena znanja, koja je prije toga stjecao, očituje u odgovorima. U odgovorima na ispitu učenik nastoji udovoljiti svim zahtjevima u pogledu znanja, pa u skladu s tim i oblikuje odgovor.

U postupku ocjenjivanja prosuđuje se vrijednost učenikova odgovora, i to jedinicama takve ordinalne ili redosljedne ljestvice kakvu predstavljaju školske ocjene, i tako posredno mjere njegova znanja.

Da bi neko mjerenje bilo ispravno, njegov rezultat mora isključivo biti određen veličinom ili razvijenošću onoga što se mjeri. Mjerni instrument ne smije imati bilo kakva utjecaja na rezultat mjerenja. Kad taj zahtjev dobrog mjernog instrumenta primjenimo na školsko ocjenjivanje, ocjena na ispitu morala bi biti određena samo znanjima ili bar učenikovim odgovorima, a nastavnik kao mjerni instrument ne bi uopće smio utjecati na vrijednost ocjene. No u praksi ocjenjivanja znanja situacija izgleda posve drukčije – gotovo obrnuto. Naime, na učiteljevo oblikovanje ocjene ne utječe samo predmet ocjenjivanja, tj. znanje, već cijeli niz drugih faktora kao što su:

- spol ocjenjivača: neka istraživanja sugeriraju da su žene strože od muškaraca s obrazloženjem da su one emocionalno nestabilnije i da ocjenu znanja iskorištavaju i kao disciplinsku mjeru za nedovoljno disciplinirane učenike
- izgled: uredan i lijep ispitanik ostavlja bolji dojam
- ispitivačeva simpatija prema ispitaniku
- ispitanikov ugled kod ispitivača

- ispitivačevo raspoloženje u vrijeme ispitivanja
- nedovoljna jasnoća i neodređenost odgovora: da bi nastavnik mogao procijeniti nepotpune i nejasne odgovore, on ih najprije pokušava shvatiti i razumjeti pa prema tome kako ih je uspio razumjeti i interpretirati, donjet će svoj sud

Svaka nastava je odgojno – obrazovni proces pa tako i nastava putem ITSa te je potrebno ostvariti odgojno – obrazovne ciljeve. Razine odgojno – obrazovnih ciljeva (Bloomova taksonomija) (prema Grgin, 1986):

- znanje
 - znanje pojedinosti
 - znanje terminologije
 - poznavanje konvencija
 - poznavanje smjerova i nizova
 - poznavanje kriterija
 - poznavanje metodologije
- shvaćanje
- tumačenje
- ekstrapolacija
- primjena
- analiza
 - analiza elemenata
 - analiza odnosa
- sinteza
- stvaranje plana ili izbor smjera operacija
- evaluacija
 - evaluacija prema unutrašnjoj evidenciji
 - evaluacija prema vanjskim kriterijima

Postignuće ciljeva provjerava se i ispituje na različitim razinama: prepoznavanje, dosjećanje – reprodukcija, rješavanje problema.

Da bi se uz određivanje stupnja postizanja ciljeva odgojno – obrazovne akcije mogli uzeti u obzir i uvjeti, treba o njima imati podatke. Prati se učenik, ali i svi ostali činioci odgojno – obrazovnog procesa. Određuje se i registrira, u različitim fazama, stanje određenih osobina učenika te nastavnika, ciljeva, nastavnog programa. I. Furlan³ (prema Grgin, 1986) prikazuje što se sve prati u učenika:

- Z – znanje
- R – radne vještine i navike
- I – interesi
- S – subjektivne sposobnosti
- O – objektivne sposobnosti

Sada kad smo upoznati s osnovnim didaktičkim pojmovima učenjem, pamćenjem te ispitivanjem i ocjenjivanjem učenikova znanja, možemo prijeći na primjenjivanje tih spoznaja na sustav TEx-Sys u svrhu povećanja prilagodljivosti modula *Testing* učenikovim sposobnostima.

2.4. Pomoć pri dosjećanju u sustavu Tex-Sys

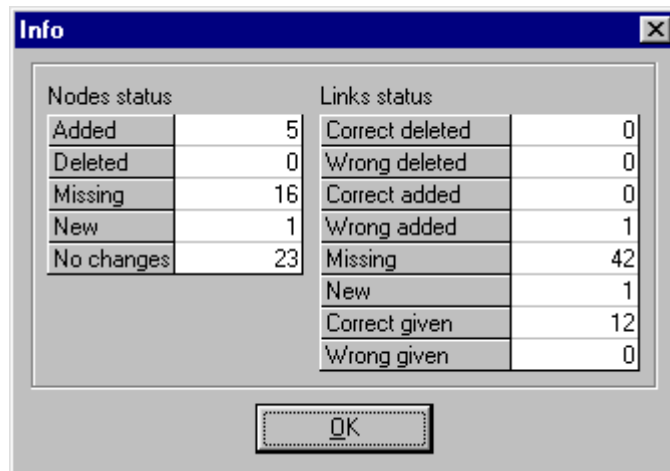
Modul *Testing* sustava Tex-Sys (Slika 5) je modul za ispitivanje učenikovih znanja. Na postojećoj razini razvijenosti funkcionira na sljedeći način:

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 čvorove koji su NOVI, izbrisati veze koje su ZADANE POGREŠNE, DODANE POGREŠNE, NOVE, prepoznati čvorove BEZ PROMJENE i veze BEZ PROMJENE
3. moguće je koristiti Info (Slika 4) 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

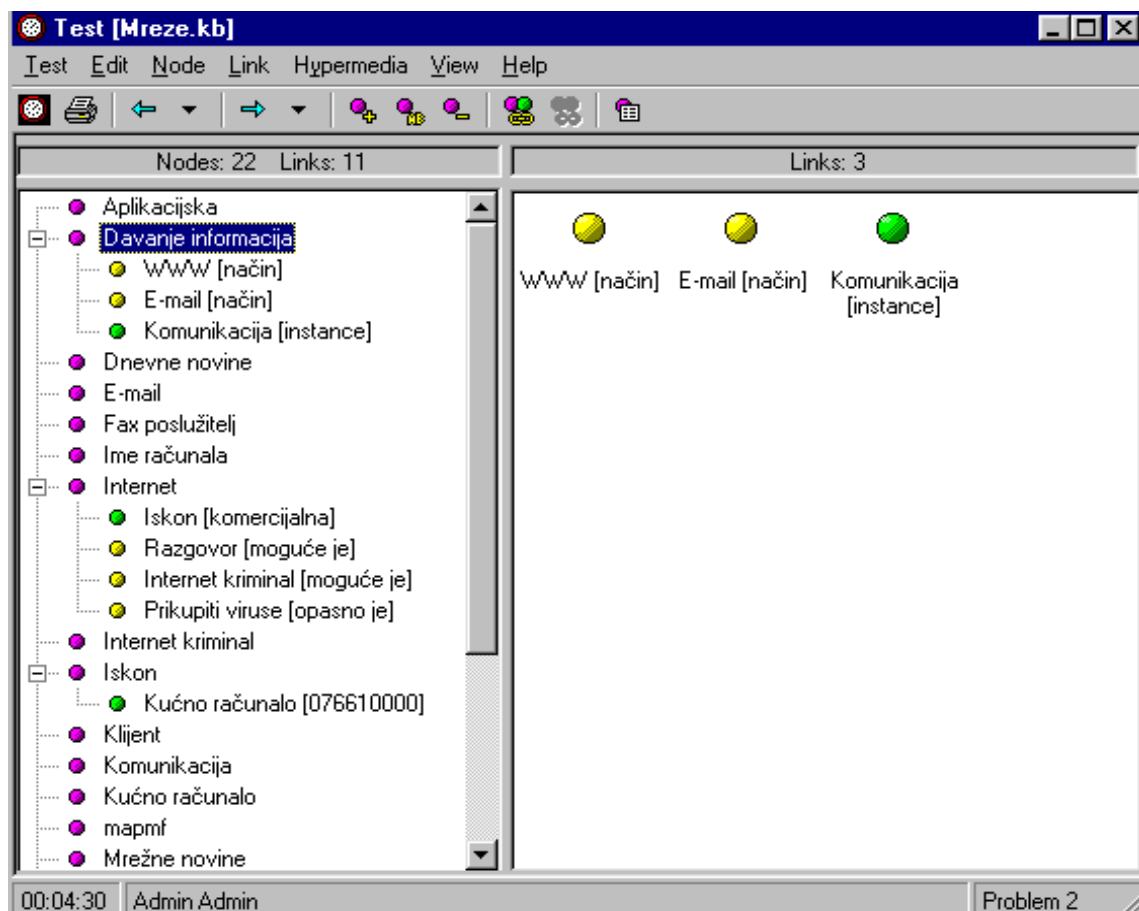
³ I. Furlan: "Upoznavanje, ispitivanje i ocjenjivanje učenika", Pedagoško – književni zbor, Zagreb, 1979, str.22

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



Slika 4: INFO



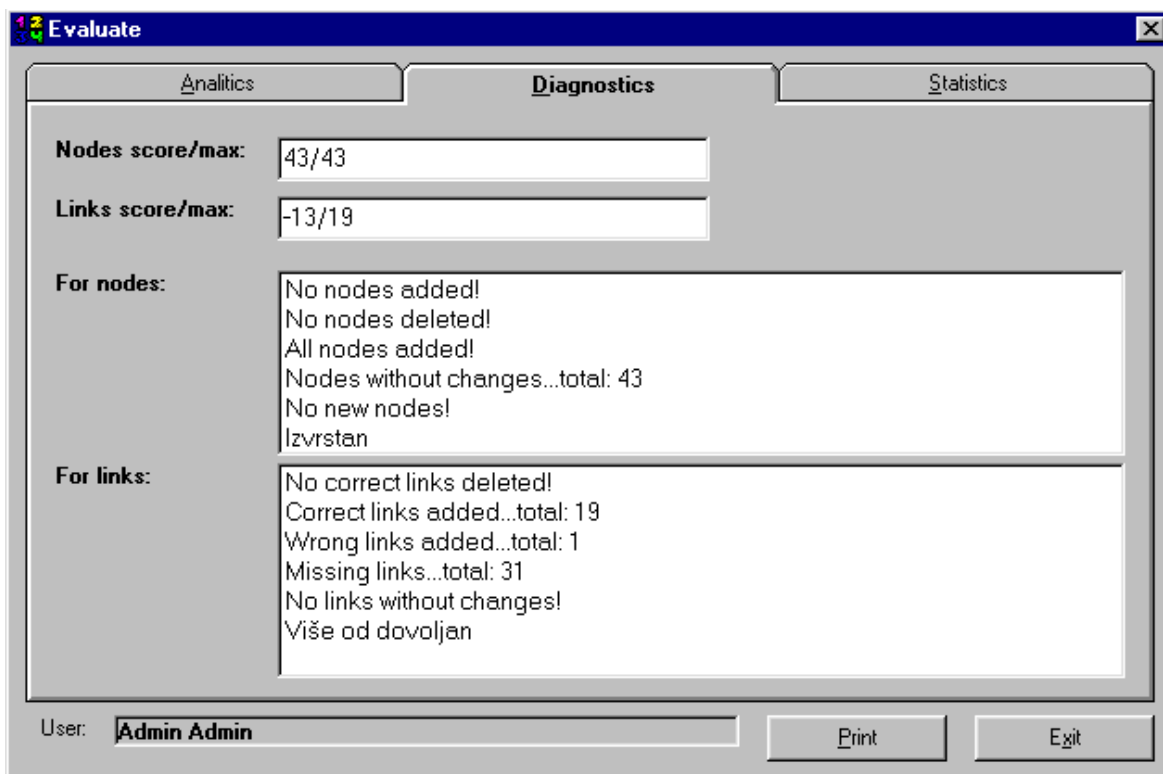
Slika 5: Modul *Testing*

Nakon testiranja možete izabrati modul *Evaluating* (Slika 6) gdje ćete dobiti informacije o svom znanju ili neznanju.

1. *Analytics* – prikaz statusa čvorova i veza

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

Dobivate ocjenu za čvorove i veze uz kratki opis što ste trebali napraviti i što ste napravili.



Slika 6: Modul *Evaluating*

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 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, učeniku je potrebna pomoć za točan upis naziva čvorova. Pitamo se kakva će pomoć biti učinkovita, te zapravo na to i usmjeravamo našu pozornost.

Potrebno je osmisliti pomoć koja bi se učeniku nudila samo u određenim situacijama određeni broj puta (što su to situacije i u kojim bi se točno situacijama nudila pomoć i koliko puta, bit će objašnjeno u poglavlju 3.2.4.) 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 “vode” 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.

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.

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.

Tada se javio i drugi problem, a to je kako stvoriti nazive čvorova koji su pogrešni, ali suvisli, a za nesigurnog učenika čak i mogući izbor. Rješenje tog problema vidi se u algoritmu opisanom pseudokodom kako slijedi:

1. pronaći čvorove koji sadrže barem jednu upisanu ključnu riječ i zapamtiti ih
2. iz naziva svakog tako dobivenog čvora izdvojiti međusobo različite riječi koje ga tvore i zapamtiti ih
3. na mjesto pojavljivanja točnih ključnih riječi u čvorovima pronađenima u 1. upisati riječi iz 2. koje taj čvor ne sadrži. Tako je stvorena ponuda "lažnih" čvorova.

Postavlja se pitanje zašto učenicima omogućiti da na lakši način (prepoznavanjem, a ne dosjećanjem) dođu do točnog naziva čvora?

Brojna istraživanja (prema Zarevski, 19., istraživanje Bahrlick-a, Bahrlick-a i Wittlinger-a⁴) i naše svakodnevno iskustvo govore da nam je najčešće znatno lakše prepoznati nego se dosjetiti nekog podatka. Čestica se prepoznaje na osnovi prepoznavanja samo malog, ali karakterističnog dijela čestice, dok to nije dovoljno za dosjećanje. Kod prepoznavanja je problem pronalaženja razmjerno jednostavan: čestica je senzorno prisutna i jednostavno se pronalazi njena korenspodirajuća reprezentacija u pamćenju. Ispitanik tada procjenjuje novost traga, pa kad se zadovolji određeni kriterij čestica se prepozna. Problem dosjećanja je drukčiji. Čestice nisu senzorno prisutne, već ih treba pronaći u pamćenju. Pronalaženje zahtjeva prebacivanje s jednog na drugi trag. Zbog toga je važan odnos među česticama, jer se čestice ne traže u vakuumu, već kao članovi veće strukture.

Kad se neke informacije ne možemo dosjetiti, ali je prepoznajemo, onda zaključujemo da je proces pohrane bio uspješan, ali se radi o nemogućnosti pronalaženja te informacije u dugoročnom pamćenju. To ne znači da tu informaciju nismo usvojili. Naime, gradivo koje smo jednom naučili, pa ga zatim

⁴ H. P. Bahrick, P. O. Bahrick and R. P. Wittlinger: "Fifty years of memory for names and faces: a cross – sectional approach", Journal of Experimental Psychology, 1975, 104, 54 – 75

(dakako, samo naizgled) “potpuno” zaboravili, jer ga se ne dosjećamo i ne prepoznajemo ga, pri ponovnom učenju redovito brže naučimo. 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*.

Tutor mora odabrati da li će zanemarivati pogrešku, istaknuti pogrešku, ispraviti pogrešku ili na neki način voditi učenika prema prepoznavanju i ispravljanju grešaka vlastitim snagama.

Burton i Brown (Ed. D. Sleeman, J. S. Brown, 1982., str. 90 – 92), koji su razvili tutorski sustav BUGGY za poučavanje osnovnih aritmetičkih operacija, navode opće smjernice koje trebaju slijediti ITS-i. Sljedećih nekoliko načela koja se odnose na pružanje pomoći učeniku ispunjena su kroz modul *PomoćČvor*.

- Načelo 1. Prije savjetovanja učenika budi siguran da je dio koji mu pružaš onaj kojeg učenik nije usvojio.
- Načelo 4. Prekini učenika i pouči ga samo onim koracima koji će mu omogućiti da se ne izgubi.
- Načelo 6. Ne koristi tutora prije nego li učenik ima priliku da sam otkrije igru.
- Načelo 8. Nakon upućivanja učenika ponudi mu da on nastavi, ali ga ne prisiljavaj.
- Načelo 11. Ako učenik konzistentno gubi, prilagodi razinu igre.

Ispunjavanjem ovih načela sustav TEx-SYS se približio korak bliže ispunjenju cilja svih znanstvenika koji se bave područjem inteligentnih tutorskih sustava, a to je sustav koji će imati sve dobre i potrebne osobine učitelja, ali ne i njihove nedostatke.

3. Modeliranje učenika

Karakteristika većine ITS-ova je da zaključuju o tome kako učenik razumije dano gradivo i to iskoriste da bi pouku 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 struktura podataka, dok je dijagnoza proces manipulacije tim podacima. Problem oblikovanja ovih dviju komponenti naziva se problem modeliranja učenika (VanLehn, 1988).

VanLehn (1988) govori o tri dimenzije učenikova modela od kojih svaka ima tri svoje dimenzije. One su sažeto prikazane u Tablici 1.

- 1) **Obuhvat ulaznih podataka** – koliki dio učenikove aktivnosti je dostupan programu za dijagnozu?
 - a) *Približna mentalna stanja* – dostupne su sve aktivnosti (i fizičke i umne)
 - b) *Međustanja* – dostupna je sva vidljiva aktivnost tijekom rješavanja problema
 - c) *Konačna stanja* – dostupno je samo konačno stanje (odgovor)

- 2) **Tip znanja** – kojeg je tipa znanja dano gradivo?
 - a) *Ravninsko postupkovno* – postupkovno znanje bez podciljeva
 - b) *Hijerarhijsko postupkovno* – postupkovno znanje s podciljevima
 - c) *Deklarativno*

- 3) **Razlike između učenika i eksperta** – kako se učenikov model razlikuje od ekspertova modela?
 - a) *Prekrivanje* – neki pojmovi iz ekspertovog modela nedostaju u učenikovu modelu
 - b) *Knjižnica pogrešaka* – uz pojmove koji nedostaju, učenikovi modeli mogu imati i netočno (pogrešno) znanje. Pogreške dolaze iz ranije definirane knjižnice
 - c) *Djelomične knjižnice pogrešaka* – pogreške se sakupljaju u procesu učenja i poučavanja i time vjerno ocrtavaju ponašanje učenika

Tablica 1. Tri dimenzije učenikova modela

VanLehn predstavlja ukupno devet dijagnostičkih tehnika. Tablica 2. nam pokazuje koje dijagnostičke tehnike odgovaraju pojedinim učenikovim modelima.

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

Tablica 2. Dijagnostičke tehnike

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* (Model tracing).

3.1. Model traganja

Ova tehnika za dijagnostiku učenika 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 “pali” 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 (tracce)

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.

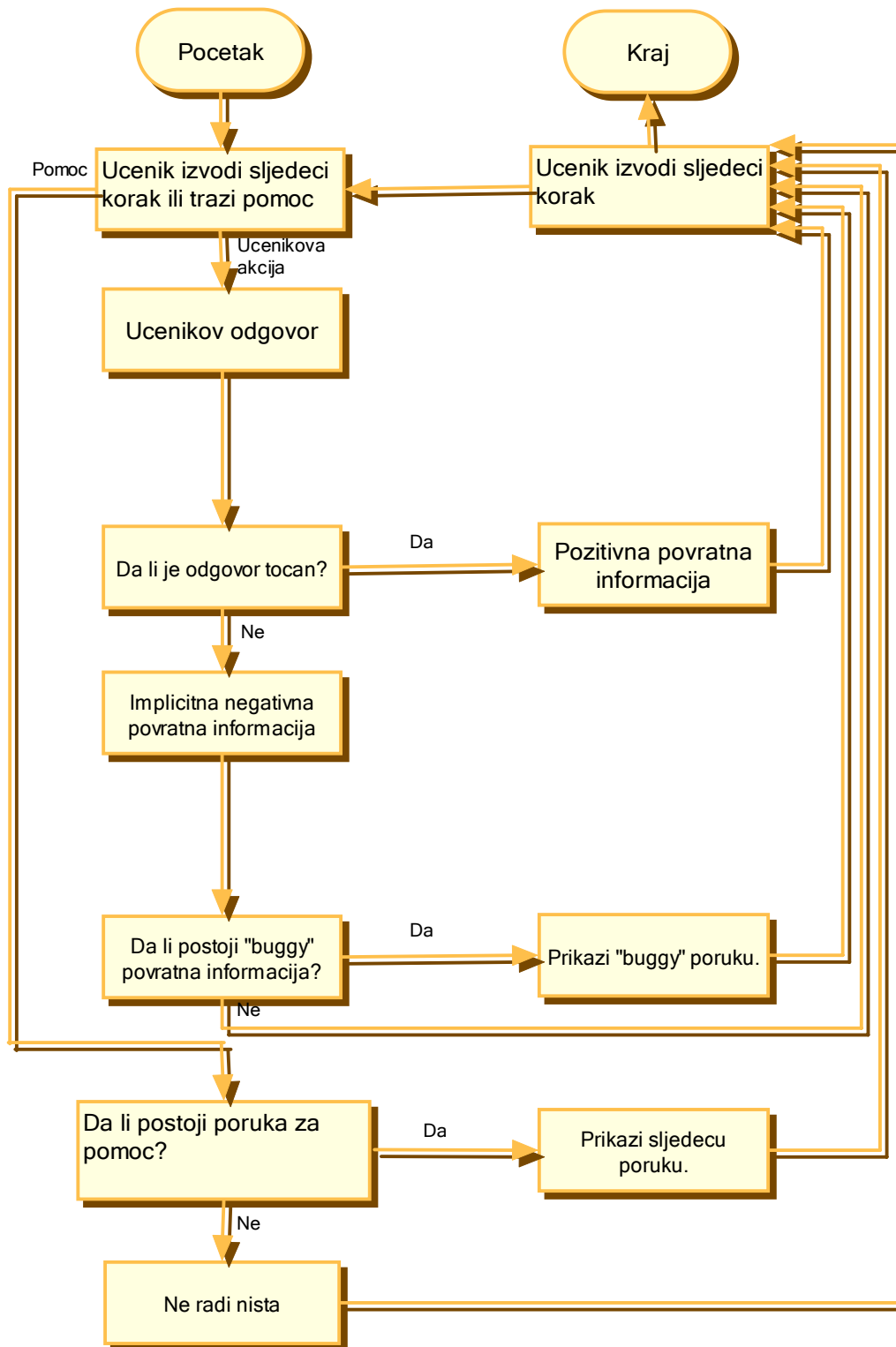
Postoje i produkcije kojima pronalazimo pogrešne učenikove odgovore, tj. takve odgovore činimo sustavu razumljivima. Ove “buggy” produkcije koriste se da bi dale smisao učenikovu odgovoru čak i kada je učenik napravio nekoliko pogrešnih koraka.

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.



Slika 7: 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 grešaka. 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 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 podrazumjevati kako učenik poznaje odgovarajuće pravilo.
3. Kada sustav mora mijenjati svoje mišljenje o učenikovom modelu?

Odgovori na ova pitanja bit će dani u sljedećem poglavlju i bit će usko vezani za realizaciju ove dijagnostičke tehnike u sustavu TEx-Sys.

3.2. Model traganja - dijagnostička tehnika sustava Tex-Sys

Za što objektivnije ocjenjivanje potrebno je uzeti u obzir svaki korak koji je učenik napravio. Promotrimo situaciju u kojoj se učenik našao nakon pokretanja modula *Testing* i dobivanja tj. generiranja zadatka:

- Učenik je koristio *Info* za čvorove i pročitao sljedeće:
 - nedostaje pet čvorova
 - tri čvora su bez promjene
- Pratimo zatim reakciju učenika:

Dodao je jedan čvor, te radi osobne provjere ponovo koristio *Info* za čvorove i ustanovio sljedeće:

- nedostaje pet čvorova
 - tri čvora su bez promjene
 - jedan čvor je NOVI
- Kako sada učenik reagira?
- Pa, naravno, sada će NOVI čvor izbrisati.

Zaključujemo sljedeće: učenik zna koristiti Info za čvorove jer su ga podaci koje je tamo pročitao uputili na daljnje djelovanje koje je ovaj put bilo ispravno. Što je po sadržaju NOVI čvor to ovog trenutka nije niti važno (da li se odnosi na drugo područno znanje ili je pak pogreška sintakse naziva čvora).

3.2.1. Prigovori postojećoj verziji sustava TEx-Sys

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 potpitanja 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. Naime, nije ista stvar ako je učenik u situaciji opisanoj u uvodu poglavlja 3.2. za NOVI čvor upisao čvor iz drugog područnog znanja ili čvor koji sadrži ključne pojmove koji se javljaju u tom područnom znanju, ali je došlo do pogreške u sintaksi naziva čvora. Prvi slučaj pokazuje učenikovo nepoznavanje područnog znanja, dok drugi slučaj pokazuje da je učenik usvojio ključne pojmove, ali ne i njihovu doslovnu sintaksu.

Dakle, inteligentni tutorski sustav koji pri ocjenjivanju učenika uzima za glavni kriterij krajnji rezultat testiranja učenikova znanja, daje nepotpune podatke o učenikovu znanju. Cilj je napraviti ITS koji bi bio kao pravi učitelj, ali bi pri testiranju i ocjenjivanju bio objektivniji. Stoga je potrebno modificirati modul *Testing* sustava TEx-Sys dodavanjem novih funkcija, a to znači programskih

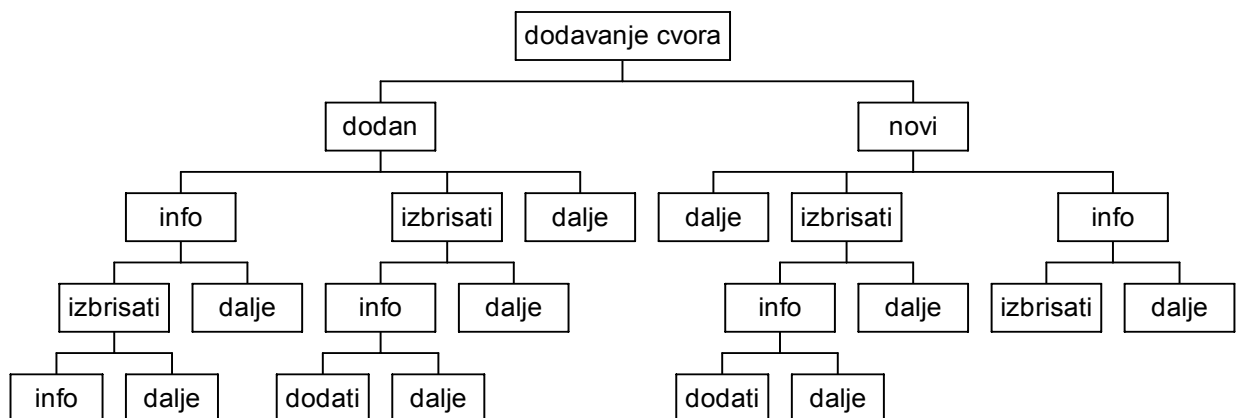
modula koji će pratiti učenikove korake i na temelju tih podataka donijeti dodatne zaključke o učenikovom znanju. Tako dobiveni podaci o učenikovu znanju pridonjet će preciznosti ocjenjivanja učenika u modulu *Evaluating*.

3.2.2. Situacije i produkcijska pravila

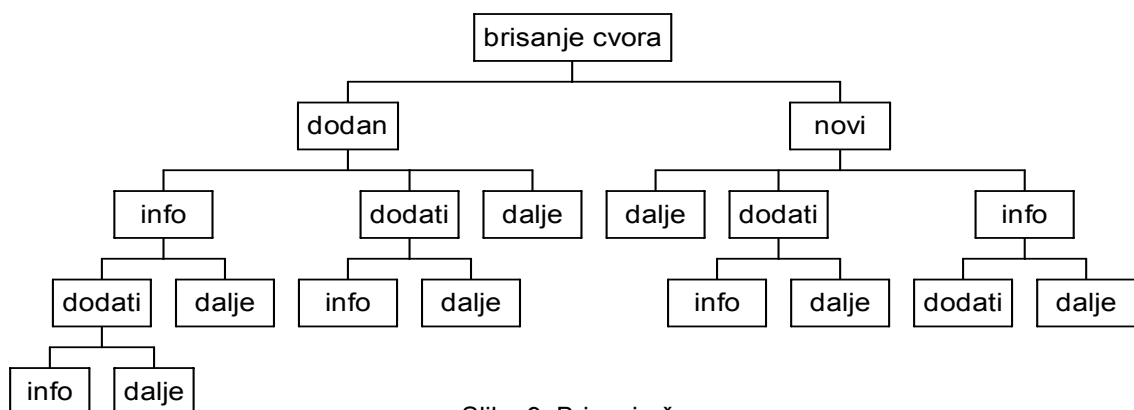
Za početak uočavamo četiri početne akcije koje učenik uvijek ima na raspolaganju kad krene s rješavanjem problema:

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

Analizom grafova mogućih učenikovih akcija pri dodavanju i brisanju čvorova (Slika 8 i Slika 9)

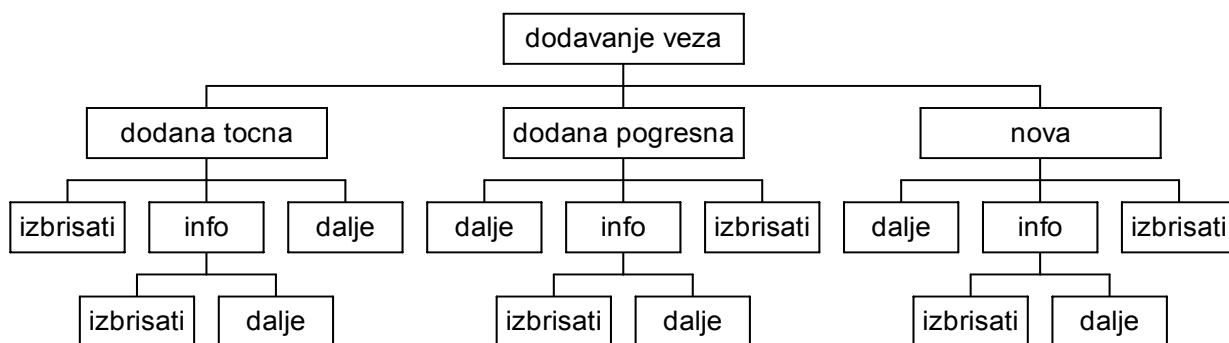


Slika 8: Dodavanje čvora

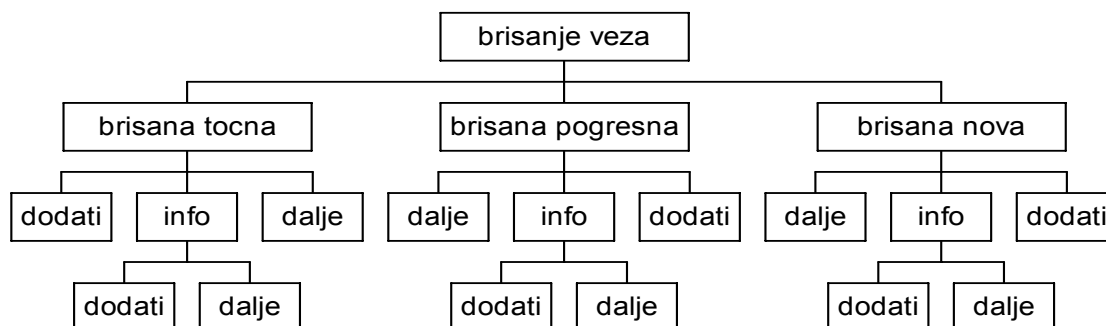


Slika 9: Brisanje čvora

gdje dalje znači dodavanje ili brisanje čvorova, te grafova mogućih učenikovih akcija pri dodavanju i brisanju veza (Slika 10 i Slika 11)



Slika 10: Dodavanje veza



Slika 11: Brisanje veza

gdje dalje, analogno, znači brisanje ili dodavanje veza, došlo se do slijedova elementarnih događaja, tj. učenikovih postupaka (akcija, koraka), koji su nazvani *situacijama* (u nastavku ćemo situacije kraće označavati slovom s).

Svaki događaj opisan je statusom određenog čvora ili veze. Koristeći sintaksu i semantiku statusa čvorova i veza (detaljnije u (Stankov, 1997.)), događajima koji su opisani gornjim grafovima te kombinacijama tih događaja, pridjeljene su šifre radi njihova lakšeg označavanja i razlikovanja (Tablica 3). Tako npr. dodavanje novog čvora (šifra 1) i dodavanje novog čvora koji je već bio izbrisan (šifra 7) nisu iste akcije.

Događaji za čvorove	Šifra
UpisanNovi=True	1
UpisanDodan=True	2
BrisanNovi=True	3
BrisanDodan=True	4
INFOČvorovi=True	5
UpisanDodan=True, UpisanČvor=BrisanČvor	6
UpisanNovi=True, UpisanČvor=BrisanČvor	7
BrisanDodan=True, BrisaniČvor=UpisanČvor	8
BrisanNovi=True, BrisaniČvor=UpisanČvor	9

Događaji za veze	Šifra
DodanaTočna=True	1
DodanaPogrešna=True	2
BrisanaTočna=True	3
BrisanaPogrešna=True	4
INFOVeze=True	5
DodanaNova=True	6
BrisanaNova=True	7
DodanaTočna=True, UpisanaVeza=BrisanaVeza	8
DodanaPogrešna=True, UpisanaVeza=BrisanaVeza	9
DodanaNova=True, UpisanaVeza=BrisanaVeza	10
BrisanaTočna=True, BrisanaVeza=UpisanaVeza	11

Tablica 3.

Objašnjenje naziva korištenih u Tablici 3.

- UpisanNovi=True znači da je čvor kojeg je učenik upisao sustav okarakterizirao kao NOVI (analogno UpisanDodan=True)
- BrisaniNovi=True znači da je čvor kojeg je učenik izbrisao sustav bio okarakterizirao kao NOVI (analogno BrisaniDodan=True)
- INFOČvorovi=True znači da je učenik pokrenuo modul za dobivanje informacija o statusu čvorova (analogno za INFOVeze=True)

- UpisanDodan=True, UpisanČvor=BrisanČvor znači da je učenik upisao čvor kojeg je sustav okarakterizirao kao DODAN i koji je već jednom bio izbrisan (analogno za UpisanNovi=True, UpisanČvor=BrisanČvor)
- BrisanaDodan=True, BrisanaČvor=UpisanČvor znači da je učenik izbrisan čvor kojeg je sustav bio okarakterizirao kao DODAN i koji je već jednom bio upisan (analogno za BrisanaNovi=True, UpisanČvor=BrisanČvor)
- DodanaTočna=True znači da je učenik upisao vezu koju je sustav okarakterizirao kao TOČNA (analogno za DodanaPogrešna=True, DodanaNova=True)
- BrisanaTočna=True znači da je učenik izbrisan vezu koju je sustav bio okarakterizirao kao TOČNA (analogno za BrisanaPogrešna=True, BrisanaNova=True)
- DodanaTočna=True, UpisanaVeza=BrisanaVeza znači da je učenik upisao vezu koju je sustav okarakterizirao kao TOČNU i koja je već jednom bila upisana (analogno za DodanaPogrešna=True, UpisanaVeza=BrisanaVeza, DodanaNova=True, UpisanaVeza=BrisanaVeza)
- BrisanaTočna=True, BrisanaVeza=UpisanaVeza znači da je učenik izbrisan vezu koju je sustav bio okarakterizirao kao TOČNU i koja je već jednom bila upisana

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.

Naime, kao što je već prije objašnjeno, 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). 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 zaključak koji je proizašao iz analize gornjih grafova, a temelji se na činjenici da su učeniku na raspolaganju samo tri vrste akcija: dodavanje, brisanje ili INFO.

Koristeći kombinatorne metode za računanje broja svih n-varijacija bez ponavljanja skupa od c odnosno v elemenata, dobivamo izraze (1) i (2):

$$SC = \text{broj svih situacija za čvorove} = \binom{c}{n} \cdot n! \quad (1)$$

$$SV = \text{broj svih situacija za veze} = \binom{v}{n} \cdot n! \quad (2)$$

gdje je $n = \text{broj događaja u situaciji} = 3$
 $c = \text{broj mogućih događaja za čvorove} = 9$
 $v = \text{broj mogućih događaja za veze} = 7$
 SC oznaka za SituacijaCvorovi
 SV oznaka za SituacijaVeze

Uvrštavanjem zadanih vrijednosti za n, c i v dobivamo brojeve mogućih situacija koje učenik može ostvariti:

$$SC = \binom{9}{3} \cdot 3! = \frac{9!}{3!(9-3)!} \cdot 3! = \frac{9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6!}{6!} = 9 \cdot 8 \cdot 7 = 504 \quad (3)$$

$$SV = \binom{7}{3} \cdot 3! = \frac{7!}{3!(7-3)!} \cdot 3! = \frac{7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4!}{4!} = 7 \cdot 6 \cdot 5 = 210 \quad (4)$$

Nisu sve situacije bitne za detaljiziranje ocjenjivanja učenika. Npr. promotrimo sljedeću situaciju:

- učenik je dodao prvi čvor koji je modul *Testing* okarakterizirao kao DODAN
- učenik je dodao drugi čvor koji je modul *Testing* okarakterizirao kao DODAN
- učenik je dodao treći čvor koji je modul *Testing* okarakterizirao kao DODAN

ili ako zapišemo elementarne događaje te situacije u kraćem obliku:

UpisanDodan=True, UpisanDodan=True, UpisanDodan=True

onda koristeći Tablicu 3. koja sadrži šifre događaja za čvorove, dobivamo niz:

2, 2, 2

Ova situacija daje istu informaciju o učeniku koju bi dalo i završno stanje na kraju testiranja (što je bio temelj generiranja ocjene u prethodnoj verziji sustava), a to je znanje, dok npr. situacija

- učenik je dodao jedan čvor koji je modul *Testing* okarakterizirao kao NOVI
- učenik je koristio INFO za čvorove
- učenik je izbrisao čvor koji je modul *Testing* prethodno bio okarakterizirao kao DODAN

ili ako zapišemo elementarne događaje te situacije u kraćem obliku:

UpisanNovi=True, INFOCvorovi=True, BrisaniDodan=True

onda koristeći Tablicu 3. koja sadrži šifre događaja za čvorove, dobivamo niz:

1, 5, 4

daje informaciju da učenik ne zna prepoznati točne čvorove, ali zna koristiti INFO, što bi bilo nemoguće saznati da se promatraju samo završna stanja.

Analiziranjem situacija uz pomoć grafova mogućih učenikovih akcija (Sl. 1., Sl. 2., Sl. 3., Sl. 4.) došli smo do podskupa S skupa svih situacija s , koji sadržava samo one situacije koje utječu, pozitivno ili negativno, na donošenje zaključka o učenikovim sposobnostima i znanju. Definirali smo 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 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 događaja iz Tablice 3.

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.

Produkcijska pravila za čvorove nalaze se u *Prilogu A*, a produkcijska pravila za veze u *Prilogu B*.

3.2.2. Ulazni i izlazni podaci modela traganja

Dijagnostički sustav ITS-a, koji omogućava donošenje zaključaka o tome kako učenik razumije dano gradivo, otkriva nam skriveno stanje spoznaje učenika na temelju promatranog ponašanja. Trenutačno stanje učenikova znanja predstavljeno je modelom učenika. Učenikov model je struktura podataka, dok je dijagnoza proces manipulacije tim podacima. Problem oblikovanja ovih dviju komponenti naziva se problem modeliranja učenika. Za rješavanje problema modeliranja učenika u sustavu TEx-Sys odlučili smo koristiti dijagnostičku tehniku *model traganja* (eng. model tracing).

Ulazni podaci potrebni ovom algoritmu su:

1. baza <ZADATAK>
2. skup produkcija (produkcijaska pravila za čvorove i veze)
3. učenikov odgovor koji želimo pronaći (situacija)

Izlazni podaci su:

1. Ako za određenu situaciju postoji produkcijsko pravilo koje ju opisuje, tada je odgovor pronađen i izlazni podatak je tekst tog produkcijskog pravila.
2. Ako za određenu situaciju ne postoji produkcijsko pravilo koje ju 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 prvo VanLehn-ovo pitanje iz poglavlja 3.1. 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 stsusu čvorova i veza u bazi <RJEŠENJE>, može dobiti pomoć u obliku modula *PomoćČvor* ili pomoć u obliku generiranog niza savjeta za upis veza.

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. Ako je tijekom testiranja učenik generirao sljedeća stanja, tj. akcije greškama 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 i drugo VanLehn-ovo pitanje.

3.2.4. Model traganja i pomoć za upis čvorova

Postoje dva načina tutorovog nadgledavanja učenika, tj praćenja slijeda učenikovih akcija. Prvi tip se temelji na paradigmi “Road to London” (Kinshuk, Ashok Patel, 1996). Zbog njenog fokusa na neposredan cilj, tutor se brine samo o pravom putu postizanja tog cilja. Rezultat je stalno nadgledanje učenika i onemogućavanje da nastavi krivim putem. Ovakav način je pogodan za učenike koji se prvi put susreću s nekim područjem jer omogućava učenje u malim dozama. Drugi tip je tzv. odgođeno nadgledanje temeljeno na “dijagnostici”.

Ovdje može doći do velikog broja učenikovih pogreški, prije nego što tutor reagira. Tutor može tada pokazati točna rješenja ili pokušati objasniti zašto je učenikovo rješenje pogrešno. Pobornici ovakvog načina nadgledavanja ističu da ITS treba omogućiti učeniku da profitira na svojim pogreškama. Kritike ovog načina nadgledanja se odnose na to da učenik, koji napravi dosta pogreški prije nego što ga tutor na to upozori, mora odučiti te pogreške koje je naučio kroz brojna ponavljanja.

U poglavlju 2.4. objasnili smo zbog čega je potrebna pomoć pri upisu čvorova u modulu *Testing* te na koji način bi se ta pomoć trebala izgraditi kroz modul *PomoćČvor*. Pokretanje tog modula smatramo događajem koji je nastao kao rezultat neke nastale situacije. Analiziranjem situacija kao što je ona s početka ovog paragrafa, došli smo do zaključka da je ona tipična situacija nakon koje bi se učeniku trebala ponuditi pomoć za upis čvorova. Ta situacija je opisana produkcijskim pravilom *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.

Dakle, pošto pokretanje modula *PomoćČvor* smatramo tek događajem koji je rezultat situacije opisane produkcijskim pravilom *PraviloČvor8*., ono što se događa u njemu samome ostaje nam skriveno i uskraćene su nam informacije neophodne za dobivanje potpune slike o učenikovu znanju, a to su informacije o tome koje je ključne riječi učenik upisao, koliko je ključnih riječi upisao, koji je čvor izabrao iz liste ponuđenih mu čvorova.

Zato smo odlučili primjeniti istu strategiju za analiziranje događaja i situacija koju smo primjenili na modul *Testing*. Da bismo to mogli ostvariti, potrebno je odrediti elementarne događaje koji će opisivati situacije nastale pokretanjem i izvršavanjem modula *PomoćČvor*.

Modul *PomoćČvor* se temelji na upisivanju ključnih riječi, tj. pojmova koji su dio naziva čvora. Ključne riječi koje učenik daje modulu *PomoćČvor* za ulazne podatke, mogu biti točne i netočne. Točne ključne riječi su one koje su dio barem jednog naziva čvora. Netočne ključne riječi su one koje nisu dio nijednog naziva čvora.

Modul *PomoćČvor* za događaje uzima broj točnih ključnih riječi, broj netočnih ključnih riječi te izabrani čvor. Broj točnih ključnih riječi i broj netočnih ključnih riječi mogu biti nula ili različiti od nula, a izabrani čvor može biti Dodan ili Novi. Koristeći kombinatorne metode za računanje broja svih n-varijacija bez ponavljanja multiskupa od p elemenata, dobivamo izraz:

$$SP = \text{broj situacija za PomocCvor} = p_1 \cdot p_2 \cdots p_n \quad (5)$$

gdje je

n = broj događaja u modulu *PomoćČvor*

pM = broj različitih stanja za DogađajM

SP je oznaka za SituacijePomoć

Uvrštavanjem zadanih vrijednosti za n i pM dobivamo broj mogućih situacija koje učenik može ostvariti u modulu *PomoćČvor*:

$$SP = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 8 \quad (6)$$

Da bi olakšali objašnjavanje i korištenje situacija, uveli smo zapisivanje situacije u obliku produkcijskog pravila Pseudokod 2.


```

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

```

Pseudokod 2: Forma produkcijskog pravila za PomoćČvor

gdje je

<DogađajM> jedan od događaja modula *PomoćČvor*

veznik je "i" ili "ili"

<Indikator> je <Znanje> ili <Neznanje>

Tekst produkcijskog pravila je uputa za daljni rad.

Situacije nastale iz događaja modula *PomoćČvor* opisali smo produkcijskim pravilima u kojima su <DogađajM> događaji modula *PomoćČvor*. Produkcijska pravila za pomoć nalaze se u *Prilogu C*.

3.2.5. 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. U Tablici 4. dana je jedna od mogućih kategorizacija produkcijskih pravila, odnosno situacija.

Broj bodova dobiven iz broja javljanja određenog produkcijskog pravila, računa se po formuli (7).

Pravilo	Kvantifikator	Pravilo	Kvantifikator
PraviloČvor1	-0.2	PraviloPomoć1	-0.8
PraviloČvor2	-0.1	PraviloPomoć2	-0.1
PraviloČvor3	-0.5	PraviloPomoć3	+0.8
PraviloČvor4	-0.8	PraviloPomoć4	+0.1
PraviloČvor5	+0.1	PraviloPomoć5	0.7
PraviloČvor6	+0.1	PraviloPomoć6	+0.1
PraviloČvor7	-0.5		
PraviloVeza1	-0.6	PraviloVeza6	+0.5
PraviloVeza2	-0.5	PraviloVeza7	+0.1
PraviloVeza3	-0.8	PraviloVeza8	+0.1
PraviloVeza4	+0.1	PraviloVeza9	+0.1
PraviloVeza5	-0.8	PraviloVeza10	+0.2

Tablica 4.

$$\begin{aligned}
 \text{Bodovi Pravila} = & \sum_{pc=1}^{pc=7} \text{BrojJavljanja PraviloCvor} pc \cdot \text{Kvantifikator PraviloCvor} pc + \\
 & \sum_{pv=1}^{pv=10} \text{BrojJavljanja PraviloVeza} pv \cdot \text{Kvantifikator PraviloCvor} pv + \\
 & \sum_{pp=1}^{pp=6} \text{BrojJavljanja PraviloPomoc} pp \cdot \text{Kvantifikator PraviloPomoc} pp
 \end{aligned} \tag{7}$$

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 Stankov, 1997.). 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.

4. Prilog

Prilog A - Produksijska pravila za čvorove

Pravilo Čvor 1.

Ako je <Dodavanje_Čvora>=<Dodan> .i.

<INFO> = True .i.

<Brisanje_Čvora>= <Dodan>

Tada

<Indikator_Ocjene_Čvorova> = <Neznanje>

Tiskaj:

Nije uočeno da je čvor kojeg je dodao bio točno dodan. Naučiti koristiti INFO i ponoviti nazive čvorova.

KrajAko

Pravilo Čvor 2.

Ako je <Brisanje_Čvora>=<Dodan> .i.

<INFO> = True .i.

<Dodavanje_Čvora>= <Dodan>

Tada

<Indikator_Ocjene_Čvorova> = <Neznanje>

Tiskaj:

Ako ste nesigurni u brisanju čvorova, koristite INFO. Naučite što jeste naziv čvora da biste znali što nije.

KrajAko

Pravilo Čvor 3.

Ako je <Brisanje_Čvora>=<Novi> .i.

<INFO>=True .i.

<Dodavanje_Čvora>= <Novi>

Tada

<Indikator_Ocjene_Čvorova> = <Neznanje>

Tiskaj:

Čak ni nakon korištenja INFO-a niste uočili da ste izbrisali čvor kojeg ste i trebali izbrisati pa ste ga opet dodali.

KrajAko

PraviloČvor 4.

Ako je <Dodavanje_Čvora> = <Dodan> .i.

<Brisanje_Čvora> = <Dodan>

Tada

<Indikator_Ocjene_Čvorova> = <Neznanje>

Tiskaj:

Napamet brišete čvorove pa izbrišete i one koje ste dobro dodali.

KrajAko

PraviloČvor 5.

Ako je <Dodavanje_Čvora> = <Novi> .i.

<Brisanje_Čvora> = <Novi>

Tada

<Indikator_Ocjene_Čvorova> = <Znanje>

Tiskaj:

Dodali ste čvor kojeg nema u ekspertnoj bazi, ali ste bez korištenja INFO-a shvatili da ste pogriješili pa ste ga izbrisali. Potrebno vam je malo više sigurnosti.

KrajAko

PraviloČvor 6.

Ako je <Brisanje_Čvora> = <Dodan> .i.

<Dodavanje_Čvora> = <Dodan>

Tada

<Indikator_Ocjene_Čvorova> = <Znanje>

Tiskaj:

Izbrisali ste točan čvor, pa ga bez korištenja INFO-a, opet dodali.

KrajAko

PraviloČvor 7.

Ako je <Brisanje_Čvora> = <Novi> .i.

<Dodavanje_Čvora> = <Novi>

Tada

<Indikator_Ocjene_Čvorova> = <Neznanje>

Tiskaj:

Dodajete pogrešne čvorove koje ste već bili dodali i izbrisali.

KrajAko

PraviloČvor 8.

Ako je <Dodavanje_Čvora> = <Novi> .i.

<INFO> = True .i.

<Brisanje_Čvora>= <Novi>

Tada

<Indikator_Ocjene_Čvorova> = <Neznanje>

Pokreni modul *PomoćČvor*

KrajAko

Prilog B - Produksijska pravila za veze

PraviloVeza 1.

Ako je <Dodavanje_Veza> = <Dodana_Točna> .i.

<INFO> = True .i.

<Brisanje_Veza> = <Brisana_Točna>

Tada

<Indikator_Ocjene_Veza> = <Neznanje>

Tiskaj:

Niste uočili da je veza koju ste dodali bila točno dodana čak niti nakon korištenja INFO-a. Naučiti koristiti INFO i ponoviti veze.

KrajAko

PraviloVeza 2.

Ako je <Dodavanje_Veza> = <Dodana_Točna> .i.

<Brisanje_Veza> = <Brisana_Točna>

Tada

<Indikator_Ocjene_Veza> = <Neznanje>

Tiskaj:

Ako ste nesigurni u dodavanju veza, koristite INFO prije nego što vezu izbrišete. Ponovite veze.

KrajAko

PraviloVeza 3.

Ako je <Dodavanje_Veza> = <Dodana_Pogrešna> .i.

<INFO> = True .i.

(<Dodavanje_Veza> = <Dodana_Točna> .ili.

<Dodavanje_Veza> = <Dodana_Pogrešna>)

Tada

<Indikator_Ocjene_Veza> = <Neznanje>

Tiskaj:

Čak ni nakon korištenja Infoa niste uočili da ste dodali pogrešnu vezu. Naučite koristiti INFO i ponovite veze.

KrajAko

PraviloVeza 4.

Ako je <Dodavanje_Veza> = <Dodana_Pogrešna> .i.

<INFO>=True .i.

<Brisanje_Veza> = <Brisana_Pogrešna>

Tada

<Indikator_Ocjene_Veza> = <Znanje>

Tiskaj:

Uspješno korištenje INFO-a. Ponoviti veze.

KrajAko

PraviloVeza 5.

Ako je <Dodavanje_Veza> = <Dodana_Pogrešna> .i.

<INFO>=True .i.

<Brisanje_Veza> = <Brisana_Točna>

Tada

<Indikator_Ocjene_Veza> = <Neznanje>

Tiskaj:

Iz INFO-a ste pročitali da ste dodali pogrešnu vezu, ali zbog nepoznavanja točnih veza, izbrisali ste jednu točnu. Ponoviti veze.

KrajAko

PraviloVeza 6.

Ako je <Dodavanje_Veza> = <Dodana_Pogrešna> .i.

<Brisanje_Veza> = <Brisana_Pogrešna>

Tada

<Indikator_Ocjene_Veza> = <Znanje>

Tiskaj:

I bez korištenja INFO-a izbrisali ste vezu koju ste pogrešno dodali.

Pripazite i budite sigurniji.

KrajAko

PraviloVeza 7.

Ako je <Dodavanje_Veza> = <Nova> .i.

<INFO>=True .i.

<Brisanje_Veza> = <Nova>

Tada

<Indikator_Ocjene_Veza> = <Znanje>

Tiskaj:

Uspješno korištenje INFO-a.

KrajAko

PraviloVeza 8.

Ako je <Dodavanje_Veza> = <Nova> .i.

<Brisanje_Veza> = <Nova>

Tada

<Indikator_Ocjene_Veza> = <Znanje>

Tiskaj:

Ponovite veze jer dodajete pa odmah brišete pogrešne veze.

KrajAko

PraviloVeza 9.

Ako je <Brisanje_Veza> = <Brisana_Točna> .i.

<INFO>=True .i.

<Dodavanje_Veza> = <Dodana_Točna>

Tada

<Indikator_Ocjene_Veza> = <Znanje>

Tiskaj:

Pripazite malo na vaše brisanje točnih veza. INFO ne može biti temelj vašeg testiranja.

KrajAko

PraviloVeza 10.

Ako je <Brisanje_Veza> = <Brisana_Točna> .i.

<Dodavanje_Veza> = <Dodana_Točna>

Tada

<Indikator_Ocjene_Veza> = <Znanje>

Tiskaj:

Pripazite malo na vaše brisanje točnih veza. To pokazuje da ih nemožete ni prepoznati.

KrajAko

Prilog C - Produksijska pravila za pomoć

PraviloPomoć 1.

Ako je <Broj_Točnih_KR> = 0 .i.

<Izabran_Netočan_Čvor> = True

Tada

<Indikator_Ocjene_Čvorova> = <Neznanje>

Tiskaj:

Potpuno nepoznavanje pojmova područnog gradiva.

KrajAko.

PraviloPomoć 2.

Ako je <Broj_Točnih_KR> = 0 .i.

<Izabran_Netočan_Čvor> = False

Tada

<Indikator_Ocjene_Čvorova> = <Neznanje>

Tiskaj:

Nepoznavanje pojmova područnog gradiva. Barem zna što nije naziv čvora.

KrajAko.

PraviloPomoć 3.

Ako je <Broj_Točnih_KR> <> 0 .i.

<Broj_Netočnih_KR> = 0 .i.

<Izabran_Točan_Čvor> = True

Tada

<Indikator_Ocjene_Čvorova> = <Znanje>

Tiskaj:

Poznavanje ključnih pojmova izvrsno. Ponoviti sintaksu naziva čvorova.

KrajAko.

PraviloPomoć 4.

Ako je <Broj_Točnih_KR> <> 0 .i.

<Broj_Netočnih_KR> = 0 .i.

<Izabran_Točan_Čvor> = False

Tada

<Indikator_Ocjene_Čvorova> = <Neznanje>

Tiskaj:

Poznavanje ključnih pojmova izvrsno. Neznanje se očituje u njihovu povezivanju. Nerazumijevanje sadržaja.

KrajAko.

PraviloPomoć 5.

Ako je <Broj_Točnih_KR> <> 0 .i.

<Broj_Netočnih_KR> <> 0 .i.

<Izabran_Točan_Čvor> = True

Tada

<Indikator_Ocjene_Čvorova> = <Znanje>

Tiskaj:

Dobro poznavanje ključnih pojmova. Netočno zadani pojmovi ukazuju na neznanje veza među pojmovima, tj. brka se stvarno značenje pojmova. Ponoviti sintaksu naziva čvorova.

KrajAko.

PraviloPomoć 6.

Ako je <Broj_Točnih_KR> <> 0 .i.

<Broj_Netočnih_KR> = 0 .i.

<Izabran_Točan_Čvor> = False

Tada

<Indikator_Ocjene_Čvorova> = <Neznanje>

Tiskaj:

Poznavanje ključnih pojmova izvrsno. Neznanje se očituje u njihovu povezivanju i dodavanju netočnih pojmova. Nerazumijevanje sadržaja. Znanje na razini prisjećanja.

KrajAko.

Prilog D - Pseudokod

Prilog D ovog diplomskog rada je pseudokod modula sustava TEx-Sys koji su promjenjeni, nadopunjeni ili dodani u svrhu rješavanja prije spomenutih problema.

4.1. Deklaracija na početku modula Testing:

PraviloPomoć(), PraviloČvor(), PraviloVeza() as Integer

- nizovi u koje se sprema broj javljanja određene situacije, tj. niza događaja, koja zadovoljava uvjete određenog produkcijskog pravila
- $\text{PraviloPomoć}(i)=0$, $\text{PraviloČvor}(i)=0$, $\text{PraviloVeza}(i)=0$ za svako produkcijsko pravilo

PraviloPomoćTekst(), PraviloČvorTekst(), PraviloVezaTekst() as Integer

- nizovi u koje se sprema tekst koji će se ispisati kao preporuka za daljni rad ukoliko je broj javljanja odgovarajućeg pravila različit od nula

PraviloPomoćKvantifikator(),PraviloČvorKvantifikator(), PraviloVezaKvantifikator()
as Integer

- nizovi u koje se spremaju kvantifikatori odgovarajućih pravila

DogađajN() as Integer

- niz koji sadrži šifre događaja za čvorove; pamte se posljednja tri događaja po principu FIFO
- $\text{DogađajN}(i)=0$ za $i=1\dots3$

DogađajL() as Integer

- niz koji sadrži šifre događaja za veze; pamte se posljednja tri događaja po principu FIFO
- $\text{DogađajL}(i)=0$ za $i=1\dots3$

Ponavljanje as Boolean

- ako je jednak True, onda kaže da se učenik ponovno testira nakon što ga je sam program uputio na ponavljanje sintakse

BrDodanihPomoć

- broj čvorova točno dodanih (tj. oni su Dodani) koristeći *PomoćČvor*
- BrDodanihPomoć=0

UpisaniČvorovi()

- niz čvorova koji su se tijekom testiranja dodavali

BrisaniČvorovi()

- niz čvorova koji su se tijekom testiranja brisali

UpisaneVeze()

- niz čvorova koji su se tijekom testiranja dodavali

BrisaneVeze()

- niz čvorova koji su se tijekom testiranja brisali

BrZaPozvatiPomoćČvor as Integer

- broj javljanja situacije koja upućuje na potrebu za Pomoći
- BrZaPozvatiPomoćČvor=0

BrPozvanaPomoćČvor as Integer

- broj poziva Pomoći
- BrPozvanaPomoćČvor=0

BrZaPozvatiPomoćVeza as Integer

- broj javljanja situacije koja upućuje na potrebu za Pomoći
- BrZaPozvatiPomoćVeza=0

BrPozvanaPomoćVeza as Integer

- broj poziva Pomoći
- BrPozvanaPomoćVeza=0

BrČvorovaZaDodati as Integer

- broj Nedostajućih čvorova (iz baze Zadatak)

4.2. Potprogram AddNode

Modulu za dodavanje čvorova je nadodana funkcija koja prati kojeg je tipa čvor koji je dodan i ovisno o tome mijenja vrijednosti niza DogađajaL().

1. Upisati čvor - UpisanČvor
2. UpisanNovi=False
3. UpisanDodan=False
4. Ako u nizu UpisaniČvorovi ne postoji član jednak UpisanČvor
Tada
 Dodaj UpisanČvor u niz UpisaniČvorovi
KrajAko
5. $i=2,3$ DogađajN($i-1$)=DogađajN(i)
6. Ako je UpisanČvor=<Novi>
Tada
 UpisanNovi=True
 Ako je DogađajN(2)=3 i DogađajN(3)=5 i
 (UpisaniČvor je član niza BrisaniČvorovi)
Tada
 DogađajN(3)=7
Inače
 DogađajN(3)=1
KrajAko
- Inače
 UpisanDodan=True
 Ako je DogađajN(2)=4 i DogađajN(3)=5 i
 (UpisaniČvor je član niza BrisaniČvorovi)
Tada
 DogađajN(3)=6
Inače
 DogađajN(3)=2
KrajAko
7. Izlaz

4.3. Potprogram DelNode

Modulu za brisanje čvorova je dodana funkcija koja prati kojeg je tipa bio čvor koji je izbrisan i ovisno o tome mijenja vrijednosti niza DogađajaL().

1. Izabrati čvor kojeg ćemo izbrisati - BrisaniČvor
2. BrisaniNovi=False
3. BrisaniDodan=False
4. Ako u nizu BrisaniČvorovi ne postoji član jednak BrisaniČvor
Tada
 Dodaj BrisaniČvor na kraj niza BrisaniČvorovi
KrajAko
5. $i=2,3$ DogađajN($i-1$)=DogađajN(i)
6. Ako je BrisaniČvor=<Novi>
Tada
 BrisaniNovi=True
 Ako je DogađajN(2)=3 i DogađajN(3)=5 i
 (BrisaniČvor je član niza UpisaniČvorovi)
Tada
 DogađajN(3)=9
Inače
 DogađajN(3)=3
KrajAko
Inače
 BrisaniDodan=True
 Ako je DogađajN(2)=4 i DogađajN(3)=5 i
 (BrisaniČvor je član niza UpisaniČvorovi)
Tada
 DogađajN(3)=8
Inače
 DogađajN(3)=4
KrajAko
7. Izlaz

4.4. Potprogram RenameNode

Ovaj modul služi za preimenovanje čvorova na način da taj postupak promatra kao brisanje čvora starog naziva i dodavanje čvora novog naziva.

1. Izabrati čvor kojeg ćemo izbrisati
2. PreimenujČvor
3. Izbrisati čvor
4. PreimenujČvor
5. Dodati čvor
UpisanČvor
6. Izlaz

4.5. Potprogram INFOZaČvorove

1. INFOČvorovi=True
2. $i=2,3$
DogađajN($i-1$)=DogađajN(i)
DogađajN(3)=5
3. Izlaz

4.6. Potprogram INFOZaVeze

1. INFOVeze=True
2. $i=2,3$
DogađajL($i-1$)=DogađajL(i)
DogađajL(3)=5
3. Izlaz

4.7. Potprogram PomoćČvor

1. Upisati ključne riječi odvojene zarezima
2. Izbrojati Upisane Ključne riječi - BrUpisnihKR
3. Izbrojati ključne riječi koje se javljaju barem u jednom čvoru - BrTočnihKR
4. $BrNetočnihKR = BrUpisanihKR - BrTočnihKR$
5. Generirati Ponudu
6. Izabrati čvor x iz Ponude
7. Ako je $BrTočnihKR = 0$

Tada

Ako je $x = \langle \text{Novi} \rangle$

Tada

$PraviloPomoć(1) = PraviloPomoć(1) + 1$

Inače

$PraviloPomoć(2) = PraviloPomoć(2) + 1$

KrajAko

Inače

Ako je $BrNetočnihKR = 0$

Tada

Ako je $x = \langle \text{Dodan} \rangle$

Tada

$PraviloPomoć(3) = PraviloPomoć(3) + 1$

Ako je $Ponavljanje = \text{False}$

Tada

$BrPozvanaPomoć = 0$

KrajAko

$BrDodanihPomoć = BrDodanihPomoć + 1$

Inače

$PraviloPomoć(4) = PraviloPomoć(4) + 1$

KrajAko

Inače

```

    Ako je x=<Dodan>
    Tada
        PraviloPomoć(5)=PraviloPomoć(5)+1
    Inače
        PraviloPomoć(6)=PraviloPomoć(6)+1
    KrajAko
KrajAko
KrajAko
8. Izlaz

```

4.8. Potprogram AnalizaDogađaja

```

1. Ako je DogađajN(1)=1 i DogađajN(2)=5 i
    (DogađajN(3)=3 ili DogađajN(3)=9)
    Tada
        Ako je Ponavljanje=True
        Tada
            BrZaPozvatiPomoć=0
        Inače
            BrZaPozvatiPomoć=BrZaPozvatiPomoć+1
        KrajAko
    Ako je BrZaPozvatiPomoć=3
    Tada
        Tiskaj "Želite li Pomoć za upis čvorova?"
        Upiši Odgovor
        Ako je Odgovor=Da
        Tada
            BrZaPozvatiPomoć=0
            BrPozvanaPomoć=BrPozvanaPomoć+1

```

Ako je $BrPozvanaPomoć=4$

Tada

Tiskaj "Potrošili ste svoje kupone za Pomoć. Vratite se na Learning i pokušajte ponovno."

Ponavljanje=True

Ako je $BrDodanihPomoć > BrČvorovaZa Dodati/2$

Tada

$PraviloPomoć(7) = PraviloPomoć(7) + 1$

KrajAko

Izlaz

Inače

Pozvati potprogram Pomoć

KrajAko

Inače

$BrZaPozvatiPomoć = BrZaPozvatiPomoć - 1$

KrajAko

KrajAko

KrajAko

2. Ako je $DogađajN(1)=2$ i $DogađajN(2)=5$ i ($DogađajN(3)=4$ ili $DogađajN(3)=8$)

Tada

$PraviloČvor(1) = PraviloČvor(1) + 1$

KrajAko

3. Ako je $DogađajN(1)=4$ i $DogađajN(2)=5$ i $DogađajN(3)=6$

Tada

$PraviloČvor(2) = PraviloČvor(2) + 1$

KrajAko

4. Ako je $DogađajN(1)=3$ i $DogađajN(2)=5$ i $DogađajN(3)=7$

Tada

$PraviloČvor(3) = PraviloČvor(3) + 1$

KrajAko

-
5. Ako je $\text{DogađajN}(2)=2$ i $\text{DogađajN}(3)=4$
Tada
 $\text{PraviloČvor}(4)=\text{PraviloČvor}(4)+1$
KrajAko
 6. Ako je $\text{DogađajN}(2)=1$ i $\text{DogađajN}(3)=9$
Tada
 $\text{PraviloČvor}(5)=\text{PraviloČvor}(5)+1$
KrajAko
 7. Ako je $\text{DogađajN}(2)=4$ i $\text{DogađajN}(3)=6$
Tada
 $\text{PraviloČvor}(6)=\text{PraviloČvor}(6)+1$
KrajAko
 8. Ako je $\text{DogađajN}(2)=3$ i $\text{DogađajN}(3)=1$
Tada
 $\text{PraviloČvor}(7)=\text{PraviloČvor}(7)+1$
KrajAko
 9. Izlaz

4.9. Potprogram DijagnostikaZaČvorove

1. $i=1$, BrPravilaČvor
2. Ako je $\text{PraviloČvor}(i) \neq 0$
Tada
 Tiskaj $\text{PraviloČvorTekst}(i)$
KrajAko
3. $i=1$, BrPravilaPomoć
4. Ako je $\text{PraviloPomoć}(i) \neq 0$
Tada
 Tiskaj $\text{PraviloPomoćTekst}(i)$
KrajAko
5. Izlaz

4.10. Potprogram OcjenaZaČvorove

1. BodoviČvorIzPravila=0

2. $i=1, BrPravilaČvor$

$$\begin{aligned} \text{BodoviČvorIzPravila} &= \text{BodoviČvorIzPravila} + \\ &+ \text{PraviloČvor}(i) * \text{PraviloČvorKvantifikator}(i) \end{aligned}$$

3. $i=1, BrPravilaPomoć$

$$\begin{aligned} \text{BodoviČvorIzPravila} &= \text{BodoviČvorIzPravila} + \\ &+ \text{PraviloPomoć}(i) * \text{PraviloPomoćKvantifikator}(i) \end{aligned}$$

4. $\text{BodoviČvorovi} = \text{BodoviČvorovi} + \text{BodoviČvorIzPravila}$

5. Izlaz

BodoviČvorovi su dobiveni na stari način.

5. Zaključak

Postoji nekoliko razloga zbog kojih inteligentni tutorski sustavi (ITS) prednjače pred živim učiteljem. Jedna od prednosti ITS-a je poučavanje "jedan na jedan". Dok učitelj uglavnom poučava cijeli razred odjednom, ITS može poučavati svakog učenika pojedinačno prilagođavajući se njegovim potrebama i znanju. Sljedeća prednost su performance ITS-a. Učiteljevo znanje može "izbljediti" i potrebno mu je premanentno samoobrazovanje da bi svoju stručnost održao na visokoj razini. Još jedna prednost ITS-a je lakoća kojom se može prenositi i reproducirati. Prijenos znanja u ITS-u može se jednostavno obaviti kopiranjem programa ili podataka. Prijenos znanja s jednog čovjeka na drugog je težak, dugotrajan i relativno skup preces. Nadalje, ITS daje konzistentnije, reproduktivnije rezultate od učitelja. Učitelj može donjeti različite odluke u identičnim situacijama jer na njega djeluje i emotivni faktor. Učitelj može zaboraviti važne podatke zbog npr. stresa ili manjka vremena i manje je objektivan od ITS-a: učitelj može praviti razliku među učenicima, dok ITS nije za to sposoban.

Sve gore navedene prednosti nad živim učiteljem, inteligentni tutorski sustav je ostvario prvenstveno time što je računalni sustav. Problem integracije umjetne inteligencije još je uvijek vrlo aktualan. Taj problem smo kod sustava TEx-Sys barem djelomično riješili implemetacijom dijagnostičke tehnike model traganja. Ta 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. Kurt VanLehn: "Student Modeling" u M. C. Polson, J. J. Richardson (eds): "Foundations of Intelligent Tutoring Systems", Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1988, 55 – 79
2. "Intelligent Tutoring Systems", Ed. D. Sleeman, J. S. Brown, Academic Press, 1982.
3. Neil T. Heffernan: "Intelligent tutoring systems have forgotten the tutor: Adding a cognitive model of human tutors"
4. Vlado Andrilović, Mira Čudina: "Psihologija učenja i nastave", Školska knjiga, Zagreb, 1988.
5. Tomislav Grgin: "Školska dokimologija", Školska knjiga, Zagreb, 1986.
6. Predrag Zarevski: "Psihologija pamćenja i učenja", "Naklada Slap", Jastrebarsko, 1997.
7. Slavomir Stankov: "Izomorfni model sustava kao osnova računalom poduprtog poučavanja načela vođenja", doktorska disertacija, FESB, Split, 1997.
8. Kinshuk and Ashok Patel: "Knowledge Characteristics: Reconsidering the Design of Intelligent Tutoring Systems", 1996.
<http://fims-www.massey.ac.nz/~kinshuk/papers>