

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

Jana Parížková

Návrh inteligentného systému pre podporu vyučovania

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 39 (1994), No. 6, 347--354

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139548>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1994

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

# vyučování

## NÁVRH INTELIGENTNÉHO SYSTÉMU PRE PODPORU VYUČOVANIA

*Jana Parížková, Bratislava*

### 1. Úvod

Na základe štúdia o inteligentných systémoch na podporu vyučovania (systémy označované ICAI; pozri napr. v [1]) sa pokúsime v tomto príspevku navrhnúť konkrétny systém. To znamená, že sa sústredíme najmä na spôsob reprezentácie doménových znalostí, na spôsob reprezentácie znalostí o vyučovaní, na reprezentáciu modelu študenta a na metódu rozhodovania „počítačového“ učiteľa, resp. tútora. Pre lepšie vniknutie do uvedenej problematiky ozrejmime podstatu vyššie uvedeného zámeru. Teda najskôr trochu histórie.

Prvé systémy vytvorené pre aplikáciu vo vyučovaní boli označované CAI (Computer Assisted Instruction). Boli vytvorené na princípe programového učenia silno ovplyvneného Skinnerom. Potom sa vytvárali viac vetvené CAI systémy, v ktorých sa vyberala a použila vetva vyučovacieho algoritmu podľa určitých splnených podmienok. Vyučovací proces prebiehal podľa vopred pripraveného algoritmu. Systémy vôbec neakceptovali aktuálne a odlišné potreby študen-

tov a ani sa neprispôbovali rôznym stavom vyučovacieho procesu. Takže nebolo možné hovoriť o individuálnom vedení vyučovania.

Rozvoj a aplikácie techník umelej inteligencie ponúkli nové možnosti a prekonalili predchádzajúce obmedzenia. Od r. 1970 sa rozvíjajú inteligentné počítačové systémy ICAI, v ktorých sa aplikovali techniky umelej inteligencie (napr. reprezentácia znalostí, tvorba bázy znalostí, tvorba inferenčných mechanizmov, strojové učenie atď.) a skúmali sa funkcie týchto techník v procese učenia a vyučovania.

Spočiatku sa tieto systémy zaraďovali do kategórie expertných systémov ([2]). Vyhovovali architektúre expertných systémov. Keďže aplikačným priestorom expertných systémov sa stalo aj učenie a vyučovanie, nazvali sa jednoducho ICAI systémy.

ICAI systémy zlepšujú vyučovacie prostredie, v ktorom môžu študenti ľahko rozvíjať svoje vlastné záujmy a tak zlepšovať svoju výkonnosť pri učení. ICAI systémy sa adaptujú študentom rôznej vedomostnej úrovne.

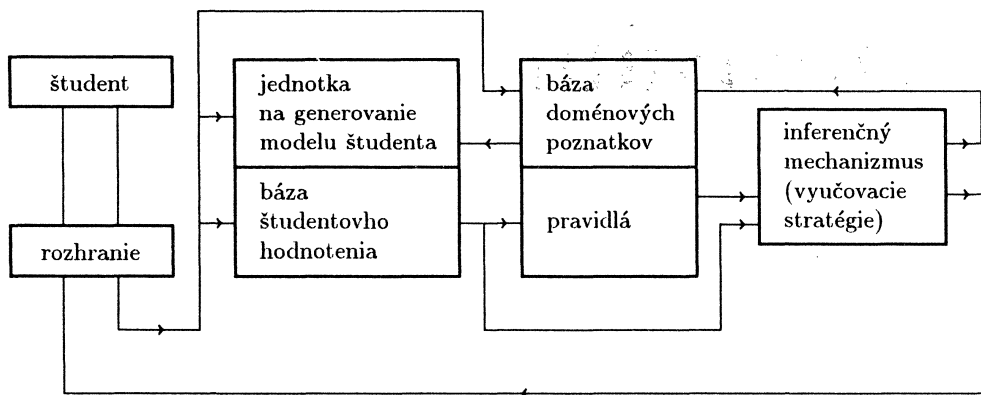
### 2. Architektúra ICAI systému

Blokový diagram architektúry systému ukazuje obr. 1. Je to rozšírená schéma typického ICAI systému, ktorý principiálne tvoria štyri moduly:

- báza poznatkov,
- model študenta,
- modul vyučovacích stratégií,
- komunikačný modul.

---

RNDr. JANA PARÍZKOVÁ (1951), Katedra informatiky a výpočtovej techniky, EF STU, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava.



Obr. 1. Blokový diagram architektúry ICAI systému.

Báza poznatkov sa rozdelila na dve časti: na bázu doménových poznatkov (udržiava fakty, o čom sa má učiť) a na bázu vyučovacích poznatkov (udržiava poznatky o tom, ako učiť). Model študenta pozostáva z bázy jeho hodnotení, ktoré zodpovedajú vedomostnej úrovni študenta a z jednotky, ktorá generuje model študenta.

Vyučovací proces môže v systéme ICAI prebiehať takto:

1. Keď študent vstúpi do ICAI systému, počítač najskôr vyšetrí vedomostnú úroveň študenta. Podľa toho vyberie tému vyučovania z bázy doménových poznatkov.

2. V priebehu vyučovacieho procesu jednotka na generovanie modelu študenta zaznamenáva študentom naučený obsah a spôsob študentovho učenia. Táto jednotka tiež testuje študentove schopnosti a zaznamenáva typ otázky, zarátava ich do testu a uchováva tieto záznamy do bázy študentovho hodnotenia. Neskôr budú tieto záznamy dôležitým podkladom pre realizáciu vyučovacích stratégií.

3. Podľa údajov v báze študentových hodnotení, ICAI systém odkazuje na pravidlá v báze pravidiel a vykonáva dopred-

né a spätné zdôvodňovanie. Na základe výsledku zdôvodňovacieho procesu uskutoční rozhodovanie o výbere vyučovacej stratégie. Napokon v roli poradcu vráti riadenie študentovi.

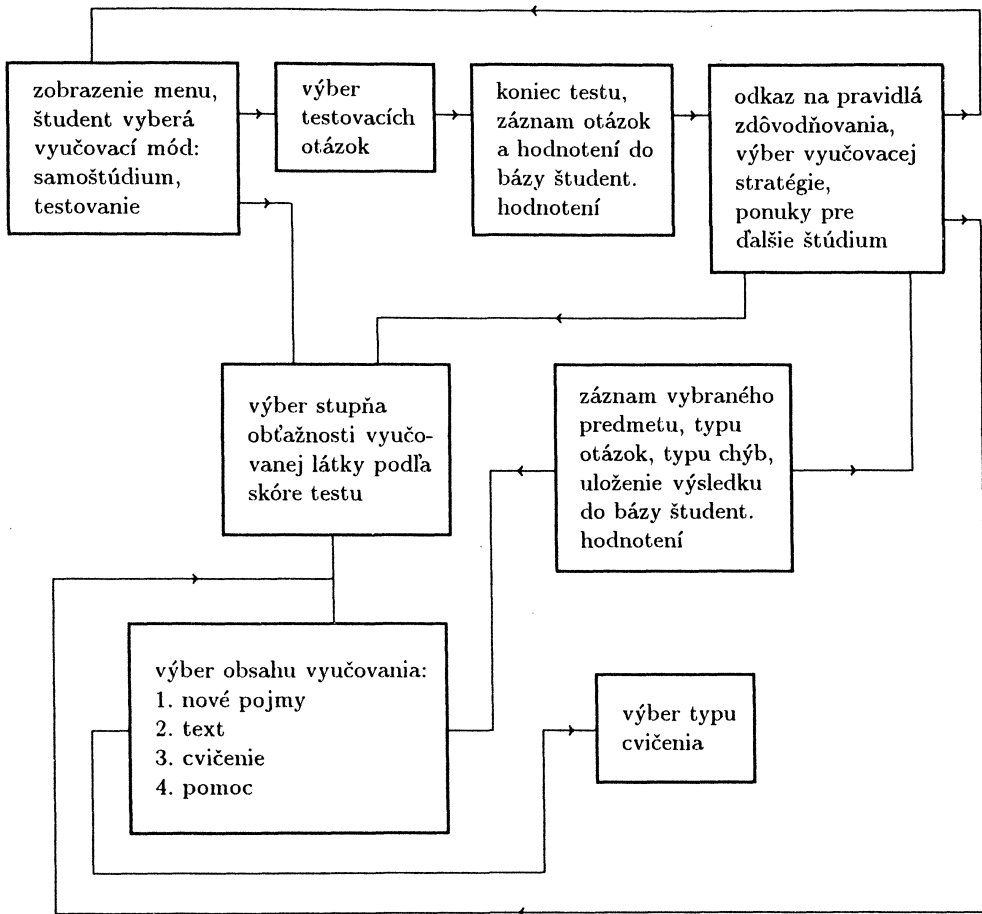
4. Podľa práve vybranej vyučovacej stratégie, ICAI systém aktivuje bázu doménových poznatkov, vyberie odpovedajúci obsah z bázy na individuálne učenie a podá študentovi adekvátne ponuky pre nasledujúce učenie.

5. Študent, ktorý sa učí s ICAI systémom, môže buď samostatne študovať, alebo sa nechať otestovať. Pri samostatnom štúdiu študent precvičuje a kontroluje svoje naučené výsledky. Proces samostatného štúdia alebo samotestovania, výsledky štúdia alebo testy sa zaznamenávajú pomocou jednotky na generovanie modelu študenta a sú udržiavané v báze študentových hodnotení.

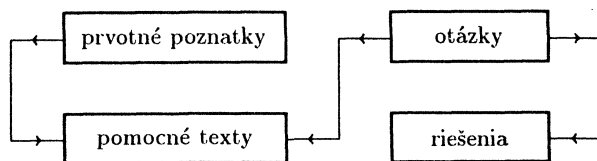
Vývojový diagram vyučovacieho procesu v ICAI je znázornený na obr. 2.

Vývojový diagram je natoľko všeobecný, že môže znázorňovať tok vyučovania pre ľubovoľný predmet vyučovania.

V ďalšej časti príspevku sa venujeme konkrétnemu návrhu reprezentácie uvede-



Obr. 2. Diagram vyučovacieho procesu v ICAI systéme.



Obr. 3. Sieťovo-relačná štruktúra doménových poznatkov.

ných základných modulov ICAI systému. Sústreďme sa na prvé tri moduly.

### 2.1 Bába poznatkov

Ako bolo už povedané, bába poznatkov je rozdelená na dve časti. Obsahuje

doménové poznatky a poznatky o vyučovaní.

Doménové poznatky predstavujú poznatky o vyučovanom predmete, cvičenia, otázky pre test, pomocné texty. Poznatky o vyučovaní sú poznatky o vyučovacích spôsoboch a organizačnej štruktúre vy-

Tab. I. Pravidlá vyučovania.

číslo pravidla	IF	THEN	<i>cf</i>	ďalšie pravidlo
1	$70 < FS < 85$	$ND = 2$	0,4	2
2	$DJ = 1$ or 2	$ND = 3$	0,4	1
3	$DJ = 4$ or 5	$ND = 1$	0,3	3
4	$FS = 85$	$ND = 1$	0,8	3
5	$FS = 95$	$ND = 1$	0,95	3
6	$SOH < 80\%$	test 1,5 7, 8, 10	0,9	4
7	$SCO > 90\%$	$ND = ND - 1$ or $ND = 1$	0,9	5

učovaného predmetu. Keďže obsah a funkcie týchto dvoch typov poznatkov sú celkom odlišné, použijeme aj odlišné metódy na ich reprezentáciu.

### 2.1.1. REPREZENTÁCIA DOMÉNOVÝCH POZNATKOV

Použijeme sieťovo-relačnú štruktúru. Doménové poznatky vo všeobecnosti predstavujú štyri typy poznatkov:

otázky, riešenia, prvotné údaje, pomocné texty (obr. 3). Vzťahy v sieti sú reprezentované pomocou atribútov, ktoré sú v relácii.

Ako demonštračný príklad takejto štruktúry môžeme uviesť obr. 4, ktorý sa týka vyučovania anglického jazyka.

Príklad ukazuje konkrétne väzby medzi jednotlivými typmi poznatkov. Samozrejme, že pre iné poznatky budú spojenia iné, ktoré dávajú pre konkrétny príklad zmysel.

Uzly v sieti poznatkov sa spájajú prostredníctvom určujúcich kódov do spoločných atribútov. Text, nové slovo, cvičenie,

pomocný text považujeme za samostatné jednotky.

Kľúčové slová sa odvodzujú od týchto jednotiek. Jednoducho môžeme odkazovať na poznatky v sieti označením medzi kľúčovými slovami a tiež sprístupňovať iné príbuzné poznatky tak, že použijeme ich atribút určujúceho kódu.

### 2.1.2. REPREZENTÁCIA VYUČOVACÍCH POZNATKOV

Poznatky o vyučovaní je najvhodnejšie zakódovať v tvare produkčných pravidiel. Sú teda uložené v báze pravidiel. Niektoré pravidlá bázy ukazuje tab. I.

Faktor neurčitosti *cf* predstavuje mieru pravdivosti tvrdenia vyplývajúceho z hypotézy, ak táto existuje. Hodnota *cf* je daná skúsenosťou učiteľov. Hodnota faktoru je v intervale  $(-1, 1)$ . Ak  $cf > 0$ , tvrdenie vyplývajúce z existujúcej hypotézy je pravdivé. Ak  $cf = 0$ , tvrdenie vyplývajúce z hypotézy nemá žiaden vplyv. Ak  $cf = -1$ , tvrdenie vyplývajúce z hypotézy je nepravdivé.

### PRVOTNÉ POZNATKY

obsah	typ	urč. kód	režim vyučovania
Lesson 1. Welcome Jana. Excuse me, could you please tell me if this is the reception room?	text	1	zobrazenie textu, otázka, či je potrebná pomoc, odkaz na pomoc, informácie
Welcome		1	zobrazenie slova, zopakovanie výslovnosti
Could you please tell me		1	zobrazenie textu, zopakovanie výslovnosti

### POMOCNÉ TEXTY

obsah	typ	urč. kód	režim vyučovania
1. učiteľ víta študentov 2. scéna sa deje na letisku	text	1	zobrazenie
Lekcia 1. Vítajte. Môžete mi povedať, či sme v príjemnej kancelárii?	text	1	zobrazenie v slovenčine, zopakovanie výslovnosti
Môžete mi povedať?	hláskovanie	1	zobrazenie, zopakovanie výslovnosti

### OTÁZKY

obsah	typ	urč. kód	režim vyučovania
Je vaše meno (John)? Ste z USA?	substitúcia	1	dotaz na študenta, referencia na odpoveď
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	hláskovanie	1	zobrazenie, zopakovanie výslovnosti
text	hláskovanie	1	zobrazenie textu, zopakovanie výslovnosti
The office building lies to the ( ) of the library	slovník	2	zobrazenie, posúdenie obsahu zátvoriek

### RIEŠENIA

obsah	typ	urč. kód	režim vyučovania
meno, krajina Is your name (JOHN)? Are you from (ENGLAND)?	substitúcia, cvičenie	1	príslušná odpoveď
left, north	slovník		zobrazenie

Obr. 4. Príklad sieťovo-relačnej štruktúry poznatkov.

Význam symbolov v tab. I je nasledovný:

*cf* – faktor neurčitosti

*FS* – reprezentuje bodové hodnotenie

*ND* – stupeň obťažnosti vyučovaného textu

*DJ* – trieda poznatkov

*SOH* – správne ohodnotenie hláskovania

*SCO* – správne celkové hodnotenie

### 3. Model študenta

Hlavná funkcia modelu študenta je znamenávať stavy vedomostí študenta, oceňovať študentove schopnosti, a potom výsledky poskytovať odvodzovaciemu (inferenčnému) mechanizmu ako východiskový materiál pre zdôvodňovací proces.

Pri prvom vstupe študenta do ICAI systému, zaznamenáva model študenta jeho počiatočný stav. Tento stav pozostáva zo spôsobu, ako študent študuje, zo stupňa obťažnosti vyučovaného textu, známky pri samotestovaní, typu otázok, počtu otázok, typu a počtu chýb. Keď sa študent zo systému odhlási, je uvedený stav zapísaný do bázy študentovho hodnotenia. Údaje v tejto báze nepoukazujú len na aktuálnu úroveň študenta, ale tiež na jeho schopnosť učenia.

Akým spôsobom vyhodnocuje „počítačový“ učiteľ študentove správanie? Spočiatku výskumné metódy dávali hrubý odhad študentovho správania prostredníctvom interakcie študenta s počítačom. Testovacie metódy najskôr požadovali, aby študent odpovedal na skupinu otázok a robili hrubý odhad jeho vedomostí podľa známky, ktorá hodnotila odpoveď. Na základe tohoto odhadu sa vypracoval príslušný, vhodný vyučovací text. ICAI systémy dávajú ďalšie vyhodnotenia študentovho správania prostredníctvom údajov v báze študentových hodnotení.

Aby sa čo najexaktnejšie vyhodnotilo študentove správanie, použijeme model neurčitosti z teórie neurčitosti. Nech sú v triede A vynikajúci študenti, ktorí boli bodovo hodnotení od 85 do 100 bodov. V tomto intervale však nerozlíšime lepšieho študenta s počtom bodov 95 od študenta s počtom bodov 85. Ak prijmemo koncepciu množiny neurčitostí [3] a faktor neurčitosti zvolíme v intervale  $(0, 1)$ , bude ohodnotenie lepšie. Napr. predpokladajme, že všetky ohodnotenia študentov predstavujú množinu  $U$ . Jej časť vynikajúcich študentov nech je podmnožina  $A$ . Nech je daná funkcia  $U_A(u)$ . Ak  $U_A(95) = 0,9$  a  $U_A(85) = 0,7$ , vidíme, že stupeň ohodnotenia podmnožiny  $A$  pre body 95 je odlišný ako pre tú istú podmnožinu s počtom bodov 85. Príkladom vyhodnotenia študentových vedomostí (podľa obr. 4) môže byť výraz

$$A = \frac{0,8}{\text{hláskovanie}} + \frac{0,7}{\text{slovník}} + \frac{0,9}{\text{gramatika}} + \frac{0,8}{\text{vety}} + \frac{0,45}{\text{text}}$$

Z tohoto vzťahu môžeme ľahko odhadnúť stupeň študentových schopností, resp. vedomostí, ktorý je vyjadrený explicitne a kvantitatívne.

Pri vyhodnotení študentových vedomostí mali by sme zvažovať okrem jeho získaného bodového skóre aj jeho schopnosť učenia a iné vonkajšie faktory. Nech  $U = \{\text{hláskovanie, slovník, gramatika, vety, text}\}$ . Nech  $V = \{\text{test1, test2, schopnosť učenia}\}$ . Množina  $U$  je asociovaná so stavom študentových vedomostí a  $V$  je asociovaná s faktormi, ktoré vplývajú na vyhodnotenie. Predpokladajme, že vyhodnotenie závislé od jedného faktora je

$$R_i = (r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, r_{i4}, r_{i5}),$$

kde  $r_{ik}$  patrí do podmnožiny  $A$ ,  $i$  je faktor, ktorý ovplyvňuje argument v množine  $U$ .

Ak budú tri ovplyvňujúce faktory, potom vyhodnotenie  $R$  je v tvare matice:

$$R = \begin{pmatrix} r_{11}, & r_{12}, & r_{13}, & r_{14}, & r_{15} \\ r_{21}, & r_{22}, & r_{23}, & r_{24}, & r_{25} \\ r_{31}, & r_{32}, & r_{33}, & r_{34}, & r_{35} \end{pmatrix}.$$

Uvažujme príklad. Nech vyhodnotenie podľa prvého faktoru (podľa test1) je  $R_1 = (0,8, 0,7, 0,6, 0,9, 0)$ , podľa druhého faktoru (podľa test2) je  $R_2 = (0,9, 0,9, 0,8, 0,9, 0,4)$  a podľa tretieho (schopnosť učenia) je  $R_3 = (0,9, 0,85, 0,8, 0,9, 0,4)$ . Potom dostaneme maticu

$$R = \begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,8 & 0,7 & 0,6 & 0,9 & 0,0 \\ 0,9 & 0,9 & 0,8 & 0,9 & 0,4 \\ 0,9 & 0,85 & 0,8 & 0,9 & 0,4 \end{pmatrix}.$$

Na vyhodnotenie študentových schopností je potrebné ešte uvažovať vplyv iných faktorov, ktoré sú podmnožinou faktorov  $V$ . Nech je to množina neurčitosti  $F = (f_1, f_2, f_3)$ . Napr. ak predpokladáme  $F = (0,3, 0,5, 0,2)$ , prevzaté podľa algoritmu v [4], potom výsledné ohodnotenie študenta je

$$B = F * R = (0,3, 0,5, 0,2) \cdot \begin{pmatrix} 0,8 & 0,7 & 0,6 & 0,9 & 0,0 \\ 0,9 & 0,9 & 0,8 & 0,9 & 0,4 \\ 0,9 & 0,85 & 0,8 & 0,9 & 0,4 \end{pmatrix} = (0,87, 0,83, 0,74, 0,90, 0,28).$$

Výsledok je ohodnotením študentových vedomostí, resp. schopností, pri ktorých

sme prihliadali na dva testy a na študentovu schopnosť učenia. Podľa tohoto výsledku môže ICAI systém dať študentovi isté návrhy pre ďalšie štúdium.

Napr. štvrtý faktor 0,28 svedčí o tom, že pri učení angličtiny študent špatne chápe text. Preto mu systém odporučí viac čítať texty ako aj pomocné materiály.

#### 4. Modul vyučovacích stratégií (inferenčný stroj)

ICAI systém je inteligentný tuteur. Okrem vyhodnotenia študentových schopností vykonáva na ich základe individuálne rozhodovanie počas vyučovania. Rozhodovanie pozostáva z dvoch častí: výber vhodnej vyučovacej metódy a priradenie stupňa obťažnosti vyučovaného textu. Vyučovacie metódy vo všeobecnosti zahŕňujú vysvetľovanie, diskuzie, dotazovanie, heuristiky, drilovanie, cvičenie, demonštrácie, ... Stupeň obťažnosti súvisí s rozdelením vyučovacieho materiálu do niekoľkých skupín náročnosti.

Počas vyučovania počítač vyhodnocuje vedomostnú úroveň študenta. Vyučovacia stratégia je zvolená tak, aby smerovala k zamýšľanému cieľu. Preto sa dá v ICAI systéme realizovať individuálne vyučovanie.

ICAI systémy používajú zmiešanú metódu odovzdávania dát pri interakcii a pravdepodobnostné zdôvodňovanie pri inferencii. Na začiatku zdôvodňovania sú údaje v báze študentových hodnotení porovnávané s faktami v každom pravidle po IF v báze pravidiel. Ak sa údaje zhodujú s faktami po IF, bude záver po THEN toho istého pravidla vykonaný a toto pravidlo sa zaznamená. Takto sa môžu s rôznymi údajmi zaznamenať a vybrať rôzne pravidlá z bázy pravidiel.



Potom podľa faktoru neurčitosti, ktorý obsahuje každé pravidlo, logickou kombináciou pre rôzne podmienky sa vyhladá najvhodnejšie pravidlo z vybraných pravidiel. Napr. predpokladajme, že v báze študentových hodnotení sú tri položky:  $FS = 73$ ,  $QN = 20$ ,  $EN = 2$ , kde  $FS$  je bodové hodnotenie,  $QN$  je počet otázok,  $EN$  je počet chýb. Keďže  $FS = 73$ , zhoduje sa údaj s faktom po IF v pravidle číslo 1 v tab. 1 „IF  $70 < FS < 85$  THEN  $ND = 2$ “, kde  $ND$  je stupeň obťažnosti vyučovaného textu, zaznamená sa záver po THEN, tj.  $ND = 2$ . Ďalej  $QN = 20$ ,  $EN = 2$  sú údaje, ktoré sa zhodujú s faktom po IF v pravidle 7 „IF  $SOH > 90$  THEN  $ND = ND - 1$  OR  $ND = 1$ “, keďže  $EN/QN = 2/20 = 10\%$ . Preto sa vyberie záver  $ND = ND - 1$  alebo  $ND = 1$  tohoto pravidla a ICAI systém navrhne, aby si študent vybral vyučovací text s  $ND = 1$  pre ďalšie štúdium. Mimochodom, ak si študent stanovil vedomostnú úroveň  $DJ = 2$ , potom podľa pravidla 2 „IF  $DJ = 1$  OR  $DJ = 2$  THEN  $ND = 3$ “ sa vyberie vyučovací text s obťažnosťou  $ND = 3$ . Ako však v tomto prípade určíme, či je lepšie  $ND = 1$  alebo  $ND = 3$ ? Odpoveď nám dá faktor neurčitosti vo vybranom pravidle. Vyberie sa záver takého pravidla, ktorý má väčšiu hodnotu faktora neurčitosti.

Z tab. 1 vidno, že najvhodnejšie je pravidlo 7 ( $0,9 > 0,4$ ). Preto systém vybral pre študenta na ďalšie štúdium text s  $ND = 1$ .

## Záver

Hlavné problémy pri budovaní ICAI systémov sú tieto:

1. Ako zostrojiť perfektný model študenta

2. Ako vytvoriť optimálne vyučovacie stratégie
3. Ako reprezentovať doménové poznatky
4. Ako reprezentovať poznatky o vyučovaní

Kľúčovými úlohami v tvorbe ICAI systémov sú 1 a 2 ([6]).

V príspevku sme naznačili, ako možno uvedené problémy riešiť. Nezaoberali sme sa komunikačným modulom. Pri výučbe jazykov by mal práve dôležitú úlohu na reprodukciu rečového signálu. Modulom by mohol byť rečový syntetizátor ([4]), alebo by sa mohli použiť multimédiá ([5]).

Hlbší výskum ICAI systémov nielen otvorí široký aplikačný priestor pre vyučovanie podporené počítačom, ale tiež dá väčší dôraz na ďalší vývoj teórie a technológie v umelej inteligencii.

## L i t e r a t ú r a

- [1] PARÍZKOVÁ, J.: *Inteligentné počítačové systémy vo výchovnovzdelávacom procese*. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie 36 (1991), č. 6, 350–356.
- [2] PARÍZKOVÁ, J.: *Expertné systémy vo vyučovaní*. 1. seminár o aplikáciách expertných systémů, Dom techniky ČSVTS, Č. Budějovice, máj 1988, zborník, 105–107.
- [3] ZADEH, L. A.: *Fuzzy sets*. Information and Control, aug. 1965, 338–353.
- [4] ANNE MCDUGAL, CAROLYN DOWLING (edit.): *Computers in Education*. Proceedings of the IFIP TC 3 Fifth World Conference on Computers in Education — WCCE 90, Sydney, Australia, July 9–13, 1990, 281–286.
- [5] DANILÁK, M.: *Multimédiá vo výučbe informatiky*. Zborník z konferencie Informatika 93, Vysoké Tatry, 17.–19. máj 1993, 52–54.
- [6] PARÍZKOVÁ, J.: *Informatívne ICAI systémy*. Zborník z konferencie Informatika 93, Vysoké Tatry, 17.–19. máj 1993, 147–150.