

PRIMERJALNA ANALIZA TREH ORODIJ ZA IZGRADNJO IN UPORABO BAZE ZNANJA EKSPERTNEGA SISTEMA

INFORMATICA 3/91

Keywords: expert system, knowledge base, automatic learning, credit worthiness, knowledge acquisition, expert system maintenance

V. Rajković^{1,2}, E. Delidžakova-Drenik³, B. Urh²

¹ Fakulteta za organizacijske vede, Prešernova 11, Kranj

² Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, Ljubljana

³ Ljubljanska banka d.d., Šmartinska 132, Ljubljana

Abstract: A COMPARATIVE ANALYSIS OF THREE TOOLS FOR THE CONSTRUCTION AND USAGE OF KNOWLEDGE BASES IN EXPERT SYSTEMS. In the paper a comparative analysis of three expert systems shells: Dex, Optrans and Assistant Professional is given. Dex is a specialised expert system shell for preference knowledge modelling in multiattribute decision making. Optrans is a general purpose expert system shell that offers some additional modules, which make it particularly convenient for financial modelling. Assistant Professional is an expert system shell based on automatic learning from given examples. These tools were used for the estimation of credit worthiness in a banking environment. The comparison deals with knowledge acquisition, representation and usage for credit worthiness evaluation.

The goal of the paper is to illustrate and discuss advantages and disadvantages of the tools. On this basis, a complementary use of the tools can be employed in order to improve the effectiveness of the process of knowledge base construction, usage and maintenance.

Povzetek: V referatu je podana primerjava uporabe treh lupin ekspertnih sistemov: Dex, Optrans in Assistant Professional. Dex je specializirana lupina za modeliranje preferenčnega znanja v okviru večparametrskega odločanja. Optrans je splošna lupina ekspertnega sistema, ki je skupaj z dodatki še posebej primerna za finančno modeliranje. Assistant Professional pa je lupina ekspertnega sistema, ki temelji na zajemanju znanja z učnimi primeri ob uporabi metod avtomatskega učenja. Vsa tri orodja so bila uporabljena za ugotavljanje bonitete poslovnega partnerja banke. Primerjava se nanaša na zajemanje znanja in njegovo predstavitev v bazi posameznega sistema in na uporabo tega znanja pri ugotavljanju bonitete partnerja.

Namen tega prispevka je prikazati dobre in slabe strani posameznih orodij. Na tej osnovi lahko načrtujemo njihovo komplementarno uporabo, ki omogoča učinkovitejši proces izgradnje, uporabe in vzdrževanja ekspertnega sistema.

1 Uvod

Na trgu so dosegljiva različna orodja za izgradnjo in uporabo baz znanja ekspertnih sistemov. Poleg vprašanja, katero orodje uporabiti v dani situaciji, se nam zastavlja tudi vprašanje o morebitni smiselnosti uporabe več orodij. To lahko razumemo tudi kot iskanje rešitev za učinkovitejše zajemanje znanja v pogledu razreševanja Feigenbaumovega ozkega grla (Feigenbaum 1977). V splošnem nas zanima možnost doseganja sinergije z uporabo komplementarnih pristopov, ki jih nudijo različna orodja. Na primer, gradnja baz znanja po več različnih poteh nas lahko pripelje do boljših baz znanja v pogledu količine znanja, pa tudi njegove razumljivosti in preverljivosti. Splet uporabe več orodij odpira tudi nekatere možnosti dograjevanja, preverjanja in različnih artikulacij znanja, kar je še posebej dobrodošlo v procesu vzdrževanja baz znanja ekspertnih sistemov.

Da bi v diskusiji in zaključku tega prispevka lahko odgovorili na nekatera izmed teh vprašanj, bomo v nadaljevanju predstavili problem izgradnje in uporabe baze znanja za bančni ekspertni sistem "Boniteta", ki je bil razvit v Ljubljanski banki (Delidžakova-Drenik et al. 1989). Pri tem so uporabljene tri različne lupine ekspertnih sistemov: Optrans, Dex in Assistant Professional. Vsa ta orodja tečejo na osebnih računalnikih tipa IBM-PC in so komercialno dosegljiva.

2 Primer izgradnje in uporabe baze znanja

Primer, ki ga obravnavamo z navedenimi orodji, se nanaša na boniteto v bančnem smislu. Z boniteto je mišljena ocena poslovnega partnerja, da v roku vrne odobreni kredit in plača obresti. Čim večja je boniteta poslovnega partnerja, tem manjši je riziko poslovanja banke. Zato je ocenjevanje bonitete partnerja, ki mu dajemo kredit, pomembna mera za zmanjšanje rizičnosti poslovanja in zagotavljanje likvidnosti banke (Delidžakova-Drenik, Mavec 1989).

Pri delu z bazo znanja so bila uporabljena vsa tri orodja. V posameznih fazah uporabe so se pokazale različne prednosti in slabosti, ki jih ilustriramo v tem razdelku.

2.1 Dex

Dex je specializirana lupina ekspertnega sistema za večparametrsko odločanje, ki je bila razvita na Institutu "Jožef Stefan" v Ljubljani (Bohanec, Rajkovič 1991, DEX 1989). Odločitveni prostor znanja predstavljajo parametri, kazalci, atributi oz. kriteriji, ki so drevesno organizirani. Povezava podređenih parametrov v nadredne je osnovana na preferenčnem znanju, ki je izraženo s preprostimi produkcijskimi pravili (Bohanec et al. 1988, Rajkovič, Bohanec 1990).

2.1.1 Baza znanja

Bazo znanja predstavlja drevo parametrov in pravila združevanja ocen posameznih parametrov v ocene višje ležečih parametrov v drevesu. Za primer bonitete je drevo parametrov predstavljeno na sliki 2. Poleg parametrov so tudi njihovi opisi in zaloge vrednosti, ki jih lahko posamezni parametri zavzamejo. Slika 1 prikazuje tabelo pravil povezovanja treh parametrov: REV_DOH, PROF_ST in ST_RENT v agregirano oceno DOHODEK. Kako čitamo tako tabelo pravil? Prva tri pravila povedo, da je dohodek ocenjen *slabo*, če je vsaj eden izmed izhodiščnih treh parametrov na spodnji meji, tj. zavzema vrednost *slabo*. Zvezdica (*) pomeni katerokoli vrednost. Četrto pravilo pove, da je dohodek *srednje*, če je revalorizacijski dohodek ocenjen z *dobro*, profitna stopnja s *srednje* in stopnja rentabilnosti z oceno, ki je večja ali enaka oceni *srednje*. V našem primeru imamo 7 takih tabel, za vsak nadredni parameter po eno.

	REV_DOH	PROF_ST	ST_RENT	DOHODEK
1.	<i>slabo</i>	*	*	<i>slabo</i>
2.	*	<i>slabo</i>	*	<i>slabo</i>
3.	*	*	<i>slabo</i>	<i>slabo</i>
4.	<i>dobro</i>	<i>srednje</i>	<i>>=srednje</i>	<i>srednje</i>
5.	<i>dobro</i>	<i>>=srednje</i>	<i>srednje</i>	<i>srednje</i>
6.	<i>dobro</i>	<i>dobro</i>	<i>dobro</i>	<i>dobro</i>

Sl.1: Tabela pravil za ugotavljanje parametra DOHODEK v sistemu DEX

Parameter	Opis parametra	Vrednosti parametra
BONITETA	ocena bonitete poslovnega partnerja	slabo, srednje, <u>dobro</u>
-RIZIČNOST	rizičnost naložb	visoka, srednja, <u>nizka</u>
-ST_LIK_ZAD	prejeti LK / sredstva	slabo, <u>dobro</u>
-KAZ_14	dvomljive terjatve / rizične naložbe	slabo, <u>dobro</u>
-KAZ_13	sklad solid.odg. / rizične naložbe	slabo, <u>dobro</u>
-IZ_KKP	izkoriščenost kratk.kred.potenciala	slabo, <u>dobro</u>
-STR_PLAS	struktura plasmajev	slabo, <u>dobro</u>
-LIKVIDNOST	likvidnost poslovnega partnerja	slabo, srednje, <u>dobro</u>
-LIK_A		slabo, srednje, <u>dobro</u>
-ST_LIK_OŽ	stopnja ožje likvidnosti	slabo, <u>dobro</u>
-ST_LIK_ŠI	stopnja širše likvidnosti	slabo, <u>dobro</u>
-KAZ_11	medbančno kreditiranje	slabo, <u>dobro</u>
-LIK_B		slabo, srednje, <u>dobro</u>
-OR_DNI	št.dni uporabe obvezne rezerve	slabo, srednje, <u>dobro</u>
-RS_DNI	št.dni uporabe rezervnega sklada	slabo, <u>dobro</u>
-UP_SR_NB	uporaba sredstev pri NB	slabo, <u>dobro</u>
-LIK_C		slabo, srednje, <u>dobro</u>
-DOS_PL	doseganje posebne likvidnosti	slabo, <u>dobro</u>
-DOS_ML	doseganje minimalne likvidnosti	slabo, srednje, <u>dobro</u>
-ST_LIK_NB	stopnja likvidnosti pri NB	slabo, <u>dobro</u>
-DOHODEK	dohodkovna uspešnost posl.partn.	slabo, srednje, <u>dobro</u>
-REV_DOH	revalorizacijski dohodek	slabo, <u>dobro</u>
-PROF_ST	profitna stopnja	slabo, srednje, <u>dobro</u>
-ST_RENT	stopnja rentabilnosti	slabo, srednje, <u>dobro</u>

Sl.2: Drevo parametrov ocenjevanja bonitete v sistemu DEX

Z Dexom smo sorazmerno enostavno kreirali bazo znanja. Čeprav mora drevo parametrov zgraditi ekspert oz. ekspertna skupina, kar je vsekakor zahteven miselni proces, pa je s tem podan celovit pogled na domeno znanja. V drugem koraku eksperti v dialogu z računalnikom artikulirajo pravila, ki so relativno enostavna (podproblemi). Njihovo konsistentnost in pokritost problemskega prostora pa zahvaljujoč strukturi parametrov lahko avtomatsko nadziramo in vodimo v dialogu, ki ga omogoča DEX.

2.1.2 Ocenjevanje bonitete

Za vsakega poslovnega partnerja moramo zbrati podatke po osnovnih parametrih. Primer za enega partnerja, ki ga želimo oceniti, kaže slika 3. V Dexu smo namesto numeričnih kvantitativnih kazalcev uvedli opisne vrednosti, ki jih dobimo s pravili pretvarjanja, kot na primer za stopnjo rentabilnosti (ST_RENT):

numerični podinterval	opisna vrednost
1. <u>slabo</u>	$\leq 0 \%$
2. srednje	$> 0 \%$ in $< 2 \%$
3. <u>dobro</u>	$\geq 2 \%$

Parameter	številska vrednost	opisna vrednost
ST_LIK_ZAD	11.81	<u>dobro</u>
KAZ_14	0	<u>dobro</u>
KAZ_13	2.1	slabo
IZ_KKP	33.08	<u>dobro</u>
STR_PLAS	110	<u>dobro</u>
ST_LIK_OŽ	726.26	<u>dobro</u>
ST_LIK_ŠI	289.37	<u>dobro</u>
KAZ_11	166851	<u>dobro</u>
OR_DNI	3	srednje
RS_DNI	5	<u>dobro</u>
UP_SR_NB	0	<u>dobro</u>
DOS_PL	3072.62	<u>dobro</u>
DOS_ML	382.47	<u>dobro</u>
ST_LIK_NB	5.9	<u>dobro</u>
REV_DOH	8507	<u>dobro</u>
PROF_ST	10.84	<u>dobro</u>
ST_RENT	0.27	srednje

Sl.3: Primer podatkov poslovnega partnerja, ki ga želimo oceniti

Ko podatke o varianti vstavimo v računalnik, dobimo s pomočjo pravil ocene po vseh parametrih v drevesu, vključno s končno oceno. Tak izpis podaja slika 4. Možna pa je tudi agregirana razlaga, kjer so izpisane le vrednosti tistih parametrov, ki so bistveno vplivali na končno oceno.

BONITETA	<u>dobro</u>
RIZIČNOST	<u>srednja</u>
ST_LIK_ZAD	<u>dobro</u>
KAZ_14	<u>dobro</u>
KAZ_13	<u>slabo</u>
IZ_KKP	<u>dobro</u>
STR_PLAS	<u>dobro</u>
LIKVIDNOST	<u>dobro</u>
LIK_A	<u>dobro</u>
ST_LIK_OŽ	<u>dobro</u>
ST_LIK_SI	<u>dobro</u>
KAZ_11	<u>dobro</u>
LIK_B	<u>dobro</u>
OR_DNI	<u>srednje</u>
RS_DNI	<u>dobro</u>
UP_SR_NB	<u>dobro</u>
LIK_C	<u>dobro</u>
DOS_PL	<u>dobro</u>
DOS_ML	<u>dobro</u>
ST_LIK_NB	<u>dobro</u>
DOHODEK	<u>srednje</u>
REV_DOH	<u>dobro</u>
PROF_ST	<u>dobro</u>
ST_RENT	<u>srednje</u>

Sl.4: Ocena bonitete partnerja
v sistemu DEX

2.2 Optrans

To je integrirano programsko orodje za razvoj ekspertnih sistemov, ki ga je razvila firma "Systems informatiques de gestion" iz Francije (PC-OPTRANS EXPERT 1988). Poleg same lupine ekspertnega sistema Optrans vsebuje tudi module za delo s podatki in modeli. V osnovi je namenjen reševanju poslovnih problemov s posebnim poudarkom na finančnem modeliranju (Klein, Methlie 1990).

2.2.1 Baza znanja

Znanje je predstavljeno s produkcijskimi pravili tipa ČE-POTEM. V bazi ekspertnega sistema "Boniteta" za potrebe ugotavljanja bonitete bančnega partnerja je 117 pravil. Primer teh pravil kaže slika 5. To so pravila za ugotavljanje dohodkovne uspešnosti na osnovi revalorizacijskega dohodka, profitne stopnje in stopnje rentabilnosti. Pravila smo dobili v razgovoru z bančnimi eksperti, tako da baza znanja predstavlja artikulirano znanje ekspertov. Težave so bile pri zagotavljanju celovitosti znanja in konsistentnosti pravil.

```
IF revalor_dohodek ≤ 0 AOR profitna_stopnja ≤ 0
AND stopnja_rentab ≤ 0
THEN FACTS.DEDUCED dohodek IS slabo
CRITERIA.TO_EXAMINE stop
MESSAGE Dohodek banke je slab.
FINISH_RULE
```

```
IF revalor_dohodek > 0 AND profitna_stopnja ≥ 0.4
AND stopnja_rentab ≥ 2
THEN FACTS.DEDUCED dohodek IS dobro
CRITERIA.TO_EXAMINE stop
MESSAGE Dohodek je dober.
FINISH_RULE
```

```
IF revalor_dohodek > 0 AND profitna_stopnja ≥ 0.4
AND stopnja_rentab < 2 AND stopnja_rentab > 0
THEN FACTS.DEDUCED dohodek IS srednje
CRITERIA.TO_EXAMINE stop
MESSAGE Dohodek je srednji.
FINISH_RULE
```

Sl.5: Nekaj pravil za oceno dohodkovne
uspešnosti v sistemu Optrans

*** Ocena likvidnosti ***

Odstotek doseganja posebne likvidnosti presega predpisano mejo 100 %. Odstotek doseganja minimalne likvidnosti je nad 200 %. C_likv je dobra. A_likv je dobra. Likvidnost je dobra.

*** Ocena rizičnosti ***

Sklad solidarne odgovornosti ne dosega 3 % rizičnih naložb. Kaz_13 znaša 2.10 %. Izkoriščenost KKP znaša 33.08 % in je v mejah predpisane vrednosti 40.00 %. Struktura plasmajev (110.00 %) zadošča predpisani vrednosti 85 %. Dvomljive terjatve znašajo manj kot 5 % rizičnih naložb. Kaz_14 znaša 0.00 %. Rizičnost je srednja.

*** Ocena dohodkovne uspešnosti ***

Banka dosega revalorizacijski dohodek. Profitna stopnja v višini 10.84 % je odlična. Stopnja rentabilnosti v višini 0.27 % je srednja.

Dohodek je srednji.

Sl.6: Ocena bonitete z Optransom

2.2.2 Ocenjevanje bonitete

Za poslovnega partnerja, ki ga želimo oceniti, moramo imeti podatke kot je primer na sliki 3. Ekspertni sistem pa nam postreže z oceno bonitete, ki jo pripiše temu partnerju. Izpis je na sliki 6. Kot vidimo, je boniteta ocenjena z oceno *dobro* izmed treh možnih ocen (slaba, srednja, dobra), ki izvira iz delnih ocen likvidnosti, rizičnosti in dohodkovne uspešnosti partnerja. Poleg tega je možno dobiti tudi izpis vseh pravil, ki so bila uporabljena v tem postopku ocenjevanja.

2.3 Assistant Professional

Ta lupina ekspertnega sistema omogoča avtomatsko generiranje baze znanja na osnovi učnih primerov. Razvita je bila v sodelovanju med Fakulteto za elektrotehniko in računalništvo v Ljubljani in Institutom "Jožef Stefan". Posebej primerna je povsod tam, kjer *ekspertizo* posedujemo v obliki ustrezno rešenih primerov kake ekspertne domene (Cestnik et al. 1987). Osnovni algoritem je privzet iz sistema ID3 (Quinlan 1987) in dopolnjen z mnogimi izboljšavami, predvsem v smislu obvladovanja nezanesljivih in nepopolnih podatkov.

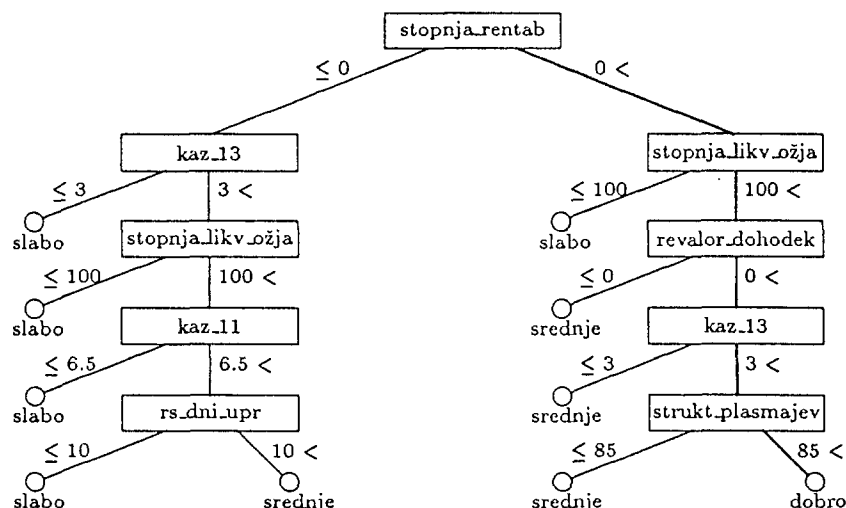
2.3.1 Baza znanja

Kot smo že omenili, potrebujemo za izgradnjo baze znanja učne primere, to je ocene konkretnih bonitet partnerjev, ki smo jih zbrali pri svojem delu v preteklosti. Primere opišemo s standardnimi kazalci in pripišemo boniteto, ki se je v praksi potrdila. Assistant Professional generira odločitveno drevo, ki ga v obravnavanem primeru kaže slika 7.

Čeprav je nabor kazalcev enak kot pri prejšnjih dveh lupinah, je struktura zapisa znanja v odločitvenem drevesu drugačna. Eden izmed ciljev gradnje drevesa v sistemu Assistant Professional je namreč kar najbolj kompaktno predstaviti znanje, ki je kodirano v učnih primerih.

2.3.2 Uporaba baze znanja

Ko želimo s tem sistemom oceniti boniteto kakega partnerja, vnesemo njegove podatke in sistem v skladu z odločitvenim drevesom oceni boniteto. Tako ocenjevanje je še posebej primerno, če nam vrednosti nekaterih parametrov manjkajo. Na sliki 8 je prikaz ekrana po vnosu le štirih (vendar bistvenih) vrednosti kazalcev. Na osnovi teh vrednosti sistem ugotavlja, da je z verjetnostjo blizu 94% boniteta partnerja *dobra* in le s približno 6% *srednja*.



Sl. 7: Odločitveno drevo za ocenjevanje bonitete sistema Assistant Professional

Tree only				
ATTRIBUTE	VALUE	Select value for izkoriščenost KKP	CLASS	PROB.
odstot doseg PL	3072.620	33.080 4	dobro	93.878
izkoriščenost KKP	33.080		srednje	6.122
stopnja rentab	0.270		slabo	0.000
revalor dohodek	8507.000			
opr sred NB	unknown			
stopnja likv NB	unknown			
odstot doseg ML	unknown			
:	:			
:	:			

Sl.8: Izračun verjetnostne porazdelitve bonitetnega razreda ob le štirih znanih podatkih v sistemu Assistant Professional

3 Diskusija

Prikazani sistemi se pomembno razlikujejo tako v zajemanju znanja, kot tudi v načinu uporabe. Dex in Optrans zahtevata eksplicitno artikulacijo znanja. V Optransu le-ta poteka podobno kot pri običajnih lupinah ekspertnih sistemov, znanje formuliramo z množico produkcijskih pravil. V Dexu poteka artikulacija znanja v dveh korakih. Najprej identificiramo drevo parametrov, zatem pa še pravila povezovanja, tj: medsebojne vplivnosti parametrov na višje ležeče (agregirane) parametre v drevesu. Kot smo že omenili, ta način zajemanja znanja olajša zagotavljanje celovitosti problemskega prostora. Postopnost in artikulacija vsebinsko zaokroženih podmnožic pravil (v našem primeru sedmih tabel pravil) pa razbremeni človeka, saj se le-ta ukvarja s praviloma enostavnejšimi podproblemi. Oboje ima za posledico enostavnejši in hitrejši proces zajemanja znanja. Assistant namesto eksplicitno artikuliranega znanja potrebuje učne primere in nato na njihovi osnovi zgradi bazo znanja v obliki odločitvenega drevesa. Njegova uporaba je posebej priporočljiva takrat, ko ustrezni učni primeri obstajajo, na primer kot dokumentacija dodeljevanja kreditov v preteklosti.

V pogledu uporabe baze znanja in razlage ocen bonitete nam Optrans omogoča zelo prijazno komunikacijo po zaslugi razlage (komentarjev) v domačem jeziku. Dex ima praviloma bolj zgoščen izpis rezultatov, ki je primernejši za medsebojno primerjavo več ocen.

Pomembna prednost Assistanta je enostavna in učinkovita uporaba sistema ob nepopolnih ali nezanesljivih podatkih.

Če na koncu povzamemo, lahko rečemo, da je smiselno pričeti z artikulacijo znanja z Dexom, nato pa bazo znanja prelti v Optrans in ga operativno uporabljati. Poleg razkošnih opisov rezultatov in razlag je pomembna tudi uporaba Optransovih modulov za pripravo in izračun konkretnih numeričnih podatkov. Če pa imamo na razpolago primere konkretnih ocen, npr. v kakem preteklem obdobju poslovanja banke s svojimi partnerji, uporabimo Assistanta. S tem po drugi poti pridemo do baze znanja, kar nam omogoča primerjalno analizo z artikuliranimi bazami znanja, npr. v Dexu ali Optransu.

4 Zaključki

Pokazali smo pomembne prednosti posameznih orodij v različnih fazah izgradnje in delovanja ekspertnega sistema za določanje bonitete. S kombinirano rabo opisanih treh lupin ekspertnega sistema hitreje in enostavneje pridemo do baze znanja, jo preverjamo in dopolnjujemo. Prilagajamo pa se tudi različnim zahtevam uporabe od poglobljene analize posamezne ocene do ocenjevanja v primeru, ko nekateri podatki manjkajo. Povedano nas navaja na misel o izgradnji novih prilagodljivih integriranih orodij kot tudi na uporabo obstoječih orodij, ki jih mora sam uporabnik kombinirati in prilagajati svojim potrebam.

Zahvala

Za nasvete in pripombe pri našem delu se želimo zahvaliti avtorjem uporabljenih lupin ekspertnih sistemov dr. Marku Bohancu, mag. Bojanu Cestniku in prof.dr. Michelu Kleinu. Zahvalo smo dolžni tudi diplomantkama Fakultete za organizacijske vede v Kranju Darji Habicht in Jani Seražin, ki sta v okviru svojih diplomskih del izvedli nekatere eksperimente, ki so prispevali k primerjalni analizi uporabljenih orodij.

Literatura

- Bohanec, M., Gyergyek, L., Rajkovič, V., Večparametrsko odločanje, podprto z lupino ekspertnega sistema, Elektrotehniški vestnik, vol. 55., št. 3-4 (Ljubljana, 1988), 189-198.
- Bohanec, M., Rajkovič, V., DEX : An Expert System Shell for Decision Support, Sistemica, Vol.1, Nr.1, 1990, pp. 145-158.
- Cestnik, B., Kononenko, I., Bratko, I., "ASSISTANT 86": A knowledge elicitation tool for sophisticated users, Sigma Press, 1987.
- Delidžakova-Drenik E., Mavec, A., Analysis of a knowledge-based system in use, Eurobanking, Heemskerk, The Netherlands, 1989.
- Delidžakova-Drenik E., Stariha, M., Mavec, A., Razvoj i uvodjenje ekspertnog sistema za odredjivanje boniteta banaka, Zbornik radova SYM-SP-IS, 1989.
- DEX - An expert system shell for multi-attribute decision-making, User's Manual, "J.Stefan" Institute, Ljubljana, 1989.
- Feigenbaum, E.A., The art of artificial intelligence: Themes and case studies of knowledge engineering, Pub.no. STAN-CS-77-621, Stanford University, Dept. of Computer Science, 1977.
- Klein, M., Methlie, B.L., Expert systems: A decision support approach - With applications in management and finance, Addison-Wesley, 1990.
- Kononenko, I., Cestnik, B., Bratko, I., ASSISTANT PROFESSIONAL User's Guide, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, 1988.
- PC-OPTRANS EXPERT, Manual de l'utilisateur, Systemes informatiques de gestions, Jouyen-Josas, 1988.
- Quinlan, J.R., Generating rules from decision trees, IJCAI, 1987.
- Rajkovič, V., Bohanec, M., Decision Support by Knowledge Explanation, in Environments for supporting decision processes (Sol, G.H., Vecsenyi, J., - eds.), North-Holland, 1991, pp. 47-57.