

<https://doi.org/10.24867/JPE-1994-11-107>

ORIGINALNI NAUČNI RAD

Novaković, D., Zeljković, Ž., Gatalo, R.*

**PRILOG RAZVOJU SISTEMA ZA AUTOMATIZOVANO MODULARNO
PROJEKTOVANJE NUMERIČKI UPRAVLJANIH FLEKSIBILNIH TEH-
NOLOŠKIH STRUKTURA ZA OBRADU ROTACIONIH DELOVA
KONCIPIRANOG U VIDU EKSPERTNOG SISTEMA**

**A CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF A SYSTEM
FOR AUTOMATED MODULAR DESIGN OF NUMERICALLY
CONTROLLED FLEXIBLE MANUFACTURING STRUCTURES FOR
ROTATIONAL PARTS IN THE FORM OF AN EXPERT SYSTEM**

Summary

The paper reviews a segment of research aimed at the development of system for automated modular design of Numerically Controlled Flexible Manufacturing structures (NC FMs) for Rotational Parts (RP). The system is based on the Expert System (ES).

It is assumed that NC FMs represent complex forms of various systems with emphasized use of heuristics in the design process. Bearing in mind long-term orientation in this research towards the concept of modular design, an attempt is made to point out the complexity of problem which emerges during the process of selection of a rational FM structure variant among many other possible variants for module composition.

The ES concept, based on expert system building, is proposed to solve this problem. In connection with that, the paper introduces the general ES model for FMs design with the knowledge representation and a global inference engine. It also illustrates the rules and clauses regarding the modules as well as the example of the utilization of ES for FMs design.

The final part provides a detail of output results for the developed concept which represents the basis for FMs design on the CAD workstation with implementation of available software.

*) Novaković Dragoljub, dipl.ing. stručni saradnik, Zeljković Željko, dipl. ing., asistent u nir., Gatalo dr Ratko, dipl.ing., redovni profesor, Institut za proizvodno mašinstvo, Fakultet tehnički nauka, 21000 Novi Sad, Vladimira Perića Valtera 2

Rezime

U radu se prikazuje segment istraživanja, usmerenih na razvoj sistema za automatizovano modularno projektovanje Numerički Upravljanih Fleksibilnih Tehnoloških struktura (NU FTs) za obradu Rotacionih Delova (RD) koncipiran u vidu Ekspertnog Sistema (ES).

Polazi se od konstatacije da su NU FTs složene forme različitih sistema sa znatno izraženom heuristikom u procesu projektovanja. Obzirom da je već duži niz godina u okviru ovih istraživanja opredeljenje za koncept modularnog projektovanja ukazuje se na složenost problema dobijanja racionalne varijante FT strukture iz mnoštva varijanti komponovanja modula.

Za rešavanje problema predlaže se koncept na bazi gradnje ekspertnih sistema. U vezi stim u rada se izlaže opšti model ES za projektovanje FTs, zatim način predstavljanja znanja i globalni mehanizam zaključivanja. Takođe se daje izgled pravila i činjenica o modulima kao i segment toka rada sa ES za projektovanje FTs.

Na kraju se daje detalj listinga izlaznih rezultata razvijenog sistema koji predstavljaju osnovu za projektovanje FTs na CAD radnoj stanici uz primenu raspoloživih programskih paketa.

1.0 UVOD

Projektovanje Fleksibilnih Tehnoloških struktura (FTs) je složen proces, posebno u domenu konceptijskog projektovanja. Za proces modularnog projektovanja FTs kao složenih struktura, ova kompleksnost posebno dolazi do izražaja. U principu, kod ovih struktura, se iz ograničenog broja modula može dobiti veliki broj varijanti komponovanih struktura.

Izbor najbolje varijante iz mogućih varijanti za konkretne proizvodne uslove je složen i težak zadatak. Ako se uzme da je za komponovanje FTs na raspologanju osam različitih modula i ako se uzme da je najmanji broj FT modula od kojih se može komponovati FTs tri, onda se broj mogućih kombinacija-varijanti komponovanih struktura može dobiti po izrazu [4]:

$$N = \sum_{m=3}^n C_n^m = \sum_{m=3}^{n=8} \frac{n!}{m!(n-m)!} = 218$$

Ako se sa druge strane uzme da je u pitanju složenija struktura za čije komponovanje stoji duplo veći broj FT modula dolazi se do oko 65000 varijanti komponovanih struktura. To ukazuje na besmislenost prostog kombinovanja raspoloživih modula u FT strukturu većeg nivoa složenosti bez selekcije. Zato se postavlja pitanje kako iz navedenog mnoštva varijanti vršiti selekciju da bi se za date uslove dobilo zadovoljavajuće rešenje FTs.

Mogući su različiti pristupi, ali u svakom od njih treba napraviti paralelu u odnosu na projektanta - kako on to radi. Nesporno je da projektant mora imati određena znanja sa kojima pristupa rešavanju problema. Upotrebljavajući znanje on vrši odlučivanje šta će u kojoj fazi uraditi.

U današnjim uslovima projektovanje FTs je teško zamislivo bez primene računarskih i programskih sistema. Njihovom primenom se realizuje proces automatizovanog modularnog projektovanja FTs.

Programski sistemi za automatizovano modularno projektovanje FTs u principu se mogu razvijati na dva načina, i to:

- krutim algoritamskim pristupom predstavljenim u obliku "PROGRAM = PODACI + ALGORITAM" i
- ekspertnim sistemima koji se mogu predstaviti u obliku "EKSPERTNI SISTEM = ZNANJE + ODLUČIVANJE".

Prvi pristup je prikladan za rešavanje proračunskih problema pri projektovanju komponenata koje ulaze u sastav modula koji čine FTs (npr. noseće strukture, aksijalne strukture, zupčaste strukture i dr.).

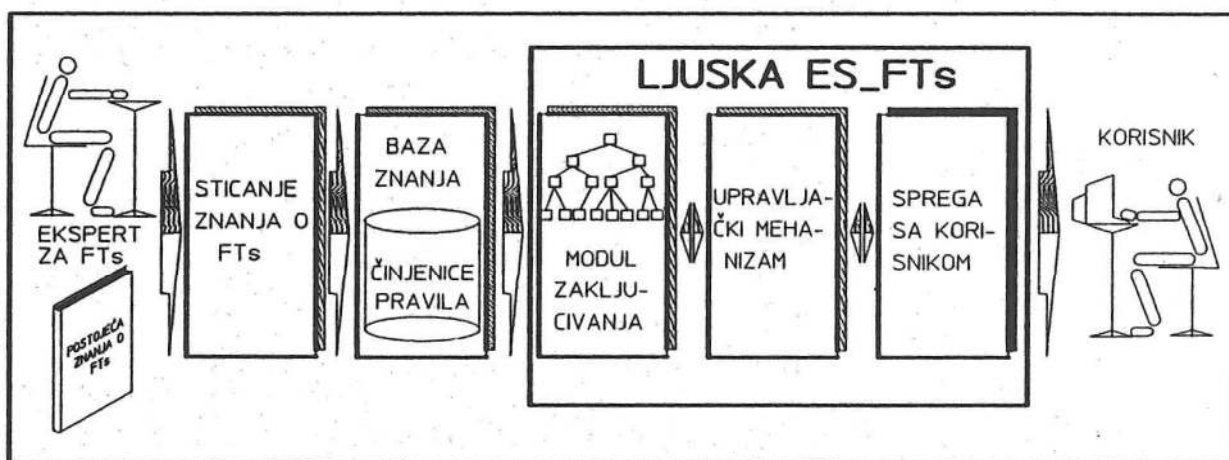
Drugi pristup, koji podrazumeva razvoj ekspertnih sistema, je znatno prikladniji u domenu projektovanja koncepcije modularno koncipiranih FTs gde je posebno izražena heurističnost u rešavanju problema. Heurističnost se ogleda u problemu kako iz određenog fonda modula komponovati FTs što se svodi na problem pretraživanja, odnosno usmeravanje pretrage grafa u ES, kojim je predstavljen skup mogućih rešenja.

2.0 OPŠTI PRISTUP RAZVOJU ES ZA MODULARNO PROJEKTOVANJE FTs

Razvoj ES uopšte i posebno u projektovanju FTs je vrlo kompleksan proces. Da bi mu se pristupilo potrebno je postaviti određenu koncepciju. Naravno bilo bi idealno ukoliko bi se posedovala formula ES koji bi se mogao primeniti u svim oblastima. Međutim u ogromnoj meri se specifična znanja u određenoj oblasti, kao što je oblast FTs moraju uključiti u rešavanje problema. Pošto nema opštih struktura za predstavljanje znanja za bilo koji problem, pa i problem FTs, izvođenje zaključaka je specifično od slučaja do slučaja. Pitanja koja se postavljaju su vezana za specifična znanja, načine njihovog organizovanja, korišćenja i područje primene. Za razvoj ekspertnog sistema za modularno komponovanje i kombinovanje treba uvažiti ove specifičnosti i izgraditi određene podloge i tok dolaska do rešenja.

Uopšteno bi se moglo reći da postoje određene faze koje su zajedničke za razvoj svakog ekspertnog sistema. Međutim za konkretno područje se pri projektovanju ekspertnog sistema moraju uvažavati specifičnosti tog područja i na njih se ograničavati u toku razvoja ES. Zato se u ovom radu posebno naglašavaju specifičnosti vezane za ekspertni sistem za FTs.

Sa dovoljno uopštenosti, zasnovan na opštoj logici ES, na slici 1 je prikazana koncepcija ekspertnog sistema za modularno projektovanje FTs.



Sl. 1 Opšti model ES za projektovanje FTs

Fig. 1 Global model of ES for FMs design

Koncepciju ovog ES čine: modul sticanja znanja o FTs, baza znanja, modul zaključivanja, upravljački mehanizam i modul sprege sa korisnikom.

Postavljena koncepcija važi za strukture bilo kojeg nivoa složenosti.

Polaznu osnovu u koncepciji ES čini ekspertsko znanje o projektovanju FTs.

Bazu znanja ES čine činjenice i pravila. Činjenice čine skup informacija o modulima (naziv, tip, dimenzione karakteristike,...) i složenijim elementima koji ulaze u sastav FTs. Pravila služe za donošenje odluka o povezivanju modula čime se dobijaju FTs određenog nivoa složenosti.

Pri tome se naglašava da se ovde koristi monotona baza znanja koja je oblik baze znanja gde se dodavanjem novih znanja ne menja ništa u starim znanjima (stara znanja o modulima) jer ona ostaju da važe. Oblik nemonotone baze znanja, za slučaj znanja o modulima, je nepodesniji za primenu jer se izmenama u bazi znanja utiče na ranija rešenja.

Modul zaključivanja interpretira informacije korisnika i koristi činjenice i pravila u procesu komponovanja FTs.

Upravljački mehanizam upravlja radom ostalih modula na bazi instrukcija koje dobija od korisnika. Korisnik može biti i ekspert pod čijim uticajem se može menjati, dopunjavati i usavršavati sadržaj baze znanja.

Modul sprege sa korisnikom ima zadatak da omogući komuniciranje korisnika i ES i da rezultate rada ES predstavi korisniku u prihvatljivom obliku. Izlazni rezultati rada ES treba da posluže kao podloga za grafičku realizaciju koncipiranog rešenja.

Poseban problem ekspertnih sistema u procesu modularnog projektovanja FTs predstavlja potreba za omogućavanje kontrole zaključivanja. Ovo je posebno izraženo ako je potrebno doneti zaključak za nešto što nije eksplicitno utvrđeno.

Globalni mehanizam zaključivanja predstavlja određenu upravljačku strukturu kroz primenu pravila nad objektima. Zbog velikog broja različitih varijanti komponovanja FTs postoji mnoštvo puteva dolaska do rešenja. Uz pomoć teorije grafova pogodno je izvršiti predstavljanje stabla strukture FTs.

3.0 MODEL EKSPERTNOG SISTEMA ZA MODULARNO PROJEKTOVANJE NUMERIČKI UPRAVLJANIH FLEKSIBILNIH TEHNOLOŠKIH STRUKTURA

Na slici 2 dat je globalni model ES za modularno komponovanje i kombinovanje FTs različitog nivoa složenosti. Model je koncipiran tako da obuhvata sisteme iz kojih se može graditi određena FTs. Model obuhvata sledeće module:

- projektovanje obradnih sistema,
- projektovanje manipulacionih sistema,
- projektovanje merno-kontrolnih sistema,
- projektovanje transportno-skladišnih sistema i
- projektovanje upravljačko-informacionih sistema.

Za module obradnih sistema je detaljno razrađena koncepcija komponovanja i kombinovanja rešenja FTs. Ostalim modulima je dodeljeno odgovarajuće mesto u modelu sa mogućnošću razrade po sličnom principu kao što je urađeno za područje modula obradnih sistema. Na osnovu činjenica i pravila koji su smešteni u odgovarajuće datoteke, koje čine bazu znanja, vrši se komponovanje i kombinovanje (projektovanje) modularno koncipirane FTs.

Predstavljanje znanja u ES se vrši preko baze znanja o FTs koju čine:

- podaci o modulima predstavljeni u vidu činjenica i
- pravila sprezanja modula, odnosno veze modula.

Podaci (činjenice) predstavljaju objektivno znanje o modulima i dobijaju se različitim metodama. Vrednost im može biti brojna (geometrijske karakteristike modula) ili logička (istina ili laž).

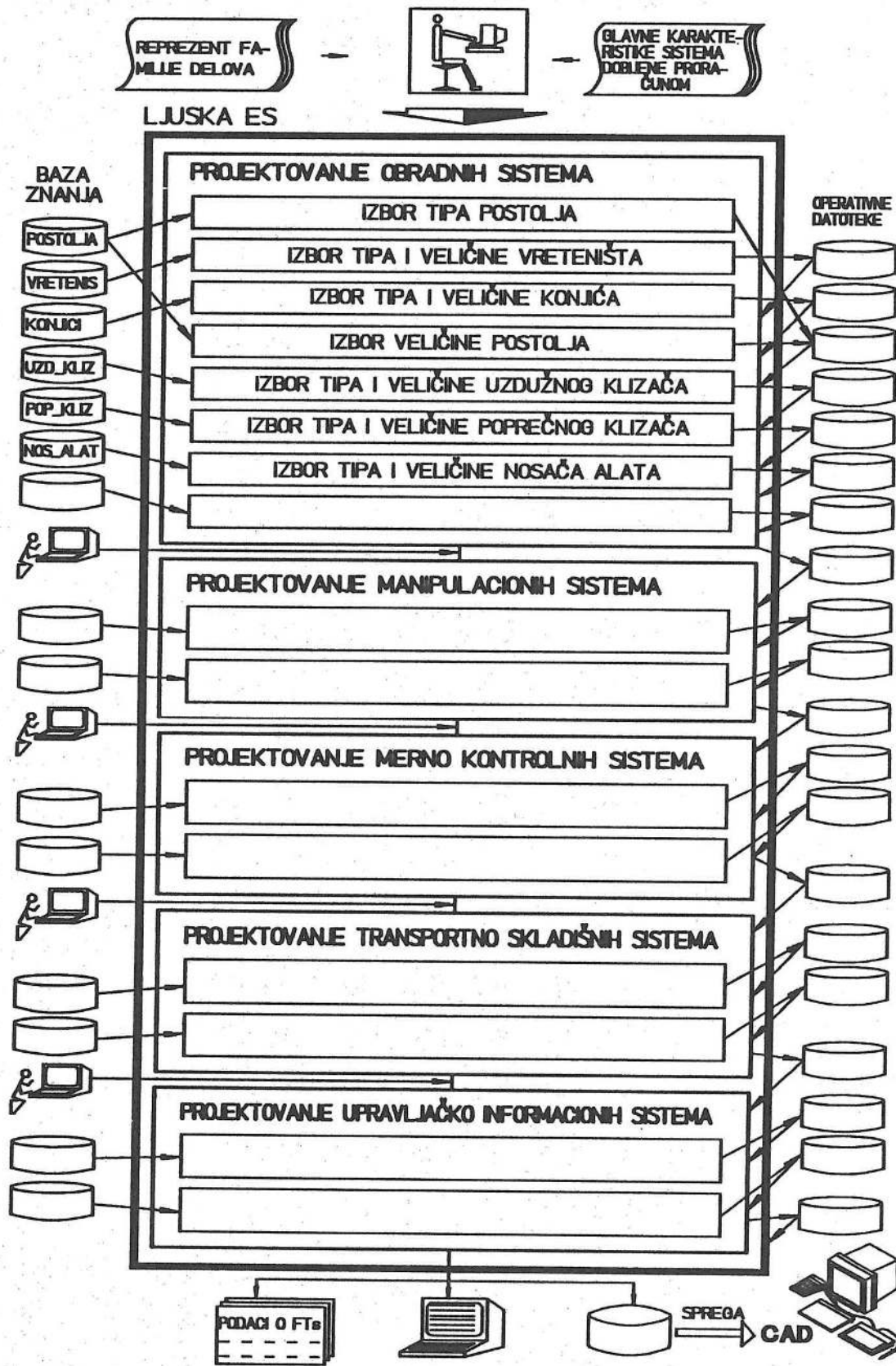
Pravila definišu veze između objekata (modula predstavljenih u vidu činjenica) i predstavljaju osnovu za donošenje odluka u procesu projektovanja.

Objekti (sistemi ili moduli) se grupišu po klasama. Npr. *koso_postolja*, *ravno_postolja*, *vertikalno_postolja* itd. mogu se smatrati objektima. Oni pripadaju klasi "postolja". Vreteništa (*koso_vretenište*, *ravno_vretenište*, *vertikalno_vretenište* itd.) pripadaju klasi "vreteništa". Odnosi među klasama su određeni u smislu da se dve klase mogu ili nemogu sprežati, odnosno jesu u relaciji ili nisu. Unutar jedne klase objekti se nemogu sprežati.

Sprezanje može biti između klasa objekata na bazi njihovih dimenzija i oblika po definisanim pravilima za sprezanje.

Činjenice se mogu unositi u bazu znanja uz pomoć bilo kojeg standardnog editora.

Znanja predstavljena u vidu činjenica su grupisana za familiju iste klase modula u vidu niza činjenica:



Sl. 2 Globalni model ES za projektovanje pojedinih sistema u okviru FTs
 Fig. 2 Global model of the ES for design of particular systems within FMs

činjenica_1(podatak_1,podatak_2, ...,podatak_n).

činjenica_2(podatak_1,podatak_2, ...,podatak_n).

....

činjenica_m(podatak_1,podatak_2, ...,podatak_n).

Na slici 3 je dat prikaz strukture činjenica o izvedenim rešenjima modula na primeru modula vretenište FTs.

```
%postolje(Tip postolja ,Duz,Sir,Vis,E1,E2,Duz2,Ug).%
postolje('Postolje sa vodj. u kosoj ravni',2500,800,1200,400,400,2000,30).
postolje('Postolje sa vodj. u kosoj ravni',3500,800,1200,400,400,3000,30).
postolje('Postolje sa vodj. u kosoj ravni',2500,900,1300,500,500,2000,30).
postolje('Postolje sa vodj. u kosoj ravni',3500,900,1300,500,500,3000,30).
postolje('Postolje sa vodj. u kosoj ravni',4500,900,1300,500,500,4000,30).

%vreteniste(Tip vretenista, A, B, C, H, D, E, Alfa).%
vreteniste(vreteniste_koso,500,650,500,125,300,400,30).
vreteniste(vreteniste_koso,500,650,500,150,300,400,30).
vreteniste(vreteniste_koso,600,800,600,200,400,500,30).
vreteniste(vreteniste_koso,600,800,600,225,400,500,30).
vreteniste(vreteniste_koso,600,800,600,250,400,500,30).

%konjic(Tip konjica , A, B, C, D, H, E,Alfa).%
konjic(konjic_kosog_postolja,500,550,700,500,125,400,30).
konjic(konjic_kosog_postolja,500,550,700,500,150,400,30).
konjic(konjic_kosog_postolja,600,650,800,600,200,500,30).
konjic(konjic_kosog_postolja,600,650,800,600,225,500,30).
konjic(konjic_kosog_postolja,600,650,800,600,250,500,30).

%uzduzni klizac(Tip klizaca , A, B, C, E1,H,Alfa).%
uzduzni_klizac('klizac ravno ravni',800,450,200,400,50,0).
uzduzni_klizac('klizac ravno ravni',900,600,300,500,60,0).
uzduzni_klizac('klizac koso ravni',800,450,200,400,50,60).
uzduzni_klizac('klizac koso ravni',900,600,300,500,60,60).

%poprecni klizac(Tip , A, B, C, H,Alfa).%
poprecni_klizac('tip1',450,400,200,40,0).
poprecni_klizac('tip1',500,400,200,40,0).
poprecni_klizac('tip1',600,600,300,50,0).
poprecni_klizac('tip1',700,600,300,50,0).
poprecni_klizac('tip1',800,600,300,50,0).

%nosac alata(Tip , A, B, H,Alfa).%
nosac_alata('tip1',500,300,35,0).
nosac_alata('tip1',500,300,60,0).
nosac_alata('tip1',600,400,90,0).
nosac_alata('tip1',600,400,115,0).
nosac_alata('tip1',600,400,140,0).
```

Sl. 3 Prikaz strukture činjenica o modulima

Fig. 3 Review of module-clauses structure

Pravila i procedure se u bazu znanja unose po istom principu koji važi za činjenice. Deklarativno znanje, vezano za pravila je iskazano kroz niz pravila od pravila 1 do pravila n u obliku:

"ako uslov 1 .. ili .. uslov 2 .. negacija .. uslov3 onda akcija ..".

Radi ilustracije oblika pravila na slici 4 dat je prikaz pravila za izbor tipa modula na primeru izbora tipa uzdužnog klizača.

```

pravilo 1 : ako
da li('Postolje sa vodjicama u horizontalnoj ravni')
onda
[vreteniste_ravno,vreteniste_dvostrano_ravno,vreteniste_specijalno]
za
'vreteniste'.

pravilo 2 : ako
da li('Postolje sa vodjicama u kosoj ravni')
onda
[vreteniste_koso,vreteniste_dvostrano_koso,vreteniste_specijalno]
za
'vreteniste'.

pravilo 1 : ako
da li('Postolje sa vodjicama u horizontalnoj ravni')
onda
[konjic_ravnog_postolja,konjic_specijalni]
za
'konjic'.

pravilo 2 : ako
da li('Postolje sa vodjicama u kosoj ravni')
onda
[konjic_kosog_postolja,konjic_specijalni]
za
'konjic'.

pravilo 1 : ako
da li('Postolje sa vodjicama u horizontalnoj ravni')
onda
['klizac_ravno_ravni','klizac_specijalni']
za
'uzduzni_klizac'.

pravilo 2 : ako
da li('Postolje sa vodjicama u kosoj ravni')
onda
['klizac_ravno_ravni','klizac_koso_ravni','klizac_specijalni']
za
'uzduzni_klizac'.

pravilo 1 : ako
da li('klizac_ravno_ravni')
onda
['tip1','tip2','tip3']
za
'poprecni_klizac'.

pravilo 3 : ako
(da li('Postolje sa vodjicama u kosoj ravni') i
da li('klizac_ravno_ravni'))
onda
['tip1','tip1','tip2','tip3']
za
'nosac_alata'.

```

Sl. 4 Prikaz pravila za izbor tipa modula

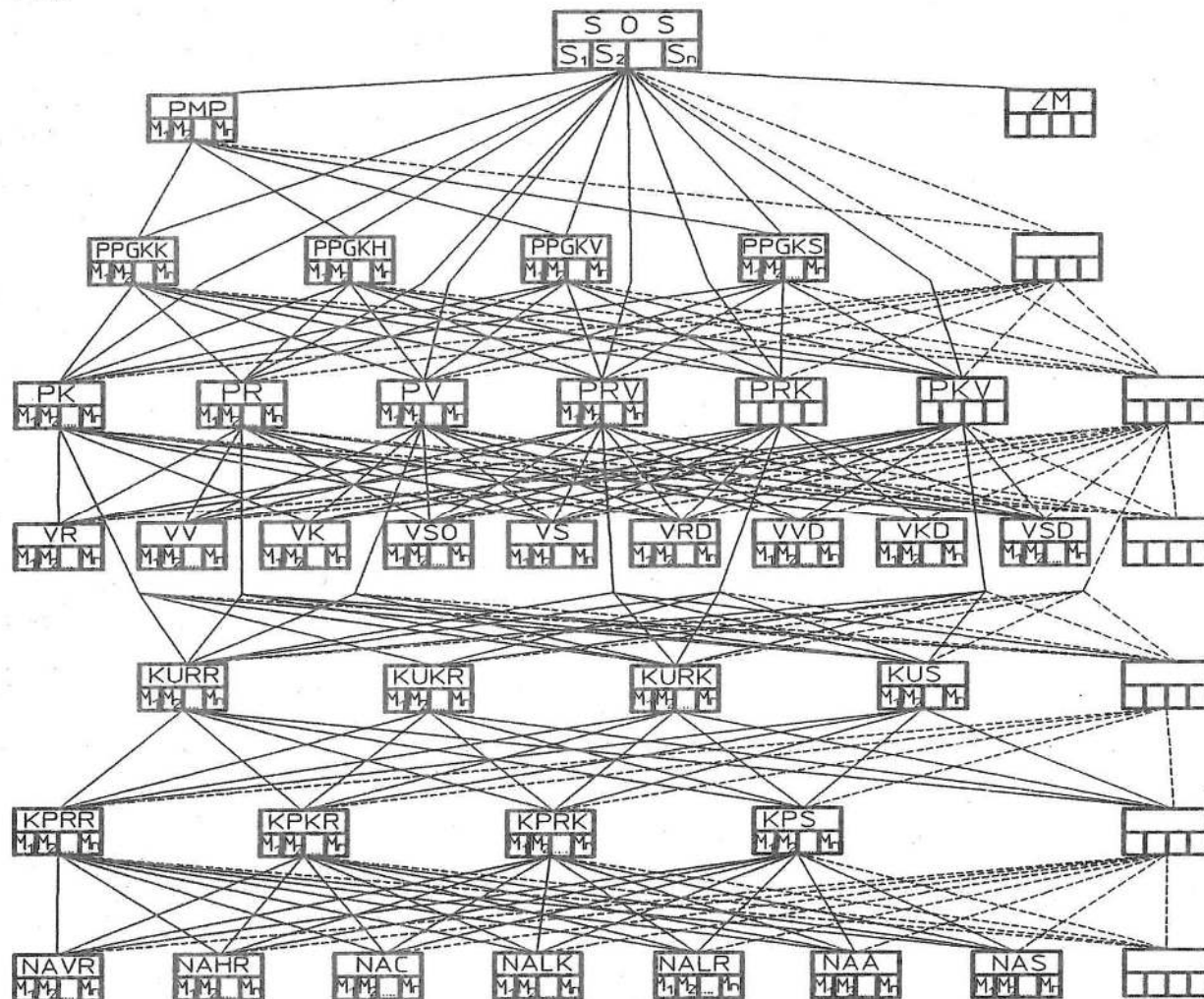
Fig. 4 Review of rules for selection of module stype

Ovako organizovano predstavljanje znanja omogućuje jednostavno i lako proširenje baze znanja sa novim znanjima o modulima čime se ne narušava postojeća baza znanja.

Izvođenje zaključaka vrši se kroz upotrebu baze znanja uz mehanizam zaključivanja i spregu sa korisnikom. ES obezbeđuje određene osobine kao što su:

- analogija zaključivanja kao što je logika projektanta,
- objašnjenje načina izvođenja zaključaka,
- mogućnost izvođenja zaključaka na bazi formalne - simboličke logike i
- upotrebu sopstvene logike znanja pri odlučivanju.

Za područje obradnih sistema u okviru FTs kreiran je graf povezivanja modula. Na slici 5 predstavljen je graf povezivanja modula strugarskog obradnog sistema. On služi da bi se ilustrovao proces pretraživanja mogućih rešenja NU FTs različitog stepena složenosti. Pretraživanjem po dubini ili širini moguće je dobiti veliki broj različitih struktura strugarskih obradnih sistema. Proces pretrage na grafu usmerava se interakcijom. Odluku donosi projektant i on usmerava pretragu u određenim čvorovima grafa. Na ovakav način usmeravanja pretrage iziskivala je heuristika procesa projektovanja. Dodatni podaci za usmeravanje pretrage prikupljaju se u interaktivnoj komunikaciji kada projektant bira jednu od ponuđenih opcija utičući time na rešenje. Ovakav proces predstavlja postupak sinteze modularno koncipirane FTs.



Sl. 5. Globalni graf rešavanja problema pretraživanja modula OS

Fig. 5. Global graphs representing problem of OS search

Izlazni rezultati iz pojedinih modula memorišu se u operativne datoteke i dalje se koriste kao ulazni podaci za sledeće module. Koncept je razrađen za segment obradnih sistema i potpuno je otvoren za razvoj kako po širini tako i po dubini. Baza znanja je otvorena za unos podataka o novim modulima tako da svako novo kreiranje modula otvara širok prostor komponovanja i kombinovanja novih FTs.

Pri komponovanju obradnih sistema (OS) polazi se od dimenzije radnog prostora koju definiše reprezent familije delova koju treba obrađivati u FTs i od određenih pretpostavki vezanih za FT strukture koja može realizovati funkciju izrade te familije delova.

4.0 PRIMER IZLAZNIH REZULTATA IZ ES ZA MODULARNO PROJEKTOVANJE FTs

Na slici 6 dat je primer izlaznih rezultata rada ES za ulazne podatke u vidu poluprečnika i dužine priprema, koji su sadržani u prvom delu navedenih rezultata.

Izlazni rezultati iz sistema se dobijaju na ekranu u vidu listinga ili se memorišu u odgovarajućoj datoteci.

FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA INSTITUT ZA PROIZVODNO MASINSTVO		Novi Sad 26.04.1993.
ULAZNE INFORMACIJE O PRIPREMKU:		
Poluprečnik priprema	:	225 /mm/
Dužina priprema	:	1000 /mm/
IZLAZNE INFORMACIJE:		
Izabrano postolje : postolje sa vodjicama u kosoj ravni		
Ukupna dužina postolja	A =	3500 /mm/
Širina postolja	B =	900 /mm/
Visina postolja	C =	1300 /mm/
Širina vodjica na postolju	E1 =	500 /mm/
Širina vodjica na postolju	E2 =	500 /mm/
Dužina vodjica postolja	L =	3000 /mm/
Ugao postolja prema hor. ravni	Alfa =	30 /°/
Izabrano vreteniste : vreteniste koso		
Dužina vreteniste	A =	600 /mm/
Širina vreteniste	B =	800 /mm/
Visina vreteniste	C =	600 /mm/
Visina ose vretena	H =	250 /mm/
Položaj ose od cela	D =	400 /mm/
Širina vodjica prema postolju	E =	500 /mm/
Ugao nagiba vretenista	Alfa =	30 /°/
Izabrani konjic : konjic kosog postolja		
Dužina konjica	A =	600 /mm/
Širina konjica	B =	650 /mm/
Dužina kuciata konjica	C =	800 /mm/
Rastojanje od cela pred. str.	D =	600 /mm/
Visina ose konjica	H =	250 /mm/
Širina vodjica konjica	E =	500 /mm/
Ugao klizaca prema hor. ravni	Alfa =	30 /°/
Izabrani uzduzni klizac : klizac ravno ravni		
Dužina uzduznog klizaca	A =	900 /mm/
Širina uzduznog klizaca	B =	600 /mm/
Širina vodjica popr. klizaca	C =	300 /mm/
Širina vodjica prema postolju	E =	500 /mm/
Visina klizaca	H =	60 /mm/
Ugao klizaca prema hor. ravni	Alfa =	0 /°/
Izabrani poprečni klizac : tip1		
Dužina poprečnog klizaca	A =	600 /mm/
Širina poprečnog klizaca	B =	600 /mm/
Širina vodjica popr. klizaca	C =	300 /mm/
Visina klizaca	H =	50 /mm/
Ugao klizaca prema hor. ravni	Alfa =	0 /°/
Izabrani nosac alata : tip1		
Dužina nosaca alata	A =	600 /mm/
Visina nosaca alata	B =	400 /mm/
Visina ose nosaca alata	H =	140 /mm/

Sl. 6. Primer izlaznih rezultata ES_FTs
Fig. 6 Example of output results from the ES_FMs

5.0 ZAKLJUČCI

FTs kao sistemi visokog stepena složenosti mogu se projektovati na različite načine. Zbog heuristike problema naročito u domenu koncepcionog projektovanja imalo je smisla postaviti koncept ES za automatizovano komponovanje i kombinovanje modula u sistemu modularnog projektovanja NU FTs.

U ovom radu se na dovoljno uopštenim principima izlaže model ES za automatizovano komponovanje i kombinovanje FTs kao podloga za narednu fazu automatizacije - koncept automatizovanog projektovanja FTs na CAD radnoj stanici. Izlazni rezultati ES za FTs su u suštini ulazni podaci za sprežni program za povezivanje sa CAD radnom stanicom i programskim fajlovima I-DEAS programskog sistema na kojem se projektuju grafička rešenja FTs.

5.0 LITERATURA

- [1] NOVAKOVIĆ, D.: Automatizacija modularnog projektovanja numerički upravljanih fleksibilnih tehnoloških struktura na bazi mašina za obradu struganjem, Magistarski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1994.
- [2] REKECKI, J., JANOŠI, J., GATALO, R., BRAUHLER, J., NAĐABONJI, G., ZELJKOVIĆ, M., BOROJEV, L.J., HODOLIĆ, J.: SISTEM STRUGOVA - koncepcija razvoja i koncepciona rešenja familije horizontalnih strugova za oblast prečnika obrade od 450 do 2000 mm, elaborat istraživačko-razvojnog projekta, Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad, 1982.
- [3] GATALO, R., NOVAKOVIĆ, D., REKECKI, J.: Prilog razvoju sistema za automatizovano projektovanje modularno koncipiranih numerički upravljanih fleksibilnih tehnoloških struktura za obradu rotacionih delova, 24. Savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Zbornik radova, Novi Sad, 1992.
- [4] GATALO, R., NOVAKOVIĆ, D., ZELJKOVIĆ, Ž., REKECKI, J.: Koncept automatizovanog modularnog projektovanja numerički upravljanih fleksibilnih tehnoloških struktura (NU FTs) na bazi obradnih sistema za rotacione delove (RD), XIX JUPITER konferencija - 15. jugoslovenski simpozijum "NU - ROBOTI - FTS", Zornik radova, Prohor Pčinjski, 1993.
- [5] ПОПОВ, Е. В.: Экспертные системы, Наука, Москва, 1987.
- [6] AVERJANOV, O. J.: Modulares Princip des Aufbaues von Maschinen, Fertigungstechnik und Betrieb, Nr. 11, 1 988.
- [7] ROTH, F., WETERMAN, D.: Building expert systems, Addison-Wesley publishing company Inc., London, 1983.
- [8] ALTY, J., COOMBS, M.: Expert systems, concepts and examples, The National computing centre limited, London, 1984.
- [9] CVETKOVIĆ, R.: Teorija grafova i njene primene, Beogradski izdavačko-grafički zavod, Beograd, 1971.
- [10] The Arity/Prolog Programming Language, Arity Corporation, Concord, 1986.