

Novaković, D., Zeljković, M., Rekecki, J., Gatalo, R.\*

PODLOGE ZA RAZVOJ KONCEPCIJE MODULARNOG PROJEKTOVANJA  
NUMERIČKI UPRAVLJANIH FLEKSIBILNIH TEHNOLOŠKIH STRUKTURA  
ZA OBRADU ROTACIONIH DELOVA

DEVELOPMENT FOUNDATIONS OF MODULAR DESIGN CONCEPT FOR  
NUMERICALLY CONTROLLED FLEXIBLE TECHNOLOGICAL STRUCTURES  
FOR ROTATIONAL PARTS MANUFACTURING

Summary

*The results which are present in this paper are part of the research performed in order to obtain foundations for modular design of the NC (numerically controlled) flexible technological (FT) structures for rotational part (RP) processing. The research goal is to define relevant parameters which could be used for design of the FT structure as well as corresponding modules.*

*Starting from the fact that FT structure consists of particular systems being of different complexity level, the first part of the paper deals with classification of the corresponding structures according to complexity level. Thus obtained classification system is used to define the principles for composition process giving more complex structure from the less complex ones.*

*The second part of the paper presents the condensed results of the analysis of the 200 developed FT systems originating from 16 countries. The analysis applied is based on the methodology obtained as result of former researches. The most important parameters relevant to considered structures are identified and represented by histograms. The structure parameters are represented depending on geometrical shape of the parts being processed. The parts are classified according to geometrical shape within following groups: rotational, rotational-prismatic and prismatic.*

*The third part of the paper presents the structural model of the flexible technological systems. The model consists of the basic elements comparing the FTS and being designed based on desired parameters. The model also contains the basic characteristics of the parts being processed by FT sistem and exerting dominant influence on design of the modules. Finally an example representing composition of the structure for turning system with corresponding modules as well as an example representing possible module variants are given.*

*\*) Dragoljub Novaković, dipl.ing. stručni saradnik, Mr. Milan Zeljković dipl.ing., asistent, Dr. Jožef Rekecki, dipl.ing. redovni profesor, Dr. Ratko Gatalo, dipl.ing. redovni profesor, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, V. Perića Valčera 2.*

## Rezime

*Rezultati izloženi u ovom radu su deo istraživanja usmerenih na dobijanje podloga za projektovanje i konstruisanje fleksibilnih tehnoloških (FT) struktura za obradu rotacionih delova. Kroz analizu velikog broja izvedenih FT struktura različitog nivoa složenosti izdvojen je i sistematizovan značajan broj podataka relevantnih za projektantsko-konstruktivnu aktivnost na planu stvaranja novih FT struktura. Na bazi analize izvršena je klasifikacija i definisanje FT struktura različitog nivoa složenosti kao i koncepciono definisanje modula za sistem modularne gradnje FT struktura. Moduli su koncipirani tako da omogućuju visok stepen fleksibilnosti u pogledu komponovanja struktura različitog nivoa složenosti.*

## 1.0 UVODNA RAZMATRANJA

Već niz godina u Laboratoriji za mašine alatke Instituta za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu se radi na planu za stvaranje podloga za razvoj numerički upravljanih (NU) fleksibilnih tehnoloških (FT) struktura različitog nivoa složenosti. Dosadašnjim istraživanjima stvorene su značajne podloge za razvoj FT struktura za obradu delova rotacionog oblika. U okviru ovog rada iznose se neki rezultati od značaja za razvoj koncepcije modularnog projektovanja NU FT struktura za obradu delova rotacionog oblika.

NU FT strukture u praktičnim izvedenim rešenjima imaju višenivovsku strukturu. Pripadnost određenoj strukturi definiše se na bazi parametara koji je karakterišu (slika 1).

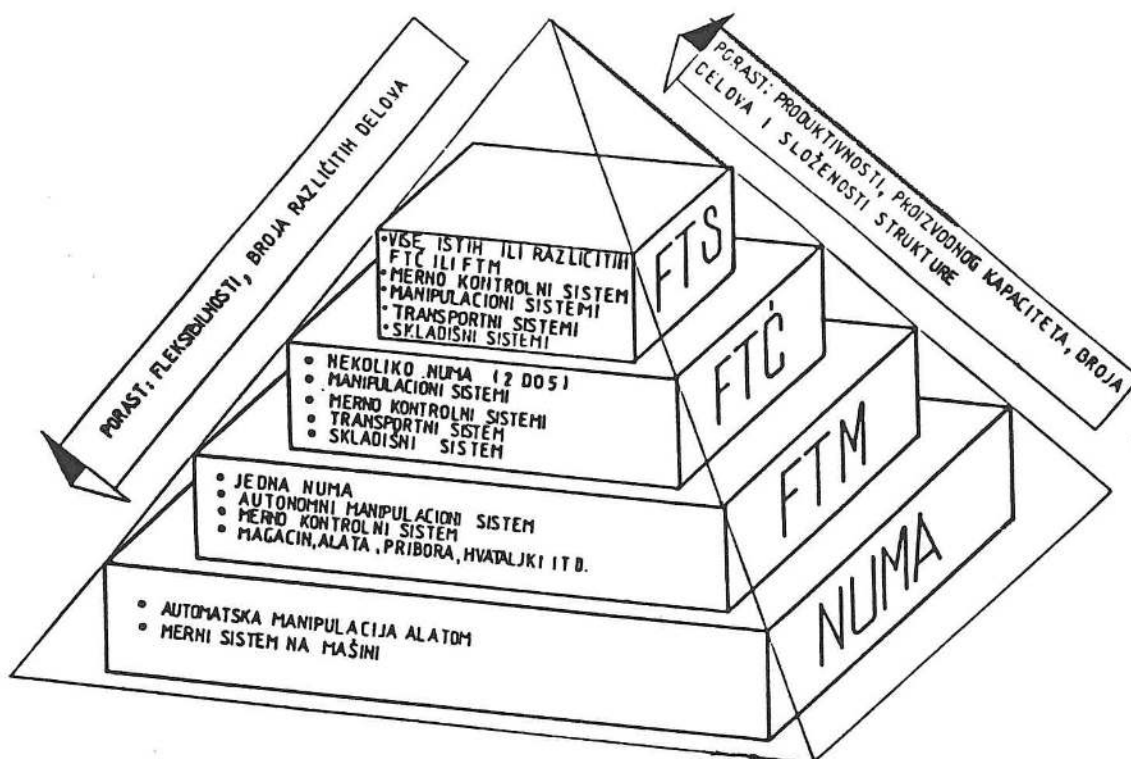
Osnovni nivoi NU FT struktura su:

- mašina alatka (NUMA)
- fleksibilni tehnološki modul (FTM)
- fleksibilna tehnološka ćelija (FTĆ)
- fleksibilni tehnološki sistem (FTS)

Komponovanje osnovnih nivoa NU FT struktura u principu se vrši iz sledećih sistema:

- obradnih
- merno kontrolnih
- manipulacionih
- transportnih i
- upravljačko informacionih.

Na bazi ovako postavljenih struktura nedvosmisleno se nameće zaključak o potrebi razvoja koncepcije njihovog modularnog projektovanja i komponovanja.



Sl. 1. Piramida gradnje osnovnih nivoa NU FT struktura

Fig. 1. The pyramid representing building concept for the basic levels of the NC FT structures

## 2.0. ANALIZA IZVEDENIH STRUKTURA

U cilju dobijanja što višeg nivoa fleksibilnosti primene projektovanih modula FT struktura značajno je raspolagati sa podacima o njihovim izvedenim rešenjima i primeni za dobijanje delova različitog geometrijskog oblika. Prema geometrijskom obliku delova koji se na njima izradjuju NU FT strukture se mogu, klasifikovati na:

- NU FT strukture za rotacione delove
- NU FT strukture za rotaciono-prizmatische delove
- NU FT za prizmatiche delove

I bez detaljnije analize sastava NU FT struktura može se uočiti da postoje određeni zajednički segmenti (moduli) u okviru prethodne podele. Tako npr. u NU FT strukturama za obradu prizmaticnih delova postoji i određen broj obradnih sistema za rotacione delove (strugovi, brusilice i sl.) i obrnuto. Ova konstatacija ima poseban značaj za proces projektovanja modula u kojem se trebaju uzeti u obzir i svi faktori koji će povećati flek-

sibilnost primene modula. Pri tome se pod fleksibilnošću primene modula podrazumeva "razmenljivost" modula FT struktura.

Na bazi postavljene koncepcije [1] kroz istraživanja su prikupljeni i analizirani raspoloživi podaci o 200 FTS iz 16 zemalja sveta. U nastavku se (slike 2a i 2b) daje prikaz određenih rezultata analize. Zbog ograničenosti prostora ovde se rezultati analize ne komentarišu.

### 3.0 KONCEPCIJA MODULARNOG PROJEKTOVANJA FLEKSIBILNIH TEHNOLOŠKIH STRUKTURA

Projektovanje fleksibilnih tehnoloških struktura je vrlo kompleksan i složen proces sa značajnim nizom uticajnih faktora koji se pojavljuju u stvaranju osnovne koncepcije strukture. Na bazi sprovedene analize sintetizovani su opšti modeli FT struktura (slika 3).

Osnovnu strukturu (sastav) određenog nivoa FT strukture čine određeni sistemi (slika 3) koji se komponuju na bazi osnovnih modula za njihovu gradnju. Osnovni moduli čine osnovu tehnološkog funkcionisanja sistema. Princip modularnosti gradnje je osnovna filozofija projektovanja fleksibilne strukture bilo kojeg nivoa složenosti. Strukture se izvode na bazi raspoloživog fonda modula određenim postupkom prema zahtevima koje treba da zadovolji ta struktura (tehnološki, konstrukcioni itd.), (slika 4).

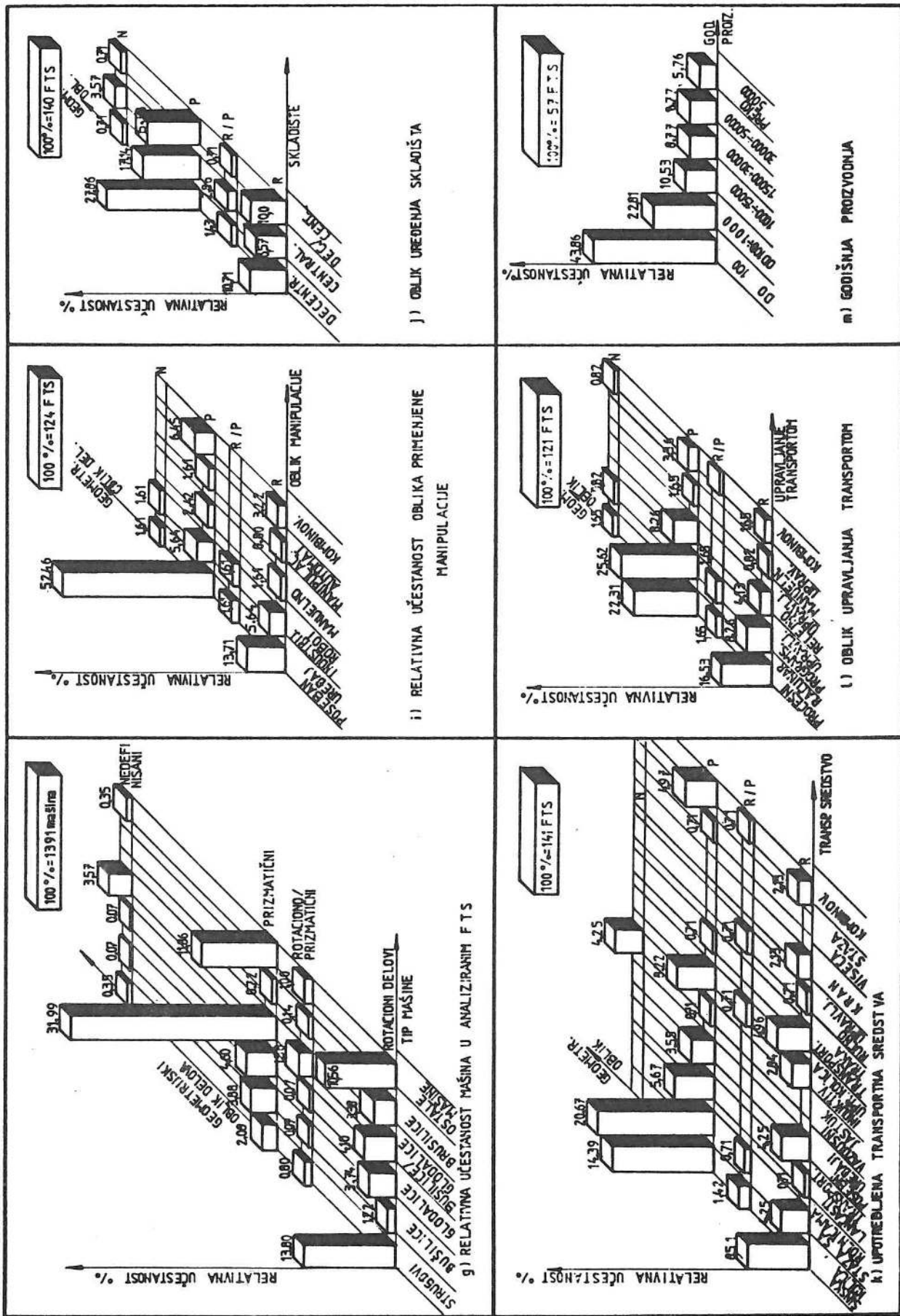
Raspoloživi fond modula izveden je iz opšteg modela FT strukture. Na slici 5 dat je prikaz strukture osnovnih modula strugarskog obradnog sistema.

Osnovni moduli noseće strukture strugarskog obradnog sistema prikazani su na slici 6.

Komponovanje određene strukture vrši se na bazi fonda raspoloživih veličina modula. Na slici 7 daje se prikaz raspoloživog fonda osnovnih modula jednog od oblika vreteništa u okviru modularno gradjene noseće strukture obradnog sistema na bazi mašina za obradu struganjem.

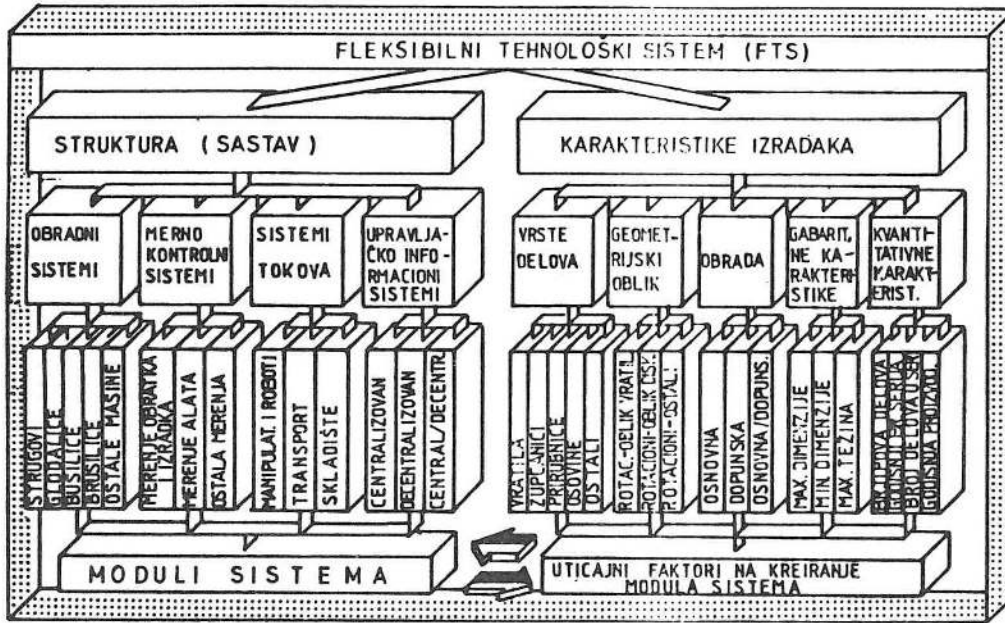




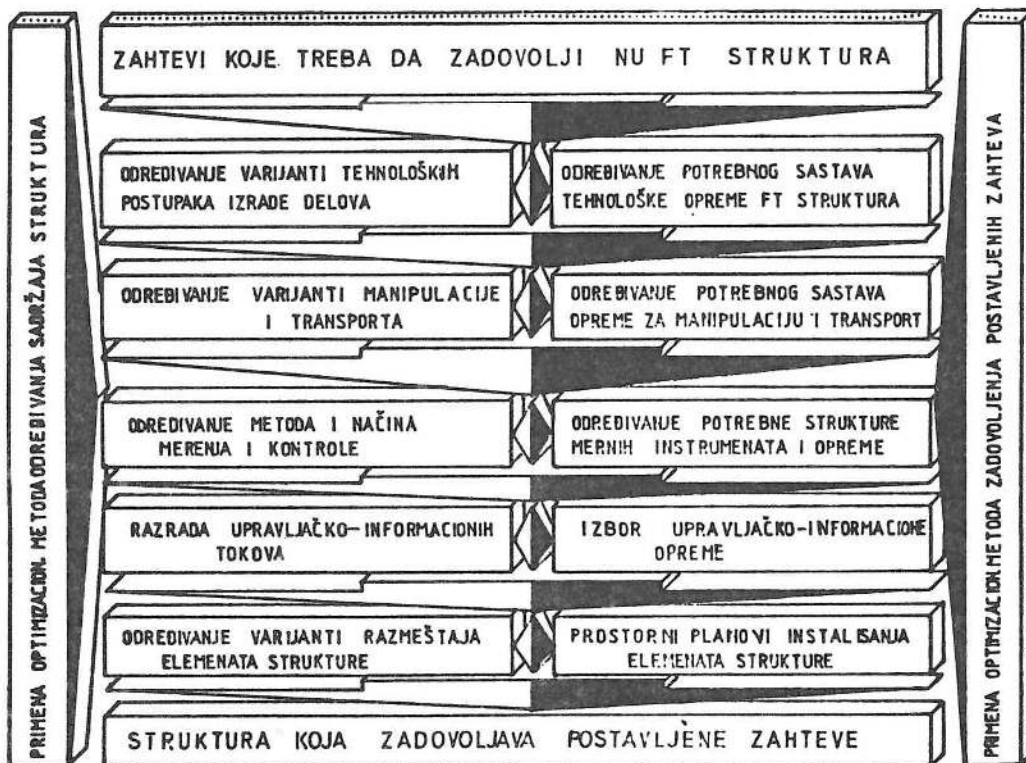


Sl. 2b Prikaz rezultata analize izvednih FTS

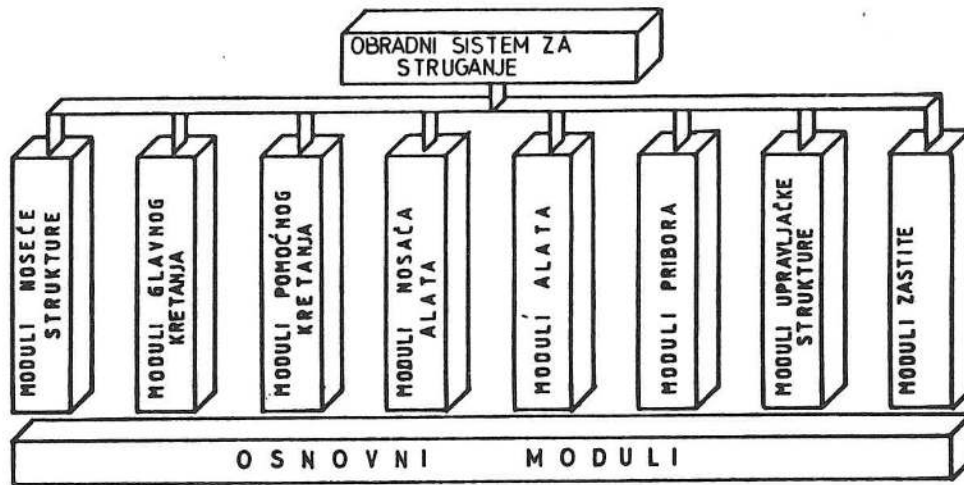
Fig. 2b. Presentation of the results obtained from the analysis of the



Sl. 3. Opšti model strukture FTS  
Fig. 3. General model of the FTS structure

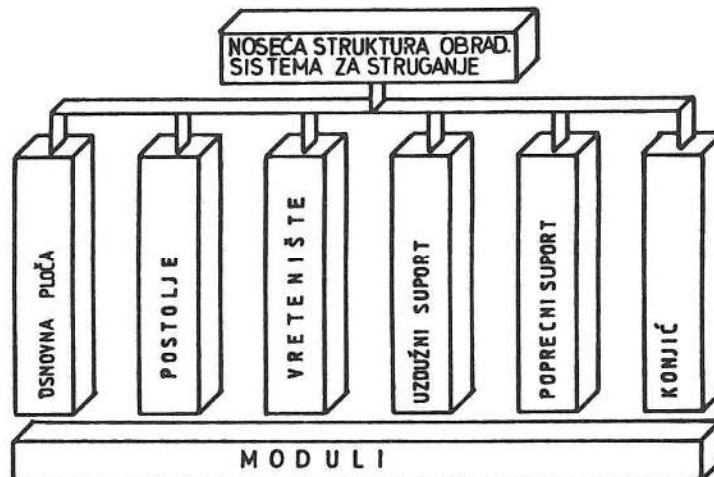


Sl. 4. Tok odredjivanja strukture koja zadovoljava postavljene zahteve  
Fig. 4. The sequence determining structure supporting necessary request



Sl. 5. Osnovni moduli strugarskog obradnog sistema

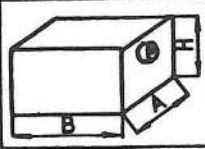
Fig. 5. The basic modules of the latheing sistem



Sl. 6. Moduli noseće strukture strugarskog obradnog sistema

Fig. 6. Modules of the supporting structure of the latheing sistem

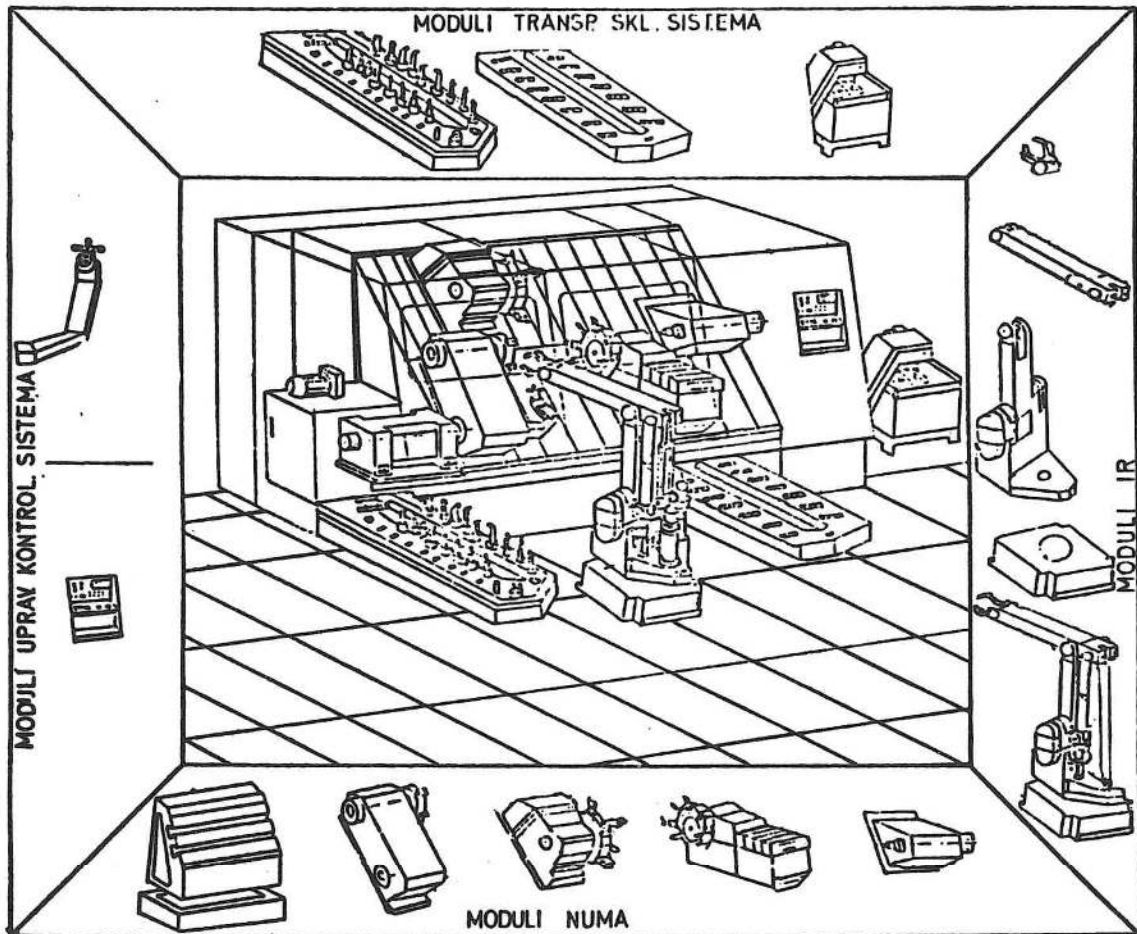
Primer komponovanja strukture određenog nivoa složenosti (FTM) na bazi modula strukture dat je na slici 8. Komponovanje ove strukture vrši se na bazi raspoloživog fonda veličina modula.

	VELIČINE VRETENIŠTA				
	V1	V2	V3	V4	V5
A [mm]	550	600	850	1100	1500
B [mm]	600	650	1000	1300	1800
H [mm]	400	450	650	900	1250

Sl. 7. Varijante modula vreteništa (V)

Fig. 7. The feed gearbox variants





Sl. 8. Primer komponovanja strukture FTM na bazi fonda modula

Fig. 8. An example of the FTM structure composition based on the set of modules

#### 4.0 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Rezultati prikazani u ovom radu nametnuli su potrebu sledećih daljnih istraživanja u cilju:

- iznalaženja kvalitetnog metoda praćenja razvoja FT struktura i prilagodjavanje osnovnih modula razvojnim tendencijama
- razvoja i razrade osnovnih modula FT struktura, i koncepcija njihovog komponovanja u strukture različitog nivoa složenosti
- razvoja koncepta automatskog projektovanja i komponovanja struktura različitog nivoa složenosti.

REFERENCE

- [1] REKECKI, J., GATALO, R., BOROJEV, Lj., HODOLIČ, J., ZELJKOVIĆ, M., KONJOVIĆ, Z., RAJSKI, Z., KOVAČEVIĆ, S., VASIĆ, S., SEŠKAR, I.: Istraživanje podloga za razvoj NU fleksibilnih tehnoloških sistema (FTS) za obradu rotacionih izradaka - prva faza; elaborat naučnoistraživačkog podprojekta, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, 1986.
- [2] REKECKI, J., GATALO, R., BOROJEV, Lj., HODOLIČ, J., ZELJKOVIĆ, M., KASAŠ, I.: Istraživanje podloga za razvoj NU sistema upravljanja na bazi aktivnog merenja pri obradi rezanjem rotacionih izradaka, sa posebnim osvrtom na fleksibilne proizvodne sisteme, elaborat istraživačke teme, Institut za proizvodno mašinstvo FTN, Novi Sad 1981.
- [3] WETTIN, G.: Analyse der Konzeptionen Flexibler Fertigungssysteme, VDI-Z, Nr.1/2, 1979.
- [4] MERTINS, K.: Steuerung rechnergeführter Fertigungssysteme, Dissertation, TU, Berlin, 1984.
- [5] REKECKI, J., JANOŠI, J., GATALO, R., BRAUHLER, J., NADJABONJI, G., ZELJKOVIĆ, M., BOROJEV, Lj., HODOLIČ, J.: Sistem strugova, projekat, Institut za proizvodno mašinstvo FTN, Novi Sad, 1982.
- [6] MILAČIĆ, V., MAJSTOROVIĆ, V., ČOVIĆ, N., BABIĆ, B.: Računarom integrisani tehnološki sistemi - stanje i dalji razvoj, Zbornik radova: Savetovanje NUMA-ROBOTI i XV simpozijuma Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala, Beograd, 1985.
- [7] GATALO, R., REKECKI, J., ZELJKOVIĆ, M., HODOLIČ, J., BOROJEV, Lj.: Konceptije NU fleksibilnih tehnoloških struktura za obradu rotacionih izradaka, simpozijum: CIM u strategiji tehnološkog razvoja industrije prerade metala, Cavtat, 1988.