

<https://doi.org/10.24867/JPE-1993-10-013>

ORIGINALNI NAUČNI RAD

Gatalo, R., Hodolič, J., Borojev, Lj., Zeljković, M., Klarić, R., Zeljković, Ž.\*

## SAPOR-S SISTEM ZA AUTOMATIZOVANO PROGRAMIRANJE NU MAŠINA I SISTEMA

## SAPOR-S SYSTEM FOR AUTOMATIC PROGRAM- MING OF NC MACHINES AND SYSTEMS

### Summary:

*This paper represents an integral review of previous results in the development of SAPOR-S system for automated design of control information and data medium for machining of rotational parts on NC turning machine tools.*

*SAPOR-S represents an original solution both by its basic conception and by the solution of some of its modules.*

*During its development, the system was designed to run on various computer systems.*

*The second part of the paper reviews the present situation in the development of the system. It begins with the system's model and conception and then gives a review of characteristics of certain subsystems:*

- formalization of input (source) information
- system processor
- system postprocessor
- information data base

*At the end of this part given is a case study of the application of the system on the generation of control information.*

*In the third part, the paper points out at possibilities of the system's future development. Given are the basic directions for further development of SAPOR-S system, as well as the results that have so far been obtained in this field.*

\* Gatalo dr Ratko, dipl.ing., redovni profesor, Hodolič dr Janko, dipl.ing., docent, Borojev mr Ljubomir, dipl.ing., asistent., Zeljković mr Milan, dipl.ing., asistent, Zeljković Željko, dipl.ing., asistent u npr., Klarić Rade, dipl.ing., Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad, V.Perića Valtera 2.

*Rezime:*

*Rad predstavlja prikaz dosadašnjih rezultata istraživanja, u zadnje dve decenije u Laboratoriji za mašine alatke Instituta za proizvodno mašinstvo, na razvoju SAPOR-S sistema za automatizovano projektovanje upravljačkih informacija i nosioca informacija za obradu rotacionih delova na numerički upravljanim mašinama alatkama za obradu struganjem.*

*U uvodnom delu rada daje se prikaz osnovnih karakteristika sistema i pregled dosadašnjih faza razvoja SAPOR-S sistema.*

*U drugom delu rada daje se prikaz sadašnjeg stepena razvoja SAPOR-S sistema. Prvo se daje prikaz modela i koncepcije sistema, a zatim se daje prikaz pojedinih podsistema SAPOR-S sistema. Na kraju ovog dela daje se primer rezultata projektovanja upravljačkih informacija primenom navedenog sistema.*

*U trećem delu daju se pravci istraživanja na daljem razvoju sistema.*

## 1.0 UVOD

U toku poslednje dve decenije u okviru Laboratorije za mašine alatke Instituta za proizvodno mašinstvo obavljena su istraživanja vezana za razvoj SAPOR-S sistema.

Programski sistem SAPOR-S (Sistem za Automatsko Projektovanje u području Obrade Rezanjem - za obradu Struganjem) predstavlja prvo kompleksno domaće rešenja sistema koji je namenjen za automatizovano projektovanje upravljačkih informacija i nosioca informacija za obradu rotacionih delova na numerički upravljanim mašinama alatkama za obradu struganjem. Sistem po svojoj koncepciji, zasnovanoj na SAPOR simboličnom jeziku i rešenjima pojedinih modula predstavlja u potpunosti originalno rešenje ove vrste.

Osnovna koncepcija familije SAPOR sistema za automatizovano projektovanje oslanja se na jedinstveni pristup u projektovanju tehnološkog procesa obrade za numerički upravljane i konvencionalne mašine alatke. Pri tome je koncepcija prvenstveno usmerena na rotacione delove kao najčešće prisutne delove u proizvodnji.

U toku razvoja SAPOR-S sistema istovremeno je tekao razvoj računarske tehnike pa je sistem razvijan na više različitih računarskih sistema. Do sada je razvoj SAPOR-S sistema imao pet faza što za rezultat ima pet verzija sistema.

Prva verzija (verzija 1.0 - osnovna verzija) je okončana 1980. godine na računarskom sistemu VARIAN '73.

Druga verzija (verzija 2.0 - usavršena verzija) nastala je 1982. godine u vidu poboljšane verzije sistema koja je prilagođena i instalirana na računarskim sistemima Ei-HONEYWELL-6/53 i 6/43.

Treća verzija (verzija 3.0 - delimično proširena verzija) je okončana 1984. (1985.) godine. U ovoj verziji je usavršeno rešenje sistemskog postprocesorskog modula i proširena je tehnološka informaciona baza. Krajem 1984. godine sistem je instaliran na računarskom sistemu VIDEOTON R-10 u Fabrici alatnih mašina i livnicama "POTISJE" u Adi. Krajem 1985. godine sistem je instaliran na računarskom sistemu Ei-HONEYWELL-6/57. U 1987. godini ova verzija sistema instalirana je i u RO "SEVER" u Subotici na računarskom sistemu kalse IBM-PC i u RO "FADIP" u Bečeju na računarskom sistemu Ei-H6/54. Ova verzija je prilagođena i za računarske sisteme klase PDP-11 tj. PMP-11.

Četvrta verzija (verzija 4.0 - proširena verzija) koncirana je kao značajno proširena verzija sa stanovišta korišćenja proširene verzije SAPOR simboličnog jezika i usavršena u pogledu funkcionisanja sistema. Razvoj ove verzije započeo je 1986. godine i još uvek je u toku.

Peta verzija (5.0 - delimično proširena verzija) bazira na trećoj verziji, ali je prilagođena za računarske sisteme klase IBM-PC tj. njima kompatibilne sisteme. Ova verzija je proširena sa grafičkim modulima. U prvom redu to je modul za grafičku simulaciju izlaznih rezultata iz sistema, a pored toga tu je i modul za interaktivno-grafičko komponovanje ulaznih informacija. Ova verzija je u završnoj fazi.

Sadašnje stanje u razvoju SAPOR-S sistema omogućava njegovu široku primenu u industriji.

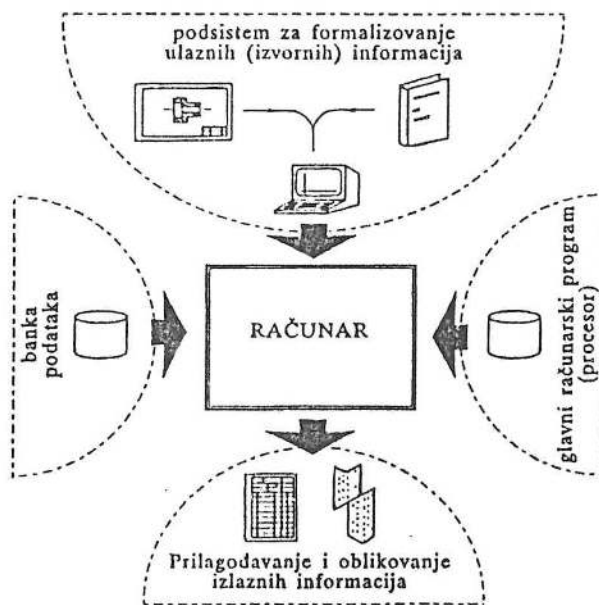
Kroz rad se upravo želi ukazati na sadašnje stanje u razvoju SAPOR-S sistema i na koncepciju dalje nadgradnje i razvoja sistema.

## 2.0 SAPOR-S SISTEM ZA AUTOMATIZOVANO PROGRAMIRANJE NU MAŠINA ZA OBRADU STRUGANJEM

### 2.2 Model i koncepcija SAPOR-S sistema

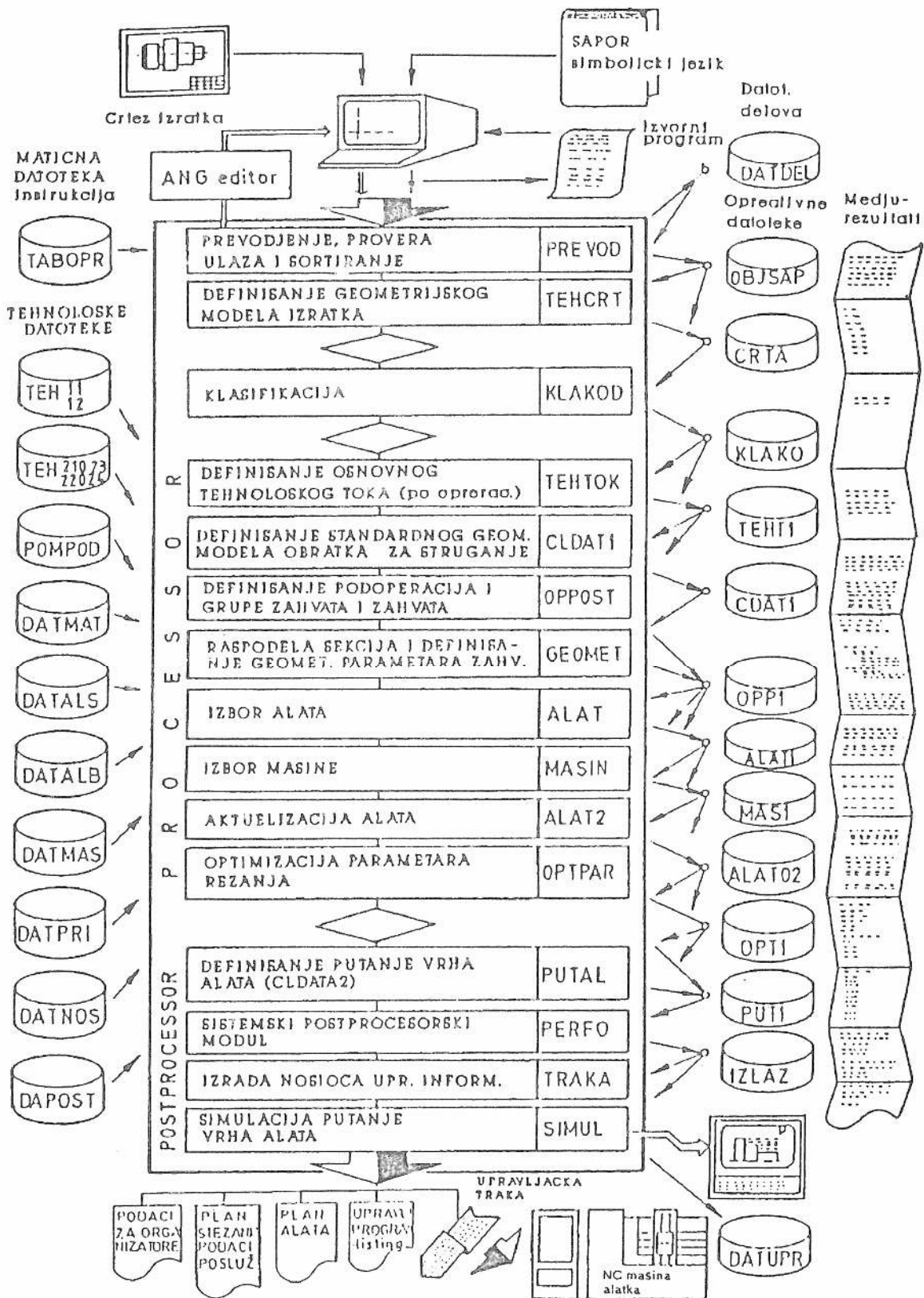
Ceo sistem čine (slika 1):

- podsistem za formalizovanje ulaznih informacija (simbolični jezik) o izradku (i eventualno pripremu) za koji se želi projektovati proces izrade,
- informaciona podloga u vidu banke podataka (datoteka informacija) neophodnih za uspešno odvijanje procesa projektovanja,
- glavni računarski program (procesor) u kojeg je ugrađena strategija projektovanja,
- prilagođavanje izlaznih informacija i oblikovanje nosioca izlaznih informacija u okviru postprocesora.



Sl. 1. Uprošćeni model sistema za automatizovano projektovanje tehnološkog procesa  
 Fig. 1. Simplified model of the system for automatic design of technological process

Na slici 2 prikazan je model SAPOR-S sistema na sadašnjem nivou razvoja.



Sl. 2. Model SAPOR-S sistema  
 Fig. 2. The model of the SAPOR-S system

Preduslov za rad sistema je formiranje i unošenje izvornog programa. Izvorni program se može formirati na jedan od sledeća dva načina:

- pisanje izvornog programa i njegovo unošenje pomoću nekog od standardnih editora i
- formiranje izvornog programa pomoću posebno razvijenog alfa-numeričkog-grafičkog editora ANG [12] za komponovanje ulaznih informacija.

U prvom slučaju korisnik sistema mora da zna pravila pisanja izvornog programa. Izvorni program se formira korišćenjem SAPOR simboličnog jezika.

U drugom slučaju radi se o interaktivnom-dijaloškom grafičkom načinu formiranja izvornog programa. Razlog za razvoj ANG editora je u težnji da se SAPOR-S programski sistem još više približi korisniku, posebno u delu koji se odnosi na formiranje i unos izvornih informacija. Na ovaj način korisnik je oslobođen potrebe za poznavanjem SAPOR simboličnog jezika.

Izvorni program, formiran i unet na jedan od dva prethodno izneta načina, obrađuje se kroz module procesora i postprocesora. Osnovne karakteristike procesora i postprocesora daju se u nastavku rada u okviru objašnjenja pojedinih podsistema SAPOR-S sistema.

## 2.3 Podsistemi SAPOR-S sistema

### 2.3.1 Formalizacija ulaznih (izvornih) informacija

Za uspešno funkcionisanje sistema za automatizovano projektovanje neophodan je podsistem za formalizaciju izvornih informacija kao ulaz u naredne faze projektovanja.

Za potrebe familije SAPOR sistema razvijen je SAPOR simbolični jezik kao metod formalizovanja ulaznih (izvornih) informacija za projektovanje rotacionih delova, bilo da se radi o proračunu, konstruisanju ili o projektovanju tehnologije njihove izrade.

Sistem bazira na posebno projektovanom SAPOR simboličnom jeziku koji je u osnovi podsistema za formalizovanje ulaznih informacija. SAPOR simbolični jezik se uklapa u opštu koncepciju SAPOR sistema što omogućava da se kroz kasniju nadgradnju- proširenje može doći do kompleksnijeg sistema.

SAPOR simbolični jezik se odlikuje jednostavnošću, bliskosti inženjerskom jeziku sporazumevanja, kratkoćom izvornog programa, lakim i brzim pisanjem izvornog programa, a uz to i jednostavnošću za učenje.

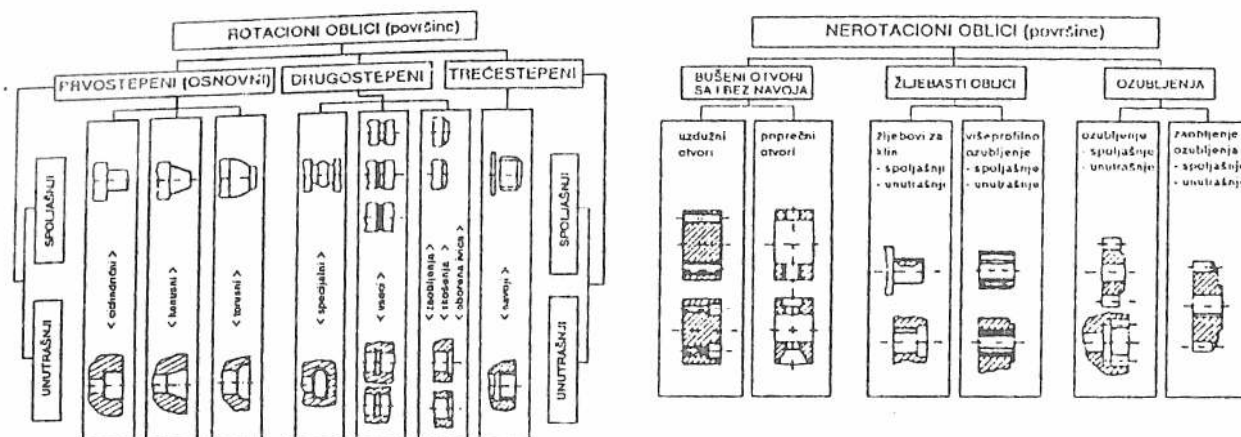
Simbolika SAPOR jezika za predstavljanje geometrijskih informacija zasniva se na kompleksnim i osnovnim geometrijskim oblicima koji su najčešće stvarno prisutni elementi oblika. SAPOR jezik omogućava kompletan opis oblika i površina na rotacionim delovima uključujući i nerotacione oblike (površine).

Oblici tj. površine na rotacionim delovima se svrstavaju u dve grupe (slika 3). Prva grupa sadrži oblike, prisutne kod rotaciono simetričnih delova, koji se obrađuju struganjem i bušenjem uglavnom na mašinama za obradu struganjem.

Drugu grupu čine nerotacioni oblici i površine koji se obrađuju na konvencionalnim ili NU mašinama. U novije vreme neki od nerotacionih oblika se mogu obrađivati i NU mašinama za obradu struganjem zavisno od mogućnosti same mašine.

Rotacioni oblici se zavisno od načina realizacije u automatskom ciklusu obrade dele na (slika 3):

- prvostepene rotacione oblike,
- drugostepene rotacione oblike i
- trećestepene rotacione oblike.



Sl. 3. Podela oblika na rotacionim delovima  
 Fig. 3. Classification of shapes of rotational parts

Prvostepeni rotacioni oblici se izrađuju programskim kretanjem alata.  
 Drugostepeni rotacioni oblici se izrađuju programskim alatom.  
 Trećestepeni rotacioni oblici se izrađuju programskim kretanjem programskog alata.

Nerotacioni oblici (površine) su podeljeni na (slika 3):

- bušene otvore sa i bez navoja,
- žljebaste oblike i
- karakteristične površine kod ozubljenja.

Struktura SAPOR simboličnog jezika sačinjena je od skupa znakova, slova, brojeva i reči. SAPOR simbolični jezik sadrži instrukcije kojima se definišu: geometrijske, tehnološke i ostale informacije (slika 4).



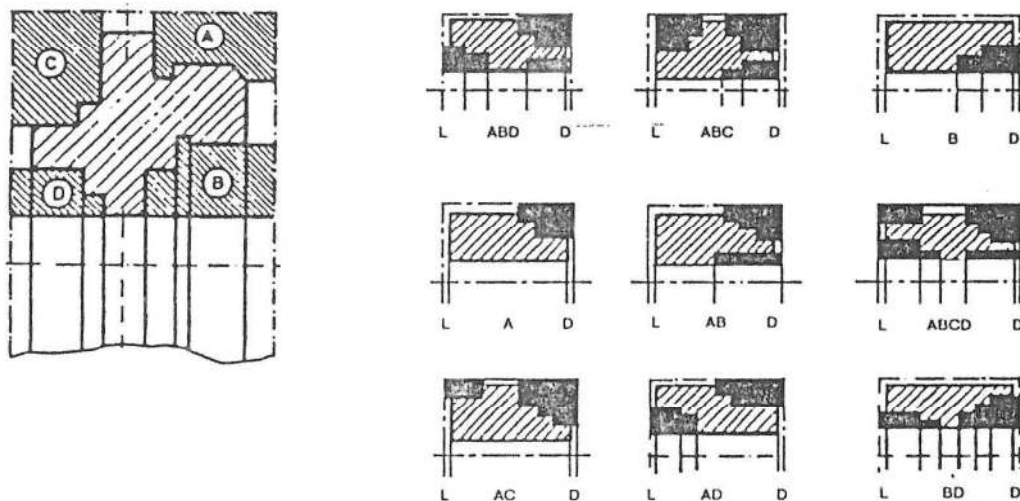
Sl. 4. Osnovni elementi i funkcionalna podela instrukcija SAPOR simboličnog jezika  
 Fig. 4. Basic elements and functional classification of SAPOR symbolic language instructions

Osnovna struktura SAPOR simboličnog jezika bazira na relativno širem obimu geometrije, koja je maksimalno podešena tehnološkim zahtevima i relativno užoj grupi tehnoloških instrukcija.

### ...1 Geometrija simboličnog jezika

Geometrija SAPOR simboličnog jezika sadrži 75 instrukcija podeljenih u 10 osnovnih grupa, pri čemu su kod nekih instrukcija predviđene najviše po 3 modifikacije.

Pri pisanju izvornog programa potrebno je definisati orijentaciju izradka tj. desnu i levu stranu. Definisanje orijentacije izradka izvodi se po pravilima koja baziraju na konfiguraciji konture izradka prikazanim na slici 5.



Sl. 5. Pravila orijentacije desne i leve strane izradka  
Fig. 5. Orientation rules for right and left side of workpiece

Većina instrukcija simboličnog jezika za definisanje odgovarajućih oblika javlja se u varijantama:

1. spolja desno ..SD/
2. spolja levo ..SL/
3. unutra desno ..UD/
4. unutra levo ..UL/

Osnovni simbolični nazivi instrukcija koncipirani su u duhu srpskog jezika, pri čemu početna slova definicije oblika čine osnovni simbolični naziv instrukcije, kao na primer:

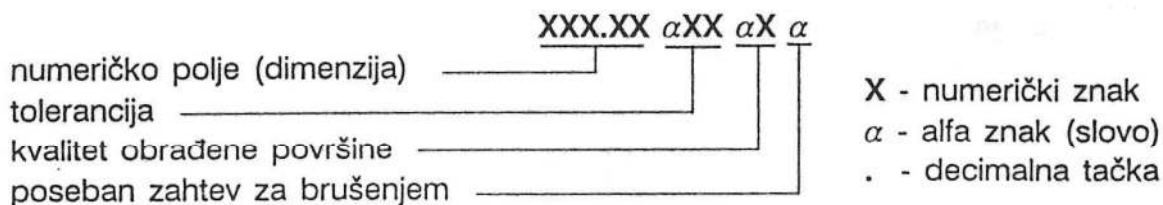
stepeni oblik spoljašnji desni **SOSD**  
 konusni oblik unutrašnji levi **KOUL**  
 žleb radijalni spoljašnji levi **ZRSL**

Struktura zapisa neke instrukcije ima oblik:

**simbol/a,b,c,d,...**

gde je simbol oblika ispred kose crte naziv instrukcije (npr. **SOSD**, **KOUL**, **ZRSL**), a iza kose crte su slogovi alfa-numeričkih podataka.

Svaki slog je ograničen na maksimalno 12 alfa-numeričkih podataka i u opštem slučaju ima oblik:



Pri pisanju izvornog programa slog sadrži neophodni broj znakova koji su definisani crtežom izradka (npr. 80H7Q8B; 20Q8; 128.05; 32)

### ...2 Tehnologija simboličnog jezika

Za razliku od geometrije tehnologija simboličnog jezika je daleko uža zato što je zasnovana na procesoru za tehnološko projektovanje. Tehnologija obuhvata određene informacije koje su neophodne za projektovanje tehnološkog procesa. To su:

- materijal izradka (**MATR**)
- broj komada (**BKOM**)
- zahtevi za termičku obradu (**T...**) kao što su poboljšanje, kaljenje i cementacija
- definisanje mašine ako je potrebno preporučiti mašinu na kojoj obrada treba da se vrši (**MASN/P**) ili ne (**MASN/N**)

### ...3 Ostali elementi simboličnog jezika

Ostale elemente simboličnog jezika čine sledeće instrukcije:

- definisanje naziva dela (**NASL**),
- komentari (**KOMT**),
- početak geometrijskih informacija (**POGE**),
- završetak geometrijskih informacija (**ZAGE**) i
- kraj izvornog programa (**KRAJ**).

### ...4 Sastavljanje-formiranje izvornog programa u SAPOR simboličnom jeziku

Izvorni program se formira na bazi crteža dela i podataka o pripremu. Prvi korak pri pisanju izvornog programa je definisanje orijentacije dela u skladu sa pravilima za orijentaciju datim na slici 5.

Formalizam za formiranje izvornog programa podrazumeva sledeći redosled unosa izvornih informacija:

- opšte informacije
- tehnološke informacije
- geometrijske informacije

Opšte informacije i tehnološke informacije se formiraju pomoću za to predviđenih instrukcija.

Geometrijske informacije počinju sa instrukcijom **POGE** a završavaju sa **ZAGE**. Geometrijske informacije sadrže instrukcije za opis priprema i izradka.

Pripremak se definiše pomoću instrukcije **GAPO** koja sadrži podatke o vrsti priprema (šipka, odlivak ili otkovak) i gabaritnim merama.

Redosled pisanja geometrijskih informacija o izradku nije unapred definisan ali je poželjno da se pišu po grupama:

- spoljašnji desni oblici
- spoljašnji levi oblici
- unutrašnji desni oblici
- unutrašnji levi oblici

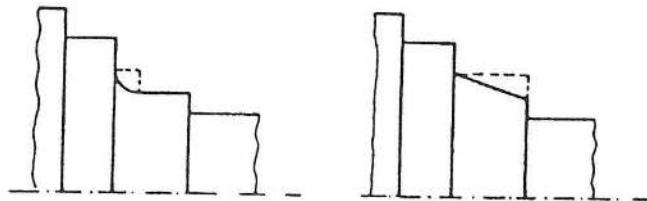


Isto tako u okviru navedenih grupa preporučuje se redosled pisanja instrukcija koje odgovaraju njihovom redosledu u simboličnom jeziku, odnosno:

- prvostepeni oblici
- drugostepeni oblici
- trećestepeni oblici
- nerotacioni oblici

Na taj način grupisane instrukcije omogućavaju veću preglednost i mogućnost lakše provere kompletnosti izvornog programa.

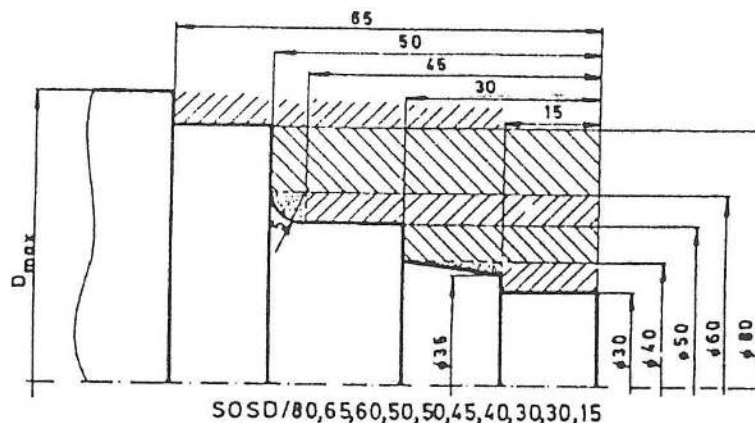
Pri pisanju instrukcija za opis stepenih oblika (SO..) konfiguracija izradka može biti takva da se pojave i stepeni oblici koji se ne vide na prvi pogled. Radi se o tzv. skrivenim stepenicama. Razlog za to je specifičnost položaja torusnih i konusnih oblika kao što se vidi na slici 6.



Sl. 6. Skrивene stepenice u slučaju torusnih i konusnih površina

Fig. 6. Hidden step-like shapes in the case of torus and conical surfaces

Primer jednog izradka sa naznačenim skrivenim stepenicama i odgovarajuće instrukcije S OSD prikazan je na slici 7.



Sl. 7. Primer definisanja instrukcija za opis spoljašnjih stepenih oblika

Fig. 7. Example of definition of instructions for description of external step-like shapes

Nakon završetka opisa geometrijskih informacija tj. nakon instrukcije ZAGE obavezno se piše instrukcija KRAJ koja označava kraj izvornog programa.

### 2.3.2 Procesor SAPOR-S sistema

Procesor sistema je koncipiran na modularnom principu pri čemu pojedini moduli u suštini odgovaraju fazama projektovanja koje su prisutne i pri ručnom projektovanju od strane tehnologa. Procesor sistema omogućava da se na bazi minimalnog broja ulaznih informacija o izradku (delu) prikupljenih direktno sa crteža i oblikovanih u vidu izvornog programa, u potpuno automatskom ciklusu na računaru

obavi provera ulaznih informacija, a zatim projektovanje kompletnog tehnološkog procesa kroz:

- projektovanje osnovnog tehnološkog toka (redosled obrade po operacijama),
- projektovanje operacionog postupka (redosled obrade po podoperacijama i zahvatima unutar njih) za operacije obrade struganjem,
- definisanje geometrijskih parametara zahvata,
- izbor alata za svaki zahvat,
- izbor mašine za svaku podoperaciju,
- optimizaciju parametara rezanja,
- definisanje putanje vrha alata u standardnoj CL DATA formi.

U nastavku se daju osnovne karakteristike i namene pojedinih modula procesora SAPOR-S sistema..

#### "ANG - EDITOR" - INTERAKTIVNO-DIJALOŠKO FORMIRANJE IZVORNOG PROGRAMA [12]

ANG editor služi za formiranje izvornog programa kroz alfa-numerički i grafički dijalog. Ovaj modul omogućava brže i jednostavnije formiranje izvornog programa direktno sa crteža praktično bez korišćenja uputstva za SAPOR simbolični jezik. Uneti podaci se grafički prikazuju na ekranu što omogućava njihovu kontrolu odmah nakon unosa.

#### "PREVOD" - PROVERA ULAZ, PREVOĐENJE I SORTIRANJE

Modul služi za otkrivanje grubih logičkih grešaka u izvornom programu, a posle njihovog otkrivanja i ispravljanja prevodi izvorne informacije na interni kod i sortira ih u operativnoj datoteci OBJSAP. Navdenu sortiranje u kasnijim modulima omogućava brz pristup bilo kom podatku iz izvornog programa.

#### "TEHCRT" - DEFINISANJE OSNOVNOG GEOMETRIJSKOG MODELA IZRADKA

Modul predstavlja u suštini jedan od modula značajnih za povezivanje SAPOR-S sistema sa sistemom za izradu tehničkog crteža. Obuhvata definisanje koordinata tačaka konture aksijalnog preseka dela.

#### "KLAKOD" - KLASIFIKACIJA I KODIRANJE

Obuhvata definisanje klasifikacionog broja izradka koji u kasnijim modulima služi za izbor odgovarajućih tipičnih redosleda operacija, tipičnih redosleda podoperacija i tipičnih redosleda grupa zahvata. Modul pored toga služi i za definisanje koda materijala, kao podloge za pristup određenoj grupi podataka o materijalu.

#### "TEHTOK" - DEFINISANJE OSNOVNOG TEHNOLOŠKOG TOKA

Služi za izbor tipičnog redosleda operacija, nakon čega se vrši aktuelizacija svake operacije iz izabranog tipičnog redosleda. Dobijeni redosled obrade obuhvata sve operacije obrade za konkretni izradak.

#### "CLDAT1" - DEFINISANJE STANDARNOG GEOMETRIJSKOG MODELA OBRADKA ZA STRUGANJE

Služi za definisanje geometrijskog modela obradka u standardnom obliku CLDATA 1.

#### "OPPOST" - DEFINISANJE PODOPERACIJA I GRUPA ZAHVATA (ZA OPERACIJE STRUGANJA)

U prvom nivou vrši izbor tipičnog redosleda podoperacija u okviru operacije obrade struganjem a zatim odgovarajuću aktuelizaciju.

U drugom nivou vrši izbor tipičnog redosleda grupa zahvata u okviru svake podoperacije a zatim odgovarajuću aktuelizaciju.

#### "GEOMET" - RASPODELA SEKCIJA I DEFINISANJE GEOMETRIJSKIH PARAMETARA ZAHVATA

Služi za raspodelu sekcija za obradu po pojedinim grupama zahvata, koji odgovaraju obradi prvostepenih oblika, i za definisanje karakterističnih tačaka konture sekcija. Za drugostepene i trećestepene oblike izvodi se definisanje geometrijskih parametara značajnih za realizaciju zahvata obrade tih oblika.

#### "ALAT" - IZBOR ALATA

Izbor alata obavlja se za svaku grupu zahvata, odnosno svaki zahvat u okviru podoperacija struganja. Pritom se izbor alata izvodi u četiri faze:

- izbor tipa alata,
- izbor materijala reznog dela alata,
- izbor rezne geometrije i
- izbor preseka drške alata.

Geo modul sortira niz alata za svaki zahvat, grupu zahvata i ređa ih po prioritetu podobnosti.

#### "MASIN" - IZBOR MAŠINE

Izbor mašine obavlja se za svaku podoperaciju struganja i/ili operaciju struganja. Obuhvata izbor mašine iz datoteka mašina na bazi upoređenja gabaritnih dimenzija (D,L) konkretnog izradka i radnog prostora mašine i na bazi ugrađene snage pogonskog elektromotora.

#### "ALAT2" - AKTUELIZACIJA IZABRANIH ALATA

Za izabranu mašinu iz prethodnog modula vrši se aktuelizacija prethodno izabranih alata za svaki zahvat u smislu eliminisanja svih alata koji ne mogu da se smeste u nosač alata na mašini.

#### "OPTPAR" - OPTIMIZACIJA PARAMETARA REZANJA

Modul definiše optimalne parametre rezanja na bazi kriterijuma minimalnih troškova obrade i ograničenja vezanih za:

- snagu pogonskog elektromotora izabrane mašine,
- maksimalno dozvoljenu aksijalnu komponentu otpora rezanja,
- sklonost sistema pojavi samopobudnih vibracija,
- dozvoljeni ugib radnog predmeta,
- rezne mogućnosti alata u vezi sa materijalom, geometrijom dela i ekonomskim periodom rezanja alata,
- parametre kvaliteta obrađene površine dela definisanog izvornim programom.

#### "PUTAL" - DEFINISANJE PUTANJE VRHA ALATA

Na bazi prethodno definisanog tehnološkog postupka, izabranog alata za svaki zahvat i optimalnih parametara obrade modul u prvom delu obuhvata definisanje putanje vrha alata pri svakom zahvatu.

U drugom delu modul obuhvata oblikovanje i definisanje završnih izlaznih informacija koje su ujedno i ulazne informacije POSTPROCESORA

### 2.3.3 Postprocesor SAPOR-S sistema

POSTPROCESOR-ski moduli SAPOR-S sistema razvijeni su u vidu sistemskog rešenja koje po kompleksnosti nadmašuje slična rešenja i lako se prilagođava za svaku novu NU mašinu. Pored uobičajenog prilagođavanja upravljačkih informacija,

izrade perforirane trake, izračunavanja vremena obrade i sl., postprocesor obuhvata i definisanje položaja stezanja, definisanje ekvidistantne putanje alata kao i završnu optimizaciju izbora alata obzirom na broj pozicija alata u nosaču alata NU mašine.

Izlazne informacije iz sistema sadrže tehnološku dokumentaciju koju čine plan stezanja, plan alata, podaci za poslužioce i podaci za organizatore. Upravljačke informacije dobijaju se u vidu listinga i na odgovarajućem nosiocu (perforirana traka, magnetna kasetna i sl.).

U nastavku se navode osnovne karakteristike pojedinih postprocesorskih modula.

#### "PERFO" - PRILAGODAVANJE UPRAVLJAČKIH INFORMACIJA - SISTEMSKI POSTPROCESORSKI MODUL

Modul ima ulogu tzv. POSTPROCESORSKOG prilagođavanja izlaznih informacija konkretnoj NUMA i njenom upravljačkom sistemu. Pored toga modul omogućava automatsko definisanje položaja stezanja obradka u priboru mašine, definisanje ekvidistantne putanje alata obzirom na radijus vrha alata, završnu optimizaciju izbora alata obzirom na broj pozicija alata u nosaču alata NU mašine, kao i izračunavanje mašinskog (glavnog i pomoćnog) vremena obrade podoperacija.

#### "TRAKA" - IZRADA NOSIOCA UPRAVLJAČKIH INFORMACIJA

Program TRAKA je u suštini posebno izdvojeni deo modula PERFO. Omogućava izradu nosioca upravljačkih informacija (perforirane trake i sl.) za konkretnu NU mašinu alatku.

#### "SIMUL" - SIMULACIJA PUTANJE VRHA ALATA

Modul obezbeđuje grafičku proveru nosioca upravljačkih informacija, kroz grafički prikaz priprema, izradka i simulaciju kretanja pojedinih alata pri realizaciji svakog od zahvata.

Napred navedeni moduli procesora i postprocesora pored memorisanja izlaznih rezultata iz svakog modula na eksternoj memoriji (u operativnim datotekama) mogu izdavati međurezultate, što je vrlo praktično pri testiranju celog sistema, s obzirom da na završnom izlazu iz procesora teško može biti ustanovljen izvor eventualne greške.

### 2.3.4 Informaciona baza SAPOR-S sistema

Ceo sistem je tehnološki orijentisan i kao takav zahteva datoteke informacija o: kompleksnim postupcima obrade, obradljivosti materijala, alatima, mašinama i određenim pomoćnim podacima. Od sadržaja tehnoloških datoteka najviše zavisi kvalitet projektovanog tehnološkog postupka izrade.

Tehnološka orijentisanost sistema stvorila je uslove da se od korisnika koji sastavlja izvorni program za radni predmet za koji treba da se projektuje tehnološki proces, zahteva minimalno tehnološko znanje.

Tehnološke datoteke su organizovane u skladu sa koncepcijom celog sistema u tri grupe i to [5]:

- a) datoteke tehnološkog redosleda
- b) osnovne tehnološke datoteke
- c) datoteke postprocesora

Datoteke tehnološkog redosleda služe kao osnova za rad modula koji obezbeđuju projektovanje kompletnog redosleda obrade počev od tehnološkog toka do operacionog postupka. Ovoj grupi pripadaju sledeće datoteke:

1. datoteka tipičnih redosleda operacija	TEH12
2. datoteka tipičnih operacija	TEH11
3. datoteka tipičnih redosleda podoperacija	TEH220
4. datoteka tipičnih podoperacija	TEH210
5. datoteka tipičnih redosleda zahvata	TEH24
6. datoteka tipičnih zahvata	TEH23
7. datoteka pomoćnih podataka	POMPOD

Osnovne tehnološke datoteke služe za dalje kompletiranje tehnološkog procesa potrebnim informacijama o: alatima, mašinama i parametrima rezanja. Ovoj grupi pripadaju sledeće datoteke:

8. datoteka materijala	DATMAT
9. datoteka alata za bušenje	DATALB
10. datoteka alata za struganje	DATALS

Datoteke postprocesora sadrže podatke o steznim priborima, nosačima alata i upravljačkim jedinicama na NU mašinama alatkama. Koriste se u okviru modula za prilagođavanje izlaznih informacija i izradu perforirane trake. U ovu grupu spadaju:

11. datoteka mašina	DATMAS
12. datoteka pribora (za stezanje obradka)	DATPRI
13. datoteka nosača alata	DATNOS
14. datoteka upravljačkih jedinica	DAPOST

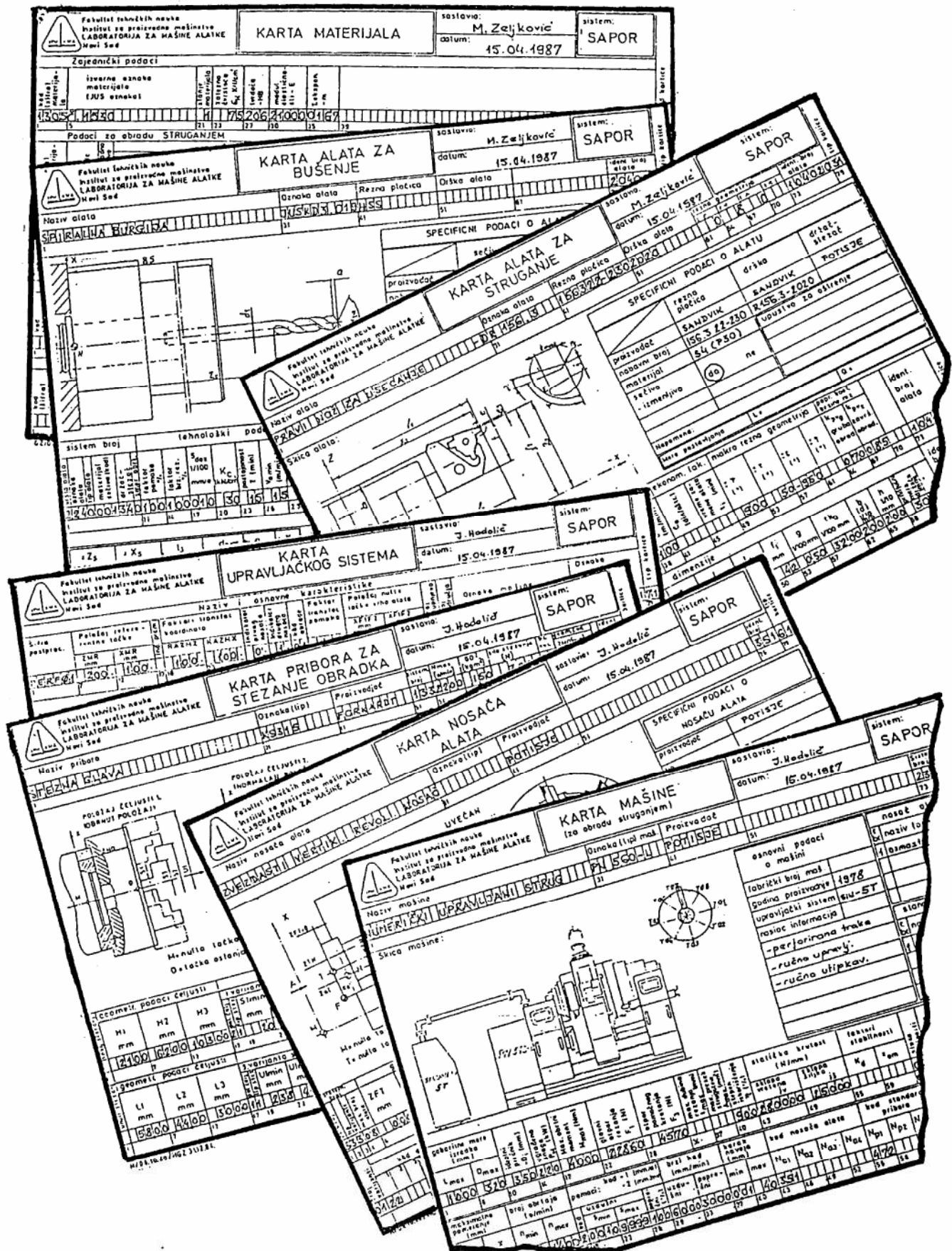
Za formiranje pojedinih datoteka iz poslednje dve grupa ustanovljene su odgovarajuće informacione karte koje se mogu koristiti i pri ručnom programiranju. Na slici 8 prikazan je segment informacionih karti SAPOR-S sistema.

Formiranje osnovnih tehnoloških datoteka i datoteka postprocesora kao i njihovo ažuriranje u smislu dopunjavanja ili korigovanja vrši se pomoću posebno razvijenog programa DATPOD, a listanje istih pomoću programa LISDAT.

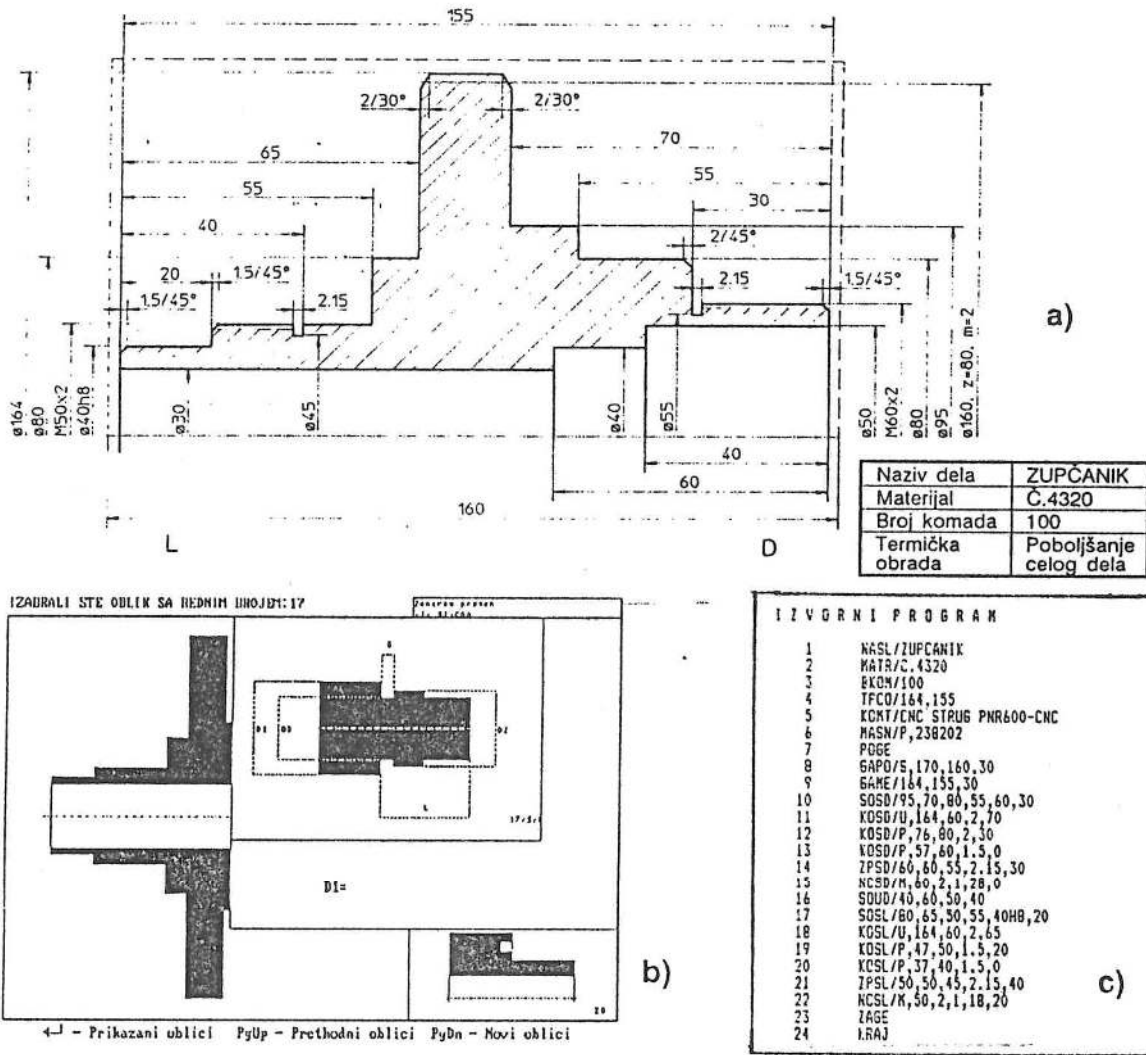
#### 2.4 Primer rezultata projektovanja upravljačkih informacija - programiranja NUMA za obradu struganjem

Kroz dosadašnja istraživanja izvršeno je testiranje SAPOR-S sistema za niz izradaka. Neki izradci su uzimani direktno iz proizvodnih pogona, a veći broj vrlo komplikovanih izradaka posebno je projektovan za potrebe svestranijeg testiranja.

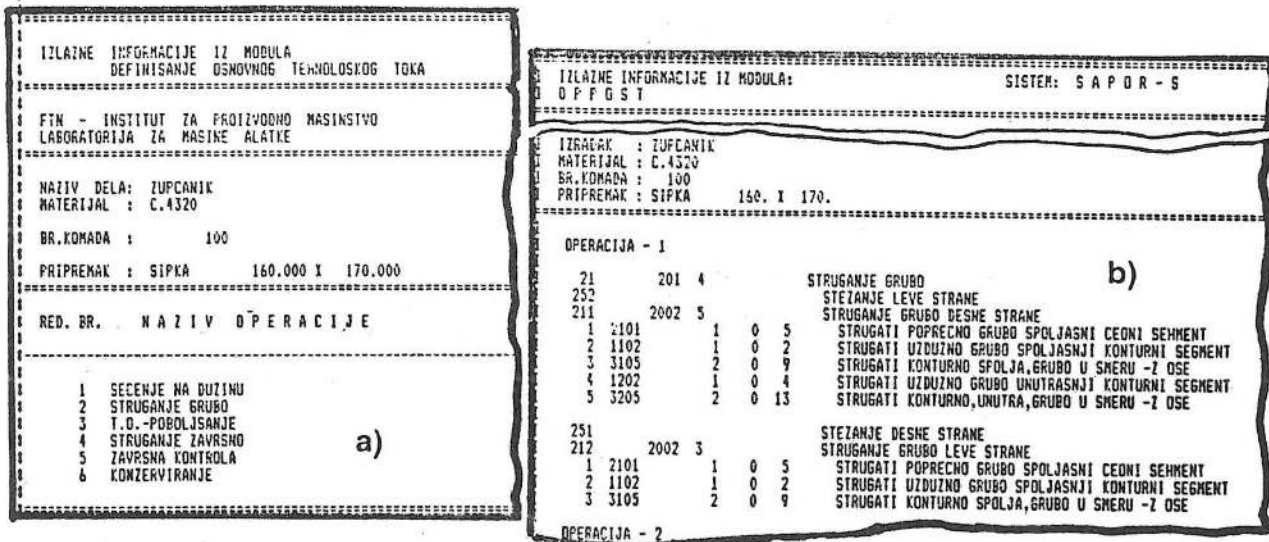
U nastavku rada na slici 10 daje se prikaz međurezultata testiranja, a na slici 11 prikaz krajnjih izlaznih rezultata iz SAPOR-S sistema za deo čiji je crtež i izvorni program prikazan na slici 9.



Sl. 8. Segment informacionih karti SAPOR-S sistema  
 Fig. 8. Segments of information charts of the SAPOR-S system



Sl. 9.a Crtěž dela (a), detalj korišćenja ANG editora (b) i izvorni program (c)  
 Fig. 9.a Part drawing (a), detail of ANG editor application (b) and source program (c)



Sl. 10. Izlazne informacije iz modula TEHTOK (a) i OPPOST (b)  
 Fig. 10. The output information from the module TEHTOK (a) and OPPOST (b)

IZLAZNE INFORMACIJE IZ MODULA : ALAT2		IZLAZNE INFORMACIJE IZ MODULA : IZBOR MASINE			
FTM-INSTITUT ZA PROIZVODNO MASINSTVO LABORATORIJA ZA MASINE ALATKE		NAZIV DELA: ZUPCANIK			
IZRAĐAK : ZUPCANIK		IDENT. BROJ MASINE	NAZIV MASINE	OZNAKA MASINE	PROIZVOĐJAC
MATERIJAL : C.4320 BR.KOMADA : 100 PRIPREMAK : SIPKA 160. X 170.		OPERACIJA: STRUGANJE GRUBO			
		- PODOPERACIJA: STRUGANJE GRUBO DESNE STRANE 238202 UNIVERZALNI CNC STRUG		PNR600-CNC	POTISJE
		- PODOPERACIJA: STRUGANJE GRUBO LEVE STRANE 238202 UNIVERZALNI CNC STRUG		PNR600-CNC	POTISJE
		OPERACIJA: STRUGANJE ZAVRSNO			

KOD ZAH.	DRZ AL- ATA	NOS AL- ATA	IDENT BR.AL.	NAZIV ALATA	OZNAKA ALATA	REZNA PLOČICA	DASKA ALATA	MAT RPL	REZNA GEOMETRIJA GAM ALF LAM UFAZ E
OPERACIJA-1 : STRUGANJE GRUBO									
PODOPERACIJA : STRUGANJE GRUBO DESNE STRANE									
2101	11	112	103056	SAV.NOZ ZA SPOLJ.GRUB.OBRADU-D	PSSNR 2525	SNMK120408	2525	160	-8 8 0 0 1
1102	11	112	103005	SAV.NOZ ZA SPOLJ.GRUB.OBRADU-D	PTGNR2525	TMM160408	2525M16	160	-6 6 -6 0 1
3105	11	112	103063	SAV.NOZ ZA SPOLJ.KDWT.OBRADU-D	PCLNR 2525	CNMK120408	2525	160	-6 6 -6 0 1
1202	15	113	103029	SAV.NOZ ZA UNUTR.GRUB.OBRADU-D	C205-SCLC	CCMM090304	20	120	4 3 0 0 1
3205	15	112	103028	SAV.NOZ ZA UNUTR.KONT.OBRADU-D	215.64.720	DCM11T304	20	120	-4 11 0 0 1
PODOPERACIJA : STRUGANJE GRUBO LEVE STRANE									
2101	11	112	103056	SAV.NOZ ZA SPOLJ.GRUB.OBRADU-D	PSSNR 2525	SNMK120408	2525	160	-6 8 0 0 1

IZLAZNE INFORMACIJE IZ MODULA : OPTPAR		SISTEM: S A P O R - S	
---	--	-----------------------	--

IZRAĐAK : ZUPCANIK			
MATERIJAL : C.4320			
BR.KOMADA : 100			
PRIPREMAK : SIPKA 160. X 170.			

KOD GR. ZAHVATA	KED.BR. PROLAZA	PRECNIA	DULJINA	DUBINA	POMAK	BROJ OBRATAJA	BROJ OEMTC.	POSTO- JANOST	CLD ODSTOJ.	NAP. UGAO	IP.ER. ALATA	TIP OPTIK.
OPERACIJA-1 : STRUGANJE GRUBO												
PODOPERACIJA : STRUGANJE GRUBO DESNE STRANE												
2101	1	170.000	70.000	.896	.666	1591.46						
	2	170.000	70.000	.897	.666	1591.52						
1102	1	170.000	72.707	11.159	.010	2500.00						
	2	147.663	70.000	11.159	.010	2500.00						
	3	125.366	70.000	11.159	.010	2500.00						
	4	103.046	70.000	10.817	.010	2500.00						
	5	81.414	32.000	11.500	.010	2500.00						
3105	1	170.000	.000	5.750	.010	2500.00						
1202	1	36.586	158.207	4.293	.010	2500.00						
	2	48.586	40.000	5.000	.010	2500.00						
3205	1	46.586	.000	2.500	.010	2500.00						
PODOPERACIJA : STRUGANJE GRUBO LEVE STRANE												
2101	1	170.000	70.000	.896	.666	1591.46						

IZLAZNE INFORMACIJE IZ MODULA : PUTAL		SISTEM: S A P O R - S				
FTM-INSTITUT ZA PROIZVODNO MASINSTVO LABORATORIJA ZA MASINE ALATKE		NOVI SAD 4.03.93.				
IZRAĐAK : ZUPCANIK						
MATERIJAL : C.4320						
BR.KOMADA : 100						
PRIPREMAK : SIPKA 160. X 170.						
R1	R2	KOMENTAR	R3	R4	R5	R6 R7
OPERACIJA-1 : STRUGANJE GRUBO						
PODOPERACIJA : STRUGANJE GRUBO DESNE STRANE						
1	2	POC. TAC.	9	161.000	88.500	
2	2	ZAHVAT	1669	2101		
3	2	ALAT	1667	103056		
4	2	HLADJENJE	1030	25	71	
5	2	BRZI HOD	5			
6	5	IDI DO	5	156.604	88.500	.03 .03
7	2	POMAK	1009	.666		
8	2	BR. OBR.	1031	1591.464		
9	5	IDI DO	5	156.604	11.500	.00 .03
10	5	IDI DO	5	160.104	12.950	.00 .03
11	2	BRZI HOD	5			

Sl. 10. - nastavak Izlazne informacije iz modula MASIN (c), ALAT2 (d), OPTPAR (e) i PUTAL (f)  
Fig.10. - continue The output information from the module MASIN (c), ALAT2 (d), OPTPAR (e) and PUTAL (f)





### 3.0 DALJI RAZVOJ SAPOR-S SISTEMA

Rezultati dosadašnjih istraživanja na razvoju SAPOR-S sistema pored ostalog mogu da posluže za ukazivanje i definisanje pravca daljeg razvoja sistema. Kao i mnogi drugi sistem nije ni završen a ni savršen. To nameće potrebu daljeg rada na njegovom razvoju.

Pravci daljeg razvoja SAPOR-S sistema mogu se svrstati u dve grupe:

- dalji razvoj SAPOR-S sistema, kao direktan nastavak dosadašnjih istraživanja, i
- dalje uopštavanje celog SAPOR sistema.

#### 3.1 Dalji razvoj SAPOR-S sistema, kao direktan nastavak dosadašnjih istraživanja

Dalji razvoj sistema se planira u sledećim pravcima:

- *povećanje kvaliteta projektovanog tehnološkog procesa,*
- *ubrzanje procesa projektovanja i*
- *sniženje troškova projektovanja.*

Neke od mogućnosti daljeg razvoja sistema su:

1. *usavršavanje pojedinih procesorskih modula:*

- radi eliminisanja uskih grla u SAPOR-S sistemu i
- gradnja pojedinih modula po principima gradnje ekspertnih sistema (**TEHTOK, OPPOST, ALAT, MASIN**)

2. *kompletiranje SAPOR simboličnog jezika:*

- kompleksnije definisanje priprema i
- obuhvatanje određenih kompleksnih elemenata oblika koji se često pojavljuju u proizvodnji

3. *usavršavanje kompleksnog sistemskog postprocesora*

4. *uključivanje pripremljenih modula za upravljanje procesom projektovanja preko definisanja vodećih parametara*

5. *usavršavanje programskih paketa za formiranje i ažuriranje tehnoloških datoteka*

6. *usavršavanje sistema u cilju povećanja njegove fleksibilnosti kroz uključivanje više interakcija u procesor*

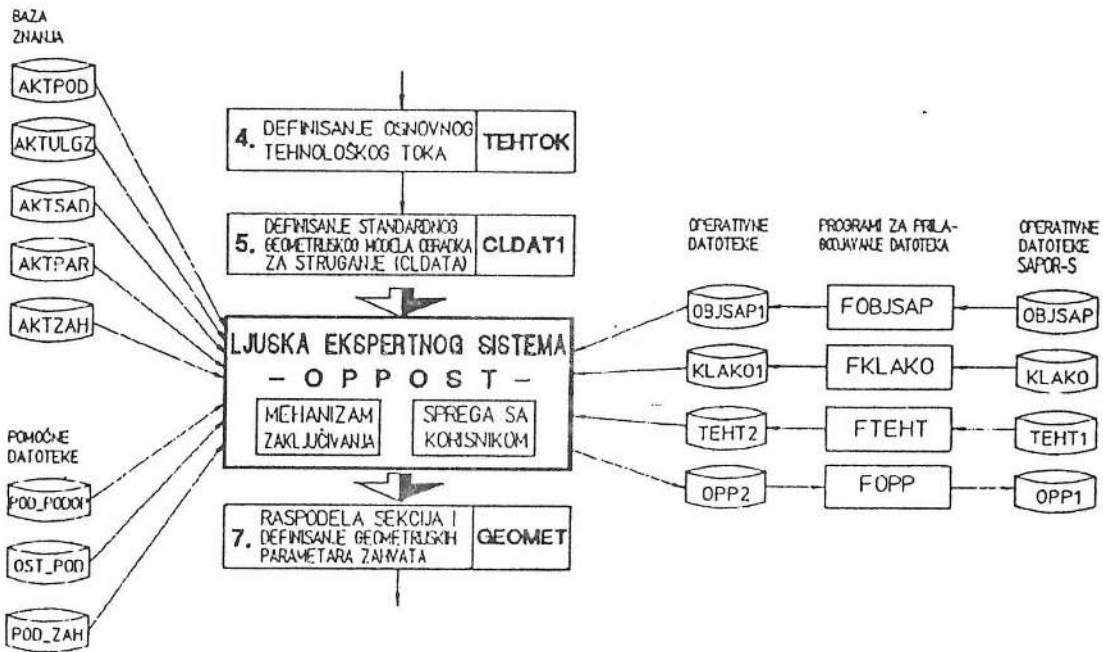
U toku su istraživanja na usavršavanju pojedinih modula primenom principa gradnje ekspertnih sistema. Na tom planu su postignuti određeni rezultati na razvoju modula TEHTOK i OPPOST [19], [20], [21], [22]. Na slici 12 daje se prikaz strukture realizovanog modula OPPOST.

#### 3.2 Dalje uopštavanje celog sistema

SAPOR-S sistem je razvijan kao deo ukupnog SAPOR sistema i njegovo uopštavanje treba da bude u skladu sa integralnom koncepcijom SAPOR programskog sistema (slika 13).

Uopštavanje celog sistema usmereno je u dva pravca i to:

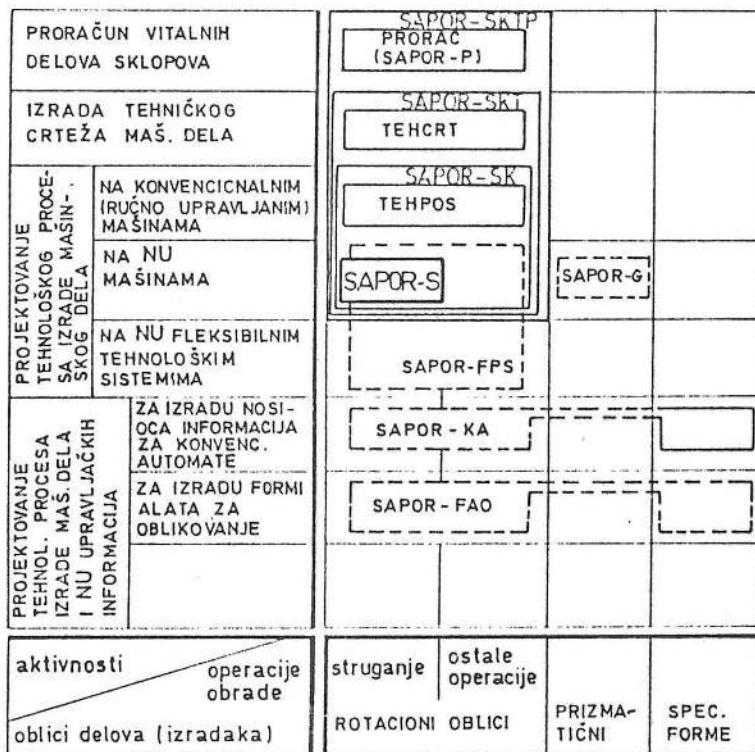
- *proširenje sistema po horizontali tj. proširenje sistema i na projektovanje procesa obrade i za prizmatične izradke kao i projektovanje procesa za NU fleksibilne tehnološke sisteme.*
- *povišenje nivoa automatizacije kroz kompletnu nadgradnju sistema u smislu projektovanja procesa i za konvencionalne mašine alatke a zatim njegovo povezivanje po vertikali sa drugim sistemima za automatizovano projektovanje delova i sistemima za automatizovani proračun vitalnih delova i sklopova*



Sl. 12. Struktura modula OPPOST koncipiranog na bazi principa gradnje ekspertnih sistema

Fig.12. Structure of the module OPPOST conceptualized on the base on the principle of expert system creation

U oba navedena pravca su postignuti određeni rezultati, posebno u razvoju sistema za automatizovano projektovanje delova i sistema za automatizovani proračun vitalnih delova.



Sl. 13. Integralna koncepcija SAPOR-programskog sistema

Fig. 13. Integral concept of the SAPOR programming system

## 5.0 ZAVRŠNA RAZMATRANJA

Sadašnje stanje razvoja SAPOR-S sistema izloženo kroz ovaj rad ukazuje da se radi o sistemu koji se može ravnopravno svrstati i porediti sa sličnim sistemima razvijenim u svetu.

U radu je učinjen pokušaj da se prikaže sistem u celini, počev od modela i koncepcije sistema, zatim prikaz njegovih podsistema i primera korišćenja do pravaca daljeg razvoja navedenog sistema.

Rad na dosadašnjim istraživanjima je ukazao na pravce kojim treba nastaviti istraživanja na daljem razvoju SAPOR-S sistema. Jedan od pravaca razvoja je usavršavanje pojedinih modula primenom principa gradnje ekspernih sistema (TEHTOK, OPPOST, ALAT, MASIN) kako bi sistem bio više korisnički orijentisan.

## 6.0 LITERATURA

- [1] REKECKI, J., GATALO, R., BOROJEV, LJ., HODOLIĆ, J., ZELJKOVIĆ, M.: SAPOR-S sistem za automatizovano projektovanje - stanje i perspektive razvoja, VI JUPITER konferencija, Zbornik radova, Cavtat, 1980.
- [2] GATALO, R., REKECKI, J., HODOLIĆ, J., BOROJEV, LJ., ZELJKOVIĆ, M., MILOŠEVIĆ, V., KONJOVIĆ, Z., MALBAŠKI, D.: Automatic Design of the Technological Process for NC Lathes by the use of SAPOR-S System, *Int. J. Prod. Res.*, 1983., Vol. 21. 197-212. (Taylor & Francis, London).
- [3] GATALO, R., HODOLIĆ, J., ZELJKOVIĆ, M., MILOŠEVIĆ, V., KONJOVIĆ, Z.: Achievements in the development and future development of SAPOR-S systems for automatic programming of NC Lathes, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 4 (1988). No 1/2, pp 91-102
- [4] REKECKI, J., GATALO, R., HODOLIĆ, J., BOROJEV, LJ., ZELJKOVIĆ, M.: Testiranje SAPOR-S sistema za automatizovano projektovanje upravljačkih informacija i nosioca informacija za NUMA za obradu struganjem, VII JUPITER konferencija, Zbornik radova, Opatija, 1981.
- [5] GATALO, R., HODOLIĆ, J., BOROJEV, LJ., ZELJKOVIĆ, M., REKECKI, J.: Tehnološke datoteke kao podloga SAPOR-S sistema za automatizovano projektovanje, VII JUPITER konferencija, Zbornik radova, Opatija, 1981.
- [6] GATALO, R.: Automatizovano projektovanje upravljačkih informacija za NU mašinske alatke primenom SAPOR-S programskog sistema, Seminar "Primena elektronike u mašinstvu" u organizaciji UNIS-a iz Sarajeva, Zbornik radova, Sarajevo-Fojnica, 1983.
- [7] GATALO, R., HODOLIĆ, J., ZELJKOVIĆ, M., BOROJEV, LJ., REKECKI, J.: Formalizacija geometrijskih, proračunskih i tehnoloških informacija kao osnova za pojedinačne i integralne programske sisteme za automatizovano projektovanje - I deo, Zbornik radova IPM, br. 1., Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad, 1984.
- [8] REKECKI, J., GATALO, R., BOROJEV, LJ., HODOLIĆ, J.: SAPOR simbolički programski jezik kao osnova sistema za automatsko projektovanje upravljačkih informacija za numerički upravljane i konvencionalne mašinske alatke, XI savetovanje proizvodnog mašinstva, Zbornik radova, Ohrid, 1977.
- [9] REKECKI, J., GATALO, R., BOROJEV, LJ., HODOLIĆ, J.: Sistem SAPOR-S za automatsko projektovanje upravljačkih informacija i nosioca informacija za numerički upravljane mašinske alatke za obradu struganjem, XI savetovanje proizvodnog mašinstva, Zbornik radova, Ohrid, 1977.
- [10] GATALO, R., REKECKI, J., HODOLIĆ, J., BOROJEV, LJ., ZELJKOVIĆ, M., MILOŠEVIĆ, V., KONJOVIĆ, Z., MALBAŠKI, D.: Dostignuća u razvoju i mogućnost industrijske primene programskog sistema za automatizovano projektovanje tehnološkog procesa za NUMA za obradu struganjem - SAPOR-S, III naučno-stručni skup MMA'83, Zbornik radova, Novi Sad, 1983.

- [11] GATALO, R.: Transformacije geometrije konstrukcije u NC tehnologiji, *Medunarodni znanstveni skup - strojarstvo i brodogradnja u novim tehnološkim uvjetima*, FSB, Zbornik radova, Zagreb, 1989.
- [12] GATALO, R., KLARIĆ, R., HODOLIČ, J.: Grafička sinteza ulaznih informacija u SAPOR-S programskom sistemu, *2. jugoslovenski simpozijum CAD/CAM, XV JUPITER Konferencija*, Zbornik radova, Cavtat, 1989.
- [13] GATALO, R., KLARIĆ, R., TOMA, J., HODOLIČ, J.: Koncept razvoja i dostignuća u razvoju sistema upravljanja NU FT strukturama i odgovarajuće računarske podrške, *IV naučno- stručni skup sa međunarodnim učešćem MMA'90 Fleksibilne tehnologije*, Zbornik radova, Novi Sad, 1990.
- [14] GATALO, R., HODOLIČ, J.: CAD-CAM i ostali preduslovi za razvoj CIM koncepta na Institutu za proizvodno mašinstvo FTN-a, *Naučna konferencija Industrijski sistemi - IS '90*, Zbornik radova, Novi Sad, 1990.
- [15] GATALO, R., HODOLIČ, J., NAVALUŠIĆ, S., ZELJKOVIĆ, M.: CAD/CAM System Achievements and Trends in the Development at the Institute for production Engineering of the Faculty of Technical Sciences in Novi Sad, *CIRP International Seminar on CA-Design*, Zbornik radova, Ljubljana, 1990.
- [16] GATALO, R., HODOLIČ, J.: Veza CAD sa CAM, *Seminar: Ekspertni sistemi u CAD procesu*, Zbornik radova, Kranj, 1990.
- [17] GATALO, R., REKECKI, J., HODOLIČ, J., BOROJEV, LJ., ZELJKOVIĆ, M., MILOŠEVIĆ, V., KONJOVIĆ, Z., MALBAŠKI, D.: Istraživanje tehnologije i sredstava rada u industriji obrade metala, elaborat istraživačkog projekta, tema 12: Razvoj SAPOR-S sistema za automatsko projektovanje upravljačkih informacija i nosioca informacija za NUMA, u konkretnim pogonskim uslovima, finansiran od SIZNRV, Institut za proizvodno mašinstvo FTN Novi Sad, 1980.
- [18] HODOLIČ, J., NAVALUŠIĆ, S., MILOŠEVIĆ, V., GATALO, R.: Mogućnosti povezivanja SAPOR sistema sa CAD sistemima na bazi standardizovanih struktura podataka, *IV naučno- stručni skup sa međunarodnim učešćem MMA'90 Fleksibilne tehnologije*, Zbornik radova, Novi Sad, 1990.
- [19] GATALO, R., HODOLIČ, J., ZELJKOVIĆ, Ž., STANKOVSKI, S.: Projektovanje tehnološkog procesa za NUMA za obradu rotacionih delova, po principima gradnje ekspertnih sistema, *9. jugoslovenski simpozijum "CIM u strategiji tehnološkog razvoja industrije prerade metala" -XVI JUPITER konferencija*, Zbornik radova, Cavtat, 1990.
- [20] GATALO, R., ZELJKOVIĆ, Ž., HODOLIČ, J.: Projektovanje operacionog postupka po principima ekspertnih sistema u SAPOR-S sistemu za automatizovano programiranje NUMA, *IV naučno- stručni skup sa međunarodnim učešćem MMA'90 Fleksibilne tehnologije*, Zbornik radova, Novi Sad, 1990.
- [21] GATALO, R., ZELJKOVIĆ, Ž., HODOLIČ, J., ZELJKOVIĆ, M.: Die Anwendung von Expertensystemen für die Automatisierte Programmierung von NC-Werkzeugmaschinen, *2. International Symposium - DAAAM FLEXIBLE AUTOMATION*, Zbornik radova, Vysoke Tatry - Štrbske Pleso, ČSFR, 1991.
- [22] GATALO, R., ZELJKOVIĆ, Ž., ZELJKOVIĆ, M., HODOLIČ, J.: Prilog usavršavanju SAPOR-S sistema na bazi principa gradnje ekspertnih sistema, *Simpozijum o informacionim tehnologijama*, Zbornik radova, Sarajevo - Jahorina, 1992.
- [23] GATALO, R., HODOLIČ, J., ZELJKOVIĆ, M.: Informaciona baza tehnološki orijentisanih programskih sistema za automatizovano programiranje NU mašina alatki, *Zbornik radova IPM, br. 4*, Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad, 1987.