

UNIVERZITET U NOVOM SADU



FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
INSTITUT ZA PROIZVO
MAŠINSTVO

**24. SAVETOVANJE PROIZVODNOG
MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE**

ZBORNIK RADOVA

KNJIGA III

Novi Sad, 16-18. septembar 1992

**24. SAVETOVANJE PROIZVODNOG
MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE**

Novi Sad, 16-18. septembar 1992

ZBORNIK RADOVA

SEKCIJA IV

UNIVERSITÄT U. FACHWISSENSCHAFT
INSTITUT FÜR TECHNISCHE
MATHematik

UNIVERSITÄT U. FACHWISSENSCHAFT
INSTITUT FÜR TECHNISCHE
MATHematik

INSTITUT FÜR TECHNISCHE
MATHematik
1982

ZBORNIK RADOVA

SEKCIJA IV

Sadržaj

Sekcija IV

| | |
|--|----|
| SIMULTANO PROJEKTOVANJE PROIZVODA I TEHNOLOGIJA KORIŠĆENJEM VEŠTAČKE INTELIGENCije | 1 |
| <i>Dr Dragan Domazet, redovni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu</i> | |
| CAD MODUL U METALOPRERAĐIVAČKOJ INDUSTRIJI | 21 |
| <i>Dejan Mitrović, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Vojislav Stoilković, Mašinski fakultet, Univerzitet u Nišu</i> | |
| PRORAČUN MAŠINSKIH KONSTRUKCIJA | 29 |
| <i>Maneski T., Kalajdžić M., Glavonjić M. Mašinski fakultet u Beogradu</i> | |
| MODELIRANJE I PRORAČUN DISKOVA OPTEREĆENIH CENTRIFUGALNIM SILAMA | 37 |
| <i>Dr Taško Maneski, dipl.inž. Mašinski fakultet u Beogradu</i> | |
| MODELIRANJE KOTRLJAJNIH LEŽAJEVA SA KOSIM DODIROM PRIMENOM I-DEAS PROGRAMSKOG SISTEMA ZA POTREBE ANALIZE PONAŠANJA | 47 |
| <i>Palušek M., dipl. ing. Zeljković M, asistent, Spasojević M, dipl. ing., Komarica N., vanr. prof., Gatalo R., red. prof. Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad</i> | |
| KONVERZIJA 2D MODELA ROTACIONIH DELOVA U 3D PROSTORNI CSG MODEL | 57 |
| <i>mr Miroslav Trajanović, asistent Mašinskog fakulteta u Nišu dr Dragan Domazet, red. prof. Mašinskog fakulteta u Nišu</i> | |
| KONSTRUISANJE ROTACIONIH DELOVA POMOĆU SISTEMA CADROT | 63 |
| <i>Dr Dragan Domazet, redovni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu Mr Miodrag Manić, asistent Mašinskog fakulteta u Nišu Dušan Nikolić, saradnik Mašinskog fakulteta u Nišu Dragan Mišić, saradnik Mašinskog fakulteta u Nišu</i> | |
| NEKI PROBLEMI U RAZVOJU CAD/CAM SISTEMA ZA TURBINSKE LOPATICE | 71 |
| <i>dr Pavao O. Bojanic, dipl.mas.inz. Masinski fakultet Univerziteta u Beogradu</i> | |
| STRUKTURA MODULA ZA TEHNOEKONOMSKU ANALIZU PONUĐENIH REŠENJA PRIBORA U OKVIRU INTEGRALNOG SISTEMA ZA AUTOMATIZOVANO PROJEKTOVANJE PRIBORA | 79 |
| <i>Mr Milorad Rodić, asistent Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad</i> | |

| | |
|--|-----|
| PODLOGE ZA RAZVOJ BANKE PODATAKA ELEMENATA ZA OSLANJANJE PRI PREDHODNO DEFINISANIM KARAKTERISTIČNIM NAČINIMA POZICIONIRANJA OBRADKA U PRIBORU | 87 |
| <i>Mr Milorad Rodić, asistent, Dr Jelena Stankov, red.prof.</i> <i>Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad</i> | |
| METOD PROGRAMSKOG CRTANJA STANDARDNIH GRAFIČKIH PREDSTAVA U MAŠINOGRADNJI | 99 |
| <i>Zoran Crnilović, dipl.ing., saradnik</i> <i>M. Gemaljević, dipl.ing., viši saradnik,</i> <i>Zoran Kočović, dipl.ing., saradnik</i> <i>LOLA Institut, Kneza Višeslava 70a, 11030 Beograd</i> | |
| BANKA MODULA U ČAD PROJEKTOVANJU IZMENJIVAČA PALETA LOLA OBRADNIH CENTARA | 107 |
| <i>Milenko Gemaljević, dipl. ing., viši saradnik</i> <i>LOLA institut, Kneze Višeslava 2a, 11030 Beograd</i> <i>Ivan Obradović, dipl.ing., viši projenktant</i> <i>LOLA fabrika alatnih mašina, Jugoslovenska 2, 11250 Železnik</i> | |
| METOD KREIRANJA I KORIŠĆENJA BIBLIOTEKA PARAMETARIZOVANIH OBJEKATA U PROFESSIONAL CADAM-U | 117 |
| <i>Mirko Čapić, dipl. maš. ing LOLA INSTITUT, Beograd</i> | |
| KONSTRUKCIJA VRETENIŠTA RADNOG DELA POMOĆU PAKETA CADD5 4C | 127 |
| <i>dipl. ing. Boris Bunjevac, Institut, Livnica Kikinda</i> | |
| PROGRAMSKI PAKET ZA AUTOMATIZOVANO PROJEKTOVANJE KOTURASTIH PROFILNI GLODALA ZA IZRADU CILINDRIČNIH ALATA SA ZAVOJNIM ZUBIMA | 133 |
| <i>Dr. Velimir Todić, docent, Prugić Đorđe, dipl. ing.</i> <i>Mazalica Branislav, laborant, Reljin Željko, asistent pripravnik</i> <i>Institut za proizvodno mašinstvo FTN, Novi Sad</i> | |
| PRILOG RAZVOJU SISTEMA ZA AUTOMATIZOVANO PROJEKTOVANJE MODULARNO KONCIPIRANIH NUMERIČKI UPRAVLJANIH FLEKSIBILNIH TEHNOLOŠKIH STRUKTURA ZA OBRADU ROTACIONIH DELOVA | 145 |
| <i>Gatalo dr Ratko, red.prof., Novaković Dragoljub, dipl.ing., str.sar.</i> <i>Rekečki dr Jožef, red. prof - Institut za proizvodno mašinstvo FTN, Novi Sad</i> | |
| PRILOG UPOREDNOJ ANALIZI SISTEMA ZA PROGRAMIRANJE NUMA RAZLIČITIH NIVOVA AUTOMATIZOVANOSTI | 153 |
| <i>Gatalo dr Ratko, red.prof. Hodolić dr Janko, docent. Zeljković Željko, dipl.ing.,</i> <i>asist. u nir. Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad</i> | |

| | |
|---|-----|
| PRIOLOG RAZVOJU PROGRAMSKOG SISTEMA ZA PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKIH POSTUPAKA NA GRUPNIM PRINCIPIMA | 167 |
| <i>Nikola Radaković, Ratko Dakić, Rado Maksimović</i> <i>Fakultet tehničkih nauka, Institut za industrijske sisteme, Novi Sad</i> | |
| UPOREDNA ANALIZA PROJEKTOVANJA TEHNOLOŠKIH PROCESA IZRADE OTVORA POMOĆU EKSPERTNOG SISTEMA I POMOĆU MATRICE PRODUKCIONIH PRAVILA | 175 |
| <i>mr Miodrag Manić, asistent Mašinskog fakulteta u Nišu</i> <i>mr Miroslav Trajanović, asistent Mašinskog fakulteta u Nišu</i> <i>dr Dragan Domazet, redovni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu</i> <i>Dejan Petrović, saradnik Mašinskog Fakulteta u Nišu</i> | |
| SISTEM PROJEKTOVANJA TEHNOLOGIJE ZA LOLA CNC UPRAVLJAČKE JEDINICE | 185 |
| <i>Dr Miroslav Pilipović, dipl.maš. inž., doc. Mašinskog fak. Univ. u Beogradu</i> <i>Ilija Latinović, dipl.inž. elektr., Lola Institut, Beograd</i> <i>Marija Stefanović, dipl.mat., Lola Institut, Beograd</i> <i>Jasnina Djordjević, dipl.inž.elekt., Lola Institut, Beograd</i> | |
| NEKI ASPEKTI PRIMENE VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U KOMPIJUTERSKOM PROJEKTOVANJU TEHNOLOGIJA | 193 |
| <i>Dipl. ing. Dragan M. ERIC, SLOBODA D.P.N.P., Čačak</i> <i>Dipl. ing. Goran B. DEVEDŽIĆ, MAŠINSKI FAKULTET, Kragujevac</i> | |
| SISTEM ZA PROGRAMIRANJE NUMERIČKI UPRAVLJANIH STRUGOVA - CAMROT | 199 |
| <i>mr Miodrag Manić, asistent Mašinskog fakulteta u Nišu</i> <i>dr Dragan Domazet, redovni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu</i> <i>Mirjana Mišić, Fabrika pumpi "Jastrebac" Niš</i> <i>Dragan Mišić, saradnik Mašinskog Fakulteta u Nišu</i> | |
| SISTEMI PROGRAMABILNE AUTOMATIZACIJE U INDUSTRIJI PRERADE METALA | 207 |
| <i>Dr Milisav Kalajdić, dipl. maš. inž., redovni profesor</i> <i>Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu</i> <i>Dr Miroslav Pilipović, dipl. maš. inž., docent Mašinskog fak. Univ. u Beogradu</i> <i>Dr Dragan Milutinović, dipl. maš. inž., docent Mašinskog fak. Univ. Beogradu</i> | |
| PRIOLOG UPOREDNOJ ANALIZI METODA PROGRAMIRANJA FLEKSIBILNIH TEHNOLOŠKIH STRUKTURA (FTs) | 215 |
| <i>Hodolić dr Janko, docent, Gatalo dr Ratko, red.prof., Živanović Miloje,, dipl.ing</i> <i>Jandrić Željko, dipl.ing. Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad</i> | |
| SISTEM ZA INTERAKTIVNO PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA ZA OPERACIJE GLODANJA NA OBRADNOM CENTRU | 225 |
| <i>Radovan Puzović dipl. inž., stručni saradnik,</i> <i>Dr Miloš Glavonjić, dipl. inž., docent, Mašinski fakultet u Beogradu</i> | |

SIMULTANO PROJEKTOVANJE PROIZVODA I TEHNOLOGIJA KORIŠĆENJEM VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

*Dr Dragan Domazet, redovni profesor
Mašinskog fakulteta u Nišu*

1. UVOD

Zahtevi da se novi proizvodi razvijaju brzo, da oni budu kvalitetni, a troškovi njihove proizvodnje što niži - postavili su nove ciljeve istraživanja u oblasti sistema za računarsko projektovanje proizvoda /1-13/. Industrijska primena razvijenih sistema za projektovanje proizvoda (CAD) i tehnologija (CAM) nije opravdala sva očekivanja jer se pokazalo da automatizacijom samo nekih od inženjerijskih aktivnosti nije postignut neophodni kontinuitet u izvršenju automatizovanih aktivnosti inženjera. Zbog toga, javili su se sledeći problemi:

- slaba sinhronizacija rada svih inženjera u razvojnom timu i njihova komunikacija,
- problemi povezani sa razrešivanjem različitih i često suprotstavljenih zahteva u vezi svojstava proizvoda i konstruktivno-tehnoloških rešenja (tzv, problemi kooperacije),
- problemi integracije različitih znanja za rešavanje konkretnog problema (tzv. problem integracije), i
- problemi računarskog modelovanja proizvoda tako da on sadrži sve neophodne podatke za sve razvojne aktivnosti u najpogodnijoj formi.

Rešenje za ove probleme se traži u tzv. konceptu simultanog projektovanja (ili simultanog inženjerstva), a primenjuju se različite metode veštačke inteligencije i objektnog programiranja /1/. U ovom radu izneće se jedan stav o mogućnostima primene ovih metoda u sistemima za simultani razvoj proizvoda i izložiće se koncept jednog takvog sistema koji je u razvoju na Mašinskom fakultetu u Nišu.

2. ŠTA JE SIMULTANO PROJEKTOVANJE?

Simultano projektovanje, tj. simultano inženjerstvo (simultaneous engineering) ili uporedno projektovanje (concurrent design) je koncept projektovanja proizvoda u kome se simultano integriše široki spektar konstruktivnih, tehnoloških, ekonomskih i drugih zahteva, a u cilju smanjenja vremena i troškova razvoja, a povećanja kvaliteta i vrednosti proizvoda. Umesto

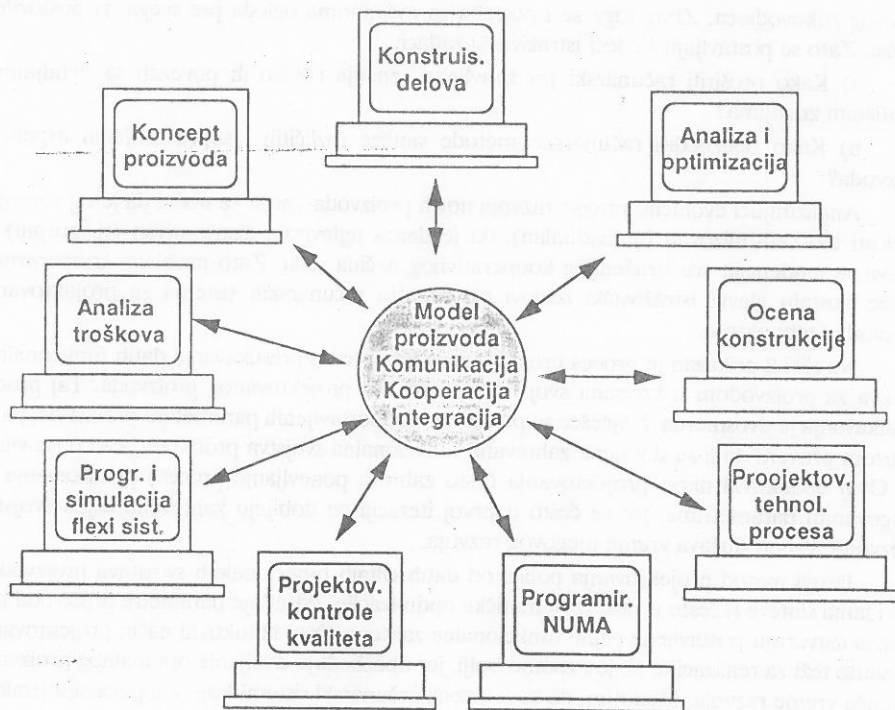
tradicionalnog, sekvencijalnog, iterativnog i distributivnog projektovanja, koristi se paralelni, interaktivni i kooperativni timski rad. Simultanim ili uporednim projektovanjem želi se da se izbegnu kasnije modifikacije konstruktivnog rešenja proizvoda usled zahteva koji se obično postavljaju u kasnijim fazama projektovanja, odnosno u tehnološkoj pripremi ili proizvodnji. Blagovremenim zadovoljenjem tih zahteva u ranim fazama projektovanja proizvoda, skraćuje se vreme projektovanja (jer je smanjen broj naknadnih modifikacija), te samim tim i troškovi projektovanja, a povećan je kvalitet proizvoda, jer se mnoge njegove analize rade blagovremeno i na njihovim rezultatima (optimizacija oblika, kvaliteta materijala, izbor adekvatne tehnologije izdati jednim).

Na slici 1 prikazan je princip rada sistema za simultano projektovanje proizvoda. Na slici su naznačeni tzv. izvori znanja, u kojima se koristi neko postojeće znanje koje se određenim odlukama ugrađuje u proizvod u toku njegovog definisanja ili određivanja tehnologije njegove proizvodnje. Izvor znanja može biti čovek - projektant, tehnolog i sl., a može biti i neki računarski i programski sistem koji neku inženjersku aktivnost automatizuje do izvesnog stepena.

Dva su neophodna uslova rada jednog sistema za simultano projektovanje /1/, a to su: integracija i kooperacija izvora znanja. Pod integracijom se ovde podrazumeva udopunjavanje znanja jednog izvora znanja znanjem nekog drugog izvora. Pod kooperacijom se podrazumeva rad više izvora znanja na istom problemu, pri čemu svaki izvor znanja taj problem razmatra sa svog specifičnog aspekta. Simultani ili uporedni rad ne mora da znači i sinhroni ili istovremeni rad više izvora znanja, jer to, iako je poželjno, nije uvek i moguće. Pri tome, svaki izvor znanja, najčešće asinhrono analizira proizvod iz svog ugla i unosi svoja ograničenja kojim se usmerava konačno projektno rešenje proizvoda. Međutim, cilj je da se aktivnosti više izvora što više vremenski preklapaju, jer se time skraćuje vreme razvoja i projektovanja proizvoda. Pri takvom radu je normalno da dođe do konfliktnih situacija u kojima su interesi ili pogledi dva ili više izvora suprotstavljeni. Konflikte se javljaju kada neki parametar proizvoda nečijom odlukom izađe van postavljenih ograničenja ili kada dođe do sukoba, tj. nekonsistentnosti postavljenih ograničenja. Pri tradicionalno radu tima projektanata, ovakve situacije se normalno rešavaju direktnim razgovorima projektanata na sastancima tima. Međutim, veliki je problem u jednom automatizovanom računarskom sistemu, u kome učestvuju i ljudi, ali i mnogi programski sistemi, kako na vreme automatski identifikovati konflikte koji nastanu i kako te konflikte razrešiti, bili automatski ili upozoravanjem odgovornih ljudi - učesnika u procesu projektovanja. Za to je potrebno znanje za rešavanje konflikata, i to računarski izraženo, kojim bi se odredilo sledeće/10/:

- automatska detekcija konflikta,
- utvrđivanje razloga konflikta, tj. analiza razloga donetih konfliktnih odluka, i
- kako se konflikt može da reši.

Da bi se mogli da analiziraju razlozi donetih odluka, neophodno je da sistem obezbeđuje automatsko zapisivanje razloga donetih odluka pri projektovanju, tj. njihovo integrisanje sa projektom i njihovo automatsko utvrđivanje pri konfliktu. Ovde se nalazi i jedna od bitnih razlika između projektog rešenja dobijenog tradicionalnim procesom projektovanja i rešenja dobijenog pri simultanom projektovanju. Dok prvo sadrži samo rezultat konačnih odluka, drugo sadrži i razloge koji su usloveli te konačne odluke a često i istorijat odlučivanja, što može biti od velikog značaja pri kasnijim inovacijama proizvoda.



Slika 1 Simultano projektovanje proizvoda

Nephodni uslov za rad sistema za simultano projektovanje proizvoda je da svi izvori znanja (radne stanice) budu međusobno funkcionalno povezani, bez obzira na svoje lokacije, koje mogu biti i vrlo udaljene. Sistem mora da omogući deobu znanja među učesnicima u procesu uporednog projektovanja u svim fazama projektovanja. Jedan od osnovnih činioaca povezivanja svih izvora znanja je i model proizvoda /14/. On predstavlja računarsku prezentaciju proizvoda sa uređenim skupom podataka i informacija o proizvodu kojim se on u potpunosti definiše, tj. koji sadrži sve informacije o proizvodu koje su potrebne u bilo kojoj fazi njegovog projektovanja. Za razliku od geometrijskih modela koje koriste većina CAD sistema, model proizvoda sadrži, pored geometrijsko-topoloških informacija, informacije i o svim tolerancijama, kvalitetu površina, a često i o pojedinim svojstvima proizvoda (na primer, o tehničkim elementima koji ga čine), razlozima donetih odluka i istorijatu odlučivanja. Model proizvoda mora da bude dostupan svim izvorima znanja koji od njega uzimaju pojedine informacije, ali i unose nove, kao rezultat obrade znanja i donetih odluka u izvorima znanja, tj. čvorovima projektovanja.

Danas je u industriji uobičajen timski rad inženjera u razvoju proizvoda, te su potrebni stručnjaci sa specifičnim znanjima u uskim oblastima. Analiza je glavni metod rada, te se dobijaju proizvodi blizu optimalnih rešenja. Na ovaj način se kvalitetno obuhvataju pojedini specifični aspekti proizvoda, ali je neophodna koordinacija rada celog tima projektanata od strane

njegovog rukovodioca. Zbog toga se i potreba za računarima ogleda pre svega na poslovima sinteze. Zato se postavljaju sledeći istraživački zadaci:

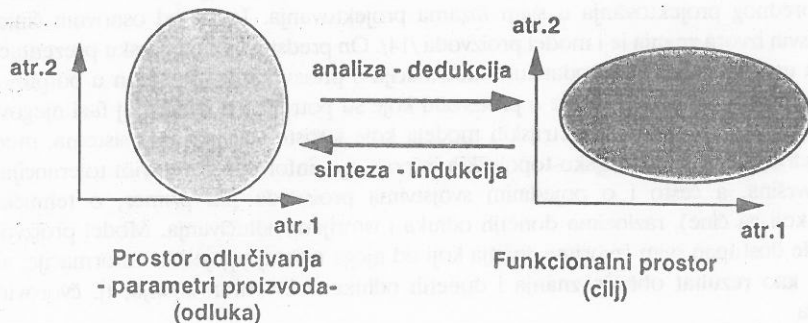
a) Kako proširiti računarski predstavljena znanja i kako ih povezati sa detaljnim i specifičnim znanjima?

b) Kako obezbediti računarske metode sinteze različitih i suprostavljenih aspekata proizvoda?

Analizirajući evoluciju prakse razvoja novih proizvoda, može se uočiti da je taj razvoj u prošlosti bio centralizovan (individualan), da je danas uglavnom distributivan (tj. grupni), a uočava se tendencija sve izraženijeg kooperativnog načina rada. Zato problemi kooperacije i sinteze postaju glavni istraživački izazovi pri razvoju računarskih sistema za projektovanje proizvoda i tehnologija.

Na slici 2 prikazan je proces projektovanja kao proces preslikavanja datih funkcionalnih zahteva za proizvodom u kreirana svojstva i parametre projektovanog proizvoda. Taj proces preslikavanja je dvosmeran. Najčešće se polazi od predpostavljenih parametara proizvoda, pa se analizom proverava da li su dobijene zahtevana funkcionalna svojstva proizvoda, kao postavljeni cilj. Ovaj deduktivni način projektovanja često zahteva ponavljanje procesa preslikavanja sa korigovanim parametrima, jer se često u prvoj iteraciji ne dobijaju zahtevana ciljna svojstva proizvoda, što produžava vreme njegovog razvoja.

Drugi metod projektovanja polazi od datih ciljnih funkcionalnih svojstava proizvoda i metodama sinteze (i često u vidu matematičke optimizacije) određuje parametre proizvoda koji sigurno ostvaruju postavljene ciljne funkcionalne zahteve. Ovaj induktivni način projektovanja je znatno teži za realizaciju, ali je i znatno bolji, jer obezbeđuje dobijanje optimalnog proizvoda za kraće vreme razvoja. Međutim, da bi se razvili računarski sistemi koji omogućavaju ovakav, induktivni način projektovanja, neophodno je pored metoda matematičke optimizacije, razviti i primeniti različite metode veštačke inteligencije za sintezu traženog proizvoda.



Slika 2 Projektovanje kao proces preslikavanja

3. METODE VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

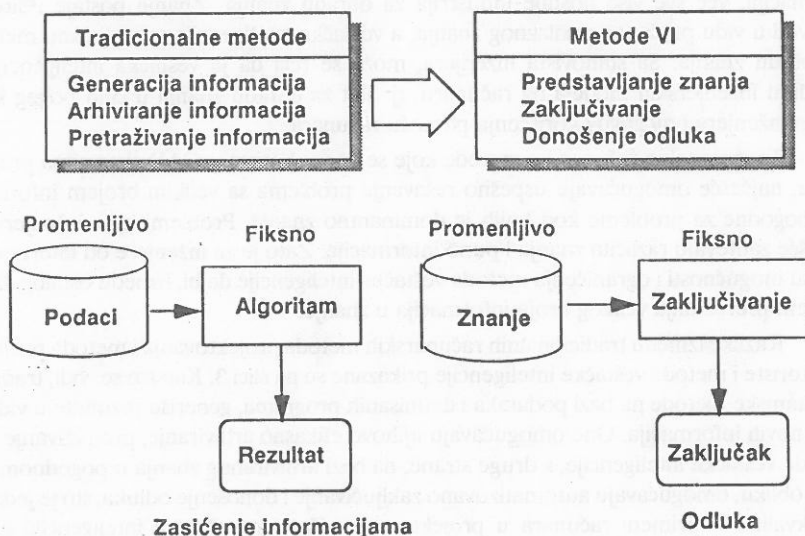
Pojam veštačke inteligencije se često različito i definiše, a različito se tumači. Jedna od definicija koja verovatno ne može da "zastari" je /20/ : "Veštačka inteligencija je istraživačka oblast koja treba da omogući da računari čine takve stvari u kojima su ljudi trenutno bolji". Činjenica je da savremena industrija ne samo da nije više industrija obrade materijala, već i obrade informacija, već sve više postaje industrija za obradu znanja. Znanje postaje sirovina, a i proizvod u vidu proširenog polaznog znanja, a veštačka inteligencija se javlja kao metodologija za obradu znanja. Sa stanovišta inženjera, može se reći da je veštačka inteligencija alat za izgradnju inženjerskih modela na računaru, tj. alat za obradu znanja u cilju boljeg korišćenja znanja inženjera i njegovog korišćenja pomoću računara.

Tradicionalne računarske metode koje se danas koriste u CAD sistemima prisutnim na tržištu, najčešće omogućavaju uspešno rešavanje problema sa velikim brojem informacija, ali nisu pogodne za probleme kod kojih je dominantno znanje. Problemi koje inženjeri rešavaju najčešće zahtevaju različita znanja i puno informacija. Zato je za inženjere od interesa da znaju koje su mogućnosti i ograničenja metoda veštačke inteligencije da bi, između ostalog, lakše rešili problem pretvaranja velikog broja informacija u znanje.

Razlike između tradicionalnih računarskih metoda projektovanja i metoda projektovanja koja koriste i metode veštačke inteligencije prikazane su na slici 3. Kao što se vidi, tradicionalne, algoritamske metode na bazi podataka i definisanih programa, generišu rezultate u vidu velikog broja novih informacija. One omogućavaju njihovo efikasno arhiviranje, pretraživanje i obradu. Metode veštačke inteligencije, s druge strane, na bazi arhiviranog znanja u pogodnom računarskom obliku, omogućavaju automatizovano zaključivanje i donošenje odluka, što je jedan sasvim novi kvalitet u primeni računara u projektovanju. Zato je veštačka inteligencija jedan vrlo pogodan alat za rešavanje pojedinih problema u inženjerstvu, ali nije i cilj. Veštačka inteligencija ne pojednostavljuje probleme, već samo omogućava rešavanje i složenijih problema. Preduslov za to je posedovanje stvarnog znanja o problemu koji se mora rešiti metodama veštačke inteligencije. Zato je problem akvizicije znanja u određenoj oblasti inženjerstva vrlo izražen, jer bez njega nikakav sistem, pa i sa veštačkom inteligencijom, ne može da bude primenjen za njegovo rešavanje. Zbog komparativnih prednosti pojedinih tradicionalnih računarskih metoda i metoda veštačke inteligencije, najbolje je koristiti hibridne sisteme, koji koriste obe vrste metoda. Zato se postavlja i poseban istraživački zadatak integracije tradicionalnih metoda i metoda veštačke inteligencije, kao i podela uloga ovih metoda pri razvoju računarskih sistema za projektovanje koji se mogu primeniti na realnim inženjerskim problemima.

U tehničkoj praksi se pojedine metode veštačke inteligencije najčešće koriste u vidu tzv. ekspertnih sistema, koji obično sadrže baze znanja u obliku tzv. produkcionih pravila tipa AKO ONDA ... Primenom određenih postupaka njihovog pretraživanja vrši se zaključivanje u skladu sa primenjenim pravilima za određeni problem. Pomoću produkcionih pravila najčešće se predstavljaju tzv. proceduralna znanja, tj. znanja koja kazuju KAKO nešto treba raditi u određenoj situaciji. Međutim, pored proceduralnih znanja, postoje i tzv. činjenična znanja koja najčešće kazuju ŠTA nešto sadrži, odnosno, KAKO nešto izgleda. To "nešto" je neki objekt koji sadrži određenu količinu znanja o nečemu, bilo da je to neki fizički objekt ili neki fiktivni entitet (npr., proces obrade, tehnološka operacija i sl.). U terminologiji veštačke inteligencije, objekti se često nazivaju frejmovima, a atributi (tj. svojstva) objektata - slotovima. Vrednosti atributa

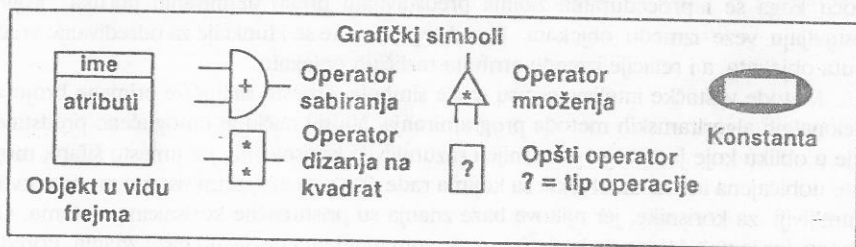
moгу biti tzv. objektnе vrednosti: celi ili decimalni brojevi, simboli, nizovi brojeva, intervali brojeva, a takođe i funkcije koje po nekom od metoda vrše neke posebne proceduralne aktivnosti. Aktiviranje tih funkcija se vrši na različite načine, a najčešće pozivom vrednosti atributa koja se određuje po proceduri koja je opisana određenom funkcijom.



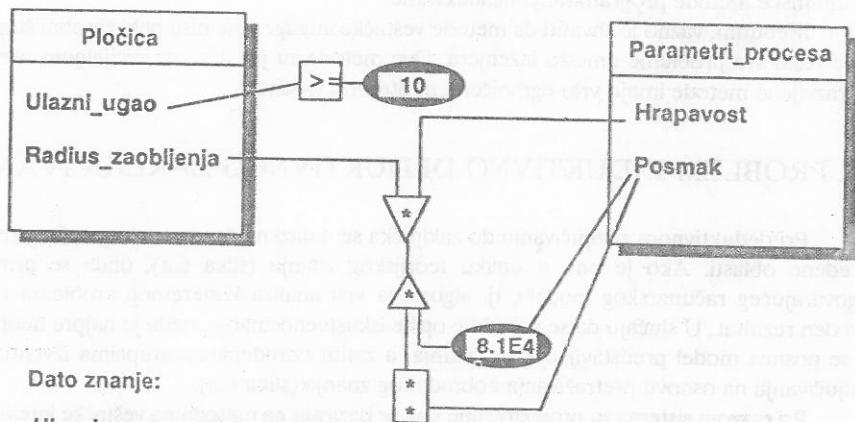
Slika 3 Razlika između tradicionalnih metoda i metoda veštačke inteligencije

Izrada programa koji sve entitete predstavlja u vidu objekata koji međusobno mogu da komuniciraju u vidu poruka se danas sve češće koristi i naziva se objektnim programiranjem /6/. Poruke prenose vrednosti određenih atributa jednog ili više objekata u jedan ili više drugih objekata, menjajući vrednosti njihovih atributa. Pored ovog načina za promenu vrednosti atributa objekata, mogu se uspostavljati i relacije u vidu matematičkih izraza između pojedinih atributa određenih objekata. Ove relacije omogućavaju dvosmernu komunikaciju, tj. nemaju fiksne ulazne i izlazne delove, već karakter veza zavisi od toga koja se vrednost menja ili posebno definiše. Kako se ove relacije između atributa objekata opisuju posebnim jezikom i kako one na neki način ograničavaju vrednosti povezanih atributa, to se često ovaj metod predstavljanja proceduralnog znanja naziva i jezikom ograničavanja (constraint language) /15/. Na slici 4 data je grafička prezentacija jednog primera u kome se definišu relacije između pojedinih atributa dva objekta: pločice alata i parametara procesa rezanja. Relacije predstavljaju znanje o zavisnosti hrapavosti obrađene površine od vrednosti posmaka i radijusa zaobljenja vrha pločice reznog alata. Objekti se međusobno mogu povezati i "rodbinskim" vezama, tj. hijerarhijskim vezama koje ukazuju na ime "oca" svakog objekta, tj. objekta koji je na većem hijerarhijskom nivou od tog objekta, a sa njim je povezan. Karakteristika ovih veza je da svi objekti na nižim hijerarhijskim nivoima obavezno nasleđuju attribute sa njihovim vrednostima objekata sa kojim su povezani, a

koji su na višim hijerarhijskom nivou. Ovo svojstvo nasleđivanja je jedan moćan mehanizam za prenošenje atributa i njihovih vrednosti sa objekta na objekt, te se često koriste pri objektnom programiranju. Na slici 5 prikazan je rezultat nasleđivanja svojstava objekta A u objekt B.

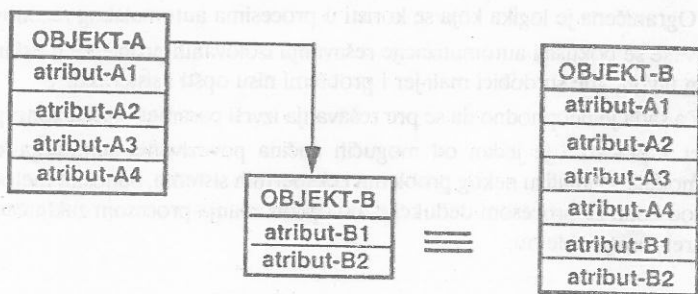


a)



b)

Slika 4 Primer relacionog povezivanja atributa dva objekta



a) Hijerarhijska veza objekata A i B

b) Objekt B sa nasleđenim atributima

Slika 5 Nasleđivanje svojstava podređenih objekata od nadređenih

U tzv. ekspertnim sistemima, tj. programskim sistemima koji koriste produkciona pravila za predstavljanje proceduralnih znanja eksperata, najčešće se za činjenična znanja koriste frejmovi, tj. hijerarhijski povezani objekti. Sve je češći slučaj primene objektnog programiranja pomoću koga se i proceduralna znanja predstavljaju preko definisanih poruka kojim se uspostavljaju veze između objekata. Pored toga, koriste se i funkcije za određivanje vrednosti atributa objekata, a i relacije između atributa različitih objekata.

Metode veštačke inteligencije su uvele simbole, umesto isključive primene brojeva kod tradicionalnih algoritamskih metoda programiranja. Na taj način je omogućeno predstavljanje znanje u obliku koje je mnogo prirodnije i razumljivije korisnicima, jer umesto šifara, mogu da koriste uobičajena imena za objekte sa kojima rade. Zato su ekspertni sistemi mnogo otvoreniji i razumljiviji za korisnike, jer njihove baze znanja su pristupačne korisnicima sistema. Ovo je vrlo bitno, jer je uobičajeno da korisnici vremenom menjaju i proširuju bazu znanja. Pored toga, metode veštačke inteligencije omogućile su predstavljanje i iskustvenih znanja za koje su algoritamske metode programiranja neadekvatne.

Međutim, važno je shvatiti da metode veštačke inteligencije nisu neki čarobni štapić koji može rešiti sve probleme umesto inženjera. Ove metode su još u svom inicijalnom razvoju, a već razvijene metode imaju vrlo ograničenu upotrebnu vrednost.

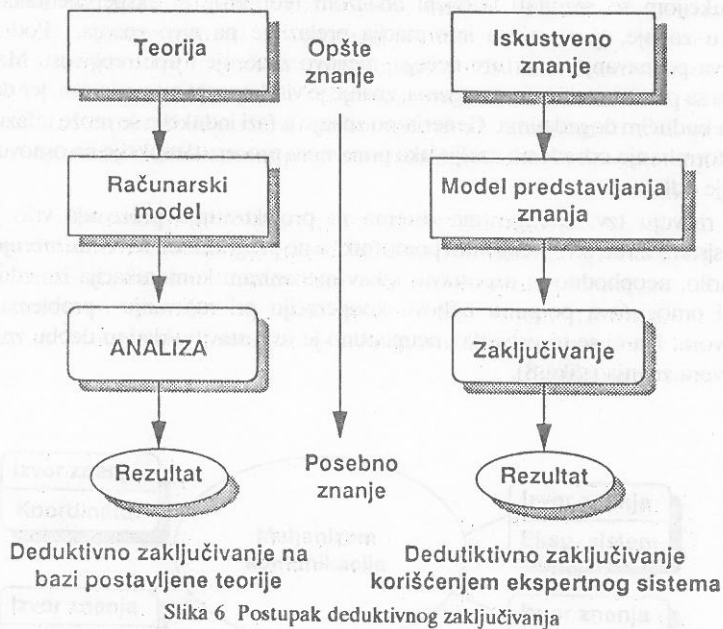
4. PROBLEM INDUKTIVNO-DEDUKTIVNOG ZAKLJUČIVANJA

Pri deduktivnom zaključivanju do zaključka se dolazi na osnovu nekog opšteg znanja iz određene oblasti. Ako je ono u obliku teorijskog znanja (slika 6.a), onda se primenom odgovarajućeg računarskog modela, tj. algoritma vrši analiza konkretnog problema i dobija određen rezultat. U slučaju da se poseduje opšte iskustveno znanje, onda je najpre neophodno da se postavi model predstavljanja tog znanja, a zatim određenim postupcima izvršiti proces zaključivanja na osnovu pretraživanja i obrade tog znanja (slika 6.b).

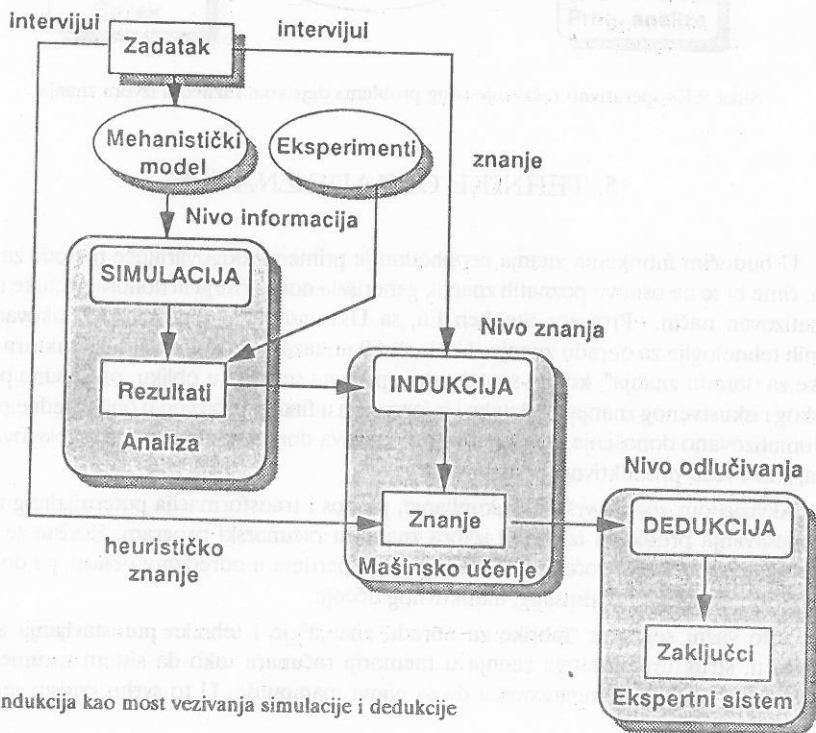
Pri razvoju sistema za projektovanje koji se baziraju na metodama veštačke inteligencije, postavlja se problem kombinovanja primene obe vrste deduktivnog zaključivanja. Takođe, postavlja se i pitanje rešavanja problema sintezom, tj. induktivnim postupkom zaključivanja. Problem automatskog donošenja odluka na osnovu definisanog znanja u izvorima znanja je još u fazi istraživanja, jer se javljaju sledeći problemi:

1. Ograničene su metode predstavljanja znanja i postupaka zaključivanja.
2. Ograničena je logika koja se koristi u procesima automatskog rezonovanja.
3. Vrš se pokušaji automatizacije rešavanja izolovanih problema u uskim područjima i na niskom nivou, gde su dobici mali jer i problemi nisu opšti i sistemski.
4. Za sada je neophodno da se pre rešavanja izvrši parametrizacija koncepta sistema.

Na slici 7 prikazan je jedan od mogućih načina povezivanja simulacija koje koriste meahnističke modela za analizu nekog problema i ekspertnih sistema, odnosno metoda veštačke inteligencije, kod kojih se procesom dedukcije, od opštih znanja procesom zaključivanja donosi odluka o konkretnom problemu.



Slika 6 Postupak deduktivnog zaključivanja



Slika 7 Indukcija kao most vezivanja simulacije i dedukcije

Indukcijom se rezultati dobijeni analizom teorijskog ili eksperimentalnog modela pretvaraju u znanje, tj. sa nivoa informacija prelazi se na nivo znanja. Pod znanjem se podrazumeva poznavanje strukture nečega, njegovo značenje i upotrebljivost. Mada se često znanje meša sa podacima ili informacijama, znanje je viši koncept od podataka, jer daje značenje podacima u budućim događajima. Generisano znanje u fazi indukcije se može u fazi odlučivanja koristiti za formiranje određenih zaključaka primenom procesa dedukcije na osnovu tog znanja, tj. donošenje odluka.

Pri razvoju tzv. inteligentnih sistema za projektovanje proizvoda vrlo je bitno da računarski sistem bude tzv. "inteligentni pomoćnik" a ne programiran savetnik inženjerima. Da bi se to ostvarilo, neophodno je uspostaviti takav mehanizam komunikacija između svih izvora znanja koji omogućava potpunu njihovu kooperaciju pri rešavanju problema sa gledišta različitih izvora. Da bi se to ostvarilo, neophodno je uspostaviti skladnu deobu znanja između različitih izvora znanja (slika 8).



Slika 8 Kooperativno rešavanje istog problema dejstvom različitih izvora znanja

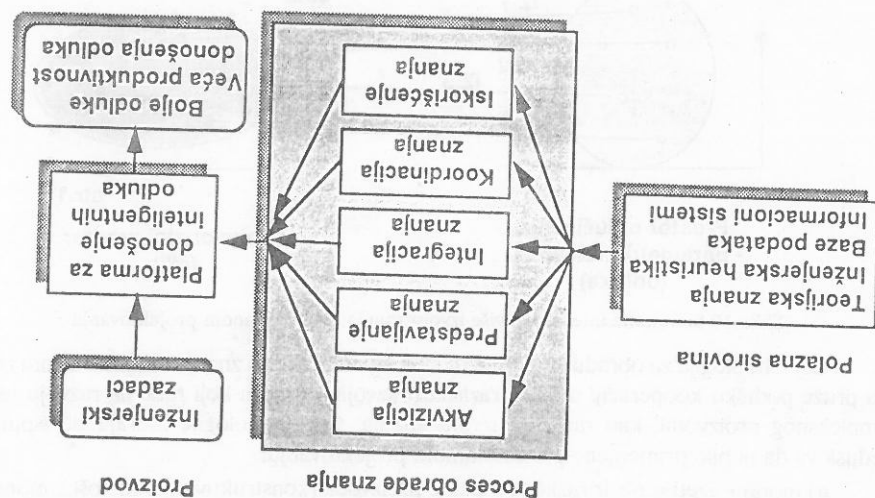
5. TEHNIKE OBRADE ZNANJA

U budućim fabrikama znanja neophodno je primeniti odgovarajuće metode za obradu znanja, čime bi se na osnovu poznatih znanja, generisala nova znanja ili donosile odluke na jedan automatizovan način. Profesor Stephen Lu, sa Univerziteta u Ilinoisu, identifikovao je pet osnovnih tehnologija za obradu znanja /1/. Na slici 9 prikazana je konceptijska struktura njegove "fabrike za obradu znanja" kojom se prerađuje polazna sirovina u obliku prethodno poznatog teorijskog i iskustvenog znanja, podataka i informacija u finalni proizvod u obliku jedne platforme za automatizovano donošenje odluka. Ona omogućava donošenje kvalitetnijih i blagovremenih odluka, kao i veću produktivnost odlučivanja.

Akvizicijom znanja vrši se prikupljanje, prenos i transformacija potencijalnog znanja o načinu rešavanja problema iz nekog izvora znanja u računarski program. Koriste se različite metode akvizicije znanja, počev od intervjua sa ekspertima u određenoj oblasti, pa do metoda automatske akvizicije i mašinskog, induktivnog učenja.

Vrlo važni segment "fabrike za obradu znanja" je i tehnika predstavljanja znanja u računaru, tj. strukture smeštaja znanja u memoriji računara tako da sistem razume odnose između delova znanja, sa mogućnošću da sa njima manipuliše. U to svrhu koriste se različite

metode logičkog predstavljanja znanja (u vidu računa predikata, na primer), produkciona pravila, objektno predstavljanje znanja u vidu tzv. frejmova i dr.



Slika 9 Konceptijska struktura fabrike za obradu znanja

Kao što je već ranije napomenuto, pod integracijom znanja podrazumeva se spajanje više parcijalnih znanaja iz više izvora znanja radi kompletnog rešavanja jednog zadatka. Pod koordinacijom znanja podrazumeva se koordinacija različitih i često sukobljenih aspekata, mišljenja i pogleda iz više izvora znanja o jednom problemu.

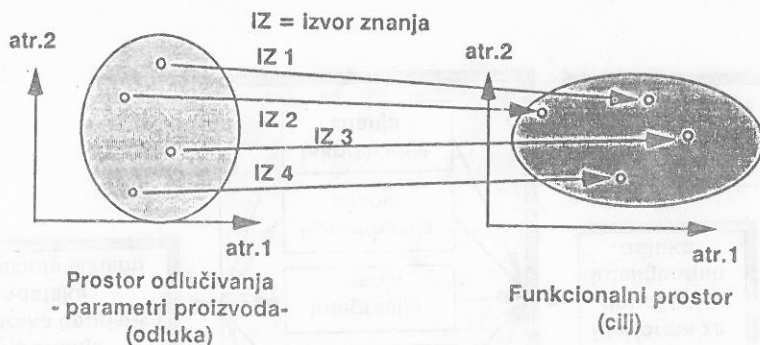
U jednoj fabrici za obradu znanja, od važnosti je i iskorišćenje postojećih znanja, kao što je u klasičnim fabrikama za obradu sirovina od važnosti iskorišćenje tih sirovina. Zato je bitno razviti računarske metode kojim bi se bolje koristilo znanje inženjera pri automatizovanju projektovanja proizvoda i tehnoloških procesa, tj. prenos znanja eksperata u računare radi šire distribucije.

6. OSNOVNI PREDUSLOVI ZA SIMULTANI PROJEKTOVANJE

Da bi se u praksi moglo da primeni simultano ili uporedno projektovanje proizvoda i tehnologija, moraju se ispuniti neki preduslovi koji će se ovde napomenuti, a to su: promena kulture, organizacije i tehnologije.

Pod kulturom se ovde podrazumeva spremnost svih učesnika u procesu projektovanja da sarađuju i održavaju potreban nivo kooperacije ili integracije svojih znanja. Pod tehnološkim promenama se ovde podrazumeva primenu novog softvera koji treba da omogući deobu znanja na raznim nivoima odlučivanja na jedan kooperativan način. Klasične automatska obrada podataka omogućava samo sekvencijalnu razmenu podataka, a to nije dovoljno za simultano

projektovanje. Kod uporednog projektovanja neophodno ostvariti potpunu kooperaciju više izvora znanja u toku procesa projektovanja, kao što je to ilustrovano na slici 10.

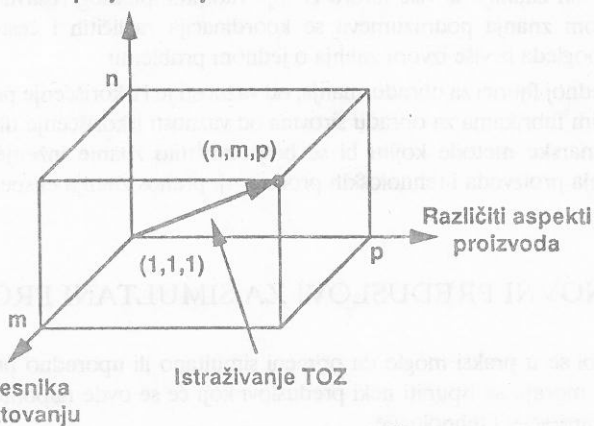


Slika 10 Simultane interakcije više izvora znanja pri simultanom projektovanju

Cilj tehnologija za obradu znanja je da olakšaju integraciju znanja različitih izvora znanja i da pruže podršku kooperaciji između različitih razvojnih timova koji rade na razvoju jednog kompleksnog proizvoda, kao različitih izvora znanja. Ove tehnologije moraju da ispunje tri preduslova da bi bile primenjene pri simultanom projektovanju:

- moraju uzeti u obzir različite aspekte proizvoda (konstruktivni, tehnološki, montažni, servisni i dr.),
- moraju da obuhvate sve faze projektovanja proizvoda i
- moraju da omoguće uključivanje više učesnika u procesu projektovanja.

Faze projektovanja



Slika 11 Preduslovi za simultano projektovanje

Na slici 11 prikazan je trodimenzioni prostor u kome se mora da realizuje proces simultanog projektovanja, za razliku od tradicionalnog, koji polazi od jednog aspekta u svakoj fazi projektovanja, koji uzima sekvencijalni niz faza i omogućava rad samo jednog projektanta

u jednom trenutku. Ova višedimenzionalnost ambijenta u kome se realizuje simultano projektovanje je preduzlov i za njegovu realizaciju.

6. OSNOVNE TEHNOLOGIJE OBRADU ZNANJA I NJIHOVA INTEGRACIJA

Tehnologije obrade znanja predstavljaju dopunu, a ne zamenu za automatsku obradu podataka (AOP). One za razliku od AOP omogućavaju integraciju i kooperaciju više izvora znanja u procesu projektovanja. Kod AOP podaci omogućavaju samo povezivanje rada različitih modula sistema, a ne i integraciju, jer se razmenjuju samo finalni rezultati, a ne vrši se integracija rada na nivou zadataka, kao što je slučaj kod tehnologija za obradu znanja (TOZ), gde se vrši razmena znanja između različitih izvora znanja. Cilj tehnologija za obradu znanja je da obezbede metode za uvećanje količine kumpjuterizovanog znanja.

Primenjuju se tri osnovne metode za obradu znanja /1/:

1. Know-How tehnologija: Određuje kako se znanje u nekom domenu treba da upotrebi za rešavanje određenog problema, tj. definiše način primene znanja za rešavanje problema.

2. Know-Why tehnologija: Određuje zašto se neki problem rešava na određeni način, tj. vodi računa o razlozima donošenja odluka.

3. Know-What tehnologija: Određuje aspekte koji su važni i za razmatranje u određenoj fazi donošenja odluka, tj. vrši automatsku akviziciju i poboljšanje znanja različitih izvora znanja.

Know-How tehnologija predstavlja ekspertno znanje u određenoj oblasti i znanje o strategiji tačnog i efektnog rešavanja konkretnih problema. Veći broj različitih know-how izvora znanja (IZ) predstavljaju različite aspekte proizvoda tokom njegovog životnog ciklusa. Oni mogu da budu:

- bazirani na iskustvu ili na fizici (teoriji)
- sa različitim stepenom apstrakcije i različito predstavljeni (heuristika, formule, baze podataka itd.), i
- kompjuterizovani ili ljudski (što uslovljava javljanje problema njihove koordinacije i integracije).

Kada su IZ u sukobu, neophodno je utvrditi razloge njihovih odluka radi njihovog dinamičkog razrešavanja i bolje koordinacije rada IZ. Know-why tehnologija obrade znanja obezbeđuje arhiviranje razloga za donete odluke u procesu projektovanja pomoću računara i o njima informiše zainteresovane.

CAD sistemi proizvode samo krajnju verziju proizvoda, a ne daju razloge koji su je uslovili, a predhodne verzije su nearhivirane. Primenjene procedure odlučivanja su zapisane u vidu relacija (veza) između atributa raznih objekata koji definišu proizvod. Za svaki atribut se zapisuje njegova "istorija", tj. niz predhodnih vrednosti koja je imao. Pri svakoj njihovoj promeni zapisuje se i arhivira razlog promene vrednosti atributa.

Know-why tehnologija treba da omogući dobijanje sledećih informacija na upit korisnika:

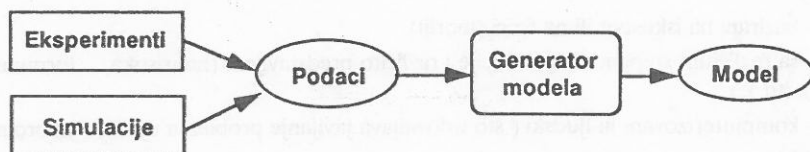
- relacije koje su uslovile vrednost atributa,
- vrednosti drugih atributa koje su bile upotrebljavane u ranijim relacijama,

- tekstualnu informaciju u vezi svakog atributa nekog objekta.

Akvizicija razloga za donete odluke je teža nago akvizicija znanja, te razvoj know-why tehnologije je tek u početnoj fazi. Da sada se utvrdilo da je lakše pratiti i zapisivati razloge za strateške nego za taktičke odluke (zbog obilja informacija koje se treba da zapišu). Bez razvijene know-why tehnologije nije moguće postići automatizovano razrešenje konflikata u jednom sistemu za uporedno projektovanje, jer pri sukobu interesa i pogleda različitih izvora znanja, mehanizam za razrešenje konflikata mora da ima informaciju o razlozima donetih odluka svih izvora znanja.

Know-what znanje je znanje koje je neophodno za konstrukciju optimalnih modela za rešavanje konkretnih problema. Know-what tehnologija mora da odredi koje je znanje neophodno za rešavanje određenog problema, pri čemu treba da uzme u obzir i zahtevane uslove, kao što su na primer, stepen željene tačnosti rešenja, brzina odgovora i dr. Ona treba da odgovori na sledeće pitanje: Kako formirati know-how model iz obilja informacija dobijenih simulacijama, eksperimentima i iskustvom? U tom cilju se vrše istraživanja mogućnosti automatske adaptivne akvizicije znanja čime bi se izgradili modeli sa promenljivim nivoom apstrakcije i različitim stepenom tačnosti. Pored toga, od interesa je postići i mogućnost adaptivnog poboljšanja modela, čime bi se izvršila automatska popravka modela kada on postaje neuspešan. Na primer, sistem AIMS koji se razvija na Univerzitetu u Ilinoisu, automatski formira modele različitog stepena tačnosti na osnovu mase unetih podataka, dobijenih eksperimentima ili simulacijama.

Na slici 12 prikazan je postupak automatskog stvaranja željenog modela na osnovu mase unetih podataka, kao rezultat mašinskog učenja, tj. formiranja određenog znanja na osnovu unetih informacija o problemu. Vrlo detaljni i tačni modeli (ali koji se dugo analiziraju) mogu se automatski uprostiti, tj. zameniti jednostavnijim i znatno bržim modelima (što je bitno za optimizacione probleme).

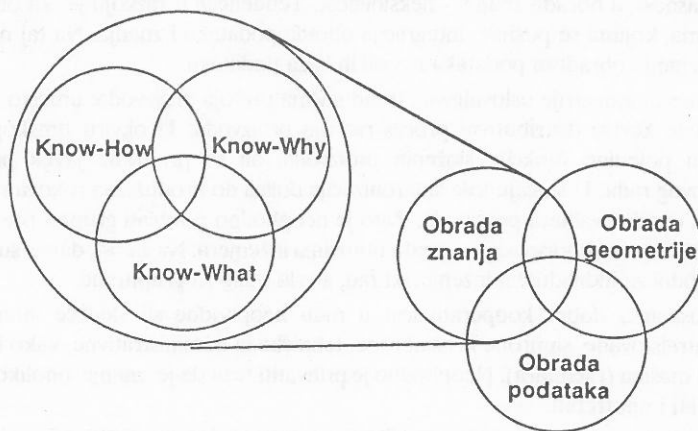


Slika 12 Automatsko kreiranje modela mašinskim učenjem

Obrada znanja u procesu simultanog projektovanja može da bude uspešna samo ako su integrisane prethodno opisane tri osnovne tehnologije. Cilj integracije ovih tehnologija je kombinovanje moći individualnih tehnologija za obradu znanje (TOZ) i simultana ugradnja zahteva dobijenih iz višestrukih perspektiva proizvoda u različitim fazama projektovanja. Postoje dva nivoa rešavanja problema: integracija inženjerskih poslova (predstavljenih kao znanje) i integracija softverskih alata. Integracija softverskih alata je uslovljena potrebama integracije inženjerskih poslova.

Integracija know-how, know-why i know-what znanja je preduslov za softversku integraciju. Međutim, da bi ove tehnologije bile uspešne u sistemima za simultano projektovanje, mora se postići i integracija obrade geometrije, obrade znanja i obrade podataka (slika 13). Pod

obradom geometrije se ovde podrazumeva rad sa geometrijskim modelima proizvoda u okviru CAD sistema, a pod obradom znanja, primena navedene tri osnovne tehnologije: know-how, know-why i know-when u cilju razvoja inteligentnog sistema za simultano projektovanje. Kako se u tom sistemu u praksi koristi veliki broj podataka, to on mora biti integrisan sa sistemom upravljanja bazom podataka.



Slika 13 Integrisana tehnologija za obradu znanja sa obradama geometrije i podataka

Integracija know-how i know-why tehnologija je formiranje iste softverske platforme koja bi omogućila ne samo predstavljanje i obradu znanja, već i razloge za donete odluke. Pri ovome se javljaju problemi detekcije konflikata i usaglašenja donetih odluka tima inženjera.

Integracija know-how i know-what tehnologija je izbor relevantne know-how tehnologije za određenu vrstu problema. Vršiti se adaptacija know-how tehnologije za konkretne uslove i vrši selekcija samo potrebnih informacija i znanja (mašinsko učenje, inverzno inženjerstvo).

Integracija know-why i know-what tehnologija je određivanje znanja o razlozima donetih odluka (know-why) čime se može da pomogne proces mašinskog učenja u cilju dobijanja optimalnih modela.

Pored integracije osnovnih tehnologija za obradu znanja, kao što je napomenuto, neophodno je obezbediti njeno integrisanje sa obradom geometrije (koja dominira kod CAD sistema) i obradom podataka (koja dominira u poslovnim delu sistema). Postojeći alati ne obezbeđuju kompletno rešenje jer ne obezbeđuju međusobnu integraciju:

- a) CAD sistema - za obradu geometrije proizvoda,
- b) sistema za rad sa bazama podataka - za obradu podataka, i
- c) ekspertne sisteme - za obradu znanja

Neophodno je da pojedinačni moduli mogu međusobno da komuniciraju. Svaki modul mora da rezonuje na bazi informacija dobijenih od drugih modula. Umesto samo razmene podataka, neophodna je komunikacija (razmena) znanja. Znanje je medijum integracije geometrijskih informacija i podataka.

Integracijom obrade znanja i geometrije /19/ postiže se vezivanje specifičnog znanja za svaki makro geometrijski oblik (npr., tehnologija i konstruktivni element). "Geometrijsko rezonovanje" i "inteligentni CAD sistemi" su područja od velikog istraživačkog značaja u kojima se ova integracija istražuje.

Kod integracije obrade znanja i podataka obe se obrade udopunjuju: obrada podataka treba da pruži efikasnost, a obrada znanja - fleksibilnost. Tendencija u razvoju je ka objektivno orijentisanim bazama, kojima se postiže integracija obrada podataka i znanja. Na taj način se može de indukuje znanje obradom podataka iz velikih baza podataka.

Savremen razvoj industrije uslovaljava i trend načina razvoja proizvoda: umesto centralizovanog, sve se više koristi distributivni proces razvoja proizvoda. U okviru timskog rada, specijalisti razvijaju pojedine funkcije složenih proizvoda, ali se pri tome javlja problem sinhronizacije njihovog rada. U slučaju loše sinhronizacije dolazi do produženja rokova razvoja, povećanja troškova i pada kvaliteta proizvoda. Zato je neophodno povećati grupnu produktivnost boljom komunikacijom i kooperacijom među timovima inženjera. Na žalost, danas su mnogi softverski alati pogodni za individualni inženjerski rad, a vrlo malo za grupni rad.

Da bi se ostvarila dobra kooperativnost u radu neophodne su sledeće interakcije: distributivne ili centralizovane, sinhrone ili asinhronone, tehničke ili administrativne, kako između ljudi, tako i između mašina (računara). Neophodno je prihvatiti tezu da je znanje onoliko dobro koliko se može deliti i upotrebiti.

Danas se nude sledeće kooperativne tehnologije za obradu znanja: distribuisana veštačka inteligencija, distribuisane baze podataka, sistemi za podršku grupnog donošenja odluka, elektronske konferencijske sale, telekonferencije, računarske mreže i komunikacioni sistemi.

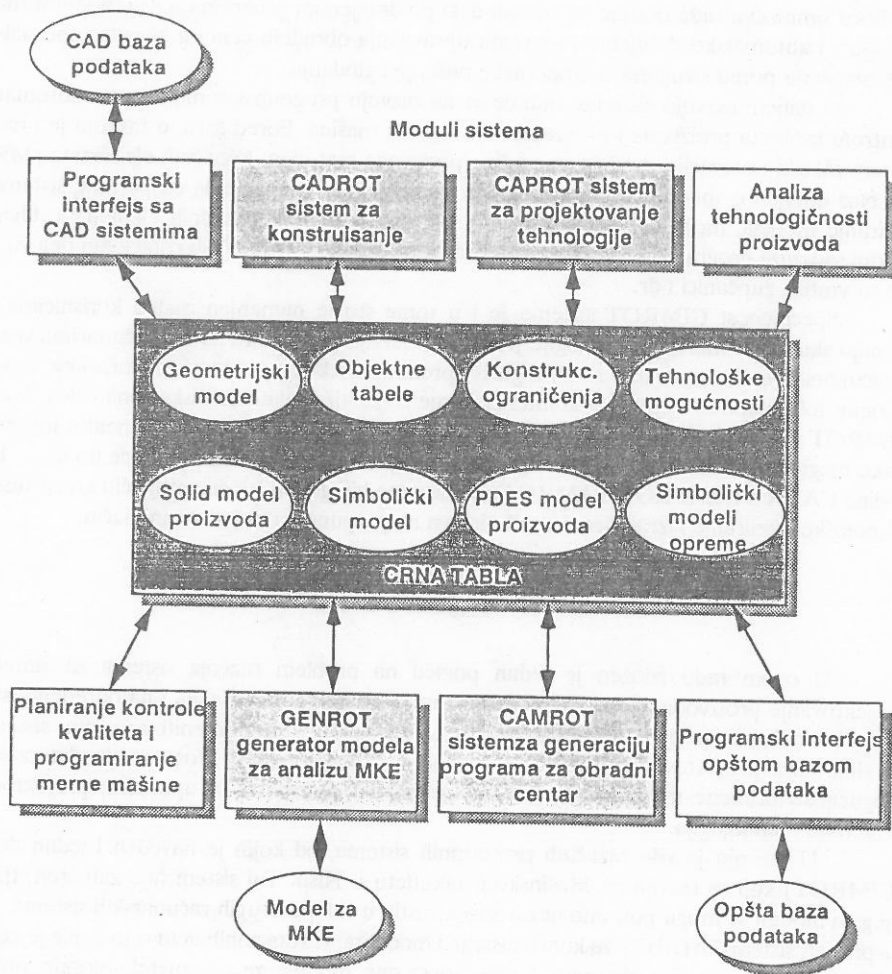
7. CIMROT SISTEM ZA SIMULTANO PROJEKTOVANJE ROTACIONIH DELOVA

Polazeći od izloženih tendencija u razvoju sistema za simultano projektovanje proizvoda i tehnologija, na Mašinskom fakultetu u Nišu je u toku istraživanje koje se radi u Laboratoriji za inteligentne proizvodne sisteme, a koje ima za cilj da razvije sistem CIMROT za simultano projektovanje rotacionih delova i tehnologija njihove izrade. Na slici 14 data je osnovna struktura CIMROT sistema.

U okviru CIMROT sistema koristi se veći broj programskih sistema za automatizaciju pojedinih globalnih funkcija u procesu uporednog projektovanje proizvoda i tehnologija. Ovi moduli imaju funkciju izvora znanja, a koriste kako tradicionalne, algoritamske metode programiranja, tako i metode veštačke inteligencije, zavisno od potreba i specifičnih svojstava. Oni međusobno komuniciraju preko zajedničkog memorijskog medijuma koji ima svojstva "crne table", tj. primenjuje se arhitektura crne table poznata u distributivnim sistemima sa veštačkom inteligencijom. Preko "crne table" razmenjuju se sve poruke između izvora znanja, a ona koristi sve podatke i informacije koje su od značaja za više izvora znanja.

Programski modul CADROT omogućava konstruisanje rotacionih delova sa rotacionim i nerotacionim površinama i konstruktivno-tehnološkim elementima. Pored tehničkog crteža, sistem proizvodi i računarski model proizvoda, koji pored uobičajenih konstruktivno-tehnoloških podataka, sadrži i informacije o tehničkim elementima i svojstvima rotacionih delova, kao i

podatke o svim vrstama tolerancija i kaviteta površina. Ovo bogatstvo podataka o proizvodima znatno olakšava geometrijsku i tehnološku analizu rotacionih delova u drugim modulima sistema, jer su karakteristični elementi eksplicitno sadržani u modelu podataka proizvoda, te nije potrebno primeniti metode automatskog prepoznavanja svih potrebnih svojstava proizvoda. Posebno korisno svojstvo CADROT sistema je i svojstvo parametarskog konstruisanja, koje omogućava vrlo lake i brze promene u konstrukciji, jednostavnim promenama vrednosti dimenzija.



Slika 14 Osnovna struktura CIMROT sistema

Modul CAPROT automatski generiše potrebni tehnološki postupak izrade prethodno konstruisanog dela, kako za klasične alatne mašine, tako i za numerički upravljane alatne mašine. Sistem definiše potrebne tehnološke operacije, određuje njihov redosled, kao i redosled svih zahvata u okviru svake operacije, bira potrebne alata i određuje parametre rezanja, tj. brzinu rezanja, posmak i dubinu rezanja. Sistem omogućava i grafičku simulaciju procesa obrade radi kontrole dobijenog postupka od strane tehnologija, kome pruža mogućnost i korekcije automatski dobijenog postupka.

Korišćenjem dobijenog tehnološkog postupka, modul CAMROT automatski generiše CLDATA datoteku i specifični program izrade dela za svaki tip alatne mašine sa numeričkim upravljanjem. Radi provere ispravnosti dobijenog konačnog programe izrade dela, sistem vrši grafičku simulaciju rada mašine pri obradi dela po dobijenom programu. Ovaj modul treba da omogućiti i automatsko dobijanje programa upravljanja obradnih centara za rotacione delove, koji obavljaju pored strugarskih, i operacije bušenja i glodanja.

U daljem razvoju sistema, radi će se na razvoju programskih modula za automatsku kontrolu kvaliteta proizvoda i programiranje mernih mašina. Pored toga, u razvoju je i modul za automatski generaciju modela za analizu proizvoda metodom konačnih elemenata (MKE). Na bazi dobijenog modela, koji se dobija automatski kao rezultat rada ekspertnog sistema za kreiranje modela, može se izvršiti analiza proizvoda metodom konačnih elemenata. Ovaj će modul sadržiti i programsku biblioteku za proračun niza karakterističnih rotacionih delova, kao što su vratila, zupčanici i dr.

Specifičnost CIMROT sistema je i u tome što je namenjen malim korisnicima koji nemaju skupu računarsku tehnologiju jer postoji verzija koja bazira na PC računarima vezanih u računarsku mrežu, a sistem se konfiguriše prema potrebama i zahtevima korisnika, tj. samo sa onim modulima za koje on ima interes. Time se postiže relativno niska cena celog sistema. CIMROT sistem je u fazi razvoja. Neki moduli su u završnoj fazi razvoja, a neki u inicijalnoj. Kako njegovi moduli mogu da rade i pre konačnog razvoja celog sistema, to će do kraja 1992. godine CADROT/CAPROT/CAMROT deo sistema biti gotov, što će omogućiti konstruisanje, tehnološko planiranje i izradu rotacionih delova na potpuno automatizovani način.

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu izložen je jedan pogled na problem razvoja sistema za simultano projektovanje proizvoda i tehnologija. Ukazano je na stanje istraživanja i na određene istraživačke izazove, jer razvoj računarskih metoda koje je neophodno primeniti u realnim sistemima za simultano projektovanje još nisu razvijene u dovoljnoj meri. Posebno je dat osvrt na mogućnosti primene metoda veštačke inteligencije u sistemima za uporedno projektovanje proizvoda i tehnologija.

U razvoju je više različitih prototipnih sistema, od kojih je naveden i jedan domaći (CIMROT) koji se razvija na Mašinskom fakultetu u Nišu. Taj sistem nije zatvoren, tj. neki njegovi moduli se mogu potpuno nezavisno koristiti u sklopu drugih računarskih sistema. Tako na primer, sistem CADROT za konstruisanje i modeliranje rotacionih delova moguće je koristiti i posebno, i na njega nadovezati druge, sopstvene module za razvoj tehnoloških procesa, proračune i dr., a modul CAMROT se može nezavisno koristiti za programiranje numerički upravljanih mašina.

Abstrakt

U radu je predstavljen problem simultanog projektovanja kao problem kooperacije i integracije više izvora znanja koji komuniciraju posredstvom "crne table", tj. zajedničkog memorijskog prostora. Navedeno je da je vrlo bitno da sistem za simultano projektovanje koristi jedinstven model proizvoda koji mogu koristiti svi izvori znanja u sistemu za simultano projektovanje. Posebno je ukazano na potrebu arhiviranja i razloga za donete odluke radi automatskog identifikovanja konfliktnih situacija. Za razvoj sistema za simultano projektovanje neohodna je primena više različitih metoda veštačke inteligencije koje su u radu navedeni, kao što su produkcionni sistemi, objektno programiranje, ograničenja u vidu relacija između atributa objekata i dr. Posebno je ukazano na problem korišćenja i deduktivnog i induktivnog zaključivanja, a u cilju integracije heurističkih i determinističkih metoda rešavanja problema. Navedene su metode za obradu znanja koje je neophodno koristiti pri simultanom projektovanju proizvoda, a na kraju je izložen koncept sistema za simultano projektovanje rotacionih delova koji se razvija na mašinskom fakultetu u Nišu.

Summary

In this paper, the problem of simultaneous design is treated as the problem of cooperation and integration of different knowledge sources in an AI environment with the blackboard architecture. All knowledge sources of the system must use an unique product model, as well as design rationals are to be captured and used in cases of automatic conflict resolutions. As AI techniques are necessary in simultaneous engineering, some of them are briefly described, such as: production systems, object-oriented programming, and constraint language. As a method for integration of deterministic and heuristic techniques, the problem of integration of deductive and inductive reasoning is analyzed. Different knowledge processing techniques are mentioned for concurrent design and a concurrent design system for rotational parts that is under development at the Mechanical Engineering Faculty of University of Niš is briefly described.

Literatura

1. Lu, S.C.-Y., Knowledge Processing Technology for Simultaneous Engineering, CIM Management, Vol.6, December (1990), 17-30.
2. Ang, C.L., Planning and Implementing CIM, Computer-Aided Engineering Journal, October (1989), pp. 167-175.
3. Black, I., Embodiment Design: Facilitating a Simultaneous Approach to Mechanical CAD, Computer-Aided Engineering Journal, April (1990), pp. 49-53.
4. Cole, J.E., Design-to-Manufacture - An Integrated Information System, Computer-Aided Engineering Journal, October (1989), pp. 159-165.
5. Talukdar, S.N. and Fenves, S.J., Towards a Framework for Concurrent Design, ASME Winter Annual Meeting, Chao N.-H., and Lu, S.C.-Y., editors, San Francisco, December (1989), 35-40.

6. Sriram, D., Logcher, R., Wong A., and Ahmed, S., An Object-Oriented Framework for Collaborative Engineering Design, Computer-Aided Cooperative Product Development, Sriram D., Logcher R., and Fukuda S., editors, Springer-Verlag, (1991).

7. Cutkosky M.R. and Tenenbaum J.M., A Methodology and Computational Framework for Concurrent Product and Process Design, Mech. Mach. Theory, Vol. 25, 3 (1990), 365-381.

8. Gadth R., Hall, M.A., Gursoz E.L., and Prinz, F.B., Knowledge Driven Manufacturability Analysis from Feature-Based Representations, ASME Winter Annual Meeting, Chao N.-H., and Lu, S.C.-Y., editors, San Francisco, December (1989), 21-34.

9. Hayes, C.C., Desa, S., and Wright, P.K., Using Process Planning Knowledge to Make Design Suggestions Concurrently, ASME Winter Annual Meeting, Chao N.-H., and Lu, S.C.-Y., editors, San Francisco, December (1989), 87-92.

10. Thomson, J.B. and Lu, S.C.-Y., Representing and Using Design Rational in Concurrent Product and Process Design, ASME Winter Annual Meeting, Chao N.-H., and Lu, S.C.-Y., editors, San Francisco, December (1989), 109-115.

11. Subramanyam, S. and Lu, S.C.-Y., Computer-Aided Simultaneous Engineering for Components in Small and Medium Lot-Sizes, ASME Winter Annual Meeting, Chao N.-H., and Lu, S.C.-Y., editors, San Francisco, December (1989), 175-184.

12. Hummel, K.E. and Brown, C.W., The Role of Features in the Implementation of Concurrent Product and Process Design, ASME Winter Annual Meeting on Concurrent Product and Process Design, Chao N.-H., and Lu, S.C.-Y., editors, San Francisco, December (1989), 1-8.

13. Henderson, M.R. and Chang G.J., FRAPP: Automated Feature Recognition and Process Planning from Solid Model Data, ASME Computer in Engineering Conference, Vol. 1, 529-536, (1988).

14. Domazet, D. and Manić, M., CADROT: A Product Modeller and CAD module for Integrated CAD/CAPP/CAM Systems for Rotational Parts, Proceedings of the 28th MATADOR Conference, UMIST, Manchester (April 1990)

15. Herman, A.E., and Lu, S.C.-Y., A New Modeling Environment for Developing Computer-Based Intelligent Associates with an Application in Machining Operation Planning, Transactions of the North American Manufacturing Research Institute of SME, 260-265 (1989)

16. Hummel, K.E. and Brooks, S.L., Using Hierarchically Structured Problem-Solving Knowledge in a Rule-Based Process Planning System, Expert Systems in Intelligent Manufacturing, M.D. Cliff, Editor, Elsevier Science Publishing Co., Inc., 120-137 (1988)

17. Domazet, D.S., The Automatic Tool Selection with the Production Rules Matrix Method, The Annals of the CIRP, Vol. 39/1 (1990), 497-500.

18. Domazet, D.S., Ekspertni sistem za projektovanje tehnoloških procesa za rotacione delove - XROT, 16. JUPITER konferencija, CIM simpozijum, JUPITER Zajednica, Kopanik, 1992.

19. Domazet, D.S., Concurrent Design and Process Planning of Rotational Parts, CIRP Annals, Vol. 41/1 (1992)

20. Rich, E., Artificial Intelligence, International student edition, McGraw-Hill Book Co., 1983

NAPOMENA: Ovaj rad je deo projekta c.0273 koga finansira Fond za tehnološki razvoj Ministarstva za nauku Republike Srbije.

CAD modul u metaloprerađivačkoj industriji

*Dejan Mitrović *, Vojislav Stojiljković ***

* Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu

** Mašinski fakultet, Univerzitet u Nišu

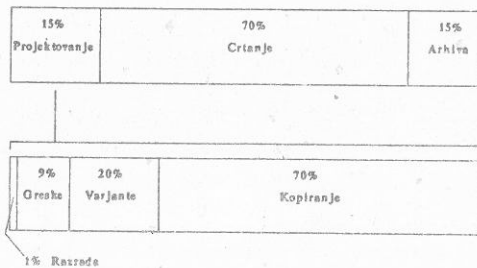
Projektovanje predstavlja proces transformacije funkcionalnih zahteva koji se postavljaju pred predmet projektovanja u njegov strukturni opis (model). Projektovanje u metaloprerađivačkoj industriji je često vrlo kompleksan zadatak jer je teško strukturno opisati iole kompleksniji model. Zbog toga je zadatak modula za projektovanje pomoću računara (CAD) u proizvodnji integrisanoj računarom vrlo značajan. Tu se unosi najveći (i do 80%) deo podataka potrebnih za funkcionisanje proizvodnje. U CAD modulu se kreira model proizvoda koji sadrži sve potrebne geometrijske i tehničko-tehnološke podatke o predmetu. Model proizvoda zatim sa modelima proizvodnje, proizvodnih sredstava i drugim obrazuje integrisanu CIM bazu podataka.

U ovom radu biće prikazan CAD modul za metaloprerađivačku industriju koji se sastoji od komponenti za geometrijsko modeliranje, formiranje tehničke dokumentacije, različite inženjerske analize i simulacije procesa, projektovanje procesa proizvodnje, analizu dimenzija i toleranci podsklopova, sistema za upravljanje proizvodnih podataka i drugih. Takođe ćemo analizirati veze između ovako složenih komponenti, kao i uticaj novih računarskih tehnologija na razvoj softvera za projektovanje pomoću računara.

1 Šta je to CAD?

Pod terminom Projektovanje pomoću računara (eng. Computer Aided Design - CAD) može se podvesti bilo koja projektna aktivnost, u okviru koje se računar primenjuje za razradu, analizu ili modifikaciju tehničkog projektnog rešenja [1]. Proces projektovanja može se definisati kao postupak transformacije funkcionalnih zahteva (koji se postavljaju pred predmet projektovanja) u strukturni opis (model). Funkcionalni zahtevi sadrže sve funkcije i karakteristike predmeta koji se projektuje, kao i ograničenja koja se uzimaju u obzir prilikom projektovanja. Izlaz iz procesa projektovanja je strukturni opis koji se obično javlja u vidu dokumenta, crteža ili plana.

Računarska podrška procesu projektovanja sastoji se u tome da računar obezbedi sredstva za lakše kreiranje i trajno smeštanje i ponovno menjanje parametara modela. Takođe postoje i mogućnosti za analize nekih osobina i eventualno simulaciju ponašanja projektovanog predmeta ili procesa u određenim uslovima. Na taj način se rad projektanta usredsređuje na kreativni deo posla. Time je obezbeđen veći broj iteracija u projektovanju a time se automatski smanjuje broj grešaka i bliže približavamo nekom idealnom rešenju koje tražimo.



slika 1: Aktivnosti tipičnog projektnog biroa

2 Zašto je CAD potreban?

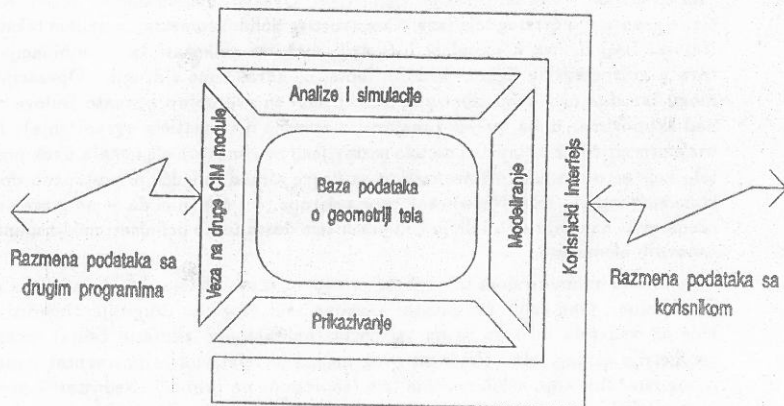
Svedoci smo velikih promena u načinu proizvodnje i uopšte funkcionisanju industrijskog sektora. Veliki napredak koji je vrlo osetan u domenu takozvanih novih tehnologija vrlo je uticao i na klasične industrijske grane kao što je metalni kompleks. Američko ministarstvo odbrane, kao najveći korisnik industrijskih proizvoda u svetu formiralo je tokom 1991. g. radnu grupu sa zadatkom da predvidi izgled svetskog industrije za 15 godina (2006. godine). U ovoj radnoj grupi su bili i predstavnici 13 najvećih svetskih kompanija (kao IBM, General Motors, Boeing, General Electrics i dr.). Jedinstven je zaključak da će tržišna konkurencija zahtevati od proizvođača sposobnost trenutne reakcije na zahteve tržišta.

CAD ima vrlo značajno mesto u CIM konceptu fabrike budućnosti. Budući da razvoj novog proizvoda počinje sa fazom projektovanja, učešće računara u toj fazi je vrlo značajno za celi kasniji proces proizvodnje. Unutar CAD podsistema potrebno je uneti vrlo veliki broj podataka kojima se opisuje proizvod i gradi njegov model u informacionom sistemu. Po nekim procenama čak 80% svih podataka u fabrici čija je proizvodnja podržana računarom, dolazi iz CAD podsistema. Integracijom CAD-a sa drugim elementima CIM-a, ponajpre sa CAM-om, CAQ-om i PPS-om ostvaruje se integracija tokova informacija oko modela proizvoda. Time se obezbeđuje stvarna integracija proizvodnje kroz računarski kontrolisane informacije.

Budući da prestaje vreme velikih serija vreme potrebno za projektovanje novog proizvoda postaje sve značajnije. Dosadašnji rad u fabrikama metalne industrije, u oblasti projektovanja, oslanjao se na klasične metode projektovanja. To znači projektovanje koje zahteva relativno puno ljudskog rada i u vrlo velikoj meri je zavisno od radnog iskustva ljudi koji rade na projektovanju. Na slici 1. vidi se struktura rada koji se utroši u jednom projektom birou koji koristi klasične metode projektovanja. Kao što se sa slike može videti najveći deo vremena odlazi na rutinske, manipulativne poslove (crtanje, kopiranje, arhiviranje i sl.). Samo izuzetno mali deo vremena ostaje za kreativne poslove samog projektovanja i formiranja različitih varijanti rešenja. Zbog toga klasične metode projektovanja ne daju potpuno optimalna rešenja već imaju tendenciju da svaki problem svedu na neki koji postoji u postojećoj dokumentaciji jer se time brže može prići željenom cilju. Nedovoljna optimalnost ovakvog rešenja i posledice na buduće projekte se zanemaruju. Oslobođenje kreativne snage projektanata automatizacijom (a time i značajnim urzanjem) rutinskih poslova daje mogućnost projektantu da problemu pristupi sa bilo koje strane budući da kreiranje različitih varijanti ne predstavlja više posebno opterećenje. Time se omogućava i potpuna optimizacija rešenja.

Upotreba CAD-a takodje mnogo utiče na uštede koje se ostvaruju pravovremenim nalaženjem grešaka. Ispravljanje greške u projektu koja je pronađena tokom konceptualne razrade, košta

4-22



slika 2: Blok šema CAD programa

svega nekoliko minuta rada projektanta što u novcu predstavlja vrlo skromnu sumu. Međutim cena popravke greške koja se otkrije u kasnijim fazama eksponencijalno raste. Ukoliko se greška otkrije tek u fazi prototipa cena može da bude znatna jer uključuje višednevni/mesečni rad većeg broja ljudi, kao i materijalne troškove izrade prototipa. Projektant opremljen računarom i CAD softverom može simulirati ponašanje modela već u ranim fazama projektovanja i tako izbeći greške koje se mogu otkriti tek kasnije.

3 Elementi koje bi CAD softver trebao da poseduje

Ukoliko podjemo od osnovne namene CAD softvera, a to je formiranje modela proizvoda koji sadrži sve podatke neophodne za njegovu proizvodnju, uzimajući u obzir i potencijalno okruženje fabrike čija je proizvodnja integrisana informatičkim tehnologijama možemo doći do jedne opšte blok šeme CAD softvera koja je prikazana na slici 2. Slična šema data je u [2].

3.1 Geometrijski modeler

Najteži problem prilikom projektovanja iole složenijeg proizvoda u metalnoj industriji predstavlja opisivanje njegovog oblika i dimenzija. To je zadatak geometrijskog modelera i zbog toga je on najvažniji deo CAD softvera. Osnovni delovi geometrijskog modelera su:

- Sredstva za modeliranje - to su alati koji stoje korisniku CAD softvera na raspolaganju da pomoću njih opiše izgled proizvoda. Postoji više različitih načina kako ljudi modeliraju trodimenzionalne predmete. Te metode su prenete i u programe koji više modeliranje objekata [3]. Tako postojeći programi uglavnom vrše modeliranje:
 - definisanjem graničnih površina (stranica) tela (eng. Boundary representation - u daljem tekstu Brep). Ova metoda je vrlo precizna, međutim, kod iole kompleksnijih tela je preterano obimna jer broj stranica, ivica i tačaka vrlo brzo raste. Postoji i problem validnosti izgrađenog modela jer je moguće opisati takvo telo koje nije moguće napraviti u stvarnosti. Zbog toga se stalno mora proveravati važenje Eulerovih formula koje daju zavisnost broja stranica, linija, tačaka i drugih specifičnih elemenata topologije predmeta.

- "sastavljanjem" tela od prostijih elemenata. Ovakvo modeliranje se naziva Konstruktivna geometrija čvrstog tela (eng. Constructive Solid Geometry - u daljem tekstu CSG). Najveći broj delova u metalnoj industriji može se prikazati kao kombinacija jednostavnih geometrijskih figura: kvadra, lopte, cilindra, kupe i drugih. Operacije koje se mogu izvoditi nad ovim osnovnim elementima su sve dobro poznate Buloze operacije nad skupovima: unija, presek i razlika (uz izvesna matematička ograničenja). Prednost ovog pristupa leži u činjenici da telo sastavljeno od osnovnih elemenata uvek predstavlja telo koje se može naći u stvarnosti, a sa druge strane moguće je postepeno dolaziti do konačnog izgleda tela. Nedostatak ovog pristupa je u činjenici da se ne može svako telo predstaviti na ovaj način i da je kod nekih tela dosta teško definisati međusobni položaj osnovnih elemenata.
- prostornom enumeracijom tela gde se prostor u kome se telo nalazi podeli na dovoljno male ćelije. One ćelije čiji prostor zauzima telo mogu se drugačije obeležiti od onih koje su van tela tako da se na taj način (nabrajanjem zauzetih ćelija) može opisati geometrija samog tela. Prednost ovog načina je relativna jednostavnost i mogućnost brzog izračunavanja nekih osobina tela (zapremine na primer). Nedostatak ove metode je da ona daje samo približno tačne rezultate (zbog diskretizacije prostora) i da svako smanjenje veličine ćelije vodi do eksponencijalnog povećavanja njihovog broja. Osim toga u ovakvom opisu nedostaju mnogi podaci o telu koji mogu biti potrebni za neka izračunavanja.
- rotacijom i/ili translacijom dvodimenzionalne figure. Postoji dosta veliki broj delova u metalnoj industriji koji se može predstaviti na ovakav relativno jednostavan način. Ta jednostavnost je i osnovna prednost ovog načina modeliranja.
- sastavljanjem od unapred pripremljenih oblika. Ova metoda se primenjuje u onim oblastima gde postoji relativno ograničen broj tela koje treba modelirati sa tačno definisanim delovima koji se javljaju. Takvo modeliranje može biti vrlo jednostavno za korisnika.
- opisivanjem površina nepravilnog oblika. Dobar deo delova u metalnoj industriji ne može se tačno opisati metodama koje su ranije opisane jer je teško matematički egzaktno opisati oblik njihovih površina (naprimer karoserije u automobilske industriji). Zbog toga se pribegava odmeravanju koordinata određenog broja tačaka i zatim se metodama matematičke aproksimacije dolazi do oblika površine koji najbolje zadovoljava unapred postavljene zahteve.

Budući da smo videli da svaka od ovih metoda poseduje određene prednosti i nedostatke, kao i ograničenja, dosta čest slučaj je da se kod boljih CAD programa korisniku daje više različitih alata za modeliranje čijom se kombinacijom mogu kreirati i najsloženiji delovi metalopreradivačke industrije.

- Baza podataka u kojoj se smeštaju podaci o geometriji proizvoda. Budući da su ovi podaci vrlo kompleksni i ponekada obimni, neophodno je da baza podataka bude tako organizovana da može da brzo manipuliše sa geometrijskim modelima i podacima. Svaka od gore opisanih metoda za modeliranje ima i određene načine za zapisivanje modela. Budući da svaki način zapisivanja modela tela ima svoje prednosti i nedostatke kod najboljih CAD paketa je čest slučaj da istovremeno postoje dva zapisa modela tela i da se svaki od njih koristi u određenim situacijama. Metodologija prebacivanja iz jednog načina zapisivanja u drugi je dosta napredovala ali ipak ne važi u opštem slučaju. Najčešće se koriste CSG i Brep reprezentacije.

3.2 Deo za prikazivanje

Da bi se omogućio postepeno kreiranje modela kao i njegova vizuelna verifikacija od strane projektanta neophodno je relativno brzo prikazati promene u projektovanom delu. Iako je prikazivanje samo jedna vrsta analize modela koji se nalazi u bazi podataka, ovde ga izdvajamo zbog značaja koji ima kod korisnika.

Osnovne funkcije koje deo za prikazivanje treba da izvrši radi što vernijeg prikazivanja tela jesu:

- Transformacije (skaliranje, rotiranje, pomeranje) tela i njegova projekcija (ortogonalna ili perspektivna) na dvodimenzionalnu površinu ekrana.
- Skrivanje nevidljivih ivica/površni radi dobijanja što vernije predstave tela i izbegavanja eventualnih višeznačnosti (kada se ne zna koja se stranica nalazi ispred koje).
- Senčenje stranica odgovarajućom bojom a pod uticajem više različitih izvora svetlosti. Pri tome je poželjno uzimati u obzir o kakvom se materijalu radi jer metal daje znatno bolji odsjaj u odnosu na druge materijale.
- Pridruživanje odgovarajuće teksture određenoj stranici (naprimer odsjaj neba koji se vidi na poliranoj površini automobilske karoserije).

Zadnje dve funkcije nisu od velike važnosti konstruktoru proizvoda koji posmatra sa stanovišta mašinstva ali su korisne dizajneru i osoblju u delu marketiranja proizvoda. Veliki napredak performansi računarske opreme najizraženiji je upravo u delu opreme za trodimenzionalno prikazivanje. Tako danas svi CAD programi koji rade na radnim stanicama imaju ugrađene sve ove funkcije koje se izvršavaju velikom brzinom.

3.3 Deo za izradu tehničke dokumentacije

Deo za izradu tehničke dokumentacije u velikoj meri je blizak delu za prikazivanje jer se radi o projekciji trodimenzionalnog predmeta na jednu od projekivnih ravni. Ono što ovaj deo još treba da obezbedi to je dimenzionisanje i postavljanje oznaka o tolerancijama. Budući da se svi relevantni podaci o geometriji tela već nalaze u bazi podataka svi kvalitetniji CAD programi obezbeđuju automatsko ili poluautomatsko dimenzionisanje. To znači da sam softver određuje koje će dimenzije označiti kotnim linijama tako da geometrija dela bude potpuno opisana kotama. Svaka izmena u projektu dela automatski generiše i izmenjenu tehničku dokumentaciju. Na ovaj način se skoro u potpunosti eliminiše potreba za tehničkim crtačima.

3.4 Deo za inženjerijske analize modela

Automatizovana izrada tehničke dokumentacije samo je mali deo mogućnosti koje pruža model proizvoda kada se nađe u bazi podataka. Informaciona celokupnost tog modela (postojanje svih relevantnih podataka) obezbeđuje da se nad njim mogu obaviti razne analize i simulacije. Da bi se te analize izvršile ranije je trebalo praviti fizički model (prototip) proizvoda i obavljati eksperimente u realnim uslovima. Osim visoke cene, ovakav način analize tražio je i puno vremena koje je često bilo znatno duže od samog vremena projektovanja proizvoda. Posedovanje odgovarajućih programa obezbeđuje da se te analize u računaru izvrše skoro trenutno bez dodatnih novčanih troškova.

U savremenim CAD programima često se mogu naći već ugrađeni programi za analize:

- Metodom konačnih elemenata. Ovom metodom je moguće analizirati ponašanje metalnih delova pod uticajem povećanog opterećenja na određenom području, ponašanje u uslovima naprezanja, zagrevanja i slično. Model dela koji se već nalazi u računaru se automatski deli na dovoljno male ćelije za koje se može pretpostaviti da se uniformno ponašaju u određenoj situaciji. Zatim se odgovarajućim matematičkim aparatom simulira spoljni uticaj na te ćelije kao i njihov međusobni uticaj. Tako se može videti kako se spoljni uticaj prenosi kroz telo i šta se dešava na kritičnim područjima.
- Automatska priprema programa za numerički upravljane mašine. Ukoliko model predmeta u računaru sadrži kompletan opis geometrije, kao i potrebne podatke o materijalu od koga je izgrađen i kakva je završna obrada potrebna, moguće je dobiti kao rezultat analize i program za numerički upravljanu mašinu na kojoj će se deo obradivati.

4-25

- U slučaju da se projektuje proizvod koji se sastoji od većeg broja podsklopova i poluproizvoda izuzetno je važno da dimenzije i tolerancije budu dobro uskladjene. U suprotnom se može desiti da je nemoguće izvršiti montažu. Ranije su ti konflikti razrešavani tokom izrade prototipa i probne serije, dok danas u najsavremenijim CAD programima postoje posebni moduli koji obezbeđuju da sam program na osnovu geometrijskog modela iz baze podataka izvrši analizu koje su površine problematične što se tiče montaže i da li se njihove dimenzije i tolerancije elazu.

Budući da se radi o relativno kompleksnim programima koji vrše ove analize često se mogu naći kao posebni softverski proizvodi pod opštim nazivom CAE (Computer Aided Engineering).

3.5 Korisnički interfejs

Korisnički interfejs je značajan deo CAD programa jer korisnik preko njega "komunicira" sa ostalim elementima programa. Kvalitet korisničkog interfejsa direktno utiče na upotrebljivost programa. Ukoliko je korisnički interfejs težak za upotrebu (naprimer komunikacija preko komandnog jezika) korisnik će se teško snalaziti i trebaće dužu obuku. U suprotnim okolikima je korisnički interfejs izveden pomoću grafičkih simbola (ikona) i direktnom manipulacijom nad slikom predmeta korisnik će relativno lako moći da razume koje mu program mogućnosti pruža i kako može da ih iskoristi.

3.6 Deo za vezu sa CIM okruženjem

Već je napred pomenuto da je neophodno povezati CAD modul sa ostalim modulima CIM okruženja. Prednosti koje se dobijaju ovakvim povezivanjem su brojne i njihovo elaboriranje izlazi iz okvira ovog rada. Treba samo naglasiti da CAD softver mora biti tako prilagođen da može podatke koji su u njemu kreirani zapamtiti u obliku koji je pogodan za druge programe u CIM okruženju. Za takva povezivanja se koriste standardni načini zapisivanja kao što je IGES standard. Najveći broj CAD programa ima mogućnost da podatke zapisuje i čita u ovakvom formatu.

U poslednjih par godina problem prenosa podataka između različitih podistema fabrike postao je vrlo izražen. Nadjene su metode za fizičko prenošenje podataka ali je problem predstavljalo snalaženje korisnika u masi podataka koji se svakodnevno generišu u fabrici. Da bi se taj problem rešio najsavremeniji CAD softveri kao svoj deo (a može se naći i nezavisno) imaju program koji upravlja proizvodnim podacima. Njegov cilj je da obezbedi da svako, na svom radnom mestu ima sve neophodne podatke bez da sam učestvuje u njihovom izboru i prenošenju.

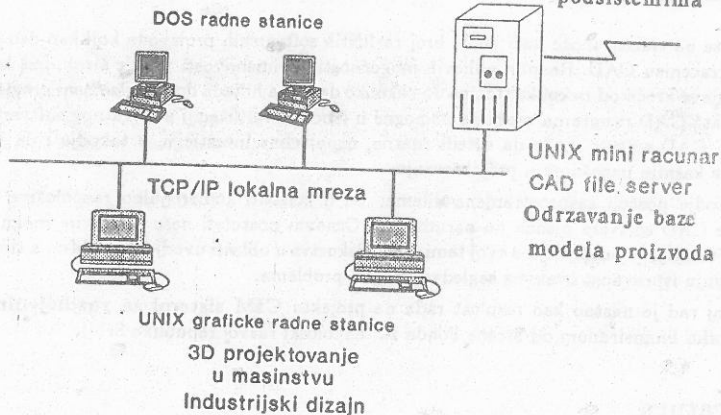
4 Predlog CAD modula za fabriku metaloprerađivačke industrije

Na osnovu sagledavanja stanja i potreba većeg broja fabrika metaloprerađivačkog kompleksa širom Srbije došlo se je do zaključka da je stanje opremljenosti informatičkom tehnologijom, a posebno u delu CAD-a vrlo loše. Zbog toga je izradjena strategija uvođenja CAD-a u fabrike metaloprerađivačkog kompleksa koja se može ogledati u sledećim postulatima:

- Gde god je moguće u postupku projektovanja koristiti standardne oblike od kojih je moguće "složiti" željeni deo. Time se znatno pojednostavljuje rad projektanta.
- Gde god je moguće povezati CAD modul sa modulima za CAPP i CAM, po mogućstvu unutar jednog programa. Time se sve projektantske delatnosti objedinjuju u jednu celinu.
- U delu opšteg projektovanja trodimenzionalnih proizvoda koristiti komercijalno raspoložive softvere. Prednost imaju oni softveri koji su jednostavni za korišćenje i koji obezbeđuju spregu sa drugim modulima.
- Bilo da se radi o specijalno razvijenom ili gotovom CAD programu povezati ga unutar CIM okruženja fabrike i obezbediti formiranje modela proizvoda u glavnoj CIM bazi podataka.

4-26

**Formiranje tehnicke dokumentacije
Specijalizovani CAD/CAPP programi**



slika 3: Hardverska arhitektura CAD modula

- Obezbediti upravljanje podacima dobijenim od CAD-a u skladu sa postavljenom organizacijom strukturom fabrike. Time rezultat projektovanja predstavlja "inicijalnu kapislu" za sve druge aktivnosti u fabrici.
- Obezbediti visok nivo školovanja projektanata koji će koristiti CAD bazirano na dva koncepta: široko teorijsko znanje o projektovanju pomoću računara i praktična obuka na više nivoa CAD softvera. Time se obezbedjuje postepeno ali suštinsko upoznavanje svih elemenata projektovanja pomoću računara.

Ovakva arhitektura CAD modula zahteva i adekvatne hardverske resurse. Pri izboru računarske opreme pošli smo od sledećih činjenica:

- Inženjerske radne stanice koje rade pod Unix operativnim sistemom predstavljaju minimum opreme potrebne za trodimenzionalno modeliranje. Sa druge strane Unix operativni sistem će verovatno biti dominantni operativni sistem devedesetih godina.
- IBM PC kompatibilni računari zbog svoje niske cene još uvek predstavljaju vrlo prihvatljiv izbor sa dobrim odnosom performanse/cena. Posebna prednost ovih računara je u vrlo velikom izboru aplikativnog softvera iz svih oblasti uključujući CAD, i njegova dostupnost. Osnovni nedostaci DOS operativnog sistema - mala količina memorije i nemogućnost istovremenog rada više aplikacija prevaziđeni su pojavom Microsoft Windows de-facto standarda. Sa tim okruženjem PC računari bazirani na I486 procesoru po mnogo čemu se približavaju radnim stanicama.

Zbog tih činjenica smo se mi odlučili da hardversku arhitekturu baziramo na TCP/IP mreži koja omogućava da Unix radne stanice i PC računari rade u jedinstvenoj mreži, razmenjuju podatke i poruke. Ukoliko na radnim stanicama imamo CAD softver koji radi nad X Windows protokolom, ovakva sprega omogućuje da PC računari postanu nova radna mesta za rad sa tim softverom. Budući da su TCP/IP i X Windows de-facto standardi u Unix svetu, ova mreža omogućuje uključivanje radnih stanica različitih proizvođača. Na taj način omogućena je potpuna zaštita ulaganja u računarske kapacitete.

U organizacijama koje imaju veće zahteve za projektovanjem pomoću računara predviđena je i upotreba *file-servera*. Njihov je zadatak da prihvate veće količine podataka (arhiva) i obezbede vezu sa drugim CIM podsistemima kako je to prikazano na slici 3.

5 Zaključak

Danas se na tržištu može naći veliki broj različitih softverskih proizvoda koji kao deo svog imena nose skraćenicu CAD. Raspon njihovih mogućnosti i primenjivosti vrlo je širok, baš kao i raspon cena koje se kreću od nekoliko stotina do nekoliko desetina hiljada dolara. Izloženi pregled osnovnih elemenata CAD programa može da pomogne u izboru i verifikaciji adekvatnog softvera. Pravilno izabran CAD softver može da uštedi znatne, nepotrebne investicije, a takodje i da jako mnogo utiče na kasniju uspešnost u projektovanju.

Takodje postoji rasprostranjena dilema: da li koristiti komercijalno raspoložive ili specijalizovane CAD softvere pisane po narudžbini. Osnovni postulati naše strategije mogu služiti kao osnova za dalja promišljanja o ovoj temi. Naša iskustva u oblasti uvođenja CIM-a, a time i CAD-a, potvrđuju ispravnost ovakvog sagledavanja tog problema.

Ovaj rad je nastao kao rezultat rada na projektu CIM sistemi sa razdeljenim bazama podataka finansiranom od strane Fonda za tehnološki razvoj republike Srbije.

Literatura

1. Lucas M. & Gardan Y. *Techniques Graphiques Interactives et CAO*, Hermes Publishing, France 1983.
2. Groover M. & Zimmers E. *Computer Aided Design and Manufacturing*, Prentice Hall Inc, USA, 1984.
3. Foley, van Dam, Feiner & Hughes. *Computer Graphics, principles and practice*, Addison Wesley, USA, 1991.

CAQ MODULUS IN METAL INDUSTRY The CAD (Computer Aided Design) is a CIM modulus in which over 85% of all the data in an enterprise are generated. The decisions made in the design part have a decisive influence on the functionality, quality and price of a product. The cost of works in the CAD modulus does not exceed 15% of all the costs, and the firm profitability depends on even 85% of the solutions generated in this modulus. This is of special importance in metal industry in which a great variety of parts exists which require a fast, high-quality and reliable generation of products models. The product model forms an integrated CIM data base together with the production model, means of production and others.

This paper discussed one of the possible approaches in conceiving the CAD modulus in metalworking enterprises. The essence of this approach is in using the specialized CAD systems based on standards for a fast and simple generation of product models. The link of the CAD modulus in the other CIM moduli is realized via standard interface by using commercial software moduli for particular fields. The very architecture of the CAD modulus is chosen in this way so that is offers a possibility of connecting the UNIX and the DOS workstations in heterogeneous networks.

4-28

PRORAČUN MAŠINSKIH KONSTRUKCIJA

Maneski T., Kalajdžić M., Glavonjić M.
Mašinski fakultet u Beogradu

Rezime

U radu je prezentiran razvijeni sistem proračuna mašinskih konstrukcija primenom kompjutera. Razvijeni sistem obuhvata analizu fizičkog modela, modeliranje (preslikavanje fizičkog modela u računski model), predprocesiranje (ulazni procesor), procesiranje (osnovni proračun) i postprocesiranje (izlazni procesor). Podrška sistemu proračuna predstavlja moćan programski paket razvijen na Katedri za proizvodno maštinstvo /1, 2, 3./ Svi programi sadrže oko 60.000 programskih instrukcija i instalirani su na računarima PDP 11, PC i VAX kao i mogućnost instaliranja na drugim tipovima računara.

1. UVOD

Proračun mašinskih konstrukcija primenom kompjutera predstavlja kompleksan sistem koji zahteva poznavanje "klasičnog" sistema projektovanja uz poznavanje i primenu novih metoda i tehnika projektovanja. Primenom kompjuterske tehnologije inženjerske delatnosti u ovoj oblasti su na višem tehnološkom nivou uz visok stepen automatizacije. Ostaje činjenica da je čovek najvažniji faktor procesa projektovanja, jer njegovu kreativnost i intuiciju ne može zameniti ni jedan kompjuter, već samo da postane daleko produktivniji.

Za ostvarivanje ovih zahteva potrebna je stalna inovacija znanja inženjera i razvoj novih metoda i potupaka projektovanja.

Sistem projektovanja možemo grubo podeliti u tri faze i to: faza konceptata, proračuna i konstruisanja. Metode, tehnike, discipline, programe, banke podataka i drugo, možemo grupisati u dve osnovne grupe i to:

- funkcionalne (specifične, specijalne, posebne),
- strukturalne (standardne, univerzalne).

Razvijene metode i tehnike (standardne) analize i proračuna struktura mašinskih konstrukcija, odnose se najviše na primenu metode konačnih elemenata (MKE). Sistem proračuna dobija na kvalitetu primenom kompjuterske grafike.

Analiza i proračun jedne konstrukcije mora proći kroz sledeće faze:

- (i) analiza fizičkog modela i izbor konstrukcionih varijanti
- (ii) modeliranje - preslikavanje fizičkog modela u računski model
- (iii) ulazni procesor - predprocesor
- (iv) procesor i
- (v) izlazni procesor - postprocesor

Podrška sistemu proračuna predstavlja moćan programski paket razvijen na Katedri za proizvodno mašinstvo /1, 2, 3/.

Svi programi sadrže oko 60.000 programskih instrukcija i instalisani su na računarima PDP 11, PC i VAX kao i mogućnost da se instališu na drugim tipovima računara. Zamišljena koncepcija rada se sastoji u tome da se predprocesor, postprocesor i procesor manjeg obima odvija na PC-u, a da se osnovni procesor (proračun) odvija na većem računaru.

2. PREDPROCESOR

Modeliranje strukture predstavlja fazu u kojoj korisnik iskazuje veliku kreativnost uz malo rada na računaru, dok je kod predprocesora obrnuto (vrlo malo kreativnosti vezane za proračun uz mnogo manuelnog rada na računaru).

Za većinu proračuna obavljenih pomoću MKE karakterističan je veliki broj ulaznih podataka vezanih za definisanje (generisanje) koordinata čvornih tačaka, konačnih elemenata, opterećenja, graničnih uslova i dr. Priprema navedenih ulaznih podataka predstavlja mukotrpan posao koji je veoma podložan greškama za čije pronalaženje je potrebno dosta vremena. Razvoj programa za generisanje, kontrolu i verifikaciju ulaznih podataka diskretizovanog modela strukture je bio neminovan.

Razvijeni programi kompleksnog sistema predprocesora su:

- (1) GEOGEN - lokalno generisanje mreže konačnih elemenata - primitivi,
- globalno generisanje mreže konačnih elemenata,
- grafička kontrola i verifikacija ulaznih podataka,
- (2) REGMKE - generisanje konačnih elemenata na osnovu grube podele (regiona)
- (3) KONTMKE - programska kontrola ulaznih podataka,
- (4) OPTNUM - optimizacija numerizacije čvorova - renumeracija
- (5) MKEKONV - konverzija MKE modela u solid model i obrnuto i u ACAD model

Osnova svih programa predstavlja automatizaciju manuelnog rada kroz interaktivno i/ili automatsko generisanje podataka uz primenu kompjuterske grafike, kao i generisanje velikog broja ulaznih podataka na osnovu malog broja podataka generisanja. Sve vrste konačnih elemenata (linijski, površinski, zapreminski) su obuhvaćene razvijenim programima.

Osnovni programi generisanja predstavljaju programi za lokalno generisanje primitiva (slika 1) i globalno generisanje (slika 2). Razvijeni primitivi i globalne funkcije generišu novi skup podataka na osnovu odgovarajućih matematičkih, programskih i drugih operacija nad prethodno

generisanim skupom podataka. Zamišljeno je da se složeni primitivi generišu od prostijih (zapreminski od površinskih, površinski od linijskih ili direktno i linijski od jednog čvora). Globalno generisanje povezuje prethodno generisane primitive i/ili generisanje podataka direktno u globalnom koordinatnom sistemu primenom različitih metoda generisanja korišćenjem matematičkih operacija.

Svi zahtevi za što brže komfornije modeliranje i probleme modeliranja su sistematizovani i algoritamski izraženi primenjujući razne metode generisanja.

Osnovne ideje sprovedene u predprocesoru su:

(1) Razvijeni sistem za generisanje nije usko vezan za program za proračun MKE i lako je prilagodljiv različitim programima;

(2) Sistem modularno koncipiran tako da se može jednostavno proširivati novim funkcijama i metodama generisanja;

(3) Ulazni podaci svrstani u tri celine (tačke, konačni elementi i opterećenja) mogu se generisati i korigovati posebno, kao i zajedno;

(4) Geometrijsko modeliranje se u prvoj fazi izvodi i kontroliše bez specifičnih podataka vezanih za opis različitih vrsta KE-a što mnogo olakšava posao;

(5) Kompleksna struktura modela se deli na mnogo prostih delova strukture (primitivi) koji imaju osobinu da se mogu generisati automatski, poluautomatski ili ručnim unosom podataka. Diskretizovan model kompleksne strukture dobijamo sabiranjem posebno generisanih delova ("mozaik" delova strukture);

(6) Ostvarene funkcije predprocesora realizuju različite metode generisanja tačaka i/ili elemenata, koji su generisani zajedno ili odvojeno. Za primitive se može reći da se u osnovi generišu parametarski uz primenu različitih metoda generisanja;

(7) Sistem je koncipiran i realizovan da omogućuje generisanje modela ili delova modela ("primitiva") može izvesti kombinovano (paralelno) automatski, poluautomatski i/ili ručno kao i da se složeni primitivi generišu na osnovu prostijih;

(8) Na kraju, ceo sistem je koncipiran i realizovan polazeći od ideje da se sa malo unešenih podataka generiše što veći broj potrebnih ulaznih podataka za proračun.

3. PROCESOR

Procesor predstavlja kompleksan sistem proračuna za identifikaciju ponašanja nosećih struktura konstrukcija.

Razvijene metode i tehnike analiza i proračuna struktura sa stanovišta primene računara u najvećoj meri se odnose na primenu metode konačnih elemenata (MKE). Posebno se ističe da u analizi i proračunu nosećih struktura konstrukcija značajnu ulogu i podršku mora pružiti konstruktor, naročito u definisanju tehničkih ograničenja i opterećenja konstrukcije u eksploataciji.

Modeliranje strukture predstavlja najosetljivije, najvažnije i najteže savladivo mesto sistema proračuna. Najveći deo modeliranja predstavlja iskustvo i intuitivnost korisnika koje je teško opisati. Stalno prisutan problem modeliranja jeste izbor tipa KE-a i finoća diskretizacije fizičkog modela, pa je na osnovu toga predloženo generisanje grubog, finog i/ili redukovano modela. Primena grubog modela (minimalni broj čvornih tačaka i elemenata) predlaže se kada

se model nedovoljno poznaje i za statički, dinamički i termički proračun. Sledeća faza modeliranja i proračuna predstavlja fino modeliranje sa dovoljno velikim brojem KE-a. Ovu fazu uglavnom treba koristiti za statički proračun. Dalje sledi kreiranje redukovano modela. Redukovanje modela se odnosi na smanjenje broja čvorova i elemenata, kao i izbor KE-a koji zahteva manji broj stepeni slobode i/ili zahteva manje čvornih tačaka.

Primeri redukovanja modela koji su primenjeni na raznorodne mašinske konstrukcije predstavljaju:

- ploču sa savijanjem zamenimo pločom bez savijanja - membrana
- ploču sa savijanjem zamenimo redukovanom pločom,
- kutijaste preseke sastavljene od ploča zamenimo grednim elementima,
- orebljenja modelirana pločama zamenimo grednim elementima,
- zapreminske elemente zamenimo pločama ili gredama,
- redukovanja stepeni slobode rotacije i dr.

Posebno se navodi problem modeliranja razdvojivih struktura (npr. mašine alatke), koji je realizovan tako da se prvo proračunavaju elementi (moduli) strukture, njihove veze pa tek onda celokupna struktura.

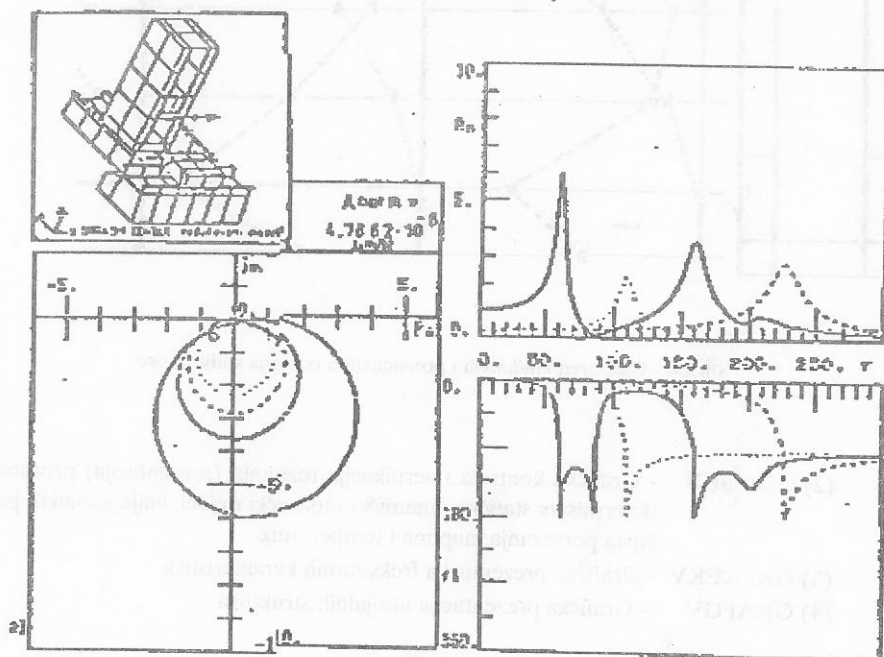
Programi proračuna razvijeni i instalisani u CeNT-u Katedre za proizvodno mašinstvo na računarima PDP, PC i VAX su:

- (1) MKETM
 - MKETM1 - Proračun matrica krutosti masa i opterećenja KE-a (linijski, površinski i zapreminski) u lokalnom i globalnom sistemu
 - MKETM2 - Formiranje globalne matrice krutosti, masa i opterećenja
 - MKETM3 - Rešavanje linearne matrične statičke jednačine - bilans pomeranja za mehaničko i temperatursko opterećenje
 - MKETM4 - Proračun opterećenja i napona u KE-a
 - MKETM5 - Linearan dinamički proračun - sopstvene frekvence i glavni oblici oscilovanja
 - MKETM6 - Prinudne prigušene oscilacije u frekventnom domenu, reanaliza, promena vektora opterećenja
- (2) SDLNGU - Statički i dinamički, linearni i nelinearni proračun aksialnih struktura - vretena
- (3) PROLIS - Statički linearni proračun bilansa pomeranja, opterećenja i naponska slika linijskih struktura
- (4) STEP2D - Termoelastični proračun površinskih struktura (stacionarno polje prostiranja i izvor toplote) - polje temperature, pomeranja i napona za mehaničko i/ili termičko opterećenje
- (5) NSTEP3D - Nestacionarno i stacionarno prostiranje toplote za linijske i zapreminske probleme

Program MKETM je realizovan sa više programa iz razloga da se može izvoditi u etapama. Ovo predstavlja veliku prednost za primere koji zahtevaju veliko vreme rada računara i veliku spoljašnju memoriju. Svi programi su realizovani i testirani na mnogo realnih primera u varijanti jednostruke i dvostruke tačnosti rada računara. Jedino program MKETM5 ima zahtev za primenu dvostruke tačnosti (može zadovoljiti i jednostruka tačnost), dok ostali nemaju.

Frekventne karakteristike celokupne NSOC-a date su na slici 3.

Rezultati analize - raspored kinetičke i potencijalne energije stuba Y ose za prva tri oblika oscilovanja dat je na slici 4.



Slika 3 - Frekventne karakteristike NSOC-

4. POSTPROCESOR

Osnovna funkcija postprocesora predstavlja pomoć pri obradi rezultata proračuna, tj. ručnu obradu svodi na najmanju moguću meru. Obrada rezultata obuhvata kontrolu, verifikaciju i prezentaciju rezultata proračuna.

Razvijeni programi postprocesora su:

- (1) POSTPRO - Kondenzovani rezultati proračuna, analiza više primera proračuna i proračun veličina koje se ne proračunavaju u samom procesoru.

MODELIRANJE I PRORAČUN DISKOVA OPTEREĆENIH CENTRIFUGALNIM SILAMA

*Dr Taško Maneski, dipl.inž.
Mašinski fakultet u Beogradu*

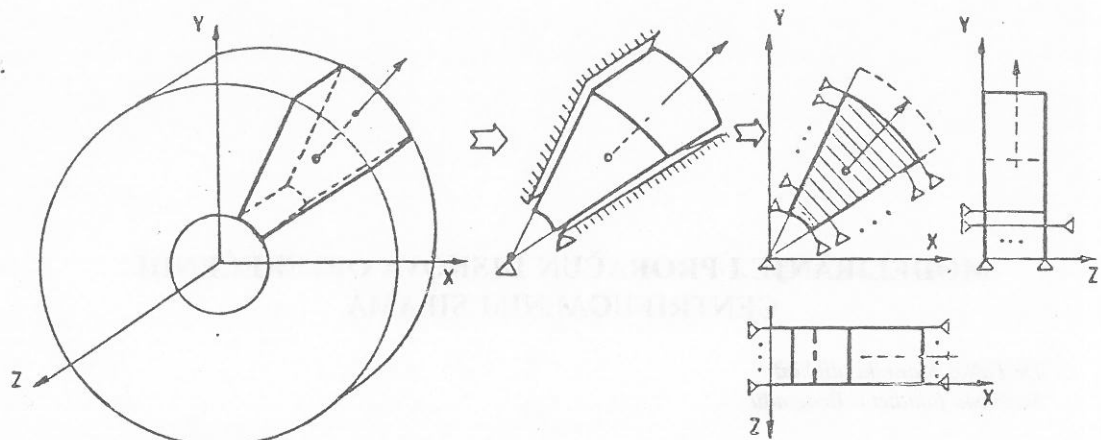
Rezime

U radu je prikazano modeliranje i proračun "isečka" diska opterećenog centrifugalnim silama, koji ima identično ponašanje kao ceo model. Na tako definisanom "isečku" izvodimo finu diskretizaciju (mnogo čvorovih tačaka i konačnih elemenata) sa zapreminskim konačnim elementom. Uvedeni granični uslovi obezbeđuju željeno ponašanje "isečka" diska. Najpovoljniji element za opis graničnih uslova predstavlja granični element. Modelirano opterećenje predstavlja zapreminsko (maseno) opterećenje. Prikazano je modeliranje i proračun univerzalne stezne glave, industrijske centrifuge i diska gasne turbine.

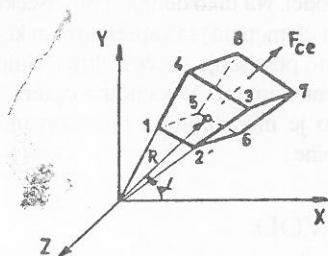
1. UVOD

Fizički model diskova obično poseduje simetriju geometrije i opterećenja. Simetrija omogućava deljenje modela na veliki broj "kriški" (isečaka) koju sada možemo modelirati velikim brojem čvorova i elemenata (vrlo fino modeliranje). Uvođenje graničnih uslova u ovako usvojeni model predstavlja delikatan posao i veoma važan element proračuna. Da bi se "kriška" u potpunosti ponašala isto kao i ceo model potrebno je da postignemo da pomeranja u pravcu normale na površinu preseka ne postoje (slika 1). Ispunjenje ovog zahteva postižemo uvođenjem linijskog konačnog elementa sa beskonačnom (mnogo velikom) aksijalnom krutošću na mestu preseka i u pravcu normale na presek. Najpovoljniji element je granični element koji omogućava uvođenje aksijalne krutosti, mada možemo koristiti i element štapa ili grede (krutost se opisuje površinom poprečnog preseka, dužinom i modulom elastičnosti).

Centrifugalno opterećenje definišemo za svaki zapreminski konačni element kao zapreminsko (maseno) opterećenje. Za svaki element se izračunava zapremina, masa, centar mase i sama centrifugalna sila za zadati broj obrta diska. Tako dobijena sila elemenata se projektuje na globalne ose, deli na broj čvorova elementa i dodaje na postojeću vrednost sile u čvorovima elementa (slika 2).



Slika 1- Definisanje graničnih uslova pri modeliranju "kriške" diska



$$F_{ce} = m R \omega^2 = m R \left(\frac{\bar{\omega} n}{30} \right)^2$$

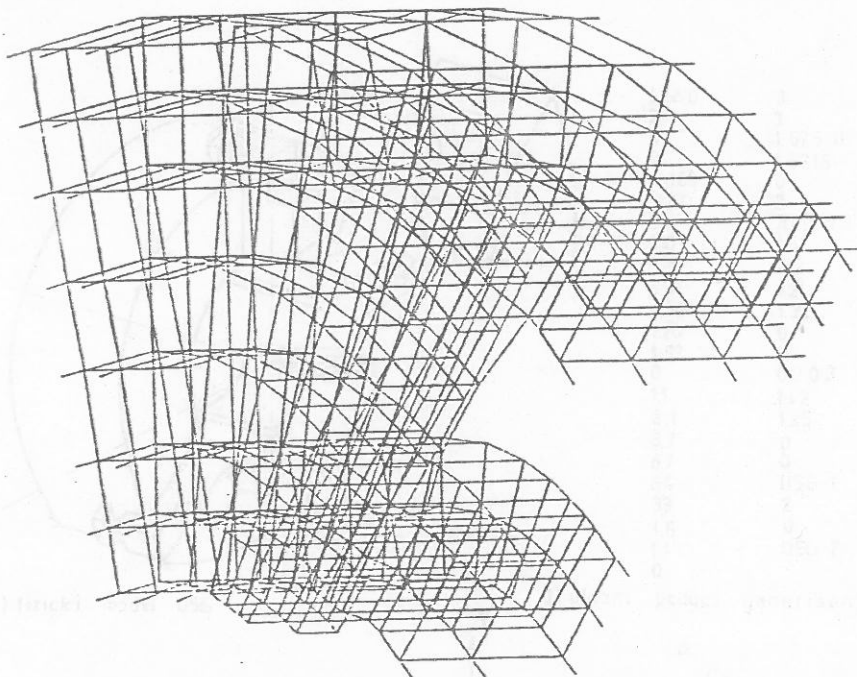
Slika 2 - Centrifugalna sila elementa

2. MODELIRANJE I PRORAČUN UNIVERZALNE STEZNE GLAVE

Proračun tela univerzalne stezne glave sa tri čeljusti izveden je na jednoj šestini tela. Diskretizacija modela izvedena je primenom zapreminskog osmočvornog konačnog elementa. Na slici 3a prikazan je fizički model i "kriška" šestine modela. Potrebna diskretizacija zapreminskog modela dobijena je tako što prethodno generisana složena površina u XZ ravni (slika 3b) transliramo u XY ravni i rotiramo oko Z ose (slika 3c). Ulazni podaci generisanja modela USG dati su na slici 3d /1/.

Na slici 4 prikazan je model sastavljen od osam segmenata i uvedeni granični elementi koji obezbeđuju ponašanje fizičkog modela kao ceo model.

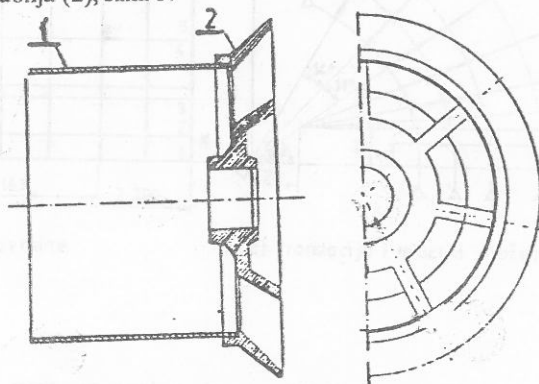
Proračun je imao za cilj da odredi naponsko stanje tela USG-a u zavisnosti od broja obrtaja. Proračun sa ovakvim modelom je ispunio postavljene zahteve.



Slika 4 - Diskretizovan deo USG-a i granični elementi

3. ANALIZA NAPONA I DEFORMACIJE KONSTRUKCIJE INDUSTRIJSKE CENTRIFUGE /2/

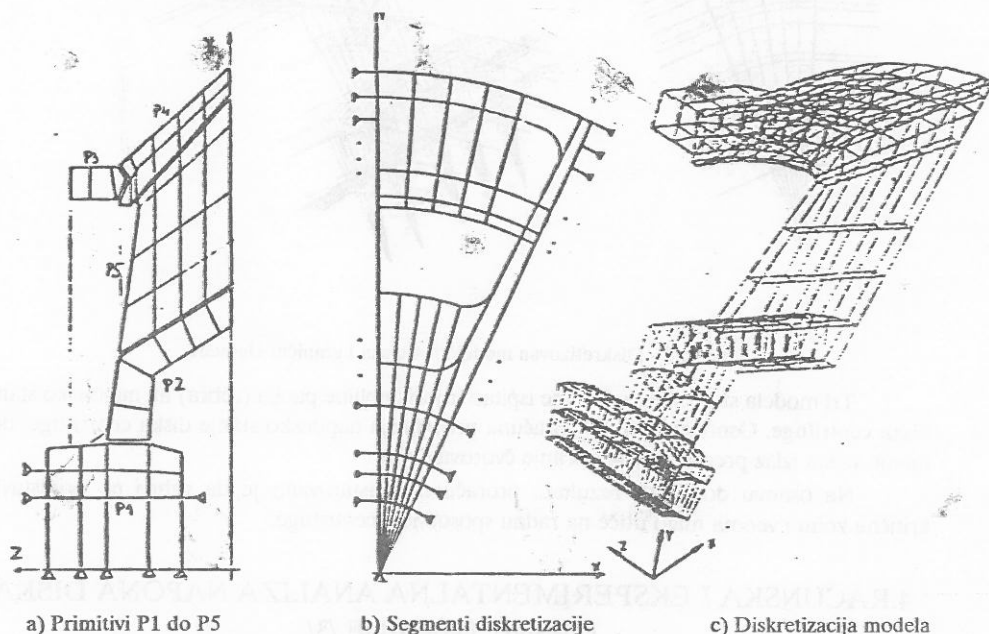
Konstrukcija razmatrane konstrukcijske centrifuge sastoji se iz dve posebno izražene celine: bubnja (1) i dna bubnja (2), slika 5.



Slika 5 - Industrijska centrifuga

Modeliranje i proračun industrijske centrifuge izvedeno je samo sa dnom bubnja. Dno (telo) bubnja predstavlja disk kod koga su venac i glavčina spojeni sa sedam paoka. Na osnovu simetrije geometrije i centrifugalnog opterećenja proračun je izveden sa 1/14 modela diska.

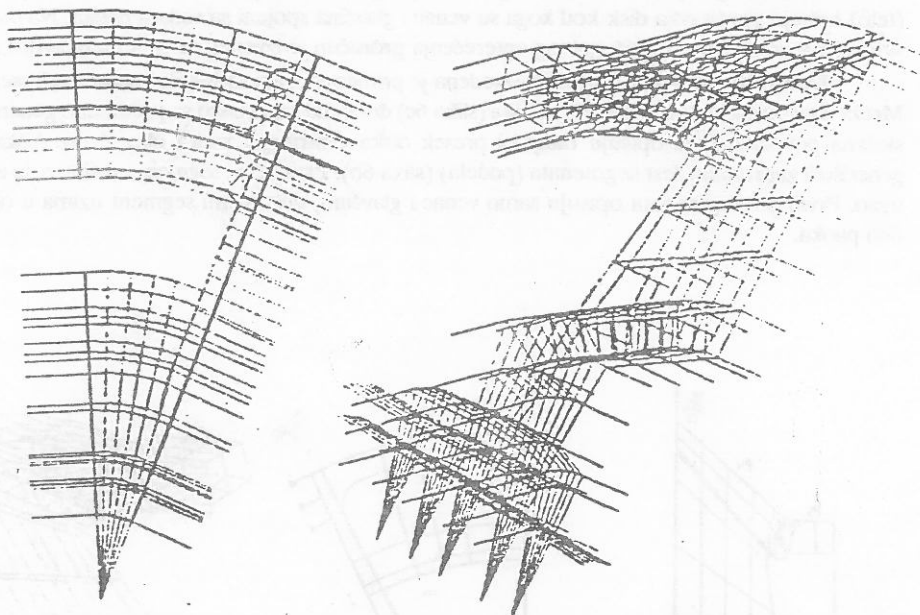
Diskretizacija fizičkog modela izvedena je primenom zapreminskih konačnih elemenata. Mreža zapreminskih konačnih elemenata (slika 6c) dobijena je tako što se prethodno generisana složena površina, koja opisuje radijalni presek diska centrifuge, rotira oko Z ose (slika 6a) generišući zapreminu šest segmenata (podela) (slika 6b). Prva četiri segmenta rotirana su za isti ugao. Prvih pet segmenata opisuju samo venac i glavčinu, dok sedmi segment uzima u obzir i deo paoka.



Slika 6 - Modeliranje 1/14 diska centrifuge

Složena površina (slika 6a), koja služi za generisanje tela venca i glavčine dobijena je sabiranjem površinskih primitiva P1, P2, P3 i P4. Primitiv P5 (slika 6a) služi za generisanje dela paoka. Primitivi P1 i P5 se mogu generisati funkcijom elementi između dve/više linija ili pravougaonika i trapeza uz korekciju nekih tačaka.

Na tako generisanom zapreminskom modelu izvedena su lokalna pomeranja pojedinih tačaka na mestu preseka poslednjeg i predposlednjeg segmenta. Na slici 6 i slici 7 prikazan je model sastavljen od šest segmenata i mesta uvođenja graničnih elemenata. Granični elementi opisuju granične uslove koji obezbeđuju da se deo fizičkog modela (1/14 diska) ponaša isto kao ceo model.



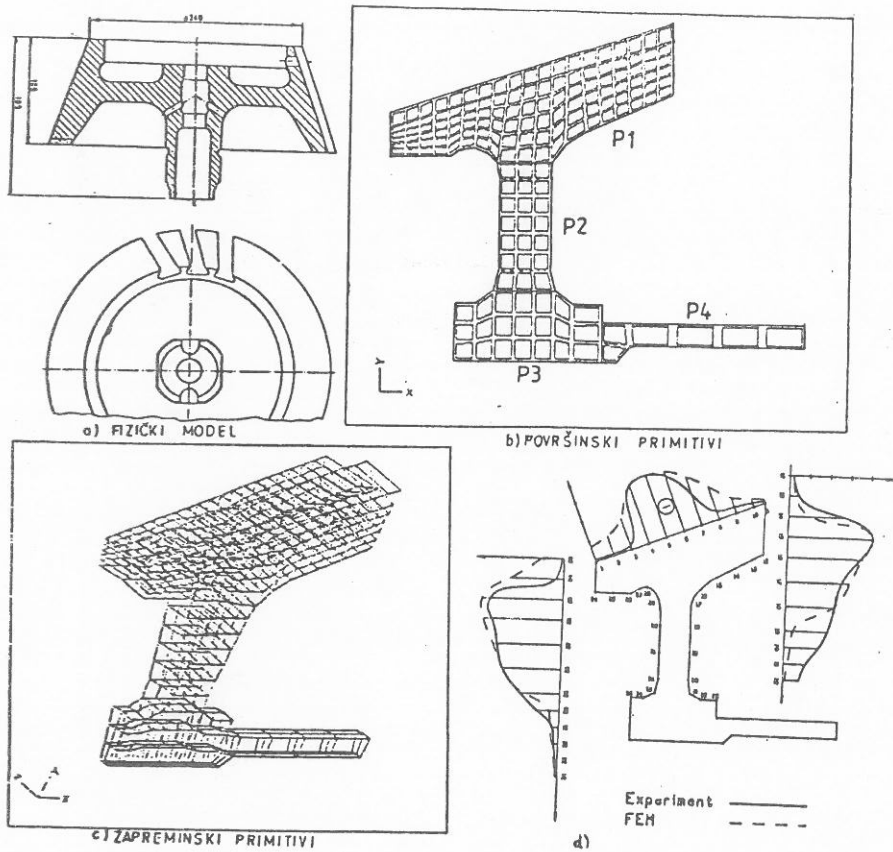
Slika 7 - Diskretizovan model 1/14 diska i granični elementi

Tri modela su uvedena da bi se ispitao uticaj debljine paoka (rebra) na naponsko stanje diska centrifuge. Osnovni izlaz iz proračuna predstavlja naponsko stanje diska centrifuge, dok manje važan izlaz predstavlja pomeranje čvorova diska.

Na osnovu dobijenih rezultata proračuna konstatovano je da rebro ne predstavlja kritičnu zonu i veoma malo utiče na radnu sposobnost centrifuge.

4. RAČUNSKA I EKSPERIMENTALNA ANALIZA NAPONA DISKA GASNE TURBINE /3/

Disk gasne turbine (slika 8a) ima 21 žljeb za lopatice. Zbog simetrije geometrije i centrifugalnog opterećenja moguće je ceo fizički model podeliti na 42 isečka, koji je još podeljen na dva jednaka dela uz primenu zapreminskih konačnih elemenata. Realni fizički model, dobijanje mreže konačnih elemenata i sam diskretizovan model prikazani su na slici 8. Prvo se generišu površinski primitivi P1, P2, P3 i P4 (slika 8b), koji se zatim sabiraju u složenu površinu koja diskretizuje radijalni presek diska. Primitivi su dobijeni primenom funkcije između dve linije i pravougaonika. Generisanje zapremine dela diska dobijeno je rotacijom prethodno generisane površine (slika 8c). Uvedeni granični uslovi su identični kao za prethodna dva primera.



Slika 8. Modeliranje geometrije diska gasne turbine

Proračun je obuhvatio identifikaciju naponskog stanja, a paralelno sa proračunom urađen je i eksperiment za određivanje naponskog stanja primenom fotoelastičnosti na modelu diska od araldita. Na slici 8d prikazani su rezultati dobijeni proračunom i eksperimentom.

5. ZAKLJUČAK

Prikazano modeliranje pruža velike mogućnosti primene veoma fine diskretizacije dela fizičkog modela. Uvedeni granični uslovi na konturi preseka obezbeđuju ponašanje dela modela kao ceo model. Izvedeni proračuni su potvrđeni na celom modelu sa grubom diskretizacijom i eksperimentalno.

6. LITERATURA

/1/ Maneski T.: Prilog razvoju sistema projektovanja primenom računara nosećih struktura mašina alatki. Doktorski rad, Mašinski fakultet, Beograd 1991.

/2/ Ružić D., Maneski T., Milovančević M.: Analiza napona i deformacija konstrukcije industrijske centrifuge. 18.jugoslovenski kongres teorijske i primenjene mehanike. Vrnjačka banja, Beograd, 1988., Zbornik radova s.C1-C3

/3/ Čukić R., Kopechi H., Ružić D., Maneski T.: Experimental and numerical analysis of the disc a gas Turbine. 9th Internacional Conference on Experimental Mechanics, Copenhagen 1990., Proceedings, Vol.3, pp. 1060-1067.

MODELIRANJE KOTRLJAJNIH LEZAJEVA SA KOSIM DODIROM PRIMENOM
I-DEAS PROGRAMSKOG SISTEMA ZA POTREBE ANALIZE PONASANJA

A OBLIQUE BALL BEARING MEDDLINGS WITH APPLICATION I-DEAS
SYSTEM PROGRAM FOR THE BEHAVIOUR ANALYSIS

Palusek, M., dipl.ing.
Zeljko, M., asistent
Spasojevic, M., dipl.ing.
Komarica, N., vavr. prof.
Gatalo, R., red. prof.

Institut za proizvodno masinstvo, FTN, Novi Sad

Rezime:

Rad sadrži primenu metoda konačnih elemenata za analizu napona i deformacija kugličinog ležaja sa kosim dodirom. Data je analiza geometrijskih karakteristika i opterećenja ležaja, a modeliranje je izvršeno pomoću programskog sistema I-DEAS. Primenjena je linearna teorija raspodele napona i deformacija po konačnim elementima. Modeliranje je vršeno za najnepovoljnije slučajeve opterećenja.

Abstract:

The paper is devoted to the finite element method application of stress analysis and strain analysis of oblique ball bearing. The geometric characteristics of oblique ball bearing and its loads is investigated by a I-DEAS System Program. Our approach is founded on the concept of linear theory of load distribution and linear theory of strain distribution in finite elements. We derive the form of strain and stress with respect to critical cases of loads.

1.0 Uvodne napomene

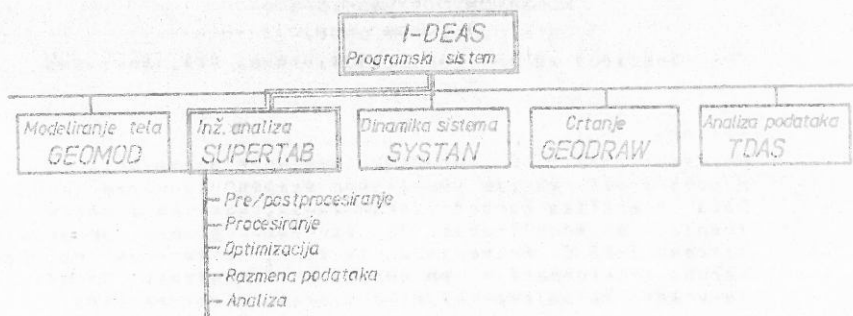
Mogućnost automatizacije proračuna u toku procesa projektovanja primenom CAD programskih sistema sve je veća. To se posebno odnosi na programske sisteme za analizu pomoću metode konačnih elemenata.

Razvijeni programski sistemi sve veći primenu nalaze i u oblastima koje nisu toliko specifične za primenu ove metode. Jedna od tih oblasti je i analiza naponskih stanja i deformacija kod kotrljajnih ležajeva. Za rešavanje tog problema potrebno je definisati raspodelu opterećenja unutar kotrljajnog ležaja i na odgovarajući način diskretizovati strukturu.

Jedan pristup rešavanju tog problema dat je u ovom radu kroz analizu kugličnog lezaja sa kosim dodirnom i njegovo modeliranje pomoću I-DEAS programskog sistema.

2.0 Neke napomene o mogućnostima programskog sistema I-DEAS¹

Programski sistem I-DEAS (Integrated Design Engineering Analysis Software) je višestruko složeni paket koji omogućava konstruktoru da reši najvedi deo projektnog zadatka pomoću računara, počev od modeliranja delova i sklopova, preko statičke i dinamičke analize, optimizacije strukture i kinematičke sinteze, do izrade tehničke dokumentacije i baze podataka. Svaki od ovih segmenata rešava poseban modul I-DEAS-a (slika 1.)



Slika 1. Struktura programskog sistema I-DEAS

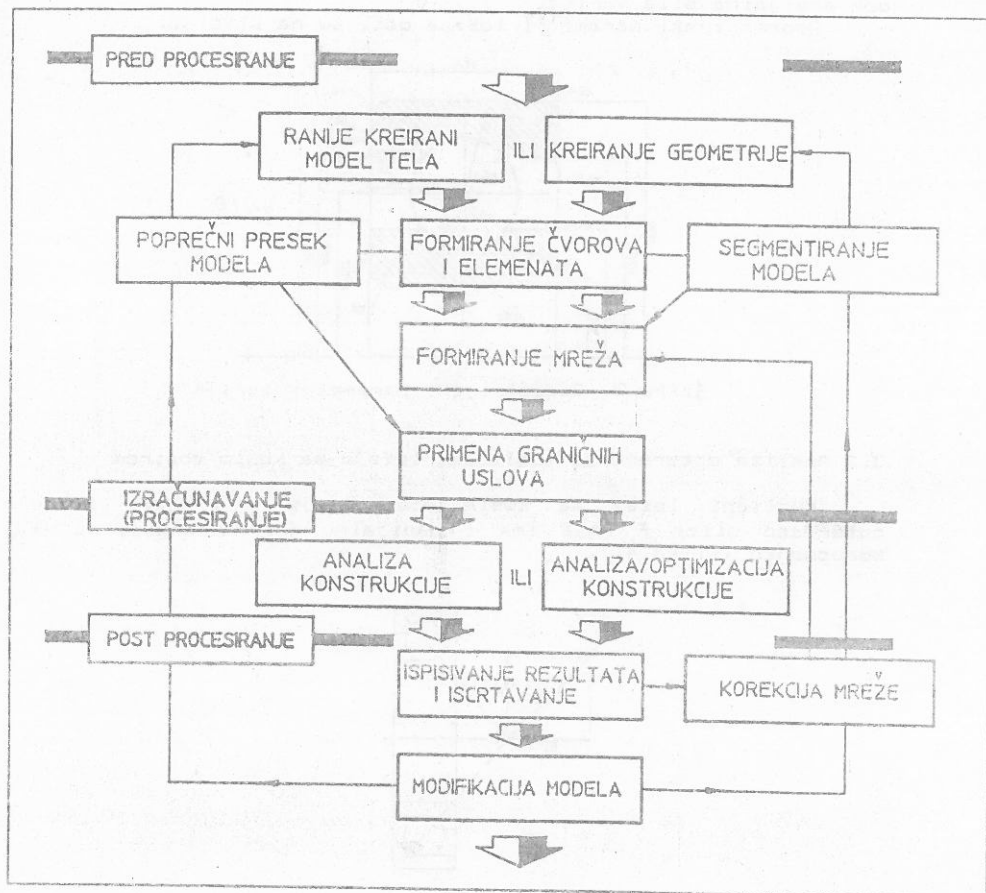
I-DEAS-ov modul SUPERTAB omogućava modeliranje i ispitivanje statičkog i dinamičkog ponašanja delova i sklopova primenom metode konačnih elemenata (MKE). Samo modeliranje podrazumeva formiranje modela diskretizovanog konačnim elementima sa fizičkim karakteristikama materijala, opterećenjima i ograničenjima.

Osnovne funkcije ovog modula su:

- pre/post procesiranje
- procesiranje (proračun-analiza)
- optimizacija (optimiranje fizičkih karakteristika definisanog modela)
- razmena podataka sa drugim MKE sistemima
- analiza statičkih i dinamičkih karakteristika posmatranog modela.

Strukturalni dijagram rada sa modulom SUPERTAB prikazan je na slici 2.

¹ Na IBM-FTN instalirana je verzija I-DEAS 4.00 na radnoj stanici HP-360SRX



Slika 2. Strukturni dijagram rada modula SUPERTAB

3.0 Modeliranje kugličnog ležaja sa kosim dodirom

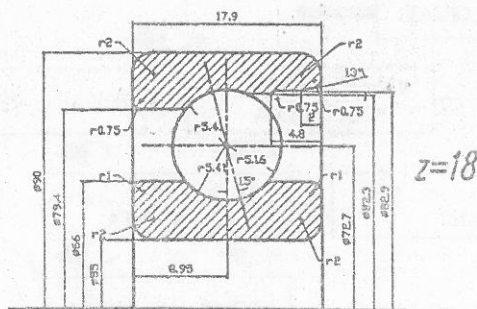
3.1 Geometrijske karakteristike analiziranog ležaja

Za testiranje mogućnosti I-DEAS-ovog modula SUPERTAB poslužio je kuglični ležaj sa kosim dodirom tip B7011C.TPA.P4.K5.UL proizvođača FAG. Ove ležajeve moguće je opteretiti i radijalnom (F_r) i aksijalnom (F_a) silom.

Prilikom analiziranja ponašanja ležaja razmatrani su sledeći slučajevi opterećenja:

- 1.) $F_r = 3000$ N (realno opterećenje pri eksploataciji)
 - 2.) $F_r = 25000$ N (statička moć noženja)
- dok aksijalna sila varira.

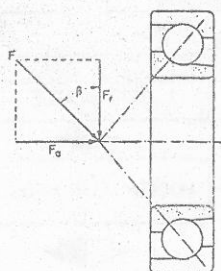
Geometrijski parametri ležaja dati su na slici 3.



Slika 3. Geometrijski parametri ležaja

3.2 Analiza opterećenja kugličnog ležaja sa kosim dodirom

Kuglični ležaj sa kosim dodirom je u opštem slučaju opterećen silom F koja ima i radijalnu (F_r) i aksijalnu (F_a) komponentu (slika 4.).

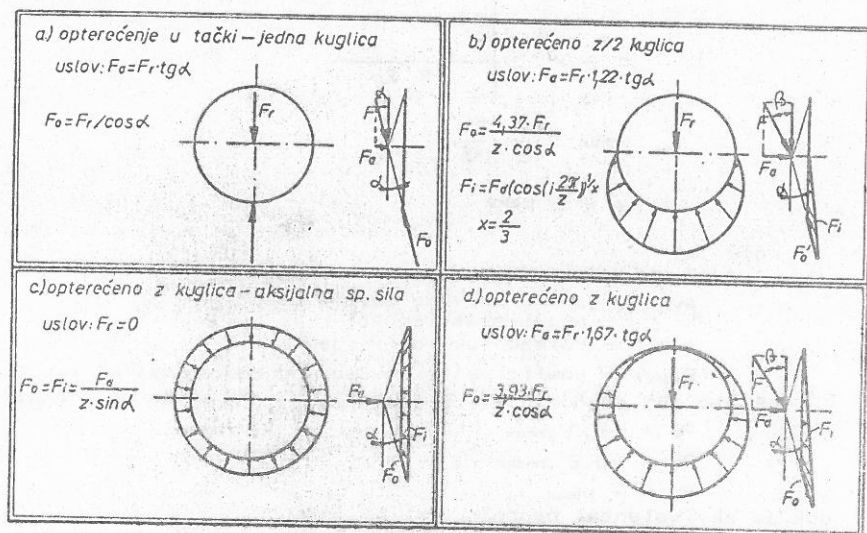


Slika 4. šema opterećenja ležaja

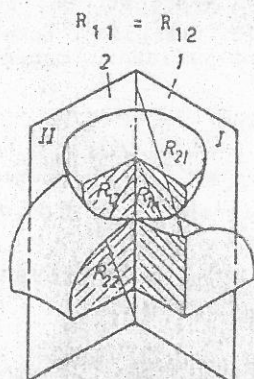
Zavisno od odnosa F_a/F_r , ukupnog broja kuglica (z) i ugla dodira (α) sile koju primaju na sebe pojedine kuglice (F_i) i ukupan broj koji je opterećen (izrazeno preko ugla opterećenja ψ) je različit. Neki karakteristični slučajevi raspodele opterećenja prikazani su na slici 5. [1], [2].

Da bi odredili deformacije i napone, koji se javljaju u ležaju iskoristena je Hertz-ova teorija kontaktnih napona [2], [3] koji se javljaju između kuglica sa jedne i pojedinih prstenova ležaja sa druge strane.

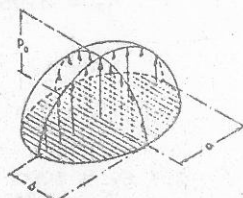
Geometrijski parametri kontakta kuglica-prsten dati su na slici 6.



Slika 5. Varijante raspodele opterećenja ležaja



Slika 6. Geometrijski parametri kontakta



Slika 7. Raspodela opterećenja u zoni kontakta

Vrednosti poluosa (a, b) eliptične kontaktne površine, maksimalni pritisak (p_{max}) u zoni kontakta i deformacija spregnutih delova (δ) jednake su: (vidi i sliku 7.)

$$a = \mu \sqrt[3]{\frac{3 \left(1 - \frac{1}{m^2}\right) F}{E \sum \rho}}$$

$$b = \sqrt[3]{\frac{3 \left(1 - \frac{1}{m^2}\right) F}{E \Sigma \rho}}$$

$$p_{\max} = \frac{3}{2} \frac{F}{\pi a b}$$

$$\delta = \Omega F^{2/3}$$

gde je:

- F - sila koja deluje na kuglicu
- ρ_{ij} - glavne krivine delova u dodiru
- E - modul elastičnosti
- $1/m$ - Poisson-ov koeficijent

Ω, μ, ν - koeficijenti zavisni od odnosa ρ_{ij} ($i, j=1,2$)

Prema [3] odgovarajući glavni naponi u zoni kontakta su:

$$\sigma_1 = -0.8 p_{\max}$$

$$\sigma_2 = -0.8 p_{\max}$$

$$\sigma_3 = -p_{\max}$$

dok je ekvivalentni napon:

$$\sigma_{\text{ekv}} = 0.2 p_{\max}$$

Za kuglični ležaj B7011C.TPA. vrednosti F_0 , p_{\max} , δ i σ_{ekv} pri $E = 2.08 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$ i $1/m = 0.3$ i varijanti opterećenja a.) i b.) sa slike 5 i $F_r = 3000 \text{ N}$ za varijantu opterećenja a.) i $F_r = 25000 \text{ N}$ su sledeće:

1.) $F_r = 3000 \text{ N}$ i varijanta a)

$$F_0 = 3105.8 \text{ N}$$

| | spoljnji prsten | unutrašnji prsten |
|-------------------------|--|--|
| $p_{\max} =$ | $2798.1 \cdot 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}$ | $3109.9 \cdot 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}$ |
| $\delta =$ | $4.9 \cdot 10^{-6} \text{ [m]}$ | $5.2 \cdot 10^{-6} \text{ [m]}$ |
| $\sigma_{\text{ekv}} =$ | $559.6 \cdot 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}$ | $622.0 \cdot 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}$ |

2.) $F_r = 3000 \text{ N}$ i varijanta b)

$$F_0 = 754.0 \text{ N}$$

| | spoljnji prsten | unutrašnji prsten |
|-------------------------|--|--|
| $p_{\max} =$ | $1745.6 \cdot 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}$ | $1940.1 \cdot 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}$ |
| $\delta =$ | $1.9 \cdot 10^{-6} \text{ [m]}$ | $2.0 \cdot 10^{-6} \text{ [m]}$ |
| $\sigma_{\text{ekv}} =$ | $349.1 \cdot 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}$ | $388.0 \cdot 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}$ |

3.) $F_r = 25000 \text{ N}$ i varijanta a)

$$F_0 = 25881.9 \text{ N}$$

| | spoljnji prsten | unutrašnji prsten |
|-------------------------|--|--|
| $p_{\max} =$ | $5672.9 \cdot 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}$ | $6305.0 \cdot 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}$ |
| $\delta =$ | $20.2 \cdot 10^{-6} \text{ [m]}$ | $21.3 \cdot 10^{-6} \text{ [m]}$ |
| $\sigma_{\text{ekv}} =$ | $1134.6 \cdot 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}$ | $1261.0 \cdot 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}$ |

Dobijeni rezultati pod 2.) se odnose na najopterećeniju kuglicu.

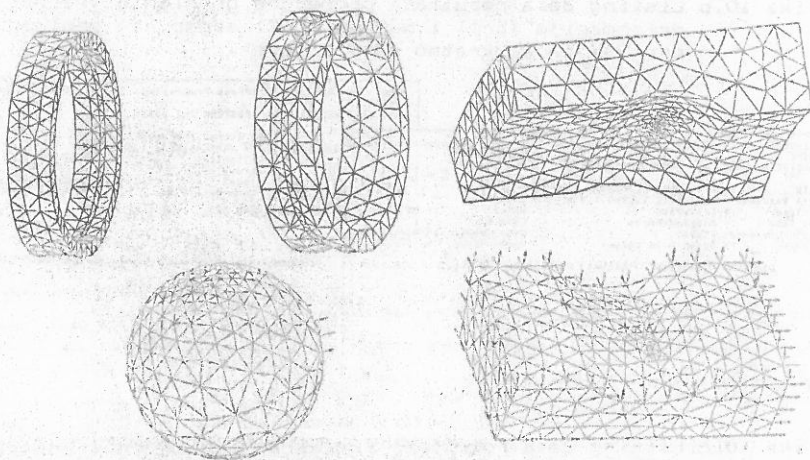
3.3 Modeliranje kugličnog ležaja primenom programskog sistema I-DEAS

Modeliranje pomoću programskog sistema I-DEAS, odnosno njegovog modula SUPERTAB, zahteva određenu proceduru, kako je to u globalu prikazano na slici 2. Procedura sadrži niz aktivnosti koje se ređaju na sledeći način: (konkretizovano za analizirani ležaj)

- 1.) Formiranje realne konstrukcije ležišta (slika 8.)
- 2.) Stvaranje simplificiranog modela dekomponovanjem i uprošćenjem realne konstrukcije (zanemareni su radijusi zaobljenja - slika 8.)
- 3.) Diskretizovanje modela odgovarajućim konačnim elementima (za ovaj slučaj u obliku tetraedra, veličine 0.3 do 6 mm, a broj elemenata je u granicama od 1063 do 3658) (slika 9.)
- 4.) Na osnovu rezultata dobijenih u prethodnim koracima u procesorskom delu se formira matematički model (u ovom slučaju je korišten linearni model MKE) čijim rešenjem se dobijaju rezultati.



Slika 8. Model kugličnog ležaja



Slika 9. Modeli uprošćenih delova kugličnog ležaja diskretizovani konačnim elementima, opterećenjima i ograničenjima

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|---|
| SORE I-DEAS 4.0: Pre/Post Processing KUGLICI LEZAJ SA KOSIM ODJEDINOM DEFORMACIJE KUGLE SA 3000 | | | | 13-AUG-92 14:30:41 | 13-AUG-92 14:30:41 |
| a-1 | | | | | a-2 |
| Group ID : No stored PERMANENT GROUP Analysis Dataset : 1 - CASE 1, LOAD 1, DISPLACEMENTS Report Type : Criterion Dataset Type : Displacements Frame of Reference : Global Data range : Above Data Value | | | | Dataset : No stored PERMANENT GROUP Type : 2 - CASE 1, LOAD 1, STRESSES Criterium : Stress Reference : Global Upper Value : Above Data Value | Units : mm Load Set : 1 Data Component : Min Prin Upper Value : 0.0000E+00 |
| Displ-X Displ-Y Displ-Z Rot-X Rot-Y Rot-Z | | | | Max Prin Mid Prin Min Prin Max Shear Von Mises | |
| 2233 2303 40 1 1 1 | | | | 2275 1157 3040 2875 2075 | |
| Maximum 6.076E-03 5.374E-02 1.148E-01 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 | | | | 2.521E+06 5.062E+05 1.041E+05 2.884E+06 4.673E+06 | |
| Minimum -0.078E-03 -7.550E-02 1.501E-04 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 | | | | -1.033E+06 -2.242E+06 -3.421E+06 4.408E+03 1.297E+04 | |
| Average -0.189E-04 -1.942E-02 5.644E-02 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 | | | | 2.054E+04 -1.394E+04 -1.663E+05 7.743E+06 1.809E+05 | |

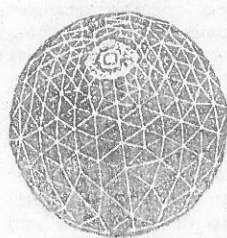
Slika 10.a Listing dela rezultata proračuna graničnih vrednosti deformacija (a-1) i napona (a-2) kugle za konkretno opterećenje

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|---|
| SORE I-DEAS 4.0: Pre/Post Processing KUGLICI LEZAJ SA KOSIM ODJEDINOM DEFORMACIJE SEGMENTA SP. PASTENA PRI 3000N | | | | 13-AUG-92 16:12:41 | 13-AUG-92 16:12:41 |
| b-1 | | | | | b-2 |
| Group ID : No stored PERMANENT GROUP Analysis Dataset : 1 - CASE 1, LOAD 1, DISPLACEMENTS Report Type : Criterion Dataset Type : Displacements Frame of Reference : Global Data range : Above Data Value | | | | Dataset : No stored PERMANENT GROUP Type : 2 - CASE 1, LOAD 1, STRESSES Criterium : Stress Reference : Global Upper Value : Above Data Value | Units : mm Load Set : 1 Data Component : Min Prin Upper Value : 0.0000E+00 |
| Displ-X Displ-Y Displ-Z Rot-X Rot-Y Rot-Z | | | | Max Prin Mid Prin Min Prin Max Shear Von Mises | |
| 1343 1343 1563 1 1 1 | | | | 1339 1340 1352 1342 1342 | |
| Maximum 2.519E-02 7.220E-03 1.953E-04 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 | | | | -1.576E+07 1.351E+06 5.072E+05 1.076E+07 3.579E+07 | |
| Minimum -1.071E-04 -1.379E-04 -5.502E-03 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 | | | | 2.709E+04 -3.010E+04 -1.735E+05 7.701E+04 1.792E+05 | |
| Average 5.193E-04 2.270E-04 -9.737E-05 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 | | | | | |

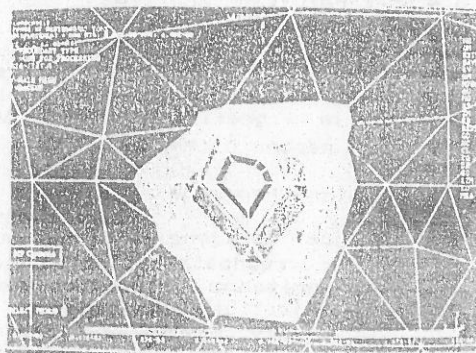
Slika 10.b Listing dela rezultata proračuna graničnih vrednosti deformacija (b-1) i napona (b-2) segmenta spoljašnjeg prstena za konkretno opterećenje

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|---|
| SORE I-DEAS 4.0: Pre/Post Processing LEZAJSIMP DEFORMACIJE SEGMENTA UN. PASTENA PRI 3000N | | | | 13-AUG-92 17:11:41 | 13-AUG-92 17:11:42 |
| c-1 | | | | | c-2 |
| Group ID : No stored PERMANENT GROUP Analysis Dataset : 1 - CASE 1, LOAD 1, DISPLACEMENTS Report Type : Criterion Dataset Type : Displacements Frame of Reference : Global Data range : Above Data Value | | | | Dataset : No stored PERMANENT GROUP Type : 2 - CASE 1, LOAD 1, STRESSES Criterium : Stress Reference : Global Upper Value : Above Data Value | Units : mm Load Set : 1 Data Component : Max Prin Upper Value : 0.0000E+00 |
| Displ-X Displ-Y Displ-Z Rot-X Rot-Y Rot-Z | | | | Max Prin Mid Prin Min Prin Max Shear Von Mises | |
| 2672 1772 1772 1 1 1 | | | | 1.040E+07 1.230E+06 1.550E+05 0.779E+06 1.549E+07 | |
| Maximum 1.707E-04 5.721E-05 1.989E-05 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 | | | | -3.303E+06 -0.520E+06 -1.414E+07 0.000E+00 0.000E+00 | |
| Minimum -1.050E-02 -2.351E-04 -1.900E-04 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 | | | | 3.264E+04 -2.049E+04 -1.702E+05 0.170E+06 1.496E+05 | |
| Average -5.045E-04 1.778E-04 0.737E-05 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 | | | | | |

Slika 10.c Listing dela rezultata proračuna graničnih vrednosti deformacija (c-1) i napona (c-2) segmenta unutrašnjeg prstena za konkretno opterećenje

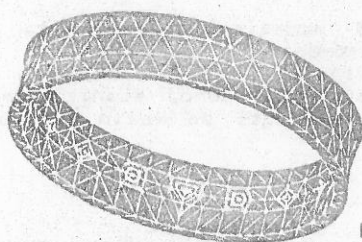


a-1



a-2

Slika 11.a Prikaz detalja stanja deformacija (a-1) i napona (a-2) kugle za konkretno opterećenje

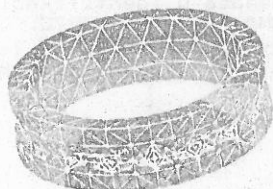


b-1

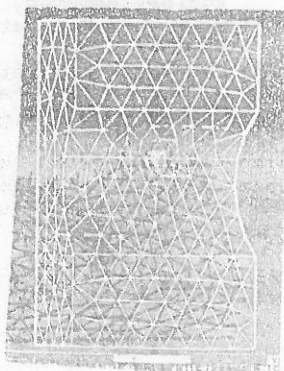


b-2

Slika 11.b Prikaz detalja stanja deformacija (b-1) i napona (b-2) spoljašnjeg prstena za konkretno opterećenje



c-1



c-2

Slika 11.c Prikaz detalja stanja deformacija (c-1) i napona (c-2) unutrašnjeg prstena za konkretno opterećenje

3.4 Neki rezultati analize

Na sledećim slikama (slika 10 i 11) prikazani su rezultati analize u obliku kako ih prezentira postprocesor. Date su ekstremne deformacije i naponi u alfanumeričkom i stanje napona i deformacija u grafičkom obliku. Vrednosti za deformisanje su u [mm] a za napone u [MN/mm²].

4.0 Zaključne napomene

Analizirajući dobijene rezultate uočavamo sledeće:

- vrednosti deformacija i napona kod prstenova dobijenih primenom I-DEAS-a bitno se razlikuju od rezultata dobijenih analitičkim metodom.

Na to prvenstveno utiče linearna teorija koja je primenjena kod ovog paketa, a zatim gustina mreže konačnih elemenata.

Primena manjih elemenata (gušća mreža) daje bolje rezultate, ali je to bilo ograničeno kapacitetom računara.

Na osnovu prethodnog proističu zaključci da je za dobijanje valjanih rezultata upotrebljivih za praksu:

- potrebno poboljšati model raspodele opterećenja kod ležaja,

- potrebno je za modeliranje primeniti najnovije verzije I-DEAS-a koje omogućavaju analizu i kontaktnih opterećenja i nelinearnu teoriju MKE,

- testiranje izvršiti na radnoj stanici sa više RAM memorije kako bi se moglo operisati sa većim brojem konačnih elemenata

5.0 Literatura

- [1] Eschmann, P., Hasbargen, L., Weingand, K.: Die Walzlagerpraxis, R. Oldenbourg Verlag, München Wien, 1978.
- [2] Krsmanović, V., Mitrović, R.: Klizni i kotrljajni ležaji, Građevinska knjiga, Beograd, 1989.
- [3] Timošenko, S., Gudier, T.: Teorija elastičnosti, Građevinska knjiga, Beograd, 1962.
- [4] Sekulović, M.: Metod konačnih elemenata, Građevinska knjiga, Beograd, 1988.
- [5] Kalajdžić, M.: Metod konačnih elemenata u identifikaciji nosećih struktura, Monografije IAMA, Beograd, 1972.
- [6] Komarica, N.: Numerical solution of state of stress in cardan joint fork, VI Hungarian-Polish seminar on mechanics and machine design, Krakov, Janowice, 1987.
- [7] I-DEAS Pre/Postprocessor, User's guide, SDRC
- [8] I-DEAS Model Solution, User's guide, SDRC

KONVERZIJA 2D MODELA ROTACIONIH DELOVA U 3D PROSTORNI CSG MODEL

mr Miroslav Trajanović, asistent Mašinskog fakulteta u Nišu
dr Dragan Domazet, red. prof. Mašinskog fakulteta u Nišu

1. UVOD

Na Mašinskom fakultetu u Nišu je razvijen CADROT sistem za konstruisanje rotacionih delova [1]. Sistem je zamišljen tako da se proces konstruisanja izvodi slaganjem odgovarajućih konstruktivnih elemenata koji se biraju iz sistema menija. Na taj način se proces konstruisanja bitno ubrzava, a istovremeno je izbegnut obiman unos podataka i komandi. Konstruktivni elementi od kojih se konstruiše deo su podeljeni u tri grupe:

- osnovni rotacioni elementi (cilindar, konus, sfera),
- dodatni rotacioni elementi (oborene i zaobljene ivice, useci i dr.),
- dodatni nerotacioni elementi (otvori, rupe, žljebovi i dr.).

Ovaj sistem je po karakteru 2D sistem. To znači da je prikaz delova na ekranu dvodimenzionalan, mada je moguće videti i projekcije dela, kao i preseke na željenim mestima. Numerički model koji se čuva u memoriji računara je po organizaciji dvodimenzionalan. Međutim, ovaj model ima sve potrebne podatke za 3D reprezentaciju dela. Ovo je posebno olakšano činjenicom da se radi o sistemu za konstruisanje rotacionih delova.

Na žalost, za neke CAE aplikacije ovaj model je nedovoljan zbog njegovog 2D karaktera. Tako, na primer, analiza rotacionog dela metodom konačnih elemenata, zbog prirode opterećenja i graničnih uslova, zahteva 3D model čak i ako je sam deo osnosimetričan. Da bi se izbeglo ponovno unošenje podataka o delu, što je u slučaju 3D modela prilično zamoran posao, pristupilo se izradi programa za automatsku konverziju 2D modela u 3D model.

U ovom radu je prikazan jedan mogući pristup u konverziji podataka 2D modela rotacionih delova u 3D prostorni CSG model.

2. STRUKTURA PODATAKA U CADROT SISTEMU

Model proizvoda u CADROT sistemu sadrži sve relevantne geometrijske, topološke i tehnološke informacije potrebne za opis proizvoda (dela). Detaljni opis ovog modela se može naći u referencama /1,2,3,4/. Ovdje će se prikazati samo oni elementi modela koji su relevantni za 2D - 3D konverziju.

Definisanje modela proizvoda izvedeno je sistemom povezanih matrica. Metodom pointera (pokazivača) ustanovljena je obostrana veza između elemenata modela: kontura, segmenta, linija i temena. Na taj način moguće je direktno, dakle bez pretraživanja, pristupiti potrebnim podacima. Najvažnije matrice u modelu su:

LKON(i) - definiše broj i redosled segmenata u konturi aksijalnog preseka dela, kao i tip konture (spoljašnja, unutrašnja i sl.).

LSEG(i,j) - definiše, između ostalog, za svaki segment (j) sledeće podatke:

LSEG(1,j) - oznaka početne tačke segmenta

LSEG(2,j) - oznaka krajnje tačke segmenta

LSEG(3,j) - tip segmenta (1-verikalni, 2-horizontalni, 3-kosi,...)

LSEG(4,j) - pokazivač na podatke o pomoćnoj liniji segmenta.

V(i,j) - definiše X i Y koordinate karakterističnih tačaka modela.

Na slici 1 prikazana je struktura dela modela koji se uglavnom odnosi na geometrijske i topološke podatke. Kao primer uzeti su podaci za deo sa slike 4.

| LKON | | LSEG | | | | V | |
|-------------|----|------------------|------------------|--------------|------------------|-------|-------|
| | | POČETNA TAČKA | KRAJNJA TAČKA | TIP SEGMA | POMOĆ. LINIJA | X | Y |
| BROJ SEGMA. | 7 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0.0 | 0.0 |
| SEG 1 | 6 | 2 | 3 | 2 | 4 | 0.0 | 45.0 |
| SEG 2 | 7 | 3 | 4 | 1 | 3 | 150.0 | 45.0 |
| SEG 3 | 9 | 4 | 5 | 2 | 6 | 150.0 | 100.0 |
| SEG 4 | 10 | 5 | 6 | 1 | 5 | 250.0 | 100.0 |
| SEG 5 | 11 | 1 | 7 | 1 | 2 | 250.0 | 0.0 |
| SEG 6 | 4 | 7 | 8 | 3 | 7 | 0.0 | 40.0 |
| SEG 7 | 5 | 8 | 3 | 2 | 4 | 5.0 | 45.0 |
| TIP KONT. | 1 | 8 | 9 | 2 | 4 | 145.0 | 45.0 |
| | | 9 | 10 | 4 | 11 | 150.0 | 50.0 |
| | | 10 | 4 | 1 | 3 | 145.0 | 50.0 |

Sli.1. Deo strukture podataka u CADROT modelu

3. IRIT SOLID MODELER

IRIT solid modeler /5/ spada u klasu CSG modelera napisanih pre svega za edukativne svrhe. Razvijen je u jeziku Turbo C++ na PC platformi. Ovaj modeler omogućuje modeliranje osnovnih geometrijskih primitiva (paralelepiped, cilindar, konus, zarubljeni konus sfera i torus) i Bezierovih i B-splaj površina i krivih. Definisane primitivne se interno reprezentuju poligonima. Preciznost reprezentacije se može regulisati promenom rezolucije.

Komande za definisanje primitiva se izdaju sa tastera, a mogu biti učitane i iz neke datoteke. Ove komande su slične kao i kod drugih CSG modelera. Na primer, zarubljeni konus, čije je ime A se definiše komandom:

```
A=CON2 (VECTOR (X_BAZE1, Y_BAZE1, Z_BAZE1),  
         (VECTOR (X_BAZE2, Y_BAZE2, Z_BAZE2),  
          RADIJUS1, RADIJUS2);
```

Nad definisanim primitivama se mogu vršiti sve Bulove operacije, kao što su: sabiranje, oduzimanje, presek. Na primer, od cilindra A se može oduzeti paralelepiped B (to na primer može biti žljeb za klin) sledećom komandom:

```
C = A - B;
```

čime je dobijeno telo C koje predstavlja cilindar sa žljebom za klin. Na taj način se mogu modelirati tela koji po složenosti odgovaraju realnim industrijskim delovima. Dobijeni model se dalje može skalirati, translirati ili rotirati u cilju adekvatnog 3D prikaza.

Kada se u IRIT-u definiše model i kada se izvrše izračunavanja svih poligona koji definišu složeno telo, može se u neku datoteku zapisati geometrijski model. Ovaj model je potpuni 3D model i može se dalje koristiti za željene potrebe.

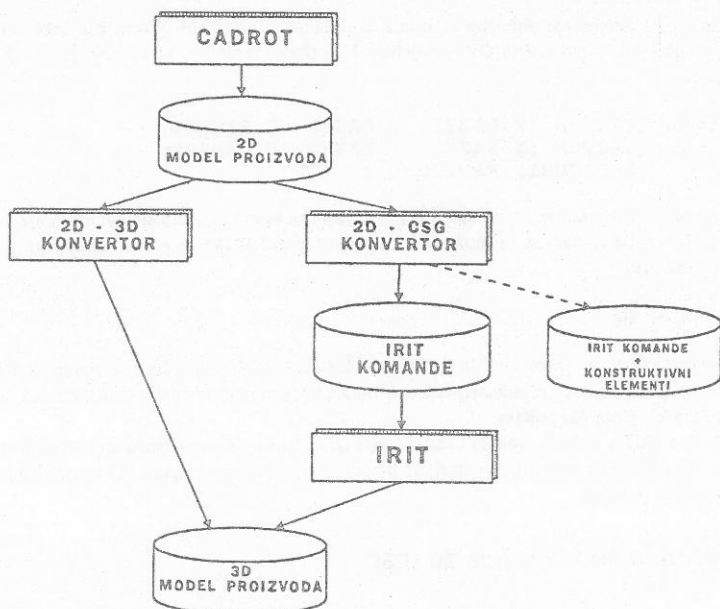
4. KONVERZIJA PODATAKA IZ 2D U 3D

Konverzija podataka iz 2D u 3D podrazumeva da se podaci o 2D modelu sa nekom strukturom podataka (na primer CADROT struktura) prevedu u 3D model nekog modelera čija je struktura podataka poznata. Pri tom je potrebno izvršiti sva potrebna preračunavanja kao što su: određivanje ravni preseka dva tela, određivanje linija i temena. Ova preračunavanja zahtevaju obimne algoritme čija programska realizacija zahteva mnogo vremena. Međutim, sve ovo su zadaci koje normalno izvršava jedan solid modeler. Zbog toga je rešeno da se umesto pisanja ovih rutina upotrebi gotov solid modeler (IRIT), a da se konverzija izvrši tako što će se na osnovu CADROT modela definisati ulazne komande za IRIT. Na slici 2 su prikazane ove dve mogućnosti konverzije modela. Levi krak bi odgovarao pisanju rutina za direktnu konverziju, a desni krak predstavlja izabrani pristup koji je realizovan programom ROT_IRIT. Ovaj program je razvijen u jeziku C++ na PC platformi.

Konverzija se vrši tako što se vrši analiza podataka iz matrice LSEG. Na osnovu analize se definišu ekvivalentne osnovne CSG primitive od kojih je načinjen proizvod. Na primer, ako se analizom utvrdi da je neki od segmenata horizontalan, onda se inicira definisanje cilindrične primitive koja po dimenzijama i položaju odgovara ovom segmentu. Kada su poznati svi podaci o primitivi generiše se IRIT komanda koja odgovara definisanoj primitivi. Ove komande se zapisuju u jednu komandnu datoteku kako bi kasnije mogao da ih pročita IRIT modeler. Na slici 3 su dati neki primeri analogije oblika između CADROT i IRIT primitiva.

Paralelno sa generisanjem komandi koje definišu primitive, generišu se i komande koje odgovaraju Bulovim operacijama potrebnim da se od ovih primitiva modelira proizvod. I ove komande se upisuju u istu komandnu datoteku.

Kada je komandna datoteka potpuno završena, poziva se program IRIT i izvršava se komandna datoteka. IRIT definiše automatski 3D model proizvoda koji je takođe moguće zapisati u datoteku radi daljeg korišćenja.



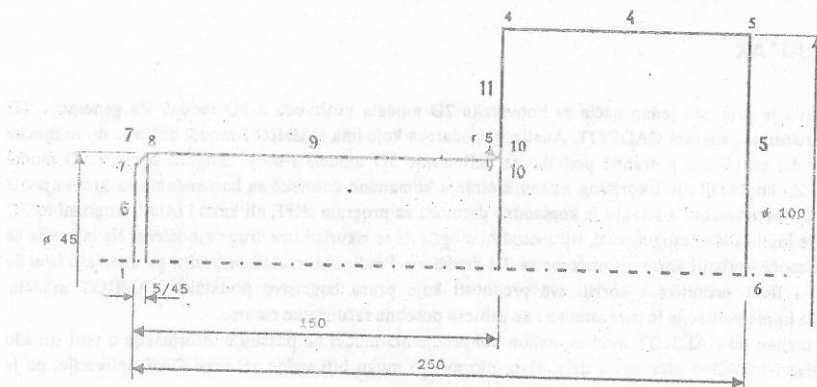
Sl.2. Konverzija 2D modela u 3D model

| CADROT | BULOVA OPERAC. | IRIT |
|-----------|----------------|------|
| KONUS | \div [IL] | |
| USEK | - | |
| OTVOR | o | |

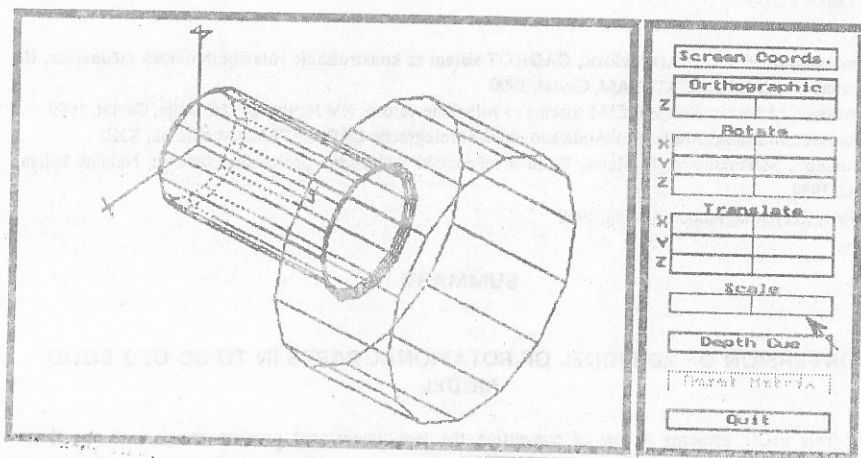
Sl.3. Neki primeri analogije između tehničkih elemenata CADROTA i primitiva IRIT-a

5. PRIMER

Za ilustraciju opisane konverzije poslužiće jednostavan deo na slici 4. Deo je konstruisan korišćenjem programa CADROT, a zatim je model zapisan u datoteku. Najvažnije matrice CADROT modela za ovaj deo su date na slici 1.



Sl. 4. CADROT prezentacija izabranog dela



Sl. 5. 3D prezentacija dela u programu IRIT

Nakon što je CADROT model proizvoda zapisan pozvan je program ROT_IRIT za kreiranje IRIT komandne datoteke. Dobijena datoteka ima sledeći sadržaj:

```
konus = con2 (vector (0,0,0), vector (0,5,0), 40, 45);
telo=konus;
cilindar = cylin (vector (0,5,0), vector (0,140,0), 45);
telo = telo + cilindar;
cilindar = cylin ( vector (0,145,0), vector (0,5,0), 50);
tor = torus ( vector (0,145,0), vector (0,1,0), 50, 5);
```



```

zaobljenje = cilindar - tor;
telo = telo + zaobljenje;
cilindar = cylin ( vector (0,150,0), vector (0,100,0), 100);
telo = telo + cilindar;

```

Korišćenjem ove komandne datoteke se može u IRIT-u dobiti 3D prezentacija ovog dela, a može se i zapisati 3D model. IRIT prezentacija izabranog dela je prikazana na slici 5.

6. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan jedan način za konverziju 2D modela proizvoda u 3D model. Za generaciju 2D modela korišćen je program CADROT. Analizom podataka koje ima CADROT model došlo se do zaključka da ovaj model sadrži sve potrebne podatke za definisanje 3D modela i da je moguće načiniti 3D model proizvoda. Za konverziju je iskorišćen metod kreiranja komandne datoteke sa komandama za kreiranje 3D primitiva. U ovom slučaju u pitanju je komandna datoteka za program IRIT, ali kako i ostali programi za 3D modeliranje imaju slične mogućnosti, isti metod bi mogao da se iskoristi i za druge modelere. Na taj način se CADROT može koristiti kao pretprocesor za 3D modelere. Predloženi metod se bazira na analogiji između CADROT i IRIT primitiva i koristi sve prednosti koje pruža bogatstvo podataka CADROT modela. Programaska implementacija je jednostavna i ne zahteva posebne računarske resurse.

Za razliku od CADROT modela, nakon konverzije 3D model ne poseduje informacije o vezi između 3D primitiva i tehničkih elemenata dela. Ove informacije mogu biti važne za neke CAE aplikacije, pa je prikazani proces konverzije potrebno poboljšati u ovom smislu.

7. LITERATURA

1. D.Domazet, M.Manić, Z.Arandelović, CADROT sistem za konstruisanje rotacionih delova računarom, III jugoslovenski simpozijum CAD/CAM, Cavtat, 1990
2. D.Domazet, M.Manić, Koncept CIM sistema za rotacione delove, XV Jupiter konferencija, Cavtat, 1989
3. D.Domazet, M.Manić, Model proizvoda kao element integracije CAD/CAPP/CAM sistema, XXII
4. D.Domazet, M.Trajanović, M.Manić, Uvod u računarski integrisane proizvodne sisteme, Naučna knjiga, Beograd, 1989
5. G.Elber, IRIT solid modeler, Utah, 1990

SUMMARY

CONVERSION OF 2D MODEL OF ROTATIONAL PARTS IN TO 3D CSG SOLID MODEL

This paper presents a way of converting the two-dimensional product model into the three-dimensional one. The CADROT program is used to generate the 2D model. By analyzing the data of CADROT model it has been concluded that this model contains all data necessary for defining and making 3D model. The method of creating the command file with commands for creating 3D primitives is used for conversion. In this case it is the command file for the IRIT program. Since all other programs for the 3D modeling have similar abilities, the same method can be used for other modelers as well. The proposed method is based on the analogy between the CADROT and IRIT primitive and uses all the advantages offered by rich data base of the CADROT model. The program implementation is simple and does not require special computer resources.

NAPOMENA: Ovaj rad je deo projekta CI.0273 koga finansira Fond za tehnološki razvoj Ministarstva za nauku Republike Srbije.

KONSTRUISANJE ROTACIONIH DELOVA POMOĆU SISTEMA CADROT

Dr Dragan Domazet, redovni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu

Mr Miodrag Manić, asistent Mašinskog fakulteta u Nišu

Dušan Nikolić, saradnik Mašinskog fakulteta u Nišu

Dragan Mišić, saradnik Mašinskog fakulteta u Nišu

1. UVOD

Mašinski delovi se najčešće mogu podeliti u: rotacione, prizmatične, limene i složene. Univerzalni CAD sistemi omogućavaju konstruisanje uz pomoć računara svih ovih tipova elemenata. Međutim, zbog svoje univerzalnosti, ovi sistemi ne koriste određene specifičnosti ovih tipova mašinskih delova. Namenski CAD sistemi, koji omogućavaju konstruisanje samo jednog od ovih tipova, koriste njihove specifičnosti, te omogućavaju znatno brže konstruisanje delova samo određenog tipa.

Pored brzine i ugodnosti rada nekog CAD sistema, od velike važnosti za ocenu njegovih svojstava je i stepen sadržajnosti i dostupnosti modela proizvoda koji predstavlja unutrašnju računarsku predstavu mašinskog dela, tj. njegov računarski model. Najveći broj CAD sistema koji se koriste danas na tržištu omogućavaju stvaranje modela proizvoda koji ne obuhvataju negeometrijska svojstva dela, kao što su tolerancije, kvalitete hrapavosti površina, konstruktivno-tehnološke elemente od kojih je deo sačinjen i dr. Oni najčešće generišu tzv. geometrijski CAD model, koji opisuje samo geometriju i topologiju dela. Kako je takav opis siromašan za mnoge inženjerske primene, to ovi CAD sistemi najčešće nisu integrisani sa drugim računarskim sistemima koji omogućavaju te inženjerske pripreme.

Na Mašinskom fakultetu je razvijen namenski CAD sistem za projektovanje svih vrsta rotacionih elemenata, koji mogu da sadrže i tzv. nerotacione elemente (napr. radijalne otvore), tj. CADROT sistem. Kako se pomoću njega novi deo konstruiše kombinovanjem ranije definisanih konstruktivno-tehnoloških elemenata dela, to se delovi vrlo brzo konstruišu, uz primenu parametarskog principa, tj. uz primenu opštih brojeva za vrednosti dimenzija. Ovo omogućava vrlo brzu promenu dimenzija i oblika delova jednostavnom promenom vrednosti neke dimenzije dela. Pored toga, CADROT sistem omogućava dobijanje potpunog modela

proizvoda rotacionih delova, tj. modela koji pored geometrijsko-topoloških svojstava, sadrži i podatke o tolerancijama, o hrapavosti površina, o tipu konstruktivno-tehnoloških elemenata koji su sadržani u delu, kao i njihovu laku identifikaciju. Ovo omogućava znatno lakše razumevanje tako opisanih delova od strane računarskih sistema koji koriste podatke o proizvodu, kao što je, na primer, sistem za automatsko projektovanje tehnoloških procesa. Ovde će se dati vrlo kratki opis ovog namenskog CAD sistema.

2. KONCEPT SISTEMA

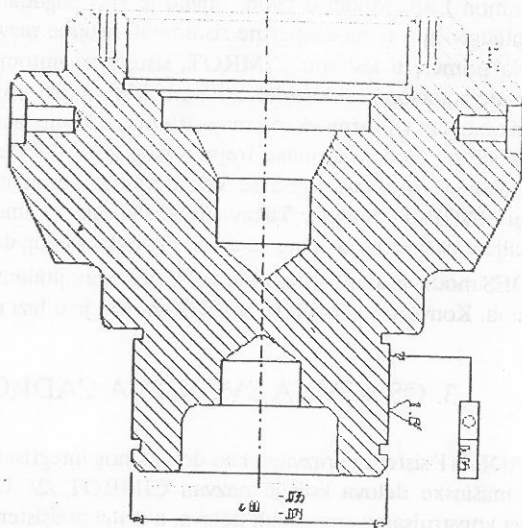
Na slici 1 prikazan je postupak rada CADROT sistema. Korisnik sistema bira potrebne konstruktivno-tehnološke elemente, tj. karakteristične površine (tzv. tehničke elemente) iz biblioteke elemenata sistema i postavlja ih na željeno mesto na crtežu dela. Posle nanošenja kotnih linija, upisuju se željene vrednosti karakterističnih dimenzija elemenata i dela, te se dobija deo određenih dimenzija i željenog oblika. U planu je da se sistemu doda i modul za kontrolu prethodno definisanih ograničenja dimenzija izabranih elemenata ili dela, što može da bude korisno pri konstruisanju delova sa standardizovanim ili unificiranim elementima. Takođe, ovaj "inteligentni predprocesor" sprečavao bi da konstruktor načini neke greške, jer će se svaka njegova odluka proveravati, tj. vršiće se automatska kontrola prethodno definisanih ograničenja koja su mu definisana.

Pored tehničkog crteža mašinskog dela, CADROT automatski kreira i svoj osnovni model proizvoda, koji sadrži sve geometrijske i negeometrijske podatke (tolerancije dimenzija i oblika, parametre hrapavosti površina, tipove ugrađenih tehničkih elemenata i dr.). On je osnov za rad mnogih drugih računarskih sistema u CIM ambijentu preduzeća koji imaju potrebe za podacima o proizvodu, kao što su sistemi za planiranje tehnoloških procesa, programiranje NC proizvodnih i mernih mašina, za proračun ili analizu MKE dela, analizu tehnološkičnosti, za planiranje montaže i dr. Model proizvoda CADROT sistema je u svojoj osnovi dvodimenzioni, jer sadrži podatke u 2D konturi rotacionog dela, ali sadrži i neke 3D podatke o nerotacionim elementima koji se nalaze na rotacionom delu (npr., žljeb za klin, radijalni otvor i sl.). U svom internom obliku, on je predstavljen sistemom međusobno povezanih matrica sa numeričkim podacima. Pored ovog oblika, osnovni model jedan deo podataka smešta i u formi tzv. objektnih tabela (slika 2). One sadrže sve tehničke elemente i tolerancije u vidu objekata, sa svim svojim atributima i njihovim vrednostima. Njihovim korišćenjem korisnik može lako da dobije sve podatke iz modela o bilo kom objektu (tehničkom elementu ili toleranciji). Međutim, da bi se u tim sistemima

koristio model proizvoda u obliku koji je najpogodniji za korišćenje u tim inženjerskim sistemima, CADROT omogućava i dobijanje modela proizvoda u drugim pogodnim oblicima. Razvijeni su programski konvertori osnovnog modela proizvoda u neki od izvedenih modela, kao što su:

- prostorni, CSG model modelera IRIT (a opciono su mogući i drugi),
- simbolički, objektno-orijentisani model koji deo opisuje u vidu objekata (frejmova) u jezičkom formatu koji se želi (npr. u Common Lisp-u), i
- standardizovani PDES oblik, preko koga se može komunicirati sa drugim CAD sistemima ili inženjerskim sistemima.

Prostorni model je najčešće potreban za dobijanje modela za analizu metodom konačnih elemenata (CSG), ili ako se želi da vrši prostorna vizualizacija dela ili analiza montažnosti dela u sklopu sa drugim delovima konstrukcije. CADROT konvertor automatski generiše potrebne komande solid modelera koji se koristi (a trenutno se koristi modeler IRIT), a on onda generiše potrebni CSG model i omogućava dalji rad sa njim.



status

```

(DefSchema :name      3
:parent Outer_Face
:with (

```

```

  (subtype Left
    (existence Exist
      (left-element 2)
      (right-element 4)
      (surface-id 3)
      (location 20.000)
      (diameter-1 160.000)
      (diameter-2 129.000)
      (length 0.000)
    ))

```

```

(DefSchema :name      4
:parent Outer_Cylinder
:with (

```

```

  (existence Exist
    (left-element 3)
    (right-element 5)
    (surface-id 4)
    (location 20.000)
    (diameter-1 160.000)
    (diameter-2 0.000)
    (length 30.000)
  ))

```

```

(DefSchema :name      5
:parent Outer_Taper
:with (

```

```

  (subtype Left-side-aligned
    (existence Exist
      (left-element 4)
      (right-element 6)
      (surface-id 6)
      (location 50.000)
      (diameter-1 160.000)
      (diameter-2 130.000)
    ))

```

--More-- (24%)

Slika 3 Automatski dobijeni simbolički opis (objektni model) dela na slici

Simbolički ili objekto-orijentisan model predstavlja opis dela u nekom od jezika za simboličko ili objektno-orijentisano opisivanje dela, kao što je na primer, definisanje frejmova u jeziku Common Lisp. Model u ovom obliku je vrlo pogodan za sve one sisteme koji koriste veštačku inteligenciju, tj. za ekspertne sisteme ili sisteme razvijene pomoću objektnog programiranja. Na primer, u sistemu CIMROT, sistem za automatsko projektovanje tehnoloških procesa izrade rotacionih delova koristi simbolički model proizvoda jer je on najpogodniji za programski ambijent (u formi ekspertnog sistema) u kome taj sistem radi /1/. Na slici 3 prikazan je deo simboličkog modela u obliku frejmovskog opisa u jeziku Common Lisp za deo prikazan na slici. Dobijanje ovakvog opisa se vrši potpuno automatski po aktiviranju odgovarajuće komande u CADROT meniju. Takav simbolički opis se smešta u posebnu datoteku koja se može da šalje u ekspertne sisteme za analizu konstruisanog dela pomoću CADROT sistema.

PDES model je standardizovani oblik za prenos podataka o modelima proizvoda između CAD sistema. Konvertor osnovnog, u PDES model je u fazi razvoja.

3. OSNOVNA SVOJSTVA CADROT SISTEMA

CADROT sistem je razvijen kao deo jednog integrisanog CAD/CAPP/CAM sistema za rotacione mašinske delova koji je nazvan CIMROT /2/. U okviru tog sistema, CADROT omogućava konstruisanje rotacionih delova, a drugi podsistemi omogućavaju njegovu analizu i automatizaciju drugih inženjerijskih aktivnosti, na bazi jedinstvenog modela proizvoda kreiranog CADROT sistemom. Međutim, CADROT sistem je tako koncipiran da omogućava njegovo korišćenje i kao samostalan CAD sistem za rotacione delove, jer proizvodi i tehničke crteže delova, a i prostorne, CSG modele ili PDES modele proizvoda, te se lako može da poveže sa drugim CAD sistemima.

CADROT omogućava konstruisanje najvećeg broja uobičajenih mašinskih delova koji imaju osnovni rotacioni oblik, ali mogu da sadrže i nerotacione površine, odnosno, konstruktivno-tehnološke elemente, kao što su: žljebovi za klin, radijalne i ekscentrične rupe i otvori, ravne površine, zubi zubčanika i dr. Mogućnost konstruisanja delova je ograničena samo tipovima unapred definisanih konstruktivno-tehnoloških (tj. tehničkih) elemenata koji čine jedan mašinski deo. Ti elementi su podeljeni u tri kategorije:

- 1) osnovni elementi (cilindri, konusi, sfere, proizvodne rotacione površine i čeonu površine),
- 2) dodatni rotacioni elementi (useci različitog oblika, zaobljenja, oborene ivice, navoji i dr.), i
- 3) dodatni nerotacioni elementi (žljebovi za klin, radijalne i ekscentrične rupe i otvori različitog oblika, ravne površine i dr.).

Konstruktor bira ove elemente iz simboličkog menija na jednostavan način i locira ih na crtežu dela koji konstruiše. Na ovaj način vreme konstruisanja je znatno kraće nego kada se koriste drugi, univerzalni CAD sistemi. Pored ubrzanja konstruisanja, konstruisanje pomoću unapred definisanih tehničkih elemenata pruža i drugu pogodnost. U modelu proizvoda zapisani su u vidu posebnih objekata svi primenjeni tehnički elementi sa svim svojim atributima, što može znatno da olakša analizu proizvoda pomoću nekog od računarskih sistema koji automatizuju neke druge inženjerijske aktivnosti (projektovanje tehnoloških procesa, analiza tehnoloških

dela i dr.). Taj, tzv. "feature-based design" princip konstruisanja je sve popularniji, te najnoviji CAD sistemi sve više koriste ovaj princip zbog navedenih prednosti.

CADROT sistem koristi i princip tzv. parametarskog konstruisanja, tj. sve karakteristične tačke modela su zavisne od kotnih dimenzija, te se jednostavnom promenom vrednosti dimenzija kota, automatski vrši promena oblika dela, što je je vrlo pogodno pri konstruisanju sličnih delova ili familija unificiranih delova. Parametarski oblik opisivanja dela omogućava i definisanje relacija između parametarski izraženih dimenzija, što može da bude od koristi pri definisanju familija sličnih delova za koje važe definisane relacije. Takođe, pomoću unapred definisanih relacija, mogu se definisati i ograničenja koje ograničavaju slobodu konstruktoru pri konstruisanju određenih delova, a u skladu sa usvojenim standardima ili stečenim iskustvom u industrijskoj praksi.

CADROT sistem je razvijen kako za rad na PC386 računarima, tako i za rad na grafičkim radnim stanicama sa UNIX operativnim sistemom. Kako koristi standardnu GKS grafičku biblioteku, može da se koristi na svim računarskim sistemima koji imaju ovu biblioteku.

4 ZAKLJUČAK

CADROT sistem omogućava vrlo brzo konstruisanje rotacionih delova koji mogu da sadrže i nerotacione površine i elemente, tj. sve delove za koje postoje unapred definisani elementi u njegovoj biblioteci. Konstruisanje pomoću unapred definisanih elemenata, pored brzine, omogućava i laku tehnološku ili neku drugu analizu dela, jer model proizvoda sadrži i opise svih ovih elemenata u vidu posebno opisanih objekata.

Pored geometrijskih, CADROT model proizvoda sadrži i sve negeometrijske i druge inženjerima potrebne podatke (sve vrste tolerancija, parametre hrapavosti površina i dr.), te za razliku od najvećeg broja drugih CAD sistema pruža potpuni opis proizvoda. Pored osnovnog modela proizvoda, CADROT sistem omogućava dobijanje modela proizvoda i u drugim željenim oblicima, kao što su simbolički (objektni) model, ili prostorni CSG model. Na taj način je omogućeno lako povezivanje CADROT sistemima sa ekspertnim sistemima, odnosno, sa drugim CAD sistemima.

Abstrakt

U radu je opisan CADROT sistem za konstruisanje rotacionih delova uz korišćenje metoda konstruisanja uz pomoć tehničkih elemenata. Rotacioni delovi mogu da imaju i nerotacione tehničke (tj. konstruktivno-tehnološke) elemente. Biranjem i slaganjem potrebnih elemenata iz menija, vrlo se brzo konstruiše mašinski deo. Kako je primenjen i princip parametarskog konstruisanja, to se geometrijski izgled lako menja jednostavnom promenom dimenzija na kotnim linijama. Specifičnost CADROT sistema je i u tome što koristi model proizvoda koji pored opisa svih tehničkih elemenata od kojih je sačinjen, sadrži i sve geometrijske i negeometrijske podatke o delu (npr. tolerancije, kvalitete hrapavosti površina i dr.) koje mogu biti potrebne za bilo koju inženjerijsku aktivnost. Da bi mogao lakše da se povezuje sa drugim računarskim sistemima, ima ugrađene konvertore za konverziju osnovnog modela proizvoda,

koji je u osnovi dvodimenzioni, u 3D CSG modele ili u simboličke, tj. objektno-orijentisane modele koji omogućuju njegovo lako povezivanje sa ekspertnim sistemima.

Summary

This paper describes the CADROT system for computer-aided design of rotational parts by using feature-based design approach. Rotational parts can have also non-rotational form features. The part is designed very quickly by choosing form features from the iconic menu, and positioning them on the drawing. As the parametric design approach is applied, the part's shape is automatically changed when modifying dimension values. Besides of form and tolerance features, CADROT product model contains all geometric and non-geometric data (tolerances, surface finish data) necessary to any computer-aided engineering activity. CADROT system uses convertors of its basic product model to specific ones, i.e. with specific formats, such as 3D solid CSG model, or symbolic, object-oriented model. It allows an easy communication of the CADROT system with any expert system that uses the symbolic product representation.

LITERATURA

1. Domazet, D.S., Ekspertni sistem za projektovanje tehnoloških procesa za rotacione delove - XROT, 16. JUPITER konferencija, CIM simpozijum, JUPITER Zajednica, Kopaonik, 1992.
2. Domazet, D.S., Simultano projektovanje proizvoda i tehnologija korišćenjem metoda veštačke inteligencije, 24. Savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Novi Sad, 1992.
3. Domazet, D.S., CADROT: A Product Modeller and CAD module for Integrated CAD/CAPP/CAM System for Rotational Parts, Proceedings of the 28th MATADOR Conference, UMIST, Manchester, 1990.
4. Domazet, D.S., Concurrent Design and Process Planning of Rotational Parts, CIRP Annals, Vol. 41/1 (1992).

NAPOMENA: Ovaj rad je deo projekta C1.0273 koga finansira Fond za tehnološki razvoj Ministarstva za nauku Republike Srbije.

NEKI PROBLEMI U RAZVOJU CAD/CAM SISTEMA ZA TURBINSKE LOPATICE

*dr Pavao O. Bojanic, dipl mas.inz. Masinski fakultet Univerziteta u Beogradu
27. marta 80, 11000 Beograd*

Rezime

U radu se daju neki rezultati istrazivanja i razvoja CAD/CAM sistema za turbinske lopatice. Razradjena su dva pristupa u obezbedjenju internog, kompjuterskog modela lopatice. Jedan se odnosi na slucaj nepoznate geometrije ali poznatog fizickog modela. Integriranjem procesa kontrole modela na NCMM i geometrijskog modeliranja, nastaje interni model lopatice. Drugi pristup se odnosi na kreiranje geometrije lopatice nekim CAD sistemom koji se preko IGES formata integriše u razvijeni sistem. Na bazi jedinstvenog internog modela sistem projektuje putanju alata i generise upravljacke informacije za obradu na troosnim obradnim centrima.

Summary

In the paper are given some results of researching and developing of CAD/CAM system for turbine blades. Two ways of building internal, computerized blade model are worked out. One of them is connected with the case of unknown geometry but when physical model is given. By integrating processes of inspection of physical model on NCMM and geometrical modeling, internal model of blade is made. The other way is connected with creating geometry of the blade by a CAD system and is merged in the developed system by IGES format. Based on the unique internal model, the system projects the tool path and generates command information for processing on CNC machine tools.

1. Uvod

Problem izrade proizvoda sa slozenim površinama, kakvi su i turbinske lopatice, predstavlja vrlo ozbiljan inženjerski zadatak. Monopol u tehnologiji izrade pomenutih proizvoda drže industrijski razvijene zemlje. Međutim, uvođenjem CA (Computer Aided) tehnologije u oblast projektovanja proizvoda (CAD), projektovanja tehnologije (CAM), numerickog uprav-

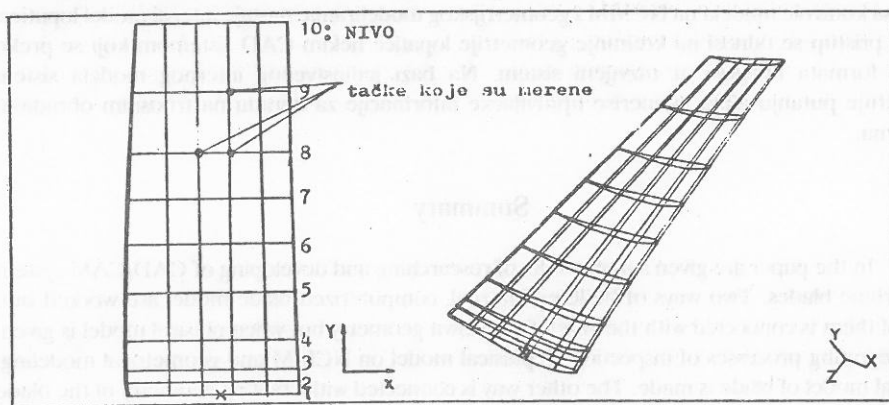
ljanja na nivou pogona i integracije svega na CIM konceptu, stvaraju se uslovi za prevazilazenje tehnoloskog zaostajanja u sferi proizvodnje komponenti koje u svojoj topologiji mogu imati skulptorske površine.

Problem izrade turbinskih lopatica u domacoj masinogradnji, u cijem resavanju je ucestvovao i Masinski fakultet u Beogradu, namece u osnovi dva pristupa u resavanju istog. Prvi pristup polazi od poznatog fizickog modela lopatice, bez ikakve druge tehnicke dokumentacije. Drugi pristup podrazumeva da je poznat crtez lopatice ili da se ista modelira koriscenjem nekog komercijalnog CAD sistema kao sto je IDEAS, CATIA, CADAM, EUCLID itd. Da bi se uspostavio jedinstven CAD/CAM sistem koji ce u sebi objedinjavati oba pristupa u resavanju problema izrade lopatica, neminovno se namece potreba za dva pristupa u uspostavljanju jedinstvenog internog geometrijskog modela istih:

- interpolacijom i ekstrapolacijom površinskih segmenata i
- preprocesiranjem IGES formata.

2. Modeliranje lopatice na bazi fizickog modela

Za uspostavljanje internog geometrijskog modela lopatice za slucaj poznatog fizickog modela razvijeni sistem podrazumeva ASCII datoteku dobijenu kao izlaz na numericki upravljanoj mernoj masini. Merenje se vrsi u odredjenom broju preseka, nivoa kako sa jedne tako i sa druge strane lopatice, sl.1.



Sl.1 Merne tacke na lopatici

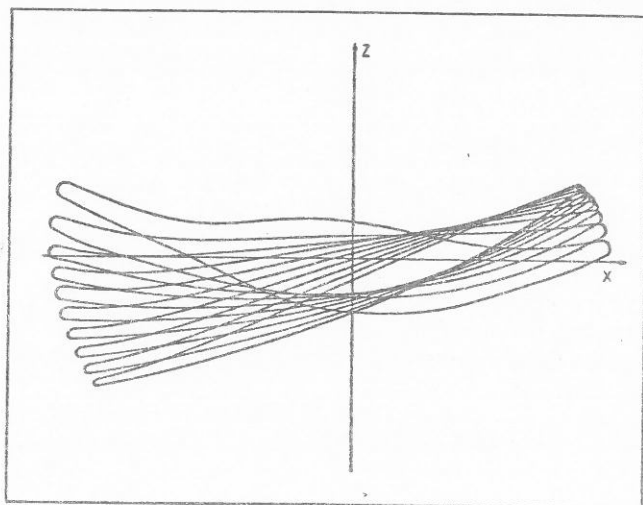
Na bazi dobijenog skupa tacaka po preseku vrsi se u prvoj fazi interpolacija i ocena greske koriscenjem:

- interpolacionog polinoma Lagranz-a,
- kubnog splina i
- racionalne funkcije.

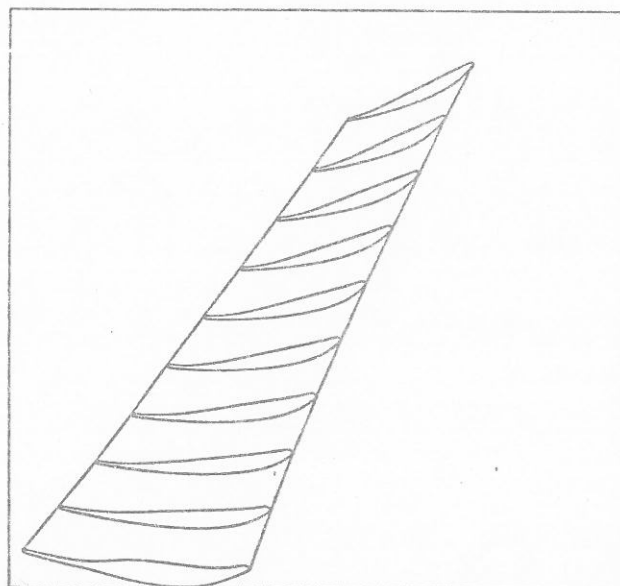
Izvedeni eksperimenti za profil prednje i zadnje strane su pokazali da se polinomom mogu aproksimirati uspesno preseki na vrhu lopatice, dok u korenu, zbog ojacanja, dobijamo prevojne tacke pa se u tom delu lopatice modeliranje oblika preseka vrsi kubnim splajnom.

Zatvaranje profila se vrši sa tri segmenta od kojih su dva kružna luka a jedan kubni splajn. Izgled interpoliranih preseka jednog eksperimenta prikazan je na sl.2. Treba napomenuti da je u korenom delu lopatice neophodno određivanje i fantomskih tacaka kako bi se zadovoljili uslovi pracenja lokalnih promena posmatranog skupa tacaka. Kako upravljamo brojem generisanih tacaka, to smo u mogućnosti da stvorimo preduslove za aproksimaciju površinskih segmenata koji su sada određeni presecima posmatrane lopatice, sl. 3. Jedan od vrlo važnih uslova uspostavljanja internog modela predstavlja uspostavljanje kontinualnosti u svim tacakam modela.

Sl. 2 Preseci lopatice
dobijeni interpolacijom



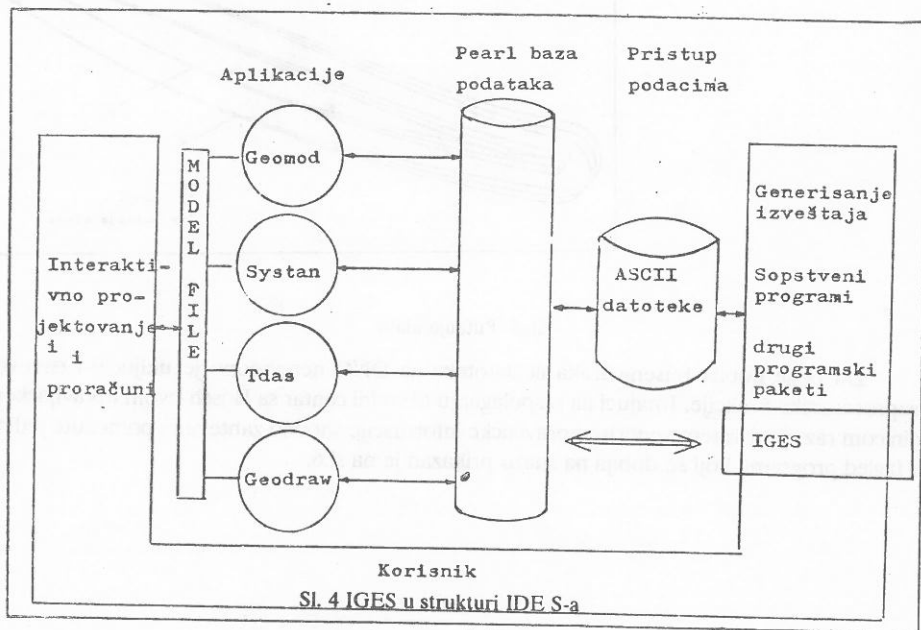
Sl. 3 Model
lopatice



Ova jednačina garantuje kontinualnost vektora zakrivljenosti sto je i bio cilj uspostavljanja internog modela lopatice.

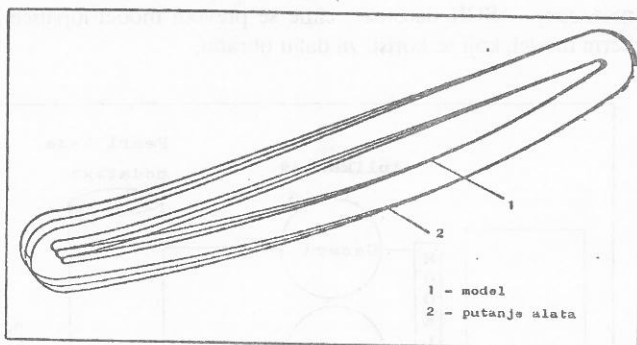
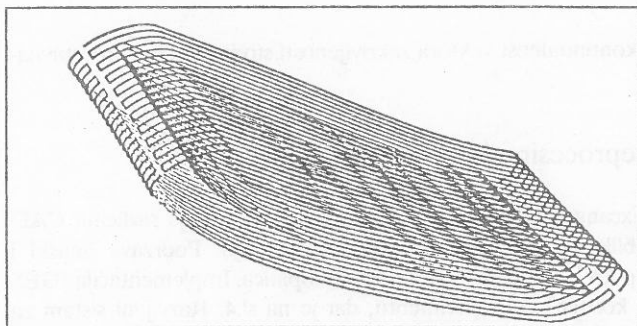
4. Preprocesiranje IGES formata

IGES (Initial Graphics Exchange Specification) omogućava povezivanje različitih CAD sistema kroz standardizovani oblik razmene geometrijskih informacija. Podržava linijski i povrinski model sto zadovoljava potrebe modeliranja turbinskih lopatica. Implementacija IGES standarda kod IDEAS-a, koji je koriscen u eksperimentu, dat je na sl.4. Razvijeni sistem za modeliranje i izradu turbinskih lopatica, kao specijalizovani korisnicki sistem ima mogucnost procesiranja ASCII datoteke, cime se prevodi model lopatice iz IGES formata na sopstveni interni model, koji se koristi za dalju obradu.



5. Eksperimentalni rezultati

Polazeci od internog geometrijskog modela lopatice koji je u osnovi sastavljen od skupa povrinskih segmenata koji su ograniceni sa cetiri kubna splajna, u cijim temenima preko vektorskog proizvoda tangenti lako odredjujemo normalu, generisanje putanje alata za obradu na numericki upravljanoj masini alatci se svodi na odredjivanje ekvidistantne površine kao mesta koji sadrzi referentnu tacku alata. U eksperimentalnom radu korisceno je glodalo sfernog oblika. Na slici 5 prikazana je putanja alata kao graficka verifikacija projektovanog procesa izrade za jedan segment lopatice kao i izgled putanje alata u nekoliko poprecnih preseka.



Sl. 5 Putanja alata

Da bi se dobila busena traka ili datoteka za DNC neophodno je uključiti i osnovne postprocesorske funkcije. Imajući na raspolaganju obradni centar sa Bosch-ovom upravljačkom jedinicom razvijeni sistem generise upravljačke informacije shodno zahtevima pomenute jedinice. Izgled programa koji se dobija na izlazu prikazan je na sl.6.

| RADNI PREDMET | ALAT | PROJEKCIJE | DZEP | KONTURNO GLODANJE | KREIRANJE ALATA | EXIT |
|------------------|-----------|------------|-----------|----------------------|--------------------|------|
| M001 | M54 | X000.000 | Y000.000 | Z000.000 | | |
| M002 | F | +005.000 | S 1000 | T 10 | | |
| M003 | 600 | X+198.825 | Y+223.342 | Z+025.000 | | |
| M004 | Z-015.000 | | | | | |
| M005 | M03 | | | | | |
| M006 | 601 | X+006.420 | Y-007.666 | | | |
| M007 | G41 | | | | | |
| M008 | 602 | X+054.068 | Y+021.794 | I+265.833 | J+143.333 | A |
| M009 | 601 | X+026.253 | Y+003.029 | | | |
| M010 | X+035.052 | | | | | |
| M011 | X+037.411 | Y-006.235 | | | | |
| M012 | X+036.784 | Y-014.713 | | | | |
| M013 | X+031.993 | Y-025.594 | | | | |
| M014 | X+022.392 | Y-039.452 | | | | |
| M015 | X+010.249 | Y-066.620 | | | | |

PRITISNI BILU KOJI TASTER ZA NASTAVAK ISPISA

II

SIMULACIJA

PROGRAM

DATIPROGRAM

DATIPUTALAI

6. Zaključak

Eksperimentalni rezultati dobijeni u toku razvoja specijalizovanog CAD/CAM sistema za turbinske lopatice ukazuju na opravdanost pristupa i veliku efikasnost ovako malih sistema. Naime cela programska podrška vrlo efikasno radi i na PC-u. Imajući u vidu efekte primene ovakvog sistema neminovno se nameće potreba za mogućnošću integrisanja ovakvog jednog sistema u jedinstven CAD/CAM sistem. Na sadašnjem nivou razvoja integrisanje je obezbeđeno preko IGES formata. Međutim u narednom periodu treba očekivati ulaganje napora u istraživanje mogućnosti generisanja modela iz kompleksnog oblika, koji će zadovoljavati vrlo širok spektar inženjerskih aktivnosti.

7. Literatura

/1/ P. O. Bojanic, V. R. Milacic: A Contribution to the Problem of Modelling and Machining Sculptural Surfaces, ASME Vol. 19, Miami Beach, 1985.

/2/ G. R. Liang, C. R. Liu: Logic Approach to Surface Generation: Single Machine Problem, Intelligent and Integrated Manufacturing Analysis and Synthesis, ASME Vol. 25, Boston, 1987.

/3/ P. O. Bojanic, V. Majstorovic, V. R. Milacic: CAD-CAI Integration with Special Focus on Complex Surfaces, CIRP Annals, Vol. 41/1, 1992.

/4/ A. Popovic: Diplomski rad, Masinski fakultet Beograd, 1992.

**STRUKTURA MODULA ZA TEHNOEKONOMSKU ANALIZU
PONUĐENIH REŠENJA PRIBORA U OKVIRU INTEGRALNOG
SISTEMA ZA AUTOMATIZOVANO PROJEKTOVANJE
PRIBORA**

**THE STRUCTURE OF MODULE FOR TECHNOECONOMICAL
ANALISE OF OFFERED SOLUTIONS IN THE SCOPE OF
INTEGRAL SYSTEM FOR AUTOMATIC FIXTURES
PROJECTION**

Mr Milorad Rodić, asistent

Institut za proizvodno mašinstvo,FTN, Novi Sad

Rezime :

U radu je prikazana struktura modula za tehnoeкономsku analizu ponuđenih rešenja pribora kao dela integralnog sistema za automatizovano projektovanje pribora. Izlaz iz ovog modula su optimalna rešenja pribora za posmatrane uslove.

Summary :

In the paper, the structure of module for technoeconomical analyse of offered fixture solutions, as the part of integral system for automatic fixtures projection, is shown. The exit from this module are optimal solutions of fixtures for observed conditions.

1. UVOD

Analizom literaturnih i drugih informacija može se zaključiti da metode konstruktivne i tehnološke pripreme pri proizvodnji pribora najčešće baziraju na individualnom prilazu svakom obradku, za koji se razvijaju pribori za prihvatanje obradaka originalne konstrukcije. Takav prilaz najčešće je neracionalan i zamenjuje se metodama koje značajno skraćuju rokove i troškove pri projektovanju i izradi pribora.

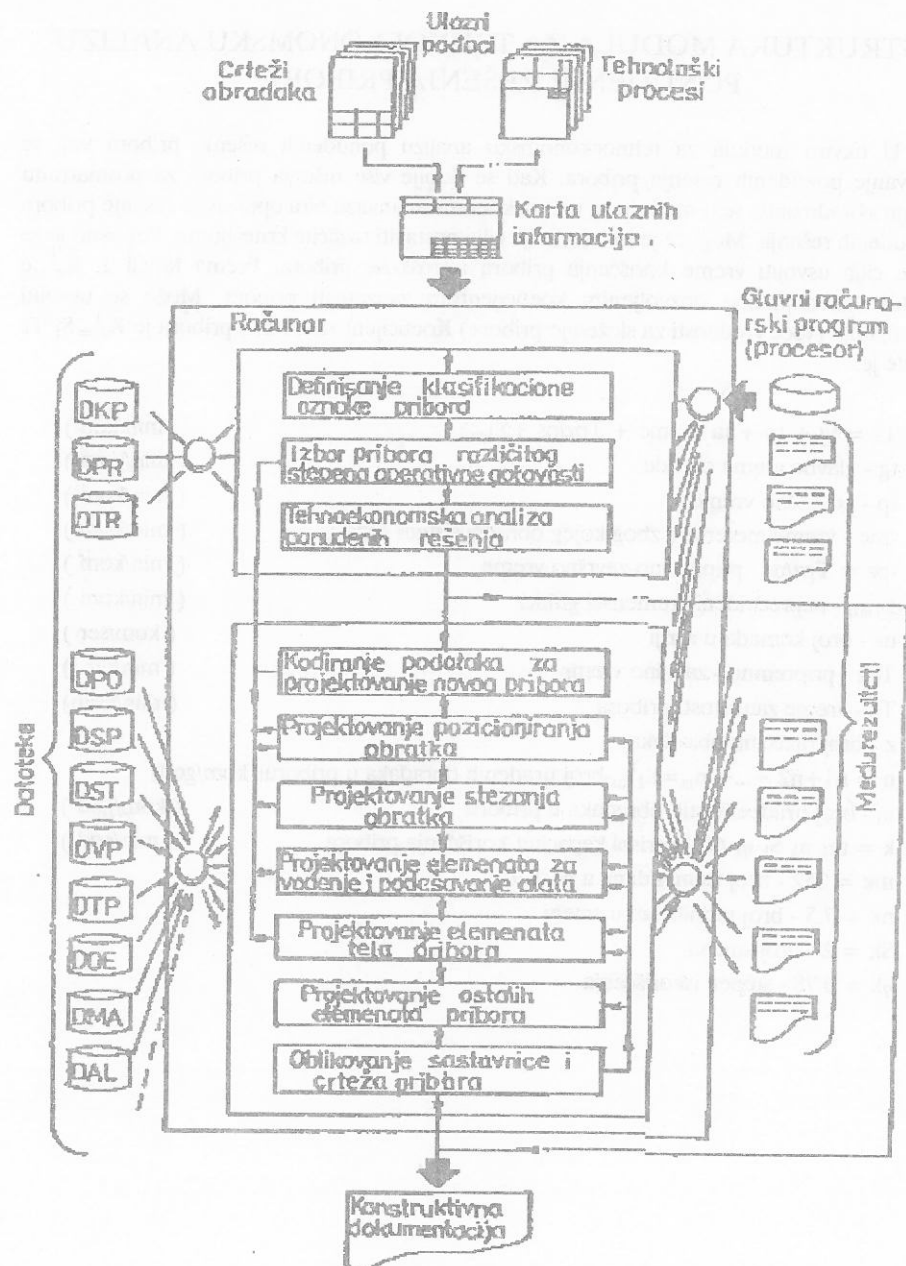
Na Institutu za proizvodno mašinstvo u Novom Sadu razvija se integralni automatizovani sistem projektovanja pribora. Suština takvog pristupa je da se u prvoj fazi pretražuju već projektovana rešenja i vrši izbor odgovarajućeg pribora različitog stepena operative gotovosti. Ako takva rešenja postoje pristupa se tehnoeкономskoj analizi. Kad rešenja nema ili ih treba dograđivati na nivou projektovanja pribora vrši se automatizovano projektovanje.

2. PRIKAZ INTEGRALNOG AUTOMATIZOVANOG SISTEMA PROJEKTOVANJA PRIBORA

Integralna struktura sistema za automatizovano projektovanje pribora postavljena je tako da se mogu projektovati pribori svih stepena specijalizacije. Postavljeni model automatizacije integralnog sistema za automatizovano projektovanje pribora prikazan je na slici 1. Struktura ovog modela čine četiri dela i to :

- podsystem za definisanje ulaznih informacija (gornji deo)
- datoteka podataka (levi deo)
- glavni računarski program se sitemom računarskih programa za izbor postojećih rešenja pribora i projektovanje (sintezu) novih pribora (procesor-centralni deo)
- izlazne informacije (desni i donji deo)

Od svih, u globalu nabrojanih delova, u radu će se pokazati samo struktura modula za tehnoeкономsku analizu ponuđenih rešenja pribora ne ulazeći u detaljnije objašnjavanje pojedinih segmenata.



Slika 1. Model automatizacije integralne strukture sistema za projektovanje pribora

3. STRUKTURA MODULA ZA TEHNOEKONOMSKU ANALIZU PONUĐENIH REŠENJA PRIBORA

U okviru modula za tehnøkonomsku analizu ponuđenih rešenja pribora vrši se vrednovanje ponuđenih rešenja pribora. Kad se dobije više rešenja pribora za posmatranu operaciju obrade onda se u modulu za tehnøkonomsku analizu bira optimalno rešenje pribora od ponuđenih rešenja. Moguće je kao funkcije cilja postaviti različite kriterijume. Pogodno je za funkcije cilja usvojiti vreme korišćenja pribora i troškove pribora. Prema tabeli 1. K_z^i se upoređuje sa najmanje dozvoljenim koeficijentom zauzetosti pribora. Može se usvojiti $K_{min}=0,5-0,8$ (veće vrednosti za složenije pribore) Koeficijent zauzetosti pribora je $K_z^i = S_i^z T_z n_i / K$ gde je:

| | |
|---|-------------|
| $T_z = t_g + t_p + t_a + t_{me} + T_{pz}/ns + \sum_{i=1}^z t_i$ | (min/kom) |
| t_g - glavno vreme obrade | (min/kom) |
| t_p - pomoćno vreme | (min/kom) |
| t_{me} - vreme merenja (zbog kojeg obradni sistem čeka) | (min/kom) |
| $t_{pz} = T_{pz}/ns$ - pripremno-završno vreme | (min/kom) |
| $\sum_{i=1}^z t_i$ - nepredviđeni vremenski gubici | (min/kom) |
| ns - broj komada u seriji | (kom/ser) |
| T_{pz} - pripremno - završno vreme | (min/ser) |
| T_z - vreme zauzetosti pribora | (min/kom) |
| z - broj različitih obradaka | |
| $n = n_1 + n_2 + \dots + n_m = \sum_{i=1}^z n_i$ - broj urađenih obradaka u priboru | (kom/god) |
| n_i - broj urađenih istih obradaka u priboru | (kom/god) |
| $k = m_k n_k S_k \eta_k / 60$ - korisni kapacitet korišćenja pribora | (min/god) |
| $m_k = 252$ - broj radnih dana u godini | |
| $n_k = 7,5$ - broj radnih sati u smeni | |
| $S_k = 2$ - broj smena | |
| $\eta_k = 0,78$ - stepen iskorišćenja | |

Tabela 1. Tehnoekonomska analiza

| USLOVI IZBORA STEPENA SPECIJALIZACIJE PRIBORA | | | STEPEN SPECIJALIZACIJE PRIBORA | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|---|--------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------|--------------------|---|
| BLOK | Koeficijent zauzetosti pribora | Vreme korišćenja Tk i troškovi pribora Up | | univerzalni pribori | Grupni univerzalni | Pribori specijalni | Montažno-Demontažni | | specijalni pribori | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | univerzalni | specijalni | | |
| | | | | | | | 4 | 5 | | 6 |
| 1 | $K_z^1 \geq K_{min}$ $Z = 1$ | $T_k \geq T_{min}$ | Da | | | | | + | + | |
| | | | Ne | + | | | | + | | |
| | | $U_{p_1} \geq U_{p_2}$ | Da | | | | | | + | |
| | | | Ne | + | | | | | | |
| 2 | $K_z^t \geq K_{min}$ $Z = Z_t$ | $T_k \geq T_{min}$ | Da | | | + | | + | | |
| | | | Ne | | + | | | + | | |
| | | $U_{p_2} \geq U_{p_3}$ | Da | | | | | + | | |
| | | | Ne | | + | | | | + | |
| 3 | $K_z^g \geq K_{min}$ $Z = Z_g$ | $T_k \geq T_{min}$ | Da | | + | + | | | | |
| | | | Ne | + | | | | + | | |
| | | $U_{p_1} \geq U_{p_4}$ | Da | | | | | | + | |
| | | | Ne | + | | | | | | |
| 4 | $K_z^g < K_{min}$ $Z = Z_g$ | $T_k \geq T_{min}$ | Da | | | | | | | |
| | | | Ne | + | | | | | + | |
| | | $U_{p_1} \geq U_{p_4}$ | Da | | | | | | + | |
| | | | Ne | + | | | | | | |
| 5 | $K_z^1 < K_{min}$ $Z = 1$ | $T_k \geq T_{min}$ | Da | | | | | | + | |
| | | | Ne | + | | | | | + | |
| | | $U_{p_1} \geq U_{p_4}$ | Da | | | | | | + | |
| | | | Ne | + | | | | | | |

Ako je $K_z^1 \geq K_{min}$ rešenje zadatka se traži u skladu sa blokom 1. U ovom slučaju dobija se visoko opterećenje pribora za operaciju obrade na jednom obradku. Za ostvarivanje ove operacije obrade mogu se primeniti specijalni montažno - demontažni pribori i specijalni pribori kod serijske i masovne proizvodnje, a univerzalni i univerzalni montažno - demontažni pribori u pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji.

Pri korišćenju pribora u tipskoj tehnologiji, za operacije obrade više sličnih obradaka Z_t pri uslovu $K_{zt} \geq K_{min}$ rešenje zadatka je prema bloku 2.

Koeficijent zauzetosti pribora za tipske operacije je $K_{zt} = \sum_{i=1}^t K_{zi}$ (gde je t - broj različitih obradaka istog tipa). Rešenja pribora u ovom slučaju su grupni specijalni pribori i specijalni montažno - demontažni pribori kod serijske i masovne proizvodnje, a univerzalni grupni pribori i univerzalni montažno - demontažni pribori u pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji.

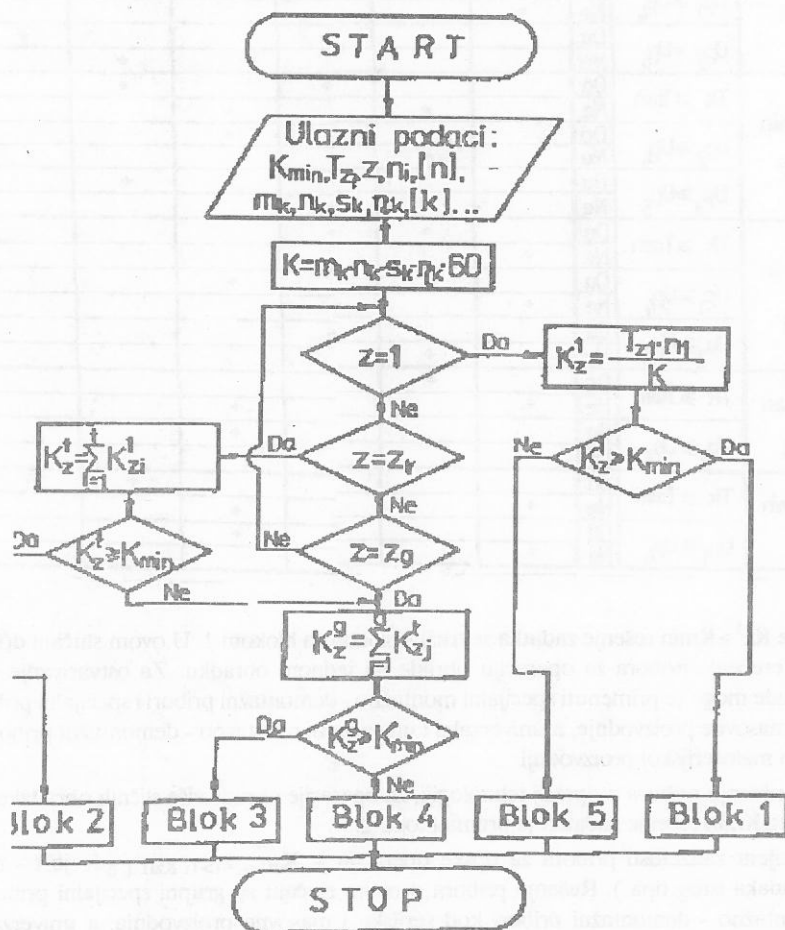
Ako je $K_{zt} < K_{min}$ tipske operacije se objedinjuju u veće grupe koje se karakterišu istim svojstvima obrade i osnovnim karakteristikama obrade. Koeficijent zauzetosti u ovom slučaju je

$K_{zg} = \sum_{j>1g} K_{zjt}$ (gde je g - broj različitih tipova obradaka) Ako je $K_{zg} \geq K_{min}$ zadatak se rešava prema bloku 3. Rešenja pribora su univerzalni pribori i univerzalni montažno-demontažni pribori ako tehnološke operacije nisu rešene na principima grupe tehnologije. Ako se koriste pribori za grupne operacije onda su rešenja grupni pribori univerzalni ili specijalni.

Kad je $K_{zg} < K_{min}$ pribori se biraju prema bloku 4. Rešenja pribora su univerzalni ili univerzalni montažno - demontažni, a za grupne operacije grupni univerzalni pribori.

Za slučaj da je $K_{zg} < K_{min}$ koriste se univerzalni, univerzalni ili specijalni montažno - demontažni pribori prema bloku 5.

Algoritamski prikaz tabele 1. dat je na slici 2.



Slika 2. Algoritam izbora pribora u zavisnosti od koeficijenta zauzetosti pribora i tipa proizvodnje prema tabeli 1.

U okviru svakog od blokova prvo se utvrđuje vreme korišćenja pribora T_k (god) i upoređuje sa minimalnim vremenom korišćenja pribora T_{min} (god) za koje je celishodno projektovati specijalni ili specijalizovani pribor. Predlaže se da u zavisnosti od složenosti pribora bude $T_{min} = 1-2$ (god). Veće vrednosti se uzimaju za složenije pribore.

Drugi ograničavajući faktor su troškovi pribora :

$$U_p = U_{pr} K_z^i / K \quad (\text{din/min})$$

$$U_{pr} = C_p a + U_{montaže} + U_{podešavanja} + U_{održ.} \quad (\text{din/god})$$

gde je : C_p - cena pribora (din)

a - amortizacija (% /god)

$U_{montaže}$ - troškovi montaže i održavanja pribora (din/god)

$U_{podešavanja}$ - troškovi podešavanja pribora (din/god)

Cena pribora je :

- za grupne pribore

$$C_p = C_{ogr} + \sum_m^1 C_i \quad (\text{din})$$

- za montažno- demontažne pribore

$$C_p = C_{kmdp} p \quad (\text{din})$$

gde je : C_{ogr} - cena osnovnog grupnog pribora (din)

C_i - cena svih izmenljivih delova koji su potrebni za prilagođavanje pribora svakom članu grupe (din)

C_{kmdp} - cena kompleta montažno - demontažnih pribora (din)

$p = \sum_1^m C_i n_i / C_{kmdp}$ - vrednosno učešće elementa za sastavljanje posmatranog pribora (%)

Troškovi montaže i održavanja pribora su :

$$U_{montaže} = \sum_z^1 U_{montaže_i} \quad (\text{din/god})$$

Troškovi podešavanja pribora su :

$$U_{podešavanja} = \sum_z^1 U_{podešavanja_i} \quad (\text{din/god})$$

gde je : $U_{montaže_i}$ - troškovi montaže pribora pri obradi svakog različitog obradka (din / ser)

$U_{podešavanja_i}$ - troškovi podešavanja pribora pri obradi svakog različitog obradka (din /ser)

Izračunavanjem troškova za pojedine varijante pribora dolazi se do optimalnog rešenja pribora za date uslove.

Pošto su blokovi od 1 - 5 slični može se pokazati algoritam izbora optimalnog rešenja pribora za jedan od blokova, npr. blok 1 (slika 3.)

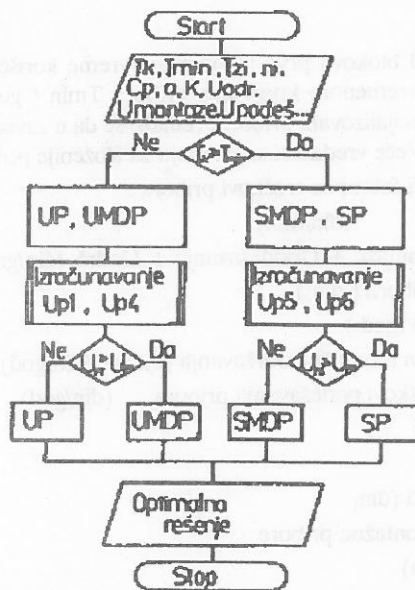
Izložena analiza strukture troškova pojedinih pribora omogućava da se ovi troškovi mogu određivati u jedinici vremena. Time je moguće odrediti učešće troškova pribora u ukupnim troškovima operacije obrade /3/. Ovde su ostali troškovi za operaciju obrade (troškovi mašine, troškovi alata, troškovi električne energije itd.) smatrani konstantim za sve varijante:

UP - univerzalni pribori

UMDP - univerzalni montažno-demontažni pribori

SMDP - specijalni montažno-demontažni pribori

SP - specijalni pribori



Slika 3. Algoritam izbora optimalnog rešenja pribora za $K_z^1 \geq K_{min}$ (blok 1)

4. ZAKLJUČCI

Na osnovu napred iznetog mogu se izvući sledeći osnovni zaključci :

1. Prikazana struktura modula za tehnoeкономsku analizu ponuđenih rešenja pribora u okviru integralnog sistema za automatizovano projektovanje pribora omogućava da izaberemo za date uslove optimalne prirobe.
2. Struktura modula je pokazana u globalu za sve prirobe ne ulazeći u specifične probleme kod pribora različitog stepena specijalizacije.
3. U sledećim istraživanjima treba ovako razvijenu opštu strukturu modula za tehnoeкономsku analizu detaljnije razraditi respektujući specifičnosti kod pojedinih pribora.

5. LITERATURA

- /1/. Rodić, M. : Integralni automatizovani pristup projektovanju pribora, IV Naučno stručni skup MMA'90 - fleksibilne tehnologije - sa međunarodnim učešćem, Novi Sad, 1990.
- /2/. Rodić, M. : Razvoj integralne strukture sistema za automatizovano projektovanje pribora, Doktorska disertacija (u izradi), Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad, 1992.
- /3/. Todić, V. : Varijantni automatizovani sistem optimizacije tehnoloških procesa obrade, Doktorska disertacija, FTN, Novi Sad, 1987.
- /4/. Šolaja, V. : Pomoćni pribori, Mašinski fakultet, Beograd, 1980.
- /5/. Zelenović, D. : Proizvodni sistemi, Naučna knjiga, Beograd, 1973.

PODLOGE ZA RAZVOJ BANKE PODATAKA ELEMENATA ZA OSLA-NJANJE PRI PREDHODNO DEFINISANIM KARAKTERISTIČNIM NAČINIMA POZICIONIRANJA OBRADKA U PRIBORU

BASIS FOR DATA BANK DEVELOPMENT OF THE LEANING ELEMENTS AT PREVIOUSLY DEFINED CHARACTERISTIC POSITIONING WAYS OF WORKPIECES IN THE FIXTURES

Mr Milorad Rodić, asistent

Dr Jelena Stankov, red.prof.

Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad

Rezime :

U okviru razvijenog sistema automatizovanog projektovanja pribora jedan od modula je modul za projektovanje pozicioniranja obradaka u priboru.

Posle prve etape gde se definišu karakteristični načini pozicioniranja /2,3/ u drugoj etapi biraju se elementi za oslanjanje da bi se ostvarili određeni načini pozicioniranja i zatim raspoređuju na određeno mesto na crtežu.

U radu su date podloge za razvoj banki podataka elemenata za oslanjanje pri prethodno definisanim karakterističnim načinima pozicioniranja obradaka u priboru.

Navedene postavke verifikovane su kroz konkretan primer.

Summary :

Part of developed system for automatic fixture design is module for designing of workpieces positioning in the fixture.

Defining of the characteristic ways for workpiece positioning is done in the first step of this module/2,3/. The task of the second step is selection of the leaning elements on the purpose

of realization of the certain positioning ways and their arranging on the particular place on the drawing.

In the paper, the basic for data bank of leaning elements at previously defined characteristic positioning ways of workpiece in the fixtures are given.

Verification of mentioned assumptions is done observing the concrete example.

1. UVOD

U okviru razvijene integralne strukture sistema za automatizovano projektovanje pribora jedan od modula je modul za projektovanje pozicioniranja obradaka. U okviru ovog modula na osnovu definisanih načina pozicioniranja /2,3/ biraju se elementi za oslanjanje i raspoređuju na odgovarajuće mesto na crtežu. Da bi ovaj posao uspešno bio obavljen potrebno je razviti podloge za projektovanje tj. povezati načine pozicioniranja sa elementima za oslanjanje obradka u priboru.

2. OPŠTE O ODREĐIVANJU POLOŽAJA OBRADKA U PROSTORU

Svako kruto telo u prostoru ima šest stepeni slobode i to :

translaciju u pravcu tri ose x, y, z

rotaciju oko tri ose $\omega_x, \omega_y, \omega_z$.

Za utvrđivanje položaja obradka u priboru neophodno ga je lišiti određenog broja stepeni slobode (najviše šest stepeni slobode). To se može uraditi pravilnim razmeštajem upornih tačaka koje se suprostavljaju kretanju duž i obrtanju oko bilo koje ose. Odavde proizilazi pravilo šest tačaka. Da bi potpuno odredili položaj obradka u priboru, neophodno je i dovoljno da imamo šest upornih tačaka, čime se oduzima telu svih šest stepeni slobode. Uporne tačke predstavljaju različite konstruktivne oblike elemenata za oslanjanje. Površine oslanjanja kojima se obradak postavlja u željeni položaj nazivaju se površine postavljanja ili bazne površine. Razlikuju se tri vrste površina s kojima je obradak u dodiru sa priborom, i to :

naslona bazna površina - NBP

orijentišuća bazna površina -OBP

uporna bazna površina -UBP

Naslona bazna površina - NBP je površina ili skup površina kojima se obradak oslanja u priboru u ravni XOY. Pošto su obradci sastavljeni najviše od prostih površina one se najčešće koriste za NBP. Tako je naslona bazna površina najčešće:

ravna površina,

cilindrična površina spoljna ili unutrašnja

konična površina spoljna ili unutrašnja

sferna površina spoljna ili unutrašnja.

Orijentišuća bazna površina - OBP orijentiše obradak u ravni normalnoj na naslonu površinu i obično je to :

ravna površina

spoljna cilindrična površina normalna ili osno paralelna sa NBP

unutrašnja cilindrična površina normalna ili osno paralelna sa NBP

konična površina

Uporna bazna površina - UBP oduzima šesti stepen slobode u trećoj koordinatnoj ravni i može biti izvedena kao :

ravna površina

cilindrična spoljašnja površina

cilindrična unutrašnja površina

bočna površina žljeba

površina nazubljenog dela

ostale vrste površina

3. PODLOGE ZA RAZVOJ BANKE PODATAKA ELEMENTATA ZA OSLANJANJE

Na osnovu definisanih karakterističnih načina pozicioniranja obradaka u priboru /2,3/ pomoću tablice odlučivanja daju se moguća rešenja elemenata za oslanjanje. U tablicama je uspostavljena veza između skupa mogućih rešenja elemenata za oslanjanje i skupa uslova, u ovom slučaju načina pozicioniranja. Gde veze postoje u središnjem delu je oznaka sa definisanim brojem i vrstom oduzetih stepeni slobode.

Tablica odlučivanja koristi se u automatizovanom sistemu izbora i projektovanja pribora kao sredstvo formalizacije procesa sastavljanja algoritma izbora jedne varijante iz skupa mogućih. Konkretno, to znači, da tablice odlučivanja mogu poslužiti za izbor mogućih najracionalnijih, u zadatim uslovima varijanti elemenata za oslanjanje na osnovu načina pozicioniranja. u prvoj tabeli odlučivanja (tabela 1.) prikazani su najčešće korišćeni elementi za ostvarivanje šema pozicioniranja po naslonj baznoj površini (NBP). U tabeli 2. prikazani su najčešće korišćeni elementi za ostvarivanje šema pozicioniranja po orjentišućoj baznoj površini (OBP). Najčešće korišćeni elementi za ostvarivanje šema pozicioniranja po upornoj baznoj površini (UBP) prikazani su u tabeli 3.

| ŠHEMA OSLANJANJA | | | Oblik NBP-e | | | | | | |
|------------------|----------------------------------|-----------|--------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | | POVRNA POVRŠINA | DLJINSKA SPOLNA POVRŠINA | OKrugla UNUTRAŠNJA POVRŠINA | KONUSNA SPOLNA POVRŠINA | KONUSNA UNUTRAŠNJA POVRŠINA | SFERNA SPOLNA POVRŠINA | SFERNA UNUTRAŠNJA POVRŠINA |
| Y | Iskrenosti za oslanjanje | Crtež el. | | | | | | | |
| Y1 | OKRUGLI NASLON SA RAVNIM GLAVOM | | 11 3 21 | | | | | | |
| Y2 | OKRUGLI NASLON SA POLUKUGLOM GL. | | 21 3 21 | | | | | | |
| Y3 | OKRUGLI NASLON SA RAVNOM GL. | | 31 3 21 | | | | | | |
| Y4 | PRIZMATIČNI RAVNI NASLON | | 41 3 21 | | | | | | |
| Y5 | PRIZMATIČNI NASLON OŽLJEBLJEN | | 51 3 21 | | | | | | |
| Y6 | PODEŠLJIVA OKRUGLI NASLON | | 61 3 21 | | | | | | |
| Y7 | SAMOCENTRIŠUJUĆI MEHANIZAM | | 7.1 1 21 21 | 12 4 21 21 | 31 4 21 21 | | | | |
| Y8 | PRIZMA | | | 8.1 4 21 | | | | | |
| Y9 | ELASTIČNA ČIJMA | | | 9.1 4 21 | | | | | |
| Y10 | ŠRLESTI TRN | | | | 10.1 4 21 21 | | | | |
| Y11 | TRN | | | | 11.1 4 21 21 | | | | |
| Y12 | ŠLJAK - PREDNJI | | | | | | 12.1 3 21 | | |
| Y13 | SPOLJNJI KONUS | | | | | | 13.1 3 21 21 | | |
| Y14 | UNUTRAŠNJI KONUS | | | | | 14.1 3 21 21 | | | |
| Y15 | SPOLJNA SFERA | | | | | | | 15.1 3 21 | |
| Y16 | UNUTRAŠNJA SFERA | | | | | | | 16.1 3 21 | |

Tabela 1. Najčešće korišćeni elementi za ostvarivanje šema pozicioniranja po NBP

| ŠEMA OSLANJANJA | | | OBP - PRVIM NIVOM | | | | | | | | | |
|-----------------|-----------------------------------|---|---|---|---|---|---|-----|---|----|--|----|
| | | | OBP | | | | | | | | | |
| | | | ZNAČENJE | | SPOLNA OBLIKOVNA POKRIVNOST I NA NBP | | UNUTRAŠNJA OBLIKOVNA POKRIVNOST I NA NBP | | SPOLNA OBLIKOVNA POKRIVNOST II SA NBP | | UNUTRAŠNJA OBLIKOVNA POKRIVNOST II SA NBP | |
| Y | Elementi za oslanjanje | Črtiči el. |  | |  | |  | |  | |  | |
| V1 | OKRUGLI NASTON SA RAVNOM GLAVICOM |  | 11 | 2 | 11 | | | | | | | |
| V2 | OKRUGLI NASTON SA POLUKRUGLOM GL. |  | 21 | 2 | 11 | | | | | | | |
| V3 | OKRUGLI NASTON SA KUPOLASTOM GL. |  | 31 | 2 | 11 | | | | | | | |
| V4 | PRIZMATIČNI RAVNI NASTON |  | 41 | 2 | 11 | | | | | | | |
| V5 | PRIZMATIČNI NASTON OŽLJEBLJEN |  | 51 | 2 | 11 | | | | | | | |
| V6 | PLIN ČEP |  | | | | | 6.2 | 2 | 21 | | | |
| V7 | SREZAN ČEP |  | | | | | | | | 25 | 2 | 11 |
| V8 | SAKOCENTRIRAJUĆI MEHANIZAM |  | | | 4.2 | 2 | 21 | 6.2 | 2 | 21 | | |
| V9 | PRIZMA |  | | | 4.2 | 2 | 21 | | | | | |
| V10 | KALIBRACIONI OTVOR |  | | | 10.2 | 2 | 21 | | | | | |
| V11 | KALIBRACIONI ŽLJED |  | | | | | | | 14.4 | 2 | 11 | |

Tabela 2. Najčešće korišćeni elementi za ostvarivanje šema pozicioniranja po OBP

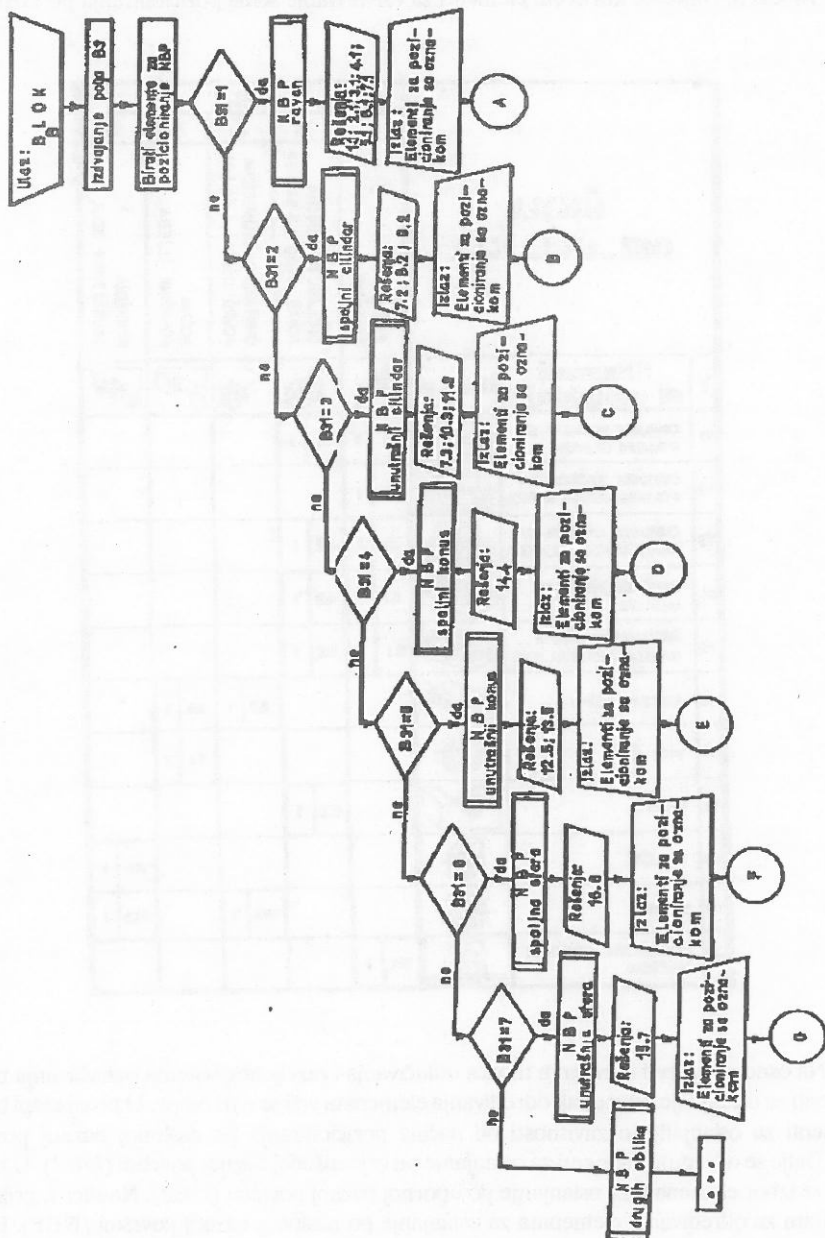
Tabela 2. - nastavak

| ŠEMA OBLANJANJA | | | KUP-člindrična površina | | | | | | Kružični | | KUP-sferna površina | | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|-----------|-------------------------|---|---|----------------|---|---|-----------------------------|---------------------------------|---------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------|--------------------------------|------------------------------------|
| | | | ODP | | | | | | ODP | | ODP | | | | | |
| | | | RAMA POVRŠA | SPOLNA ČLINDRIČNA POVRŠA ODGO 1. NA MB | UNUTRAŠNJA ČLINDRIČNA POVRŠA ODGO 1. NA MB | RAMA POVRŠA | SPOLNA ČLINDRIČNA POVRŠA ODGO 1. NA MB | UNUTRAŠNJA ČLINDRIČNA POVRŠA ODGO 1. NA MB | KONJURA SPOLNA POVRŠA | KONJURA UNUTRAŠNJA POVRŠA | RAMA POVRŠA | ČLINDRIČNA SPOLNA POVRŠA | ČLINDRIČNA UNUTRAŠNJA POVRŠA | RAMA POVRŠA | ČLINDRIČNA SPOLNA POVRŠA | ČLINDRIČNA UNUTRAŠNJA POVRŠA |
| Y | IZ. za odnamljanje | Crtač el. | | | | | | | | | | | | | | |
| V1 | OKRENI NASLON SA RAMPOM GLADN | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| V2 | OKRENI NASLON SA POLUKUGLOM GLADN | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| V3 | OKRENI NASLON SA KUGLOM GLADN | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| V4 | PROJEKCIJA RAMP NASLON | | | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| V5 | PROJEKCIJA RAMP NASLON OKRENI | | | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| V6 | SPREZAN ČEP | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | |
| V7 | PROJEKCIJA | | | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| V8 | SPOLNAČNA KONJURA | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| V9 | UNUTRAŠNJA KONJURA | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| V10 | ŠLJAMA - ZAKLAP | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| V11 | PROJEKCIJA | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| V12 | KALIBRIRANO OTVOR | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | 1 | 1 |

Tabela 3. Najčešće korišćeni elementi za ostvarivanje šema pozicioniranja po UBP

| ŠHEMA OSLANJANJA | | | UBP | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------------------|---------|-------------------|---|--|---|--|---|--------------------------|---|-------------------------------|---|
| | | | 1 | | 10 | | 3 | | 4 | | 5 | |
| Y | Elementi za oslanjanje | Uređaji | RAVNA POVRŠINA | | SPOLNA CILINDRIČNA POVRŠ. ØDNO 4,7 SA NBP | | UNUTRAŠNJA CILINDRIČNA POVRŠ. ØDNO 4,1 SA NBP | | BOČNA POVRŠINA ŽLJEBA | | POVRŠINA CILINDRIČNOG DELA | |
| | | | | | | | | | | | | |
| V1 | ODRUBU NASLON SA RAVNOM GLAVOM | | 11 | 1 | 12 | 1 | | | | | | |
| V2 | ODRUBU NASLON SA POLKUGLOM GLAVOM | | 21 | 1 | | | | | | | | |
| V3 | ODRUBU NASLON SA KUGLOM GLAVOM | | 31 | 1 | 32 | 1 | | | | | | |
| V4 | PREZISTOBN RAVNI NASLON | | 41 | 1 | 42 | 1 | | | | | | |
| V5 | PREZISTOBN RAVNI NASLON-ODUPIRNI | | 51 | 1 | 52 | 1 | | | | | | |
| V6 | SREDNJI ČEP | | | | | | 63 | 1 | 64 | 1 | | |
| V7 | VRH ČEP | | | | | | | | 74 | 1 | | |
| V8 | PRIDRŽA | | | | 82 | 1 | | | | | | |
| V9 | VALJČE | | | | | | | | | | 96 | 1 |
| V10 | SPERNA | | | | | | 103 | 1 | | | 105 | 1 |
| V11 | POKRETLIV ODRUBU NASLON | | 111 | 1 | | | | | | | | |

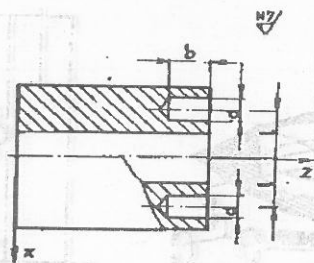
Na osnovu napred razvijenih tablica odlučivanja i razvijenog sistema označavanja biraju se elementi za oslanjanje. Postupak određivanja elemenata vrši se u tri etape. U prvoj etapi biraju se elementi za oslanjanje u zavisnosti od načina pozicioniranja po naslonj baznoj površini (NBP). Dalje se određuju elementi za oslanjanje po orijentisućoj baznoj površini (OBP). U trećoj fazi vrši se izbor elemenata za oslanjanje po upornoj baznoj površini (UBP). Na slici 1. prikazan je algoritam za određivanje elemenata za oslanjanje po naslonj baznoj površini (NBP). Istom logikom moguće je pokazati algoritme za OBP i UBP. U slučaju kad se ponudi više mogućih rešenja, konstruktor u interaktivnom radu odlučuje koje će rešenje usvojiti. Na izlazu se dobija element za oslanjanje sa oznakom i odgovarajućim crtežom.



Slika 1. Algoritam za određivanje elemenata za oslanjanje po NBP

4. PRIMERI PROVERE NAPRED DEFINISANIH POSTAVKI

Za tehnološku operaciju obrade (slika 2.) bušenja dva otvora $d \pm T_d$ na rastojanju od centra obratka potrebno je odrediti načine pozicioniranja.



Slika 2. Crtež obratka

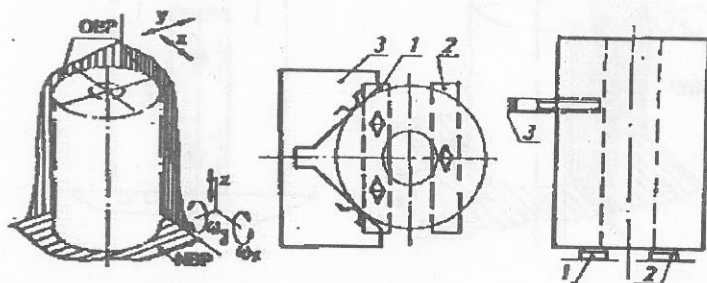
Ovo je slučaj nepotpunog pozicioniranja jer je moguće i potrebno oduzeti pet stepeni slobode. Mogući i najčešće korišćeni načini pozicioniranja:

Varijanta 1. (slika 3.):

NBP - ravna površina koja oduzima tri stepena slobode preko dva ravna prizmatična naslona 1 i 2

OBP - cilindrična spljna površina koja oduzima dva stepena slobode preko prizme 3. male visine.

UBP - bez uporne površine.



Slika 3.

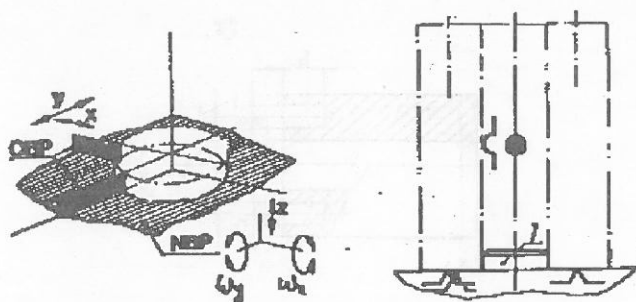
Varijanta 2. (slika 4.):

NBP - ravna površina koja oduzima tri stepena slobode

čepa

OBP - cilindrična unutrašnja površina koja oduzima dva stepena slobode preko niskog

UBP - bez uporne površine.



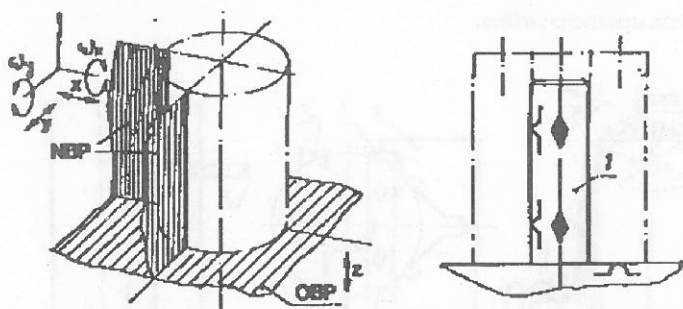
Slika 4

Varijanta 3. (slika 5.)

NBP - cilindrična unutrašnja površina

OBP - ravna površina

UBP - bez uporne površine.



Slika 5.

Od napred prikazanih mogućih načina pozicioniranja bira se onaj koji daje zadovoljavajuću grešku pozicioniranja tj. omogućava tačnu obradu odgovarajuće površine. Ako više načina pozicioniranja zadovoljava uvode se drugi kriterijumi (produktivnost, ekonomičnost, dobit, itd.) da se za zadate uslove izabere najbolji način pozicioniranja.

5. ZAKLJUČCI

Na osnovu napred iznetog mogu se izvući sledeći osnovni zaključci :

1. Za uspešan automatizovani sistem projektovanja pribora potrebno je razviti odgovarajuće podloge. Jedna od osnovnih podloga za razvoj banke podataka je izgradnja banke podataka elemenata za gradnju pribora.
2. Na osnovu definisanih karakterističnih načina pozicioniranja obradaka u priboru definisani su elementi za oslanjanje koji se najčešće sreću.
3. Koristeći ovako uspostavljene relacije uspešno se biraju kvalitetni elementi za oslanjanje

6. LITERATURA

- /1/ Rodić, M. : Definisanje ulaznih podataka u sistemu za automatizovano projektovanje pribora. Naučna konferencija, Industrijski sistemi IS'90. Novi Sad, 1990.
- /2/ Rodić, M.: Definisanje karakterističnih načina pozicioniranja obradaka u priboru, Zbornik radova Instituta za proizvodno mašinstvo, IPM, Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad, 1991. br 8
- /3/ Rodić, M.: Razvoj integralne strukture sistema za automatizovano projektovanje pribora, Doktorska disertacija (u izradi), Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad, 1992.
- /4/ Šolaja, V. Pomoćni pribori, Mašinski fakultet, Beograd, 1980.

METOD PROGRAMSKOG CRTANJA STANDARDNIH GRAFIČKIH PREDSTAVA U MAŠINOGRAĐNJI

Zoran Crnilović, dipl.ing., saradnik

M.Gemaljević, dipl.ing., viši saradnik,

Zoran Kočović, dipl.ing., saradnik

LOLA Institut, Kneza Višeslava 70a, 11030 Beograd

Rezime

Primenom savremenih CAD sistema za projektovanje proizvoda omogućava se programsko crtanje grafičkih entiteta i standardnih komponenti mašinskih sklopova. Korisnicima je omogućeno da sami kreiraju u konkretnim oblastima mašingrađnje biblioteke grafičkih entiteta i standardnih delova, pri tome se utvrđuju algoritmi kreiranja i korišćenja programa za njihovo crtanje. U radu je prikazana biblioteka LOLA standardnih elemenata i algoritam njenog korišćenja na konkretnim primerima.

PROGRAMME DESING METHOD OF STANDARD GRAPHIC IMAGEING IN TOOL INDUSTRY

Summary The application of contemporary Cad systems for product designs has enabled programme design of graphic entities and standard components of machine. The users have the possibility to create the library of graphic entities and standard parts in particular fields of tool industry., determining the algorithms of creating and using programmes for their designe. The paper demonstrates the library of LOLA standard elements and algorithm of its application in particular examples.

1. UVOD

Grafički softver predstavlja skup programa za generisanje grafičkih entiteta. Kombinovom primenom ovih programa mogu se nacrtati i najsloženiji oblici. Međutim, nije potrebno uvek iznova crtati delove i sklopove. Projektovanje se najčešće zasniva na izmenama već

postojećih konstrukcija. Veliki značaj CAD softvera dolazi do izražaja baš tada jer se pomoću njih omogućuje laka i brza modifikacija veoma složenih crteža. Pored ove velike prednosti, neki CAD softveri poseduju i čitave programske module za variacioni dizajn, kojim se pri samom crtanju pojedinih entiteta mogu parametrizovati i onda vršiti brojne modifikacije dokle god za njima postoji potreba.

Osim konstruisanja određenih delova, u postupku projektovanja javlja se i primena velikog broja standardnih elemenata, a kada su u pitanju sklopovi, i veći broj gotovih delova drugih proizvođača. Takođe, i određeni broj elemenata, koji podležu internim standardima nekog proizvođača (npr. postolja i klizači kod obradnih jedinica transfer linija u slučaju fabrike alatnih mašina) često se koriste a potrebno ih je samo primeniti, ne i iznova kreirati.

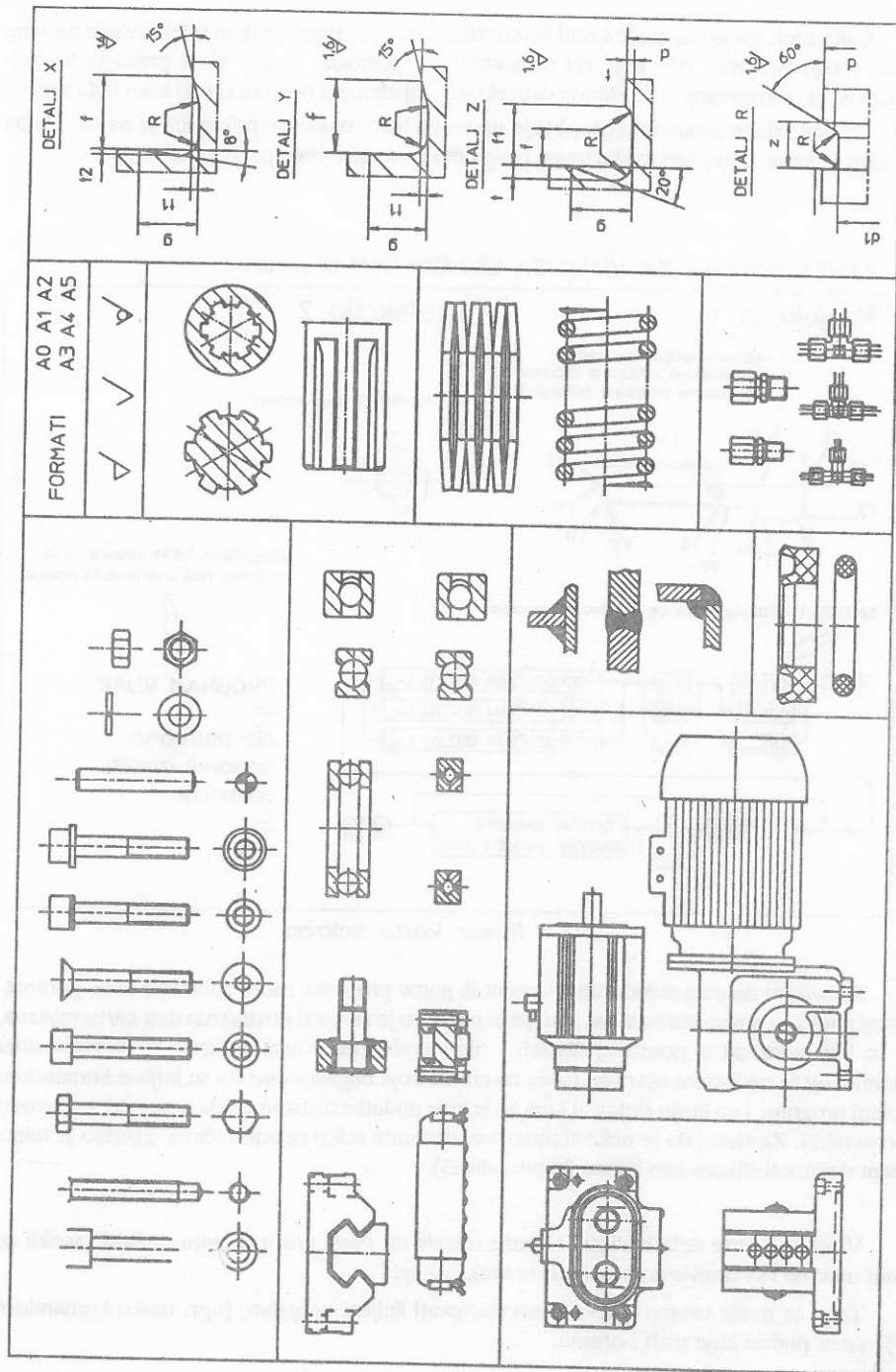
U sva tri slučaja radi se o delovima poznatog oblika i dimenzija. Imajući u vidu sposobnost računara da pamti veliki broj podataka i veoma brzo izvršava različite programe, jasno je da se efikasnost računara još više ističe primenom programskog crtanja standardnih delova i gotove robr, kao i njihovih sklopova, a prema parametrima zapamćenim u određenim datotekama. Programi za crtanje standardnih delova formiraju biblioteku standardnih elemenata u čiji sadržaj svakako ulaze mašinski elementi, koji se često koriste u konkretnoj delatnosti preduzeća (Sl.1).

2. Programsko crtanje - suština, značaj i problematika

Suština programskog crtanja je da se pod imenom programa za crtanje nekog standardnog elementa nalaze sve one komande koje bi korisnik upotrebio crtajući taj element liniju po liniju, luk po luk. Ime tog programa čini makrokomandu čije izvršavanje predstavlja izvršavanje niza komandi za generisanje osnovnih entiteta, ali među kojima može biti i još neka druga makrokomanda. Tako, umesto da odmerava potrebne tačke i gubi vreme crtajući osnovne entitete, korisnik jednostavno startuje program kao i svaku drugu komandu. Ovakvi programi se pišu primenom komandi samog softvera i pamte u određenom direktorijumu na disku. Svaka nova makrokomanda, tj. makro, predstavlja novi program, pri čemu komande samog softvera ostaju nepromenjene, te i dalje čine skup elemenata za pisanje programa.

Značaj programskog crtanja je višestruk i njegovim izostankom, primena CAD tehnike gubi na racionalnosti i efikasnosti. S bzirom da je za crtanje standardnih elemenata potrebno ustati sa radnog mesta i otići do mesta u radnoj prostoriji, gde su smešteni standardi i katalozi, pronaći tražene vrednosti u tabelama a zatim postupno crtati, očigledno je da se javlja gubljenje vremena na trivijalne stvari, nepotreban zamor ali i greške pri očitavanju tabela standarda usled dekoncentracije. Umesto toga, moguće je potrebne parametre za crtanje standardnih elemenata smestiti u datoteke računara, koristiti operatore i podprogramske strukture za njihovo isčitavanje a crtanje izvesti programski, što dovodi do skoro trenutnog iscrtavanja prema zahtevanim merama.

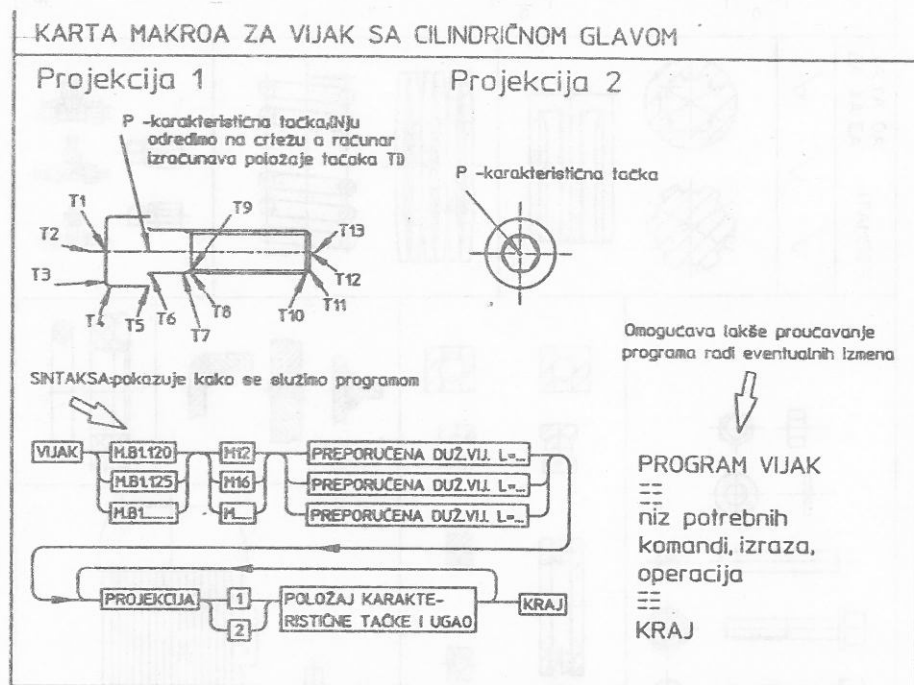
Značaj programskog crtanja je i u tome što jedan isti program služi za crtanje svih nazivnih veličina jednog standardnog elementa, pošto se uvek iznova mogu selektovati parametri. Na taj način se štedi i memorijski prostor, a i nestaje posao oko pamćenja svih mogućih datoteka sa standardnim elementima.



Sl.1 - Deo biblioteke objekata programskog crtanja

Osim toga, program može imati takvu strukturu da se njime, nakon selektovanja nazivne veličine, mogu iscrtavati bilo koja od projekcija tog elementa, a uz pomoć pristupa funkciji WINDOW za prikazivanje određenog dela ekrana, taj element nacrtati u bilo kom delu crteža.

Primer jednostavnog makroa, čija je upotreba inače najčešća, prikazana je na slici 2. Da bi se nacrtao vijak, potrebno je startovati program i uneti potrebne parametre.

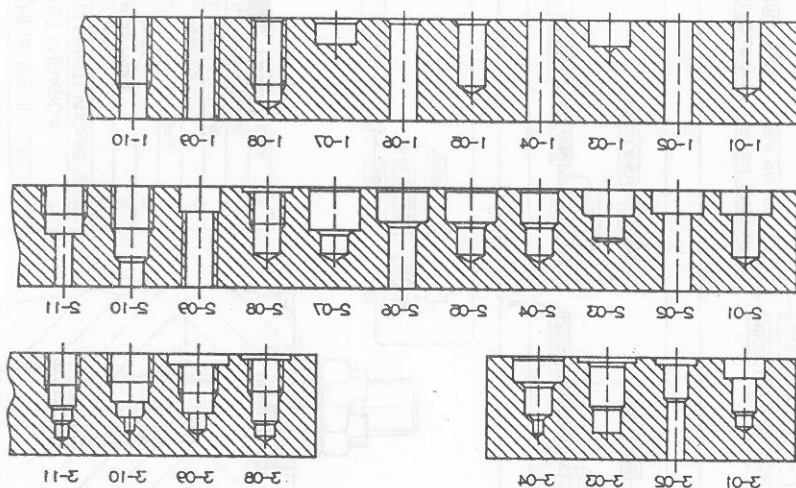


Sl.2 - Primer karte makroa

S obzirom da neki standardni element ili gotov proizvod, može zahtevati unos parametara koji nam kao novim korisnicima nisu jasni poželjno je za svaki od makroa dati kartu makroa, koja će biti odložena u posebnoj fascikli i činiti podsetnik. Karta makroa bi sadržala sliku elementa koji se makroom iscrtava, tačke na crtežu koje objašnjavaju šta se kojom komandom crta, sam program, i na kraju sintaksu koja kaže koje podatke treba uneti da bi se makro sproveo do kraja (sl.2). Za slučaj da je neke standardne elemente teško opisati rečima, zgodno je takav element definisati slikom kao tipsku formu (slika3).

Vizuelni prikaz dela biblioteke može takođe da bude kraj računara, u istoj fascikli sa kartom makroa i sa nazivima programa za svaki od njih.

Tako se može veoma brzo i jasno startovati željeni program, (npr. makrokomandom 3-08) i uneti podaci koje traži sintaksa.



Sl. 3. Primeri tipičnih formi za pranje i otvore sa i bez navoja

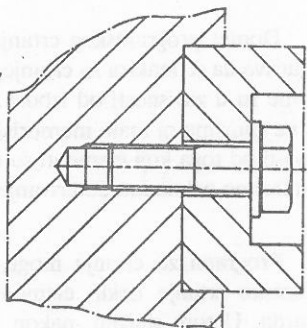
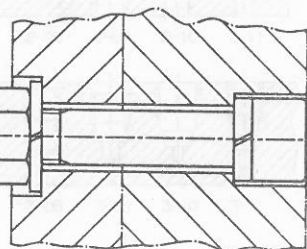
Domet programskog crtanja ne zaustavlja se ovde. Modularna koncepcija programa omogućava da se makroi za crtanje pojedinih elemenata iskoriste za makro koji će crtati sklop. Pri tome su u zavisnosti od izbora elemenata moguće veoma brojne kombinacije a da se pri tome ne zauzima ni malo memoriskog prostora. Takođe, takav program ima mogućnost da u zavisnosti od toga koji elementi su izabrani za sklop, ne crta linije koje se u sklopu ne vide, te nije potrebno naknadno doterivanje crteža (slika 4).

Programi za crtanje mogu biti pisani i u formi robot crtača. Za slučaj da se želi programsko crtanje nekih elemenata poznatih po obliku ali čije dimenzije nisu predmet standarda. U tom slučaju, nakon startovanja programa korisnik unosi potrebne parametre prema konkretnim potrebama projekta. Primer za to su sve vrste distantnih i ostalih prstenova. I na kraju koncepcija makroa trebala bi da ima osobine simbola, tj. da omogućava ne samo crtanje čitavog elementa, već i njegovo celokupno brisanje, kada je to potrebno, samo na osnovu selekcije jednog od osnovnih entiteta makroa.

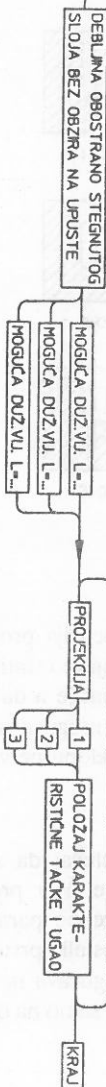
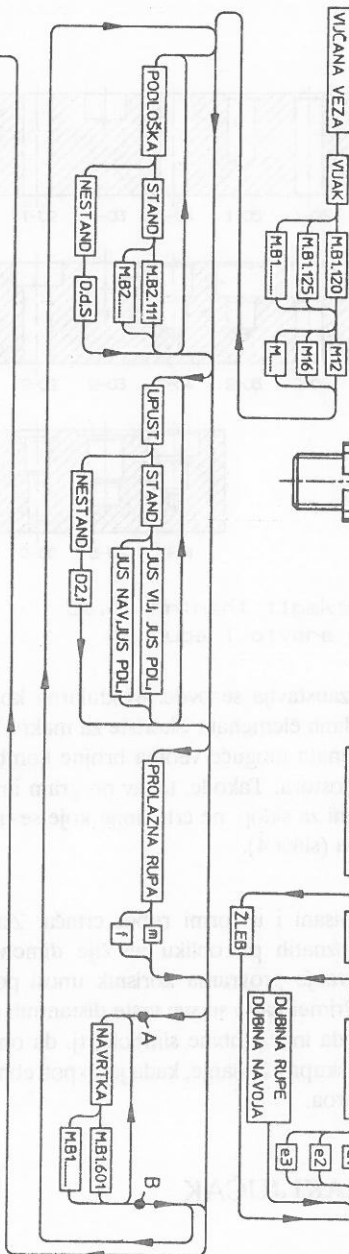
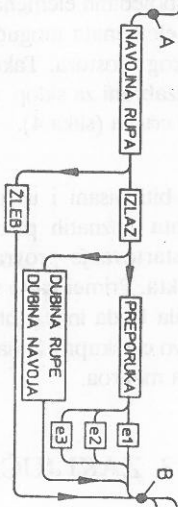
3. ZAKLJUČAK

Programskim crtanjem standardnih elemenata ali i ostalih, koji se svi često primenjuju u radu, veoma se štedi na vremenu i radnoj energiji korisnika CAD-a. Programski se mogu crtati kako elementi uvek određenih dimenzija (prema tablicama), tako i oni čiju veličinu određuje korisnik prema želji (crtanje simbola, robot crtač).

| MENI BIBLIOTEKE | strana |
|-----------------------|--------|
| STANDARDA | 1 |
| ELEMENTI VILJANE VEZE | |
| VILAK | X |
| POLOŠKA | X |
| UPUST | X |
| PROLAZNA RUPA | X |
| NAVRTKA | X |
| NAVODNI OTVOR | |
| NAVODNA RUPA | |
| KRAJ IZBORA | X |



| MENI BIBLIOTEKE | strana |
|-----------------------|--------|
| STANDARDA | 1 |
| ELEMENTI VILJANE VEZE | |
| VILAK | X |
| POLOŠKA | X |
| UPUST | X |
| PROLAZNA RUPA | X |
| NAVRTKA | |
| NAVODNI OTVOR | |
| NAVODNA RUPA | X |
| KRAJ IZBORA | X |



Sl.4 - Sintaksa viljane veze

Moguća je i modularna koncepcija programa koja omogućuje programsko crtanje sklopova.

Dalji razvoj programskog crtanja će ići ka njegovom povezivanju sa ekspertnim sistemima, koji će vršiti izbor elementa koji će se crtati prema eksploatacionim uslovima, slučaju opterećenja i slično.

LITERATURA:

1. Gemaljević M., Pjevac T.: Neki aspekti uvođenja CAD sistema
2. Abeln O.: CA...-Techniken in der industriellen Praxis, Munchen, HANSER, 1990
3. Spur G., Lotar Kraus.: CAD-Technik, Hanser Verlag, 1984
4. Ehrlenspiel, K., Dylla N.: Untersuchung des individuellen Vorgehens beim Konstruieren, Konstruktion 43, 1991
5. Literatura proizvođača CAD opreme

BANKA MODULA U CAD PROJEKTOVANJU IZMENJIVAČA PALETA LOLA OBRADNIH CENTARA

Milenko Gemaljević, dipl. ing., viši saradnik

LOLA institut, Kneze Višeslava 2a, 11030 Beograd

Ivan Obradović, dipl.ing., viši projektant

LOLA fabrika alatnih mašina, Jugoslovenska 2, 11250 Železnik

Rezime:

U radu je prikazan deo banke modula obradnih centara koji se odnosi na izmenjivače paleta LOLA obradnih centara sa horizontalnim položajem vretena. Moduli izmenjivača paleta obuhvataju rešenja koja se koriste u sintezi obradnih centara za njihov rad u fleksibilnim obradnim sistemima i u autonomnom izvođenju. Njihovom primenom povećava se iskorišćenje obradnog centra i zaokružuje tok automatizacije u manipulaciji obratkom.

Abstract:

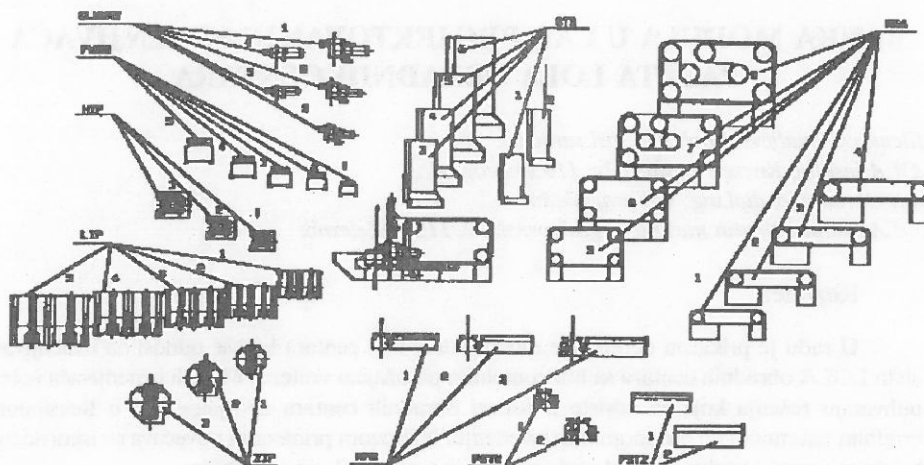
Part of CAD-files in design pallet changer LOLA machining centers

A Part of CAD-files machining centers which in relation to pallet changer horizontal machining centers is described in article. Pallet changer files are include solutions, which are used in machining centers summary for their work into flexible manufacturing systems as in independent realising. With their application are increas useful capacity machinig center, and automatic flow in the workpiece hauling are completed.

1. UVOD

U LOLA industriji alatnih mašina je razvijen modularni princip gradnje obradnih centara /1/. Na osnovu razvijenog modularnog sistema izgrađene se familije modula pomoću kojih je sintetizovan čitav niz obradnih centara (OC). Banka modula na slici 1 predstavlja osnov za sintezu horizontalnih obradnih centara.

Analiza modula koji ulaze u sastav OC-a, kao i ukupna analiza složenog mašinskog sistema u koji ulaze više OC-a i drugih fleksibilnih modula (sistema alata, sistema obratka, sistema upravljanja) pokazuje da se u obradi prizmatičnih predmeta najveći ekonomski efekat--odnos ostvarene uštede i potrebnih ulaganja-- ostvaruje mehanizacijom i automatizacijom izmene predmeta obrade. Zbog toga je od posebne važnosti razvoj familije modula izmenjivača paleta za izvođenje OC-a u složenim mašinskim sistemima i pri autonomnom radu.



Slika 1 - Pregled modula horizontalnih obradnih centara tipa LOLA HMC

2. OSNOVNI KONSTRUKCIJSKI ZAHTEVI

U proizvodnim koncepcijama u kojima se obrađuju prizmatični predmeti, ključni elemenat transportnog i skladišnog sistema je kvadratna paleta standardizovana prema DIN 55021. Kako se paleta može naći u svakom segmentu transportno-skladišnog i obradnog sistema, svojim karakterističnim nizom dimenzija određuje i karakteristični niz stanica za odlaganje paleta, stanica za pripremu paleta i izmenjivača paleta.

U LOLA industriji alatnih mašina je u odnosu na karakterističan niz dimenzija kvadratne palete formirana familija horizontalnih obradnih centara HMC (Horizontal Machining Centres), koji u svojoj osnovnoj oznaci ima oznaku pripadajuće palete:

HMC400, HMC500, HMC630, HMC800, HMC1000

Ovako formirana familija OC-a je osnova za projektovanje složenih fleksibilnih sistema. Izmenjivači paleta kao deo ukupne banke modula OC-a, moraju pre svega osigurati:

- jednostavnu i brzu izmenu paleta bez obzira da li se radi o autonomnom radu ili radu u složenim sistemima;
- jednostavnu vezu sa različitim varijantama OC-a;
- jednostavnu vezu sa modulima skladišnog i transportnog sistema;
- jednostavnost rukovanja u autonomnom izvođenju OC-a kada izmenjivač paleta služi kao pripremna stanica;

Potrebno je obezbediti mogućnost rotacije paleta 4x90 stepeni na samom izmenjivaču paleta.

Izmenjivači paleta LOLA OC-a horizontalnog izvođenja vretena sadrže konstrukciona rešenja koja se u osnovi mogu svesti na dva tipa:

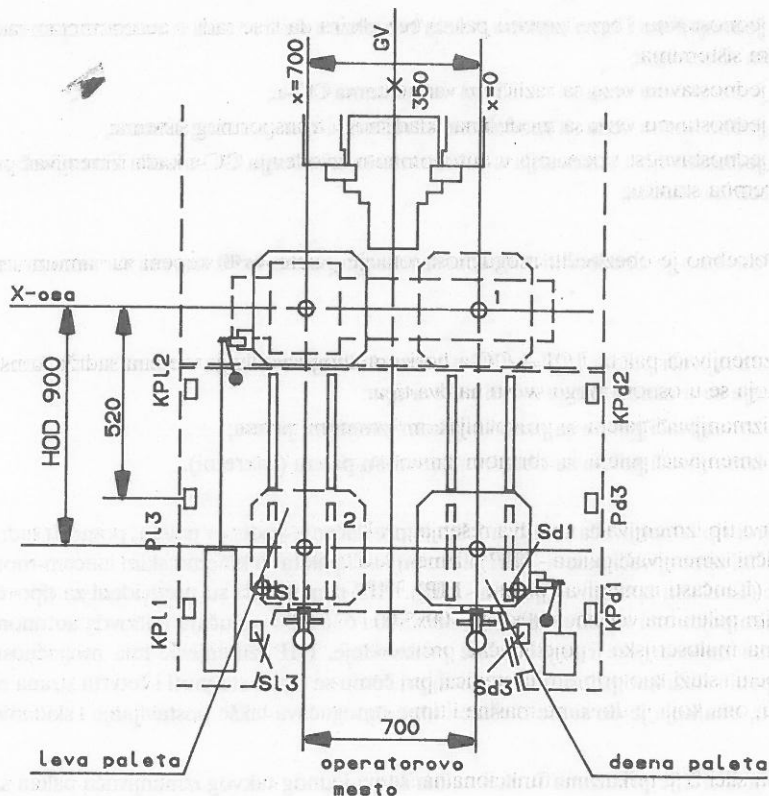
- izmanjivači paleta sa pravolinijskom izmenom paleta;
- izmenjivači paleta sa obrtnom izmenom paleta (zakretni).

Prvi tip izmenjivača ima dva rešenja prevlačenja-vođenja paleta, pomoću hidrocilindara (Hidraulični izmenjivači paleta - HIP) i izmenjivači paleta sa kinematskim lancem-motor-reduktor-lanac (Lančasti izmanjivač paleta - LIP). HIP izmenjivači su predviđeni za tipove HMC sa kvadratnim paletama veličine 400x400, 500x500 i 630x630 u slučaju njihovog autonomnog rada u uslovima maloserijske i pojedinačne proizvodnje. HIP izmenjivač ima mogućnost obrtanja 4x90 stepeni i služi kao pripremna stanica, pri čemu se može stegnuti i četvrta strana na radnom predmetu, ona koja je do same mašine i time omogućava lakše postavljanje i skidanje paleta.

Na slici 2 je prikazana funkcionalna šema jednog takvog izmenjivača paleta sa elementima ciklusa izmene paleta.

Preuzimanje i vraćanje paleta obavlja izmenjivač paleta sa dva paletna mesta. Preuzimanje i vraćanje paleta se vrši u krajnje levom i krajnje desnom položaju hoda X ose.

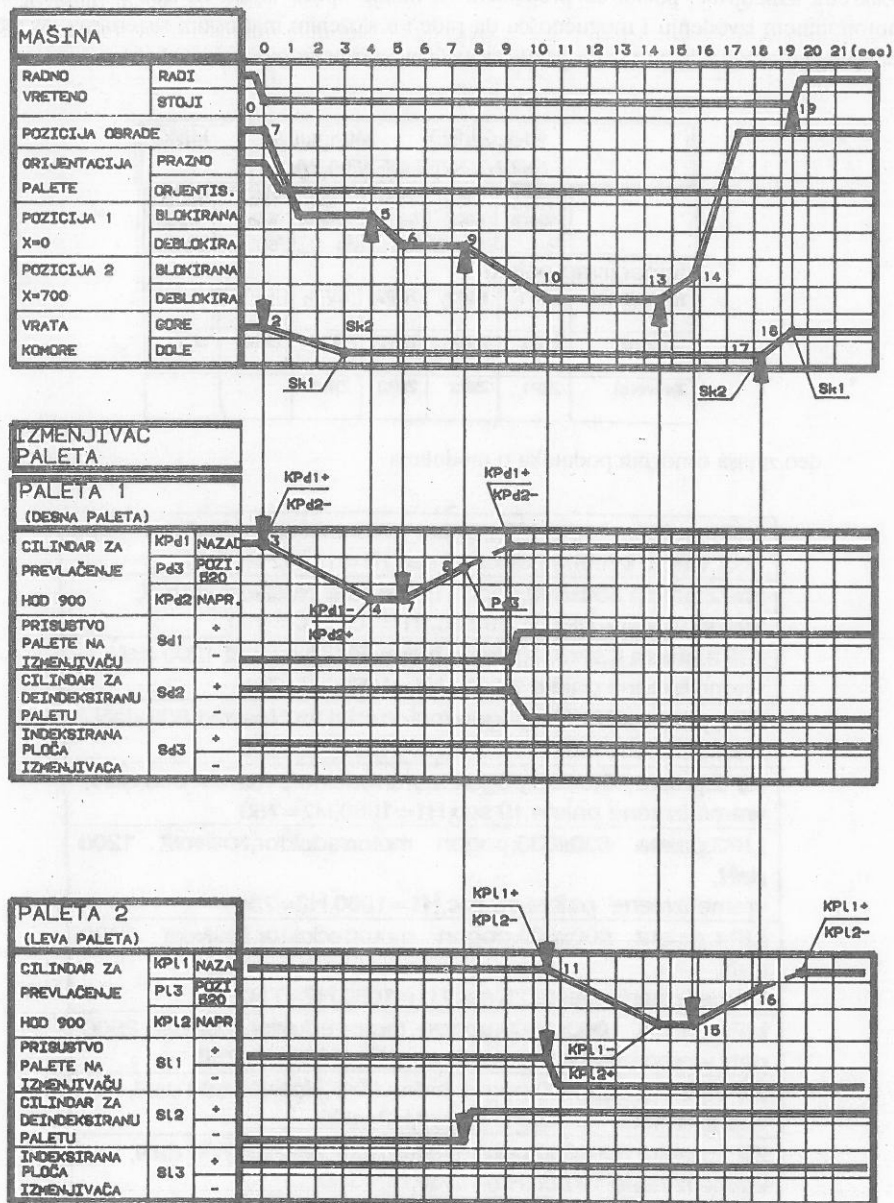
Transport paleta je poseban za svaku paletu i vrši se hidrocilindrima. Sve aktivnosti oko izmene paleta ne prelaze 20sec što spada u okvir svetskih rešenja. Sistem identifikacije omogućuje pouzdan rad sistema. Ciklus izmene paleta počinje trenutkom zaustavljanja radnog vretena-nulta tačka dijagrama na slici 2.



- KPd-Krajnji prekidač-desni (zadnji(1)-prednji(2))
 KPL-Krajnji prekidač-levi(zadnji(1)-prednji(1))
 Pd-Prekidač desni-identifikuje prednjih 520mm
 Pl-Prekidač levi-identifikuje prednjih 520mm
 Sk1-Senzor-vrata komore u donjem položaju
 Sk2-Senzor-vrata komore u gornjem položaju
 Sd1-Senzor-prisustvo desne paleta
 Sl1-Senzor-prisustvo leve paleta
 Sd2-Senzor-deindeksirana paleta-desna
 Sl2-Senzor-deindeksirana paleta-leva
 Sd3-Senzor-indeksirana ploča-desna
 Sl3-Senzor-indeksirana ploča-leva

Slika 2 - Dijagram izmene paleta

Na sledećoj slici (3) prikazani su svi elementi koji učestvuju u ciklusu izmene palete sa nazivima.



Slika 3 - Ciklus izmene palete

Lančasti izmenjivači paleta su na LOLA OC-a predviđeni za tipove HMC sa svim veličinama niza kvadratnih paleta u slučaju njihovog rada u fleksibilnim obradnim sistemima. Zakretni izmenjivači paleta su predviđeni za manje tipove HMC za slučaj njihovog rada u autonomnom izvođenju i mogućnošću da rade i u složenim mašinskim sistemima. U tabeli je dat pregled modula izmenjivača paleta sastavljen na osnovu modula na slici 1.

| PREGLED MODULA OBRADNIH CENTARA | | | | | | HMC |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | HMC 400/4 0 | HMC 500/ 40 | HMC 500/ 50 | HMC 630/5 0 | HMC 800/ 50 | HMC 1000/ 50 |
| Izmenjivač paleta | | | | | | |
| hidraulični | HIP1 | HIP2 | HIP2 | HIP3 | | |
| lančasti | LIP1 | LIP2 | LIP2 | LIP3 | LIP4 | LIP5 |
| Zakretni | ZIP1 | ZIP2 | ZIP2 | ZIP3 | | |

deo zapisa osnovnih podataka o modulima

| |
|---|
| HIP1: paleta 400x400, pogon hidraulični, Nosivost 600 daN, vreme izmene palete 19 sec, H1=1060, H2=560 |
| HIP2: paleta 500x500, pogon hidraulični, Nosivost 800 daN, vreme izmene palete 19 sec, H1=1060, H2=750 |
| HIP3: paleta 630x630, pogon hidraulični, Nosivost 1200 daN, vreme izmene palete 19 sec, H1=1060, H2=750 |
| LIP1: paleta 400x400, pogon motorreduktor, Nosivost 600 daN, vreme izmene palete 19 sec, H1=1060, H2=750 |
| LIP2: paleta 500x500, pogon motorreduktor, Nosivost 800 daN, vreme izmene palete 19 sec, H1=1060, H2=750 |
| LIP3: paleta 630x630, pogon motorreduktor, Nosivost 1200 daN, vreme izmene palete 19 sec, H1=1060, H2=750 |
| LIP4: paleta 800x800, pogon motorreduktor, Nosivost 2000 daN, vreme izmene palete 25 sec, H1=1060, H2=750 |
| LIP5: paleta 1000x1000, pogon motorreduktor, Nosivost 2500 daN, vreme izmene palete 25 sec, H1=1060, H2=750 |
| ZIP1: paleta 400x400, pogon hidraulični, Nosivost 600 daN, vreme izmene 19 sec, H1=1060, H2=560 |
| ZIP2: paleta 500x500, pogon hidraulični, Nosivost 800 daN, vreme izmene 19 sec, H1=1060, H2=750 |
| ZIP3: paleta 630x630, pogon hidraulični, Nosivost 1200 daN, vreme izmene 19 sec, H1=1060, H2=750 |

H1 - max. visina gornje površine stola-paleta od nivoa poda

H2 - min. visina ispod transportera strugotine od poda

3. CAD PROJEKTOVANJE MODULA IZMENJIVAČA PALETA

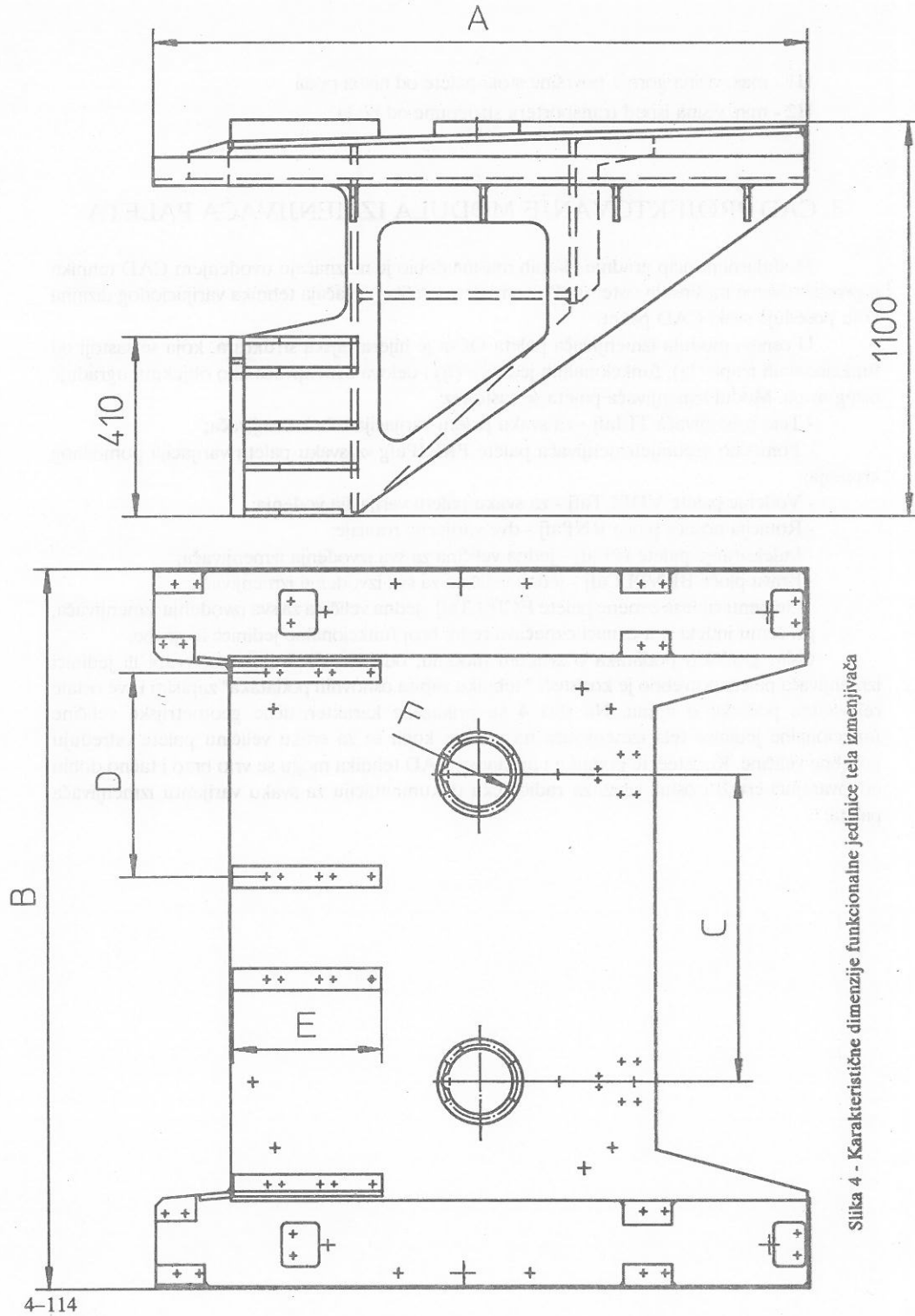
Modularni princip gradnje alatnih mašina dobio je na značaju uvođenjem CAD tehnika u projektovanje mašinskih sistema. Pri tome je od velikog značaja tehnika varijacionog dizajna koju poseduje svaki CAD paket.

U osnovi modula izmenjivača paleta OC-a je hijerarhijska struktura, koja se sastoji od funkcionalnih frupa (fg), funkcionalnih jedinica (fj) i delova izmenjivača kao objekata ugradnje nižeg nivoa. Modul izmenjivača paleta se sastoji iz:

- Telo izmenjivača TLIfj - za svaku paletu varijacija tela izmenjivača;
- Pomoćno kretanje izmenjivača palete PKRIPafg - za svaku paletu varijacija pomoćnog kretanja;

- Vođenje palete VDPLTafj - za svaku paletu varijacija vođenja;
- Rotacija noseće ploče RNPafj - dve varijacije rotacije;
- Indeksiranje palete IPLafj - jedna veličina za sva izvođenja izmenjivača;
- Brava ploče BRVPLCafj - jedna veličina za sva izvođenja izmenjivača;
- Elementi ciklusa izmene palete ECIPLTafj - jedna veličina za sva izvođenja izmenjivača, pri čemu indeks a u oznaci označava redni broj funkcionalne jedinice ili grupe.

Osim grafičkih podataka o svakom modulu, odnosno funkcionalnoj grupi ili jedinici izmenjivača paleta potrebno je koristeći "tehniku zapisa osnovnih podataka" zapisati i sve ostale relevantne podatke o njima. Na slici 4 su prikazane karakteristične geometrijske veličine funkcionalne jedinice tela izmenjivača na osnovu kojih se za svaku veličinu palete određuju posebne veličine. Koristeći te podatke i prednosti CAD tehnika mogu se vrlo brzo i tačno dobiti odgovarajući crteži i ostali izlazi za radioničku dokumentaciju za svaku varijantu izmenjivača paleta.



Slika 4 - Karakteristične dimenzije funkcionalne jedinice tela izmenjivača

| | A | B | C | D | E | F |
|---------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| HMC 400 | 1185 | 1410 | 560 | 375 | 280 | 150 |
| HMC 500 | 1495 | 1640 | 700 | 465 | 340 | 150 |
| HMC 630 | 1785 | 1930 | 860 | 575 | 410 | 200 |

4. ZAVRŠNI OSVRT

Do sada razvijeni moduli izmenjivača paleta su deo banke modula, pre svega horizontalnih obradnih centara koji predstavljaju osnovu za dalju nadgradnju sistema obradka u složenom mašinskom obradnom sistemu. Tu se pre svega misli na ostale tipove izmenjivača paleta npr. okretnih oko horizontalne ose, za vertikalne obradne centre kao proširenje banke modula izmenjivača na prihvatne stanice, stanice za odlaganje paleta kao i radne stanice robota.

Uvođenjem ovih uređaja stvaraju se neophodni efekti automatizacije, koji omogućavaju finansijsku dobit u uslovima autonomnog rada i u fleksibilnim obradnim sistemima.

LITERATURA:

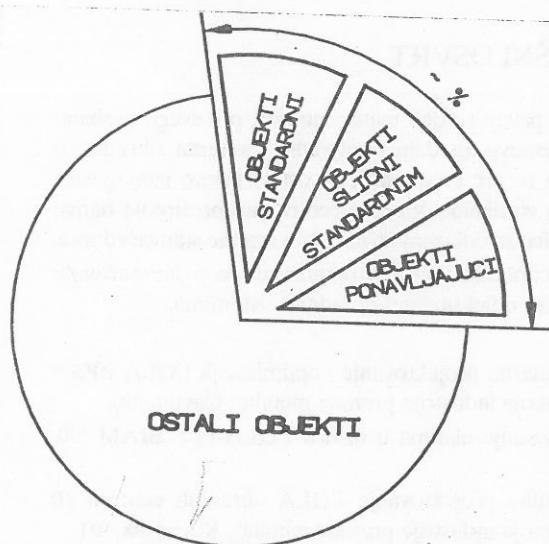
1. Uzunović R., Gemaljević M.: Modularno projektovanje i optimizacija LOLA FPS 9 Simpozijum "CIM o strategiji tehnološkog razvoja industrije prerade metala", Cavtat, '90.
2. Uzunović R., Gemaljević M.: Poslovanje alatima u okviru LOLA-FPS BIAM '90, Zagreb
3. Gemaljević M., Lukić Lj.: Optimalno projektovanje LOLA obradnih centara 10 Simpozijum "CIM u strategiji tehnološkog razvoja industrije prerade metala", Kopaonik, '91
4. Pantelić P., Gemaljević M.: Istraživanje i razvoj nove generacije Horizontalnih obradnih centara tipa HMC 11 Simpozijum "CIM u strategiji tehnološkog razvoja industrije prerade metala", Kopaonik, '92.d

obrade, režimi rezanja, alati, pribori, sredstva za merenje i kontrolu, pomoćni pribori, uređaji, mašine alatke postrojenja, itd.

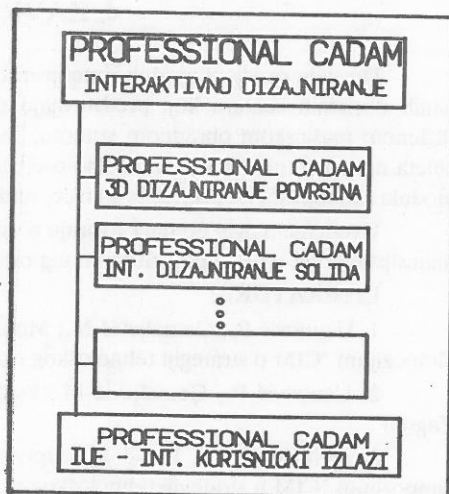
3. PROFESSIONAL CADAM U LOLA INSTITUTU

PROFESSIONAL CADAM je interaktivni sistem za kompjuterom podpomognuto projektovanje (CAD) sastavljen od integrisanih softverskih proizvoda i specijalizovanih aplikacionih programa. Osnovni moduli su (sl 2):

- Interaktivno 2 i 3D dizajniranje,
- Interaktivno solid dizajniranje (ISD),
- Dizajniranje 3D površina,
- IUE (Izlazi u sistemske i korisnikove aplikacione programe) i
- NC (Očekuje se da se pojavi na RISC sistemima/6000 u toku ove godine).



sl 1 - Objekti projektovanja



sl 2 - Struktura PROFESSIONAL CADAM-a

PROFESSIONAL CADAM u LOLA Institutu radi na IBM RISC sistem/6000 hardverskoj platformi koja se

sastoji od:

- 3 Radne stanice/Serveri 320,
- 1 Radna stanica/Server 520,
- 3 X120 stanice (koje rade kao X terminali)

METOD KREIRANJA I KORIŠĆENJA BIBLIOTEKA PARAMETARIZOVANIH OBJEKATA U PROFESSIONAL CADAM-U

Mirko Ćapić, dipl. maš. ing

LOLA INSTITUT, Kneza Višeslava 70/a 11000 Beograd

1. UVOD

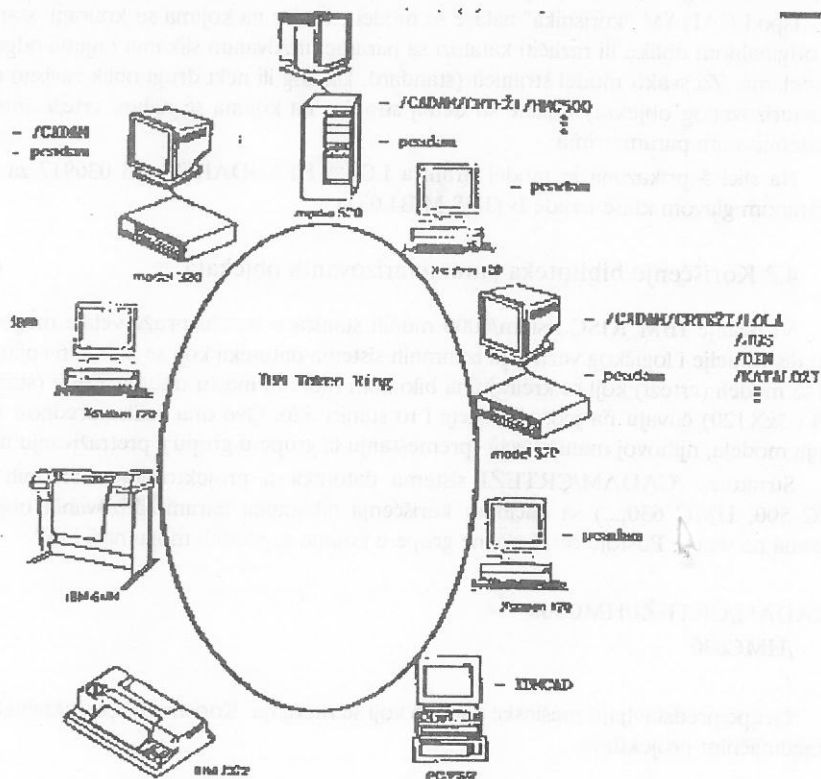
Danas se integracija primenom računara , mašina alatki, robota sistema za transport, aplikacionih sistema (CAE, CAD, CAPP,...), banki podataka i komunikacionog sistema u svim oblastima rada vezanim za proizvodni proces, označava kao "Computer Integrated Manufacturing" CIM). Ovim su pojmom povezani svi procesi od nastanka ideje o nekom proizvodu preko konstrukcione i tehnološke razrade, izrade do završne provere kvaliteta proizvoda. Jedna od najvažnijih posledica realizacije ovakvih sistema ("fabrika budućnosti") jeste oslobađanje ljudskih mogućnosti za rešavanje onih problema i zadataka koje ne može ispuniti računar. U okviru LOLA Instituta u zajednici sa IBM-om otvoren je CIM centar u okviru koga se planira integracija svih sistema. Jedan od sistema je i PROFESSIONAL CADAM.

Kompjuterom potpomognuto projektovanje (CAD) je nova tehnologija kojom se u prvom redu povećava produktivnost projektanata, smanjuje vreme projektovanja i mogućnost pojave grešaka, a uz sve to oslobađa projektante nekreativnih poslova. Shodno tome u radu su predstavljene neki od rezultata i mogućnosti koje pruža PROFESSIONAL CADAM u kreiranju i korišćenju biblioteka parametarizovanih objekata.

2. OBJEKTI PROJEKTOVANJA

Sve objekte u projektovanju možemo podeliti na parametarizovane i na one koji to nisu. Parametarizovani objekti imaju veliki uticaj u projektovanju, tim pre što su to zajednički objekti za preduzeće, granu, zemlju pa i šire. Pod njima se podrazumevaju: standardni delovi, slični standardnim, kataloški i specijalni delovi koji se ponavljaju u projektovanju (sl.1). Zatim, objekti koji učestvuju u projektovanju tehnoloških postupaka pomenutih objekata kao što su: vremena

Raspoloživa računarska oprema je povezana putem token-ring u mrežu (sl. 3). Radna stanica 520 služi kao server za odlaganje i čuvanje CADAM modela (crteža) a jedna stanica 320 služi kao server za biblioteke parametarizovanih objekata.



sl. 3 - Konfiguracija instalacije PROFESSIONAL CADAM-a u Lola Institutu

4. BIBLOITEKE PARAMETARIZOVANIH OBJEKATA

4.1 Kreiranje biblioteka parametarizovanih objekata u Professional CADAM-u

Za kreiranje biblioteka parametarizovanih objekata koriste se neke od mogućnosti koje pruža Professional CADAM. Tako su formirane CADAM grupe :

- LOLA STANDARDI
- JUS STANDARDI
- ISO STANDARDI
- KATALOZI, ...

Hijerarhijski ispod CADAM grupa nalaze se tzv. CADAM "korisnici" u ovom slučaju različiti standardi (za vijke, podloške, ležaje, ...) i katalozi različitih proizvođača (sl. 4).

Ispod CADAM "korisnika" nalaze se model stranice na kojima su kreirani standardi u svom originalnom obliku ili različiti katalozi sa parametarizovanim slikama i njima odgovarajućim tabelama. Za svaku model stranicu (standard, katalog ili neki drugi oblik zavisno od vrste parametarizovanog objekta) vezane su detalj stranice na kojima se nalaze crteži objekata sa tačno definisanim parametrima.

Na slici 5 prikazana je model stranica LOLA STANDARDA IB 036917 za vijke sa šestostranom glavom klase izrade B (JUS M.B1.051).

4.2 Korišćenje biblioteka parametarizovanih objekata

Vezivanje IBM RISC sistem/6000 radnih stanica u mrežu pruža velike mogućnosti u smislu distribucije i logičkog vezivanja izabranih sistema datoteka koji se nalaze na njima (sl 3). Tako se modeli (crteži) koji se kreiraju na bilo kom radnom mestu unutar mreže (stanice 520, 2x320 i 3xX120) čuvaju na jednoj lokaciji i to stanici 520. Ovo ima veliku prednost u smislu čuvanja modela, njihovoj manipulaciji (premeštanju iz grupe u grupu), pretraživanju itd.

Struktura /CADAM/CRTEŽI sistema datoteka u projektovanju obradnih centara (HMC 500, HMC 630,...) sa načinom korišćenja biblioteka parametarizovanih objekata je prikazana na slici 4. Postoje četiri glavne grupe u kojima se modeli mogu naći i to:

a.) /CADAM/CRTEŽI/HMC500

/HMC630

/...

Grupe predstavljaju mašinske sisteme koji se razvijaju. Korisnici su projektanti koji rade na pojedinačnim projektima.

b.) /CADAM/CRTEŽI/PROVERA

Vrši se provera projektnih rešenja. Korisnici nisu navedeni.

c.) /CADAM/CRTEŽI/PRO_MAS

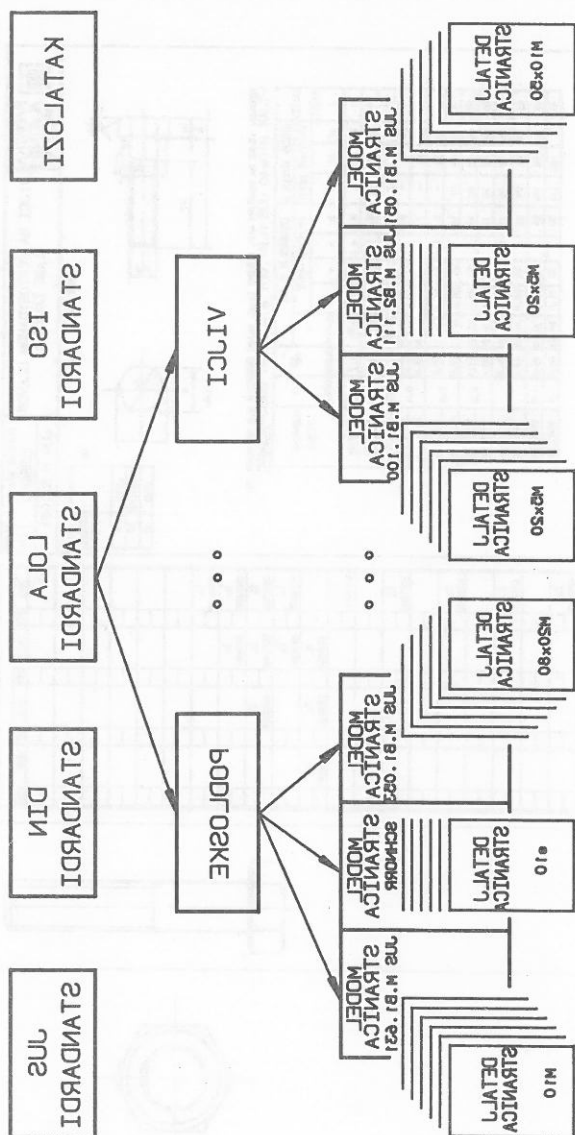
Grupa u kojoj se nalaze prethodno projektovani mašinski sistemi.

d.) /CADAM/CRTEŽI/TEHNO

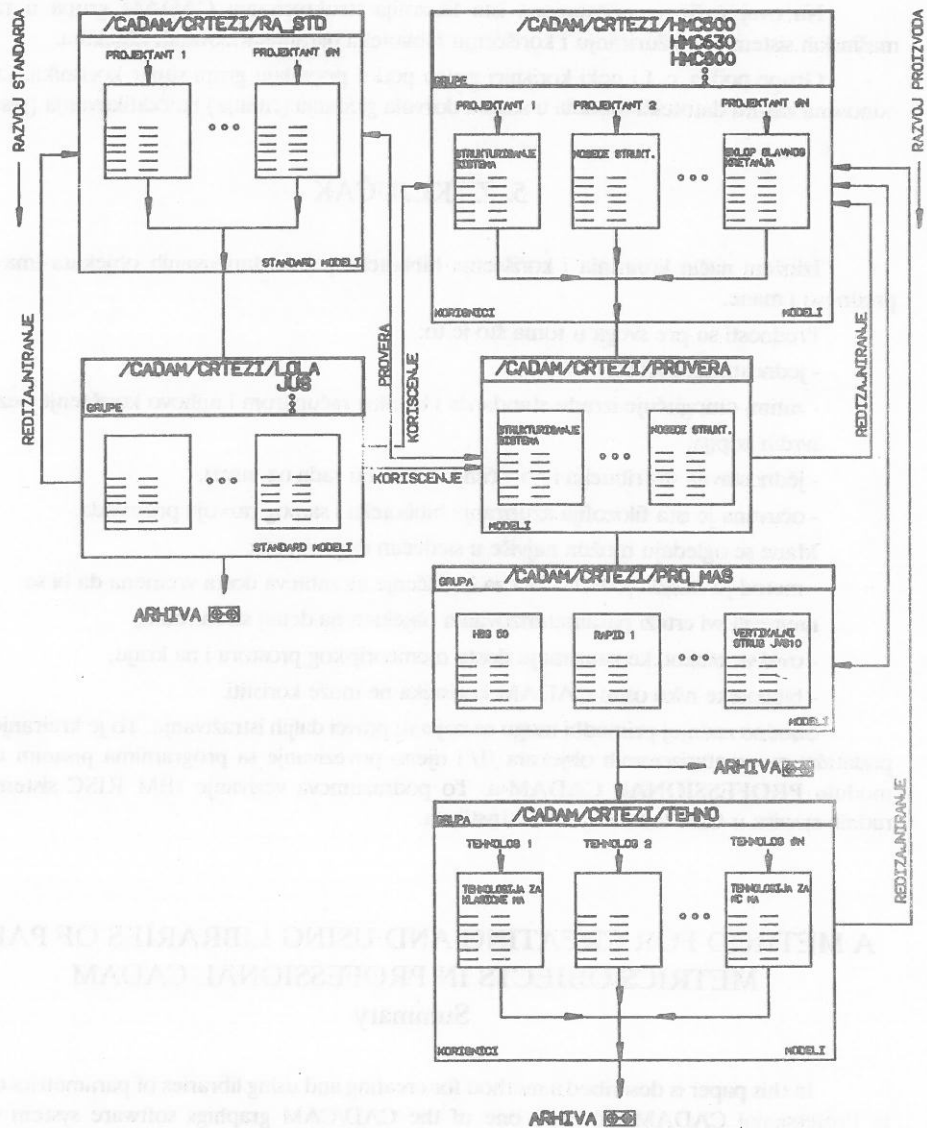
Grupa u kojoj se vrši tehnološka razrada dokumentacije. Struktura korisnika nije navedena. Po istom principu na jednoj stanici 320 koja je odvojena za ažuriranje biblioteka parametarizovanih objekata formirane su sledeće grupe:

e.) /CADAM/CRTEŽI/RA_STD

Vrši se ažuriranje biblioteka parametarizovanih objekata i provera projektnih rešenja sa stanovišta usklađenosti sa standardima. Korisnici nisu navedeni.



sl 4 - CADAM grupe parametarizovanih objekata



sl 6 - Struktura /CADAM/CRTEŽI sistema datoteka u projektovanju obradnih centara

f.) /CADAM/CRTEŽI

/LOLA

/JUS

/DIN

/ISO

/KATALOZI

Na ovaj način je primenjena ista filozofija strukturisanja CADAM grupa u razvoju mašinskih sistema i u ažuriranju i korišćenju biblioteka parametarizovanih objekata.

Grupe pod b, c, f i neki korisnici grupe pod d pripadaju grupi super korisnika. Ovo se odnosi na zaštitu datoteka modela u smislu dozvola gledanja (čitanja) i modifikovanja (pisanja).

5. ZAKLJUČAK

Izloženi način kreiranja i korišćenja biblioteka parametarizovanih objekata ima svoje prednosti i mane.

Prednosti su pre svega u tome što je to:

- jednostavan metod,
- zatim, omogućuje izradu standarda i katalog računarom i njihovo korišćenje bez tvrdih kopija,
- jednostavna distribucija i korišćenje u slučaju rada na mreži,
- očuvana je ista filozofija ažuriranja biblioteka i samog razvoja proizvoda.

Mane se ogledaju možda najviše u sledećim činjenicama:

- metod je možda jednostavan za korišćenje ali zahteva dosta vremena da bi se napravili svi crteži parametarizovanih objekata na detalj stranicama,
- ovakve biblioteke zauzimaju dosta memorijskog prostora i na kraju,
- biblioteke niko osim CADAM korisnika ne može koristiti.

Shodno zadnjoj primedbi mogu se najaviti pravci daljih istraživanja. To je kreiranje baze podataka parametarizovanih objekata /1/ i njeno povezivanje sa programima pisanim u IUE modulu PROFESSIONAL CADAM-a. To podrazumeva vezivanje IBM RISC sistem/6000 radnih stanica u CIM okruženje Lola Instituta.

A METHOD FOR CREATING AND USING LIBRARIES OF PARAMETRICS OBJECTS IN PROFESSIONAL CADAM

Summary

In this paper is described a method for creating and using libraries of parametrics objects in Professional CADAM, which is one of the CAD/CAM graphics software system that is installed in the LOLA Institute CIM center. Parametrics objects has very large influence on designing proces machine systems. Because it is common parts of company, country and wider. Parametrics objects are standard parts, parts similar standard and parts which are repeating in the design job. Also is suggested organization scheme /CADAM/DRAWINGS file system for designing new generation machine centers and for development and using standards and catalogues on computer.

6. LITERATURA

- 6.1 Popović,M.,Đapić,M.,Tripunović,M., Baza podataka parametarizovnih objekata, JUPITER konferencija,Kopaonik, 1991.
- 6.2 Đapić,M.,Pijevac,T., Primena PROFESSIONAL CADAM-a na IBM RISC sistem/6000 radnim stanicama u projektovanju obradnih centara, JUPITER konferencija, Kopaonik, 1991.
- 6.3 Popović,M.,Čapić,M., CAE/CAD.CAPP sistem za standardne objekte, njima slične i objekte koji se ponavljaju u projektovanju, 22 Jugoslovensko savetovanje proizvodnog mašinstva, Ohrid, 1989.
- 6.4 CAD -Normteil datei-Arbeitsanweisung, 1986.
- 6.5 PROFESSIONAL CADAM, Korisnički priručnici.

KONSTRUKCIJA VRETENIŠTA RADNOG DELA POMOĆU PAKETA CADDs 4X

dipl.ing. Boris Bunjevac
Institut, Livnica Kikinda

Rezime: Izrada 3-d žičanog modela. Izrada sklopnog crteža. Izbor formata crteža, broja i položaja pogleda i razmere u odgovarajućim pogledima. Izrada izabranih pogleda na osnovu 3-d modela, uklanjanjem nevidljivih linija. Konstrukcija figura od delova sklopa, otvaranje novih part-ova za svaki deo i insertovanje odgovarajućih figura u njih. Izrada radioničkih crteža delova. Iskorišćavanje uradjenog sklopa vreteništa za izradu sličnih sklopova.

Abstract: Creation of a 3-d model. Design of an assembly drawing. Defining dimensions of the drawing, number and position of the views and defining scale in every chosen view. Design of chosen views concerning a 3-d model, by means of changing the appearance of the entities that are not visible in certain views. Construction of nodal figures of the parts the assembly consists of, creating CADDs parts for every part of the assembly and inserting each nodal figure in belonging part. Drafting of the parts the assembly consists of, and design of a detail drawing for each part. Using created assembly drawing for obtaining other assemblies.

Tema ovog rada je konstruisanje i izrada kompletne proizvodne dokumentacije za vretenište radnog dela brusilice za spoljašnje okruglo brušenje AFC 630CNC, koja je sastavni deo proizvodnog programa Livnice Kikinda.

Izrada 3-d žičanog modela

Sklop vreteništa radnog dela je uradjen kao žičani 3-d model. Sastavljen je od 3-d modela delova sklopa, od kojih je svaki deo uradjen na drugom layer-u, odnosno u drugoj boji.

Žičani 3-d model predstavlja polaznu osnovu za različite inženjerske analize, kao što su analiza metodom konačnih elemenata, termička analiza, analiza težista, momenata



inercije i slično. Prednosti 3-d modela naročito dolaze do izražaja ako je u pitanju originalna konstrukcija. Ovakav model ne sadrži sve informacije potrebne za izradu delova i podsklopova u sklopu, ali pruža dovoljno geometrijskih informacija, da bi se donela pouzdana konstruktorska odluka o funkcionalnim odnosima, tolerancijama, i međusobnom položaju delova u sklopu. Kada je potrebno izmeniti konstrukciju, mnogo je lakše, jednostavnije i tačnije promeniti model, umesto svih 2-d pogleda u kojima se izmene vide.

Svaki put kad konstruktor, detaljista, konstruktor alata, ili neko drugo tehničko lice koje zna da čita crtež, pogleda tehnički crtež, odvija se proces automatske mentalne konverzije. To je u osnovi konverzija 2-d predstave sa pogledima, projekcijama, i preseccima, u 3-d sliku predmeta. Za osobe koje znaju da čitaju tehnički crtež ovo je veoma dobar način za međusobnu komunikaciju. Sa druge strane vizualizacija žičanog 3d-modela, zahteva drugačiji mentalni proces, i za posmatrača koji nije navikao na takav način crtanja može da predstavlja problem. Na crtežu ima suviše mnogo linija, krugovi ne leže u ravni crteža i slično. Zbog toga je potrebno izvršiti modifikaciju 3-d geometrije, da bi se omogućila bolja preglednost crteža.

U pitanju su sledeće modifikacije:

- Promene u jednom pogledu reflektuju se i u drugim pogledima
- Uklanjanje skrivenih linija. Tehnika koja poboljšava preglednost uklanjanjem entiteta na modelu koji su u datom pogledu nevidljivi.

Izrada sklopnog crteža

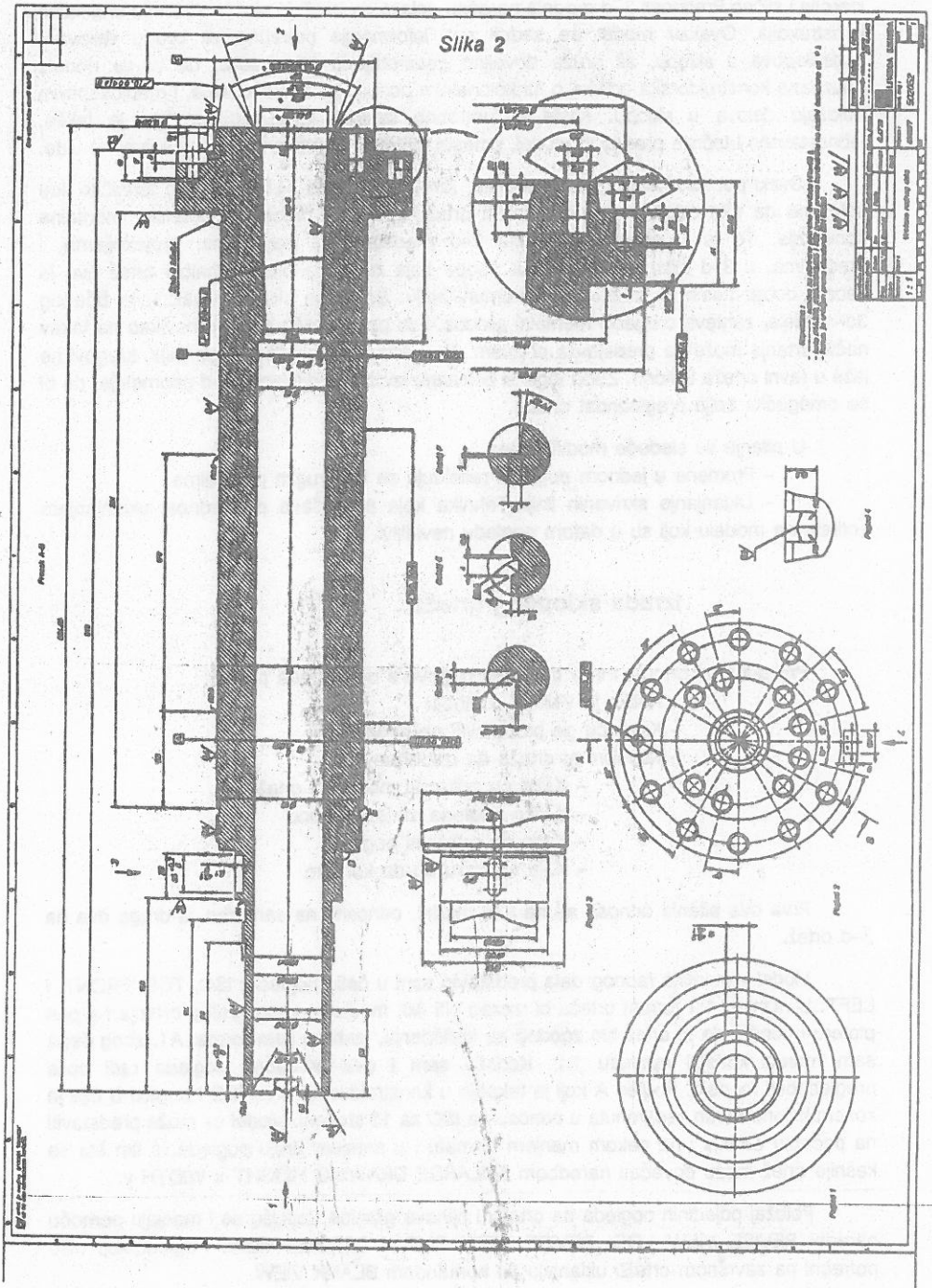
Pre početka crtanja treba definisati odgovore na sledeća pitanja:

- Koliko je velik 3-d model
- Kako ću ga predstaviti na crtežu
- Koji format crteža da izaberem
 - Kako ću prikazati model na crtežu:
 - Koliko pogleda mi je potrebno
 - Kako ću prikazati poglede
 - Koju razmeru ću da koristim

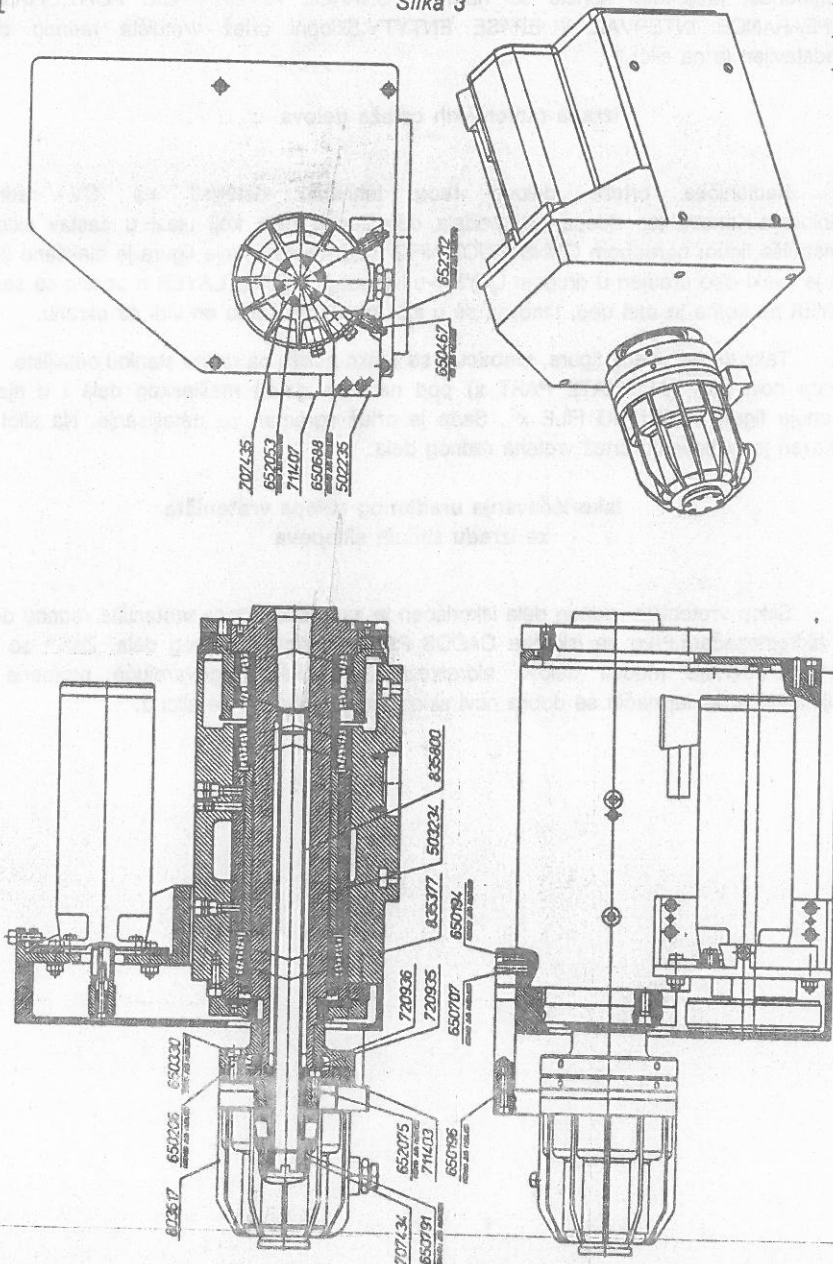
Prva dva pitanja odnose se na 3-d model, odnosno na sam deo, a druga dva na 2-d crtež.

Model vreteništa radnog dela predstavio sam u četiri pogleda: ISO, TOP, FRONT, i LEFT. U razmeri 1:1 format crteža bi morao biti A0, međutim zbog lakšeg crtanja na pen ploteru i uopšte da bi crtež bio zgodniji za korišćenje, izabrao sam format A1, zbog čega sam morao koristiti razmeru 1:2. Koristio sam i dva pomoćna pogleda radi bolje preglednosti modela. Pogled A koji je takodje u konstrukcionoj ravni ISO i pogled B čija je konstrukciona ravan zaokrenuta u odnosu na ISO za 15 stepeni. Model se može predstaviti na početku crtanja i na nekom manjem formatu i u manjem broju pogleda, s tim što se kasnije crtež može povećati naredbom ENLARGE DRAWING HEIGHT x WIDTH y.

Položaj pojedinih pogleda na crtežu i njihove granice definišu se i menjaju pomoću naredbi REVISE VIEW LOC, REVISE VIEW CLIP, i SCROLL VIEW. Pogledi koji nisu potrebni na završnom crtežu uklanjaju se komandom BLANK VIEW.



Slika 3

[illegible]

Da bi se uklonili entiteti koji se ne vide u pojedinim pogledima i na taj način poboljšala preglednost projekcija koriste se naredbe CHANGE APPEARANCE FONT, CHANGE APPEARANCE INTERVAL, i ERASE ENTYTY. Sklopni crtež vreteništa radnog dela predstavljen je na slici 1.

Izrada radioničkih crteža delova

Radioničke crteže delova rade tehničari detaljisti na CV radnim stanicama. Konstruktor sklopa od modela odredjenog dela koji ulazi u sastav sklopa konstruiše figuru naredbom CONSTRUCT NFIG FILE. Konstruisanje figura je olakšano time što je svaki deo uradjen u drugom LAYER-u. Naredbom ECHO LAYER n poziva se samo LAYER na kome je dati deo, tako da se u tom momentu samo on vidi na ekranu.

Tako konstruisana figura, prebacuje se preko mreže na radnu stanicu detaljiste. On otvara novi part (ACTIVATE PART x) pod nazivom datog mašinskog dela i u njega insertuje figuru; INS NFIG FILE x . Sada je crtež spreman za detaljisanje. Na slici 2. prikazan je radionočki crtež vretena radnog dela.

Iskorišćavanje uradjenog sklopa vreteništa za izradu sličnih sklopova

Sklop vreteništa radnog dela iskorišćen je za izradu sklopa vreteništa radnog dela sa hidrostezačem. Prvo se iskopira CADD PART vreteništa radnog dela. Zatim se na modelu docrtaju modeli delova hidrostezača i izvrše odgovarajuće promene u projekcijama. Na taj način se dobija novi sklop koji je prikazan na slici 3.

PROGRAMSKI PAKET ZA AUTOMATIZOVANO PROJEKTOVANJE KOTURASTIH PROFILNI GLODALA ZA IZRADU CILINDRIČNIH ALATA SA ZAVOJNIM ZUBIMA

THE SOFTWARE PACKAGE FOR AUTOMATIC DESIGN OF PROFILE DISC CUTTERS FOR CYLINDRICAL TOOLS WITH HELICAL TEETH PRODUCTION

Dr. Velimir Todić, docent

Prugić Đorđe, dipl. ing.

Mazalić Branislav, laborant

Reljin Željko, asistent pripravnika

Institut za proizvodno mašinstvo

FTN, Novi Sad

Rezime

U radu se iznosi koncepcija i rezultati razvoja, kao i neki primeri primene programskog paketa za automatizovano projektovanje koturastih profilnih glodala.

Ovaj programski paket omogućuje automatizovani proračun profila zuba koturastih glodala za osam standardnih profila zavojnice zuba cilindričnih alata. Isto tako, obezbeđeno je automatizovano određivanje najpovoljnijeg položaja glodala i obradka u procesu obrade.

Abstract

In the paper the concept, developing results and some application examples of the software package for profile disc cutters automatic design are shown. The software package enables the disc cutter teeth profiles automatic design for eight standard helical profiles of

cylindrical tool. Also, the automatic defining of the most favorable position of the cutter and workpiece in the production processing, is provided.

1.0 UVOD

U tehnologiji izrade cilindričnih alata sa zavojnim zubima jedna od ključnih operacija obrade odnosi se na izradu zavojnih žljebova, čiji oblik određuje oblik zuba cilindričnog alata.

Poznato je da su profilna koturasta glodala za izradu ovih zavojnih žljebova vrlo zastupljena u tehnologiji izrade cilindričnih alata sa zavojnim zubima, kao jednoj od varijanti tehnologije njihove izrade.

Cilindrični alati sa zavojnim zubima, kao što je poznato, imaju veliku zastupljenost u tehnološkim procesima obrade u metaloprerađivačkoj industriji. Široki zahtevi za ovim alatima odnose se, kako u pogledu njihovih različitih vrsta, oblika zavojnica i broja zuba, tako i u pogledu različitih dimenzija u okviru pojedinih vrsta i oblika.

Ovo ukazuje da proizvodni sistemi za proizvodnju ovih alata moraju biti opremljeni odgovarajućim savremenim obradnim i tehnološkim sistemima i tehnološku pripremu čiji je rad zasnovan na korišćenju savremenih računarskih sistema.

Razvojem računarskih programa za automatizovane proračune i korišćenjem savremenih CAD/CAM sistema za automatizovano projektovanje, tehnološka priprema u proizvodnim sistemima za proizvodnju reznih alata u značajnoj meri obezbeđuje visok kvalitet svoga rada, pa i ukupne proizvodnje.

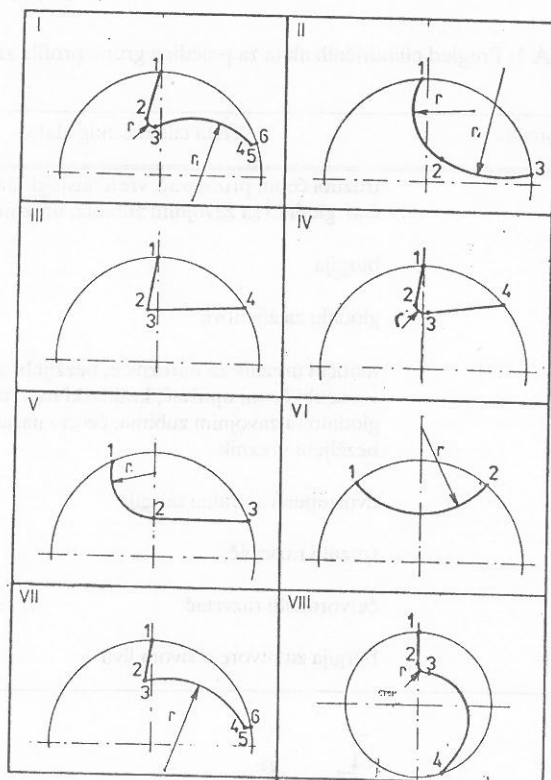
Imajući u vidu izloženo, na Institutu za proizvodno mašinstvo čine se značajni naponi u području razvoja programskih paketa koji se mogu koristiti u tehnološkoj pripremi proizvodnje, za efikasnije rešavanje pojedinih inženjerskih zadataka. Tako se i u ovom radu iznose osnovni podaci o programskom paketu za automatizovano projektovanje koturastih glodala za izradu cilindričnih alata sa zavojnim zubima.

U radu /5/ izloženi su rezultati koji su postignuti u razvoju programskog paketa za automatizovano projektovanje koturastih glodala za izradu proširivača sa zavojnim zubima, a u ovom radu iznose se rezultati njegove dalje dogradnje.

Ova dogradnja odnosi se na proširenje mogućnosti primene i na usavršavanje interaktivnog koncepta razvoja ovog programskog paketa.

2.0 SISTEMATIZACIJA CILINDRIČNIH ALATA SA ZAVOJNIM ZUBIMA I PROFILA NJIHOVIH ZAVOJNICA

Standarni profili zavojnica, odnosno zuba cilindričnih alata sa zavojnim zubima, koji se najčešće koriste u tehnološkim procesima obrade, mogu se, prema literaturnim izvorima, svrstati u osam grupa, slika 1. U TABELI 1 dat je pregled cilindričnih alata za pojedine grupe profila zavojnica, datih na slici 1.



Slika 1. Standardni profili zuba cilindričnih alata sa zavojnim zubima

Kod grupe profila III i VII nisu prikazani neophodni radijusi prelaza u tačkama 2 odnosno 3, jer se podrazumeva da oni postoje.

Za proračun dimenzija i oblika zuba koturastih glodala za izradu cilindričnih alata sa zavojnim zubima potrebno je da profil zavojnice bude definisan u čenoj ravni /1,3/.

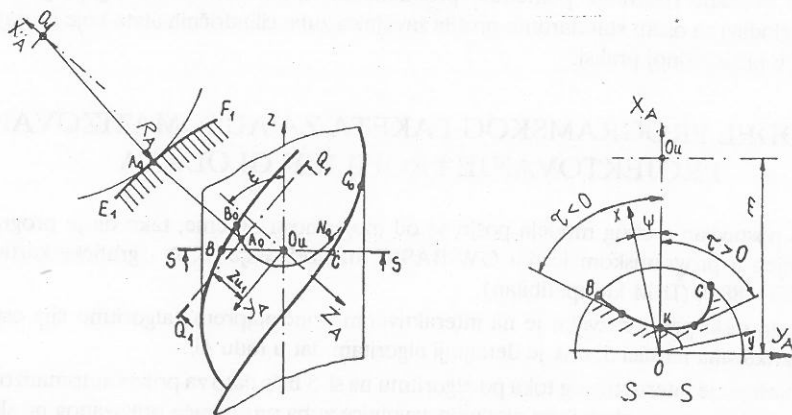
Polazeći od modela opšteg profila zavojnice zuba /6/, slika 2, mogu se definisati profili svih grupa prema slici 1.

Tako, na primer, za profil I grupe radijus $r_{1c} = \infty$, radijusi r_2 i r_3 zadaju se na crtežu profila zuba alata, a koordinate ostalih karakterističnih tačaka profila 1,2,3,4,5 i 6 određuju se na osnovu podataka sa crteža profila zuba, odnosno zavojnice.

Kao što je u literaturi poznato /1,3/ za svaku karakterističnu tačku profila zavoynice zuba potrebno je u čenoj ravni definisati radijuse (r_i) i uglove (δ , ξ_i), slika 2. Uz ostale podatke kojima je određen profil obradka u čenoj ravni, ovi podaci su neophodni za računsko određivanje profila zuba koturastog glodala. Pomenuti podaci određeni su za sve grupe profila u radu /6/, i stvorene mogućnosti da se računarskom metodom odrede profili zuba odgovarajućih koturastih glodala, što je u ovom programskom paketu i urađeno.

3.0 ODREĐIVANJE PROFILA ZUBA KOTURASTIH GLODALA RAČUNSKOM METODOM

Da bi se odredio profil zuba koturastog glodala za izradu zavoynice potrebno je u koordinatnom sistemu glodala ($x_A y_A z_A$), slika 3, definisati koordinate karakterističnih tačaka i druge parametre posmatranog profila zavoynice zuba.



Slika 3. Linija dodira između alata i obratka

Kao što je poznato, koordinate bilo koje tačke profila u koordinatnom sistemu ($x_A y_A z_A$) određuju se iz izraza /1/:

$$x_{Ai} = r_i \cos \xi_i \cos \tau_i + r_i \sin \xi_i \sin \tau_i - m$$

$$y_{Ai} = -(r_i \cos \xi_i \sin \tau_i - r_i \sin \xi_i \cos \tau_i) \cos \epsilon - p \phi_i \sin \epsilon \quad (1)$$

$$z_{Ai} = (r_i \cos \xi_i \sin \tau_i - r_i \sin \xi_i \cos \tau_i) \sin \epsilon - p \phi_i \cos \epsilon$$

U jednačinama (1) ugao (τ) određuje se iz jednačine /2/:

$$\frac{n_2 \cos \tau_i - n_1 i}{\sin \tau_i} - n_3 i - \tau_i = 0 \quad (2)$$

a veličine (m), (p) i (ϕ) određuju se prema izrazima koji su dati u /1/.

Izračunavanjem koordinata za sve karakteristične tačke profila prema izrazima (1) stvorene su mogućnosti da se odrede prečnici profilnog glodala u svim tačkama profila i da se u potpunosti definiše profil zuba glodala, uz korišćenje i drugih preporuka /1/, koje obezbeđuju da se dođe do tehnološkog profila glodala, koji obezbeđuje i potrebni nivo tačnosti zavojnice zuba.

Ranija iskustva /5,6/ su pokazala da je problematika računskog određivanja profila zuba koturastog glodala vezana za tri grupe pitanja. Prva se odnosi na definisanje koordinata karakterističnih tačaka i drugih parametara profila zavojnice zuba u čenoj ravni (x,y), slika 2, druga na problem rešavanja jednačina (2), a treća na problematiku određivanja tehnološkog profila zuba koturastog glodala.

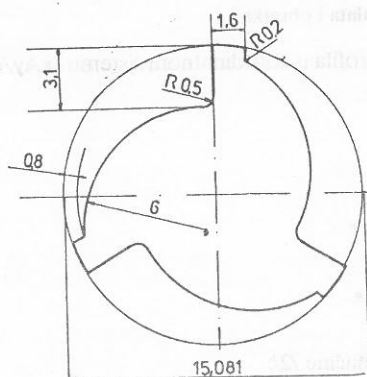
Na bazi ovih iskustava postavljena je koncepcija razvoja programskog paketa, koji obezbeđuje efikasno rešavanje pomenute problematike kod automatizovanog projektovanja koturastih glodala za osam standardnih profila zavojnica zuba cilindričnih alata koje su najčešće u upotrebi u proizvodnoj praksi.

4.0 MODEL PROGRAMSKOG PAKETA ZA AUTOMATIZOVANO PROJEKTOVANJE PROFILNIH GLODALA

Pri postavljanju ovog modela pošlo se od mogućnosti opreme, tako da je programski paket razvijen u programskom jeziku GW-BASIC, uz korišćenje CGA - grafičke kartice, na računaru ET-188 A (IBM kompatibilan).

Programski paket razvijen je na interaktivnom principu, prema algoritmu čija osnovna struktura prikazana na slici 5, dok je detaljniji algoritam dat u radu /6/.

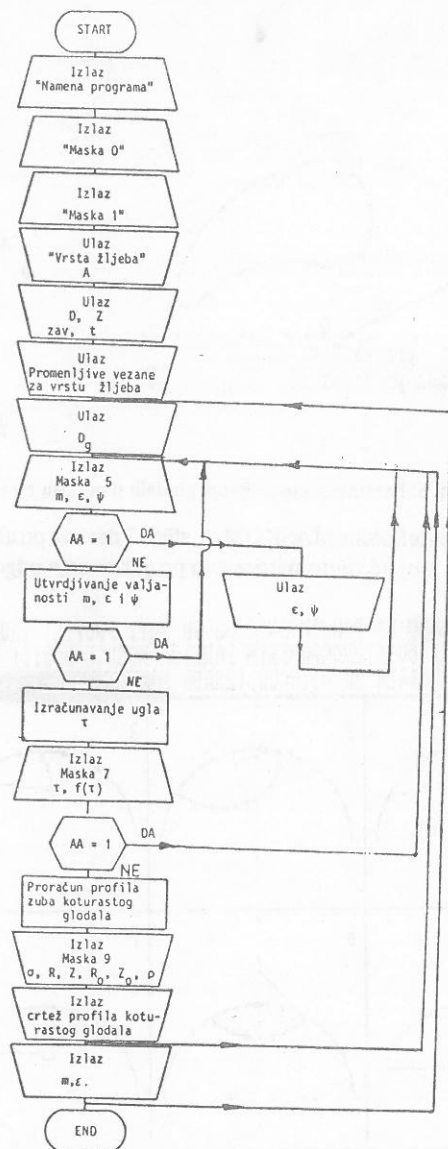
Objašnjenje interaktivnog toka po algoritmu na sl. 5 biće dato za prikaz automatizovanog projektovanja koturastog glodala za glodanje zavojnice zuba proširivača prikazanog na slici 4.



Slika 4. Elementi profila zavojnice zuba proširivača

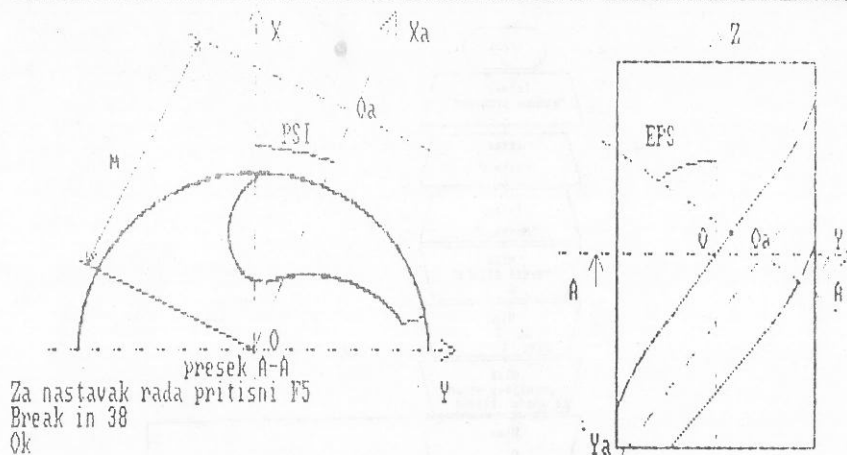
parametri obratka
desna zavojnica kora-
ka $t = 130$ mm
broj zuba $z = 3$

Nakon starta i izlaza koji definiše namenu programa, na izlazu koji je definisan na MASKI 0, slika 6, daju se osnovne veličine i parametri koji definišu koordinatne sistema obradka, alata i parametre postavljanja glodala u odnosu na obradak.



Slika 5. Osnovna algoritamska struktura razvijenog programskog paketa /6/

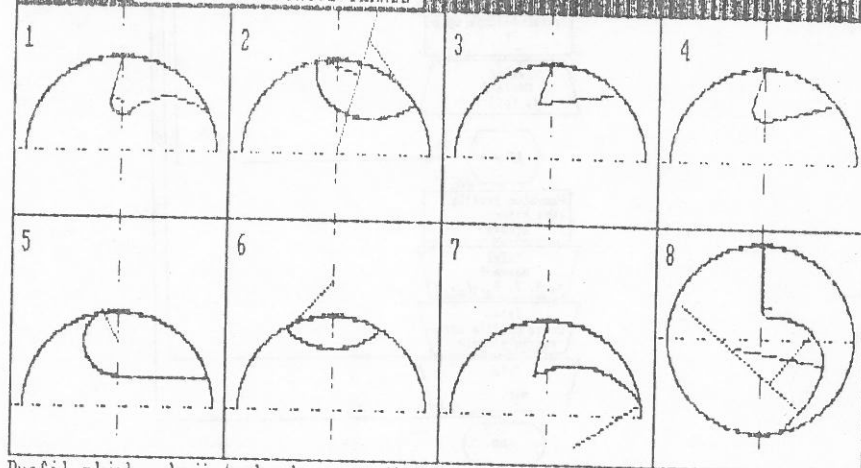
Na donjoj skici je prikazan opšti profil zavojnog zljeba i fizicko
znacenje parametara postavljanja alata na masinu, M, EPS i PSI.
(X, Y, Z koord. sistem obradka: Xa, Ya, Za koord. sistem alata)



Slika 6. Parametri postavljanja glodala u odnosu na obradak

Na izlazu koji je definisan MASKOM 1, slika 7, dati su profili zavojnice zuba za koje je u programskom paketu moguće automatizovano projektovanje odgovarajućih profilnih glodala.

MASKA 1 NA DONJIM SKICAMA SU DATI PROFILI ZAVOJNIH ZLJEBOVA ZA KOJE
JE OVIM PROGRAMSKIM PAKETOM MOGUĆE DOBITI PROFIL ZUBA KOTURASTOG
GLODALA ZA NJIHUVU IZRADU



Profil zljeba, koji treba da se uradi, odgovara profilu zljeba datom na crtezu
pod rednim brojem A=

Slika 7. Izbor i učitavanje oznake profila zavojnice zuba

Učitavanjem oznake profila zavojnice zuba, za koji se želi automatizovano projektovanje koturastog glodala, poziva se MASKA 2, slika 8 na osnovu koje se unose podaci o zavojnici sa crteža obradka.

S A K Z A M

OPREMI PODACI O OBRADKU

Unesi vrednost polaznog prečnika obradka u (mm), $D=12.081$

Broj zuba koji treba da se dobije na obradku je $z=3$

Oko je zavojnica obradka desna, unesi 1, ako je leva, unesi -1

Korak zavojnice na obradku, unesi u (mm), $t=1.30$

Slika 8. Učitavanje ulaznih podataka o zavojnici

Na ulazu, koji definiše MASKA 3/1, slika 9, unose se ostali promenljivi podaci o zubu obradka, koji su definisani crtežom u čeonjoj ravni.

MASKA 3/1: TRAZENI PARAMETRI SE ODNOSI NA DONJI CRTEZ

Grudni ugao na zubu dat u STEPERIMA iznosi, $\gamma=0$

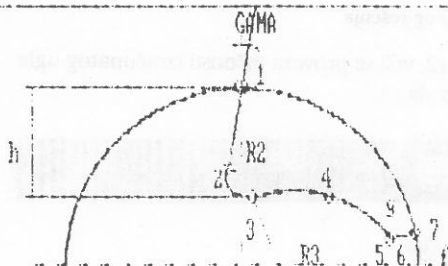
U (mm) data visina zuba je $h=3.1$

Duzina fazete u (mm) iznosi $f=1.6$

Velicina q u (mm) iznosi, $q=0.8$

Radius $R2=0.5$

Radius $R3=6...$



Slika 9. Učitavanje podataka o zubu obradka

Nakon učitavanja izabranog prečnika koturastog glodala (D_g), na izlazu koji definiše MASKA 5, slika 10, dobijaju se početni podaci o položaju glodala u odnosu na obradak, koji se mogu menjati po želji korisnika, sve dok se promenom uglova (ϵ) i (ψ) ne dobije povoljan uslov kontakta profila zuba glodala i zavojnice koja se izrađuje.

POČETNI PARAMETRI POSTAVLJANJA ALATA NA MASINU

Osnovno rastojanje, obradak-alat, $m = 31.31493 \text{ mm}$ Ugao zakretanja alata u odnosu na Z-osu obratka je $EPS = 68.97581 \text{ step}$ Ugao zakretanja alata u odnosu na X-osu obratka je $PSI = 53.92126 \text{ step}$ Ako želiš promenu parametara upisi 1, ako ne upisi 0

Slika 10. Početni podaci za položaj glodala i obradka.

Treba reći da su u programskom paketu ugrađena pravila za ocenu kvaliteta rešenja, u pogledu dobijenog osnovnog rastojanja (m), i uglova (ϵ) i (ψ), što se utvrđuje ocenom za svaku karakterističnu tačku profila, prema MASKI 6, slika 11.

MASKA 6

Uticaaj parametara (m, PSI, EPS) na rezanje je sledeci

1. Za ovu tacku parametri su dobri
2. Za ovu tacku parametri su dobri
3. Za ovu tacku parametri su dobri
4. Za ovu tacku parametri su dobri
5. Za ovu tacku parametri su dobri
6. Za ovu tacku parametri su dobri
7. Za ovu tacku parametri su dobri

Ako želiš promenu parametara, upisi 1, ako ne, upisi 0?

Slika 11. Ocena izabranog rešenja

Na izlazu koji je definisan MASKOM 7, slika 12, vrši se provera tačnosti izračunatog ugla (τ) za sve tačke, u pogledu znaka ovog ugla, shodno slici 3.

MASKA 7

| TACKA | ugao IAU | f(tau) | |
|-------|-------------|-----------|-----------|
| | step | rad | |
| 1 | -48.731458 | -0.710898 | -0.000000 |
| 2 | -50.461670 | -0.880722 | -0.000000 |
| 3 | -123.708400 | -2.159119 | -0.000000 |
| 4 | +01.895480 | +1.429346 | +0.000000 |
| 5 | +142.387300 | +2.485126 | -0.000000 |
| 6 | +43.824166 | +0.764876 | +0.000000 |
| 7 | +48.731458 | +0.710898 | -0.000000 |

Ako želiš promenu parametara, upisi 1, ako ne, upisi 0:Slika 12. Provera znaka ugla (τ) za karakteristične tačke profila.

Nakon utvrđivanja kvaliteta izabranih rešenja, na osnovu MASKE 6 i MASKE 8, slika 13, dobijaju se podaci za osno rastojanje (m) i uglove postavljanja glodala (ε) i (ψ).

MASKA 8

POLOZAJ ALATA U ODNOSU NA OBRADAK ODREDJEN JE SA

Osnim rastojanjem, obradak-alat, koje iznosi $m = 31.31493$ mm
 Uglovi zakretanja alata, u odnosu na Z-osu obratka: EPS= 68.97581 step
 Uglovi zakretanja alata, u odnosu na X-osu obratka: PSI= 53.92126 step

Sada vršimo proračun profila alata

Slika 13. Podaci za postavljanje glodala u odnosu na obradak

Izlaz koji sadrži MASKA 9, slika 14, daje sve potrebne podatke za definisanje profila zuba glodala za izradu posmatrane zavojnice kao i ostale podatke za projektovanje glodala.

MASKA 9

| PODAK IZ MASKA 9 | | | | | | |
|------------------|----|----|----|---------|-------|---|
| OS | Y | Z | R | 2 SIGMA | TACKA | |
| MM | MM | MM | MM | step | step | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |

Prećnik glodala iznosi: $P = 22.76718$ mm. Prećnik otvora u glodalu: $P = 22.76718$ mm.

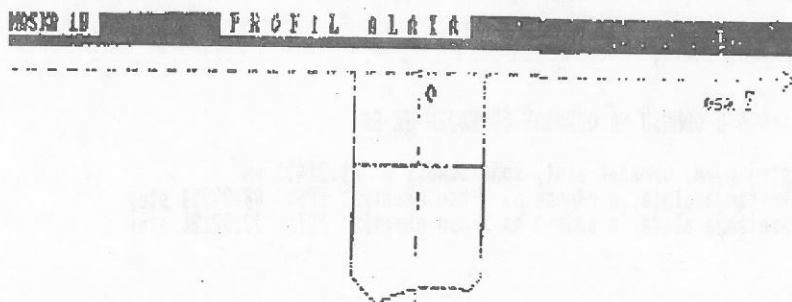
Na nastavak treba pritiskati P2

Prećnik in P250

OK

Slika 14. Podaci za definisanje profila i crteža glodala

MASKA 10, prema slici 15 daje izgled profila zuba koturastog glodala a MASKA 11, slika 16, sadrži podatke o postavljanju glodala u odnosu na obradak.



Slika 15. Profil zuba koturastog glodala Slika

MASKA 11

| PARAMETRI POSTAVLJANJA ALATA NA MASINU | |
|---|--------------------|
| Ugao zakretanja alata, u odnosu na Z-osu obratka je | EPS= 68.97581 step |
| Oso rastojanje, obradak-alat, je | m= 31.31493 mm |

Ugao zakretanja alata, u odnosu na Z-osu obratka je EPS= 68.97581 step

Oso rastojanje, obradak-alat, je m= 31.31493 mm

Slika 16. Parametri postavljanja glodala u odnosu na obradak

5.0 ZAKLJUČCI

Razvijeni programski paket omogućuje automatizovani proračun i projektovanje profila zuba koturastih glodala za osam najzastupljenijih cilindričnih alata sa zavojnim zubima, koji se koriste u tehnološkim procesima obrade.

Isto tako, ovaj programski paket obezbeđuje automatizovano određivanje najpovoljnijih uslova kontakta glodala i obradka i parametra postavljanja glodala u odnosu na obradak.

6.0 LITERATURA

/1/ Lešnjev S.I., Julikov M.I. : Rasčet i konstruirovanije metalorežuših instrumentov s primenjenijem EVM, Mašinstrojenije, Moskva 1973.

/2/ Kaldor, S., Rafael, A.M., Messinger, : On the CAD of Profiles for Cutters and Helical Flutes - Geometrical Aspects, Technion III, Haifa, 1988.

/3/ Rodin, P. R. Metalorežušije instrumenti, Viša škola, Kijev, 1974.

/4/ Semenčenko I.I., Matjušin V.M., Saharov, G.H.: Projektirovanije metalorežuših instrumentov, Mašgiz, Moskva, 1962.

/5/ Todić V., Banjac D., Vasić S., Rodić M., Mazalica B.: The software development for disc cutters projection for tools with helical flutes production, Zbornik radova FTN, Novi Sad, 1989.

/6/ Prugić Đ.: Određivanje izvornih površina rotacionih alata za izradu profilnih žljebova, Diplomski rad, FTN, 1991.

PRILOG RAZVOJU SISTEMA ZA AUTOMATIZOVANO PROJEKTOVANJE MODULARNO KONCIPIRANIH NUMERIČKI UPRAVLJANIH FLEKSIBILNIH TEHNOLOŠKIH STRUKTURA ZA OBRADU ROTACIONIH DELOVA

A CONTRIBUTION TO DEVELOPMENT OF SYSTEM FOR AUTOMATED DESIGN OF MODULAR CONCEPTED NC FMS FOR ROTATIONAL PARTS PROCESSING

Gatalo dr Ratko, red.prof.

Novaković Dragoljub, dipl.ing., str.sar.

Rekecki dr Jožef, red. prof

Institut za proizvodno mašinstvo FTN, Novi Sad

Rezime:

Rezultati izloženi u ovom radu su proizašli iz istraživanja usmerenih na dobijanje podloga za automatizovano projektovanje modularno koncipiranih numerički upravljanih (NU) fleksibilnih tehnoloških (FT) struktura za obradu rotacionih delova (RD). U prvom delu rada daje se opšti pristup projektovanju NU FT struktura za obradu rotacionih delova. Polazi se od činjenice da su NU FT strukture sistemi različitog stepena složenosti, sastavljeni od modula čijim kombinovanjem se dobijaju određeni funkcionalni nivoi NU FT struktura. U drugom delu rada daje se prikaz koncepcije sistema automatizovanog projektovanja NU FT struktura.

U trećem delu rada daje se segment rezultata razvijenog sistema za automatizovano projektovanje NU FT struktura.

Abstarct:

The presented results oriented from the research performed to obtain the basis for automated design of modular concepted NC FMS for rotational part processing. In introductory part of the paper general approach to design the NC FMS for rotational parts processing

is discussed. The starting point is a fact that NC FM structures are systems of various complexity degree, composed of modules, and combining them the particular functional level of NC FM structures could be obtained. The second part of the paper shows the system conception of NC FMS automated design. In the third part of the paper, is presented a segment of results of developed system for NC FM structures automated design.

1.0. UVOD

Numerički upravljane (NU) fleksibilne tehnološke strukture (FTs) su višeni-ovske strukturne forme komponovane od obradnih, manipulacionih, merno-kontrolnih, transportno-skladišnih i upravljačko-informacionih sistema. Prema nivou složenosti struktura, razlikujemo sledeće osnovne nivoe NU FTs: numerički upravljana mašina alatka (NUMA), fleksibilni tehnološki modul (FTM), fleksibilna tehnološka ćelija (FTC) i fleksibilni tehnološki sistem (FTS)

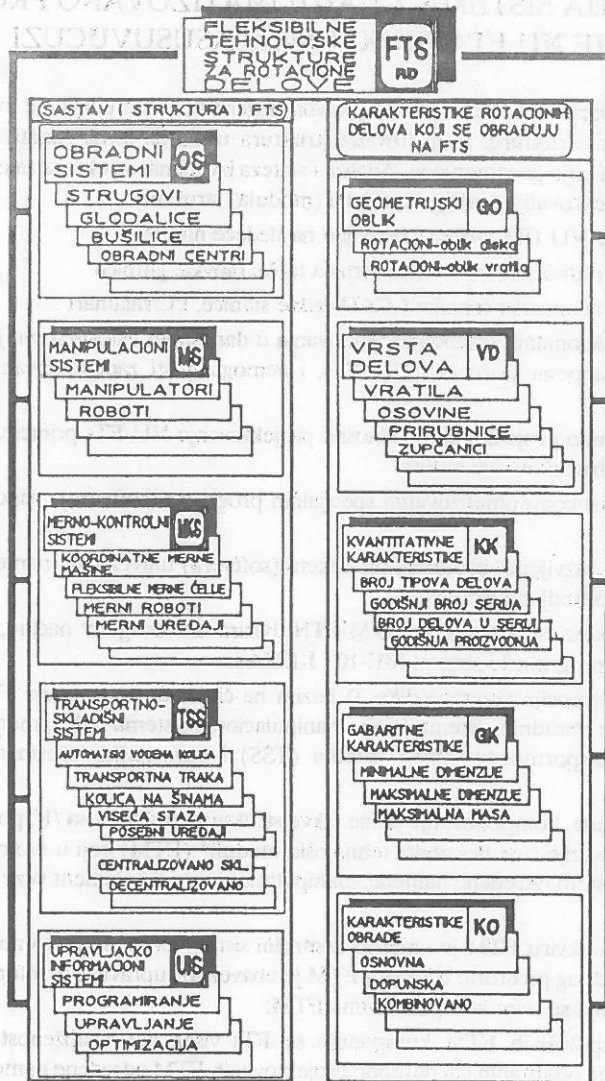
Najviši nivo složenosti NU FT strukture predstavlja objedinjenje (integracija) materijalno-tehničkih, kibernetičkih i humano ekonomskih sistema. Oni se sastoje od mnoštva organizacionih i funkcionalno objedinjenih sistema i podsistema elemenata, odnosno osnovnih modula koji grade strukturu. Osnovni moduli strukture su funkcionalno zaokružene i određene kompaktne celine elemenata. Osnovni moduli strukture su ključni elementi komponovanja NU FTs. Osnovni moduli čine osnovu tehnološkog funkcionisanja sistema. Princip modularnosti gradnje je osnovna filozofija projektovanja i komponovanja FTs bilo kojeg nivoa složenosti

Projektovanje NU FTs je vrlo kompleksan i složen proces sa značajnim nizom uticajnih faktora. U današnjim uslovima neophodna je primena savremenih sredstava za projektovanje odnosno primena automatizovanog procesa projektovanja NU FTs.

Za proces automatizovanog projektovanja, posebno projektovanja struktura visokog stepena složenosti potrebno je izgraditi kvalitetne podloge za njihovo automatizovano projektovanje.

Istraživanjima u okviru Laboratorije za mašine alatke Instituta za proizvodno mašinstvo stvorene su značajne podloge za automatizaciju procesa projektovanja NU FTs. Analiziran je veliki broj u svetu izvedenih NU FTs. Na bazi postavljene koncepcije /1/,2/ izdvojen je veći broj različitih podataka koji karakterišu izvedene NU FTs /3/. Podaci su sistematizovani kroz karte izvedenih NU FTs /4/. Analizom i sintezom podataka dobijen je strukturni model NU FTs za rotacione delove (RD) kojeg karakterišu dva osnovna segmenta (slika 1):

- sastav (struktura) FTs
- karakteristike rotacionih delova koji se na njima obradjuju



Sl. 1. Struktura NU FTs za rotacione delove i karakteristike delova

2.0 KONCEPCIJA SISTEMA ZA AUTOMATIZOVANO PROJEKTOVANJE NU FT STRUKTURAŽPASUSUVUCUZI

Cilj projektovanja NU FTs bilo kojeg nivoa složenosti, je određivanje kvantitativnog i kvalitativnog sadržaja strukture. Projektovana struktura treba da izvrši zadatu funkciju kroz tehnološke relacije za koje je namenjena. Analiza i sinteza izvedenih struktura za ovakve sisteme je od značaja za projektovanje svakog segmenta (modula) strukture.

Projektovanje NU FTs može se obavljati na sledeće načine:

- primenom tradicionalnih metoda (crtača tabla, olovka, gumica)
- primenom računarske tehnike (CAD radne stanice, PC računari)

Primena tradicionalnih metoda projektovanja u današnjim uslovima sve je više deplasirana zbog visokog stepena složenosti NU FTs, i nemogućnosti zadovoljavanja savremenih zahteva.

Automatizovano projektovanje, odnosno projektovanje NU FTs primenom računara u suštini se može realizovati na dva načina:

- razvojem visokoautomatizovanih specijalnih programa (softvera) zasnovanih na projektantskoj logici i
- primenom razvijenih programskih paketa (softvera) univerzalne namene uz njihovu dogradnju za tačno određenu primenu.

Koncepcija koja se razvija na IPM-FTN bazira na drugom načinu, pri čemu se maksimalno koriste programski sistemi ME-10 i I-DEAS.

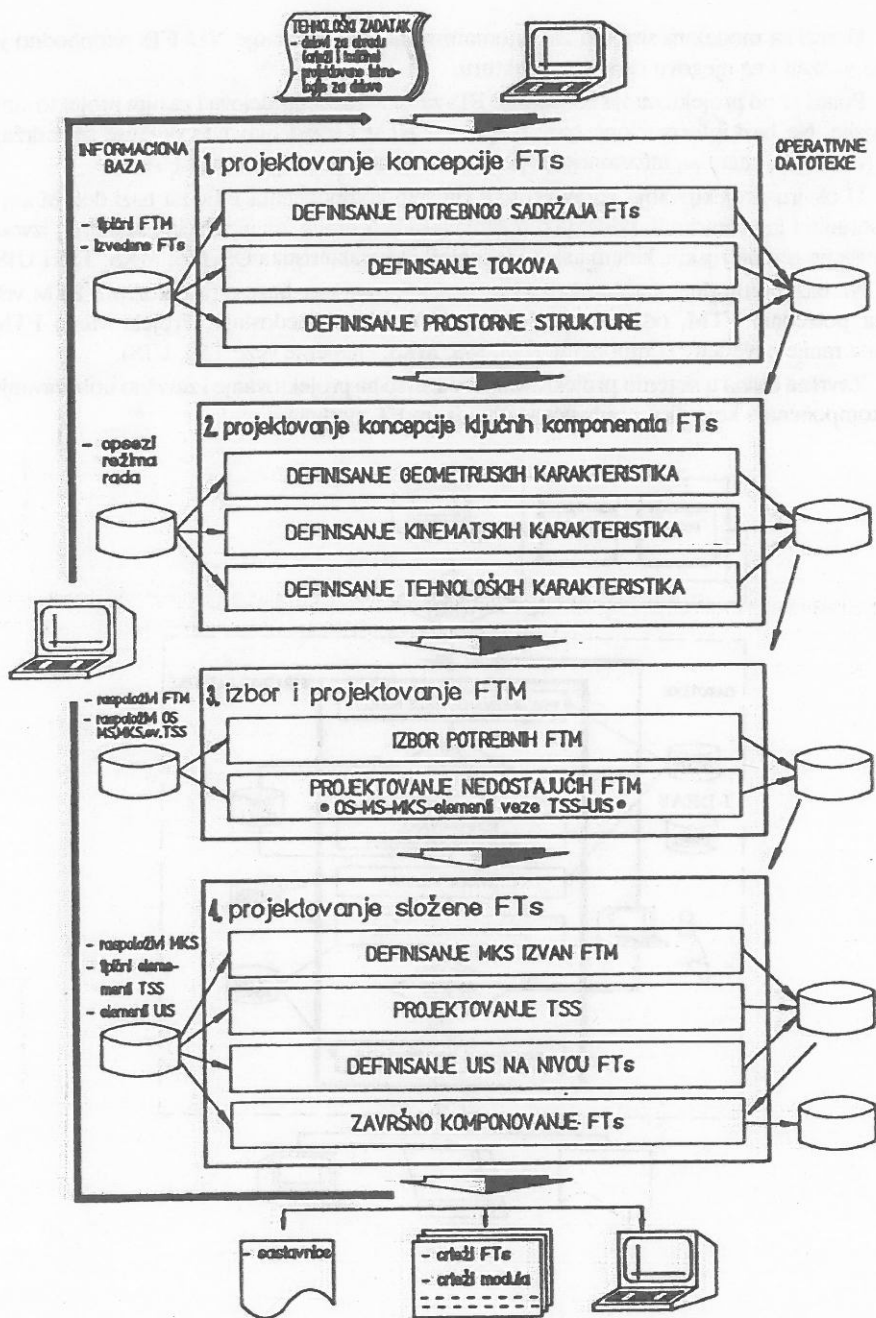
Pri tome koncepcija sistema (slika 2) bazira na činjenici da se jedna FTs višeg nivoa složenosti sastoji od: obradnih sistema (OS), manipulacionih sistema (MS), merno- kontrolnih sistema (MKS), transportno-skladišnog sistema (TSS) i upravljačko-informacionog sistema (UIS).

Sa druge strane, komponovanje jedne takve strukture, u skladu sa /1/, polazi od toga da osnovu za komponovanje čine fleksibilni tehnološki moduli* (FTM) koji u svom sastavu imaju obavezno obradni sistem određene namene, manipulacioni sistem i element veze za transportno skladišni sistem

Po potrebi u okviru FTM je i merno kontrolni sistem izveden kao samostalna celina ili ugrađen u okviru radnog prostora. U okviru FTM je obavezno i upravljačko informacioni sistem za potrebe upravljanja sa svim komponentama FTM.

Na bazi raspoloživih FTM komponuje se FTs višeg nivoa složenosti. Za potpuno definisanje FTs pored odabranih i/ili posebno projektovanih FTM određene namene neophodno je dodati i eventualne MKS ako su oni neophodni, izvesti projektovanje i povezivanje TSS u jedinstvenu celinu, definisati UIS i završno uobličiti - komponovati FTs kao celinu

* Pojam fleksibilnog tehnološkog modula (FTM) je usvojen jer se radi o osnovnoj strukturi za komponovanje FT struktura veće složenosti. Ovaj pojam ne treba mešati sa pojmom modula iz kojih se komponuje jedan OS ili jedna mašina alatka i sl.



Sl. 2. Model sistema za automatizovano projektovanje NU FTs

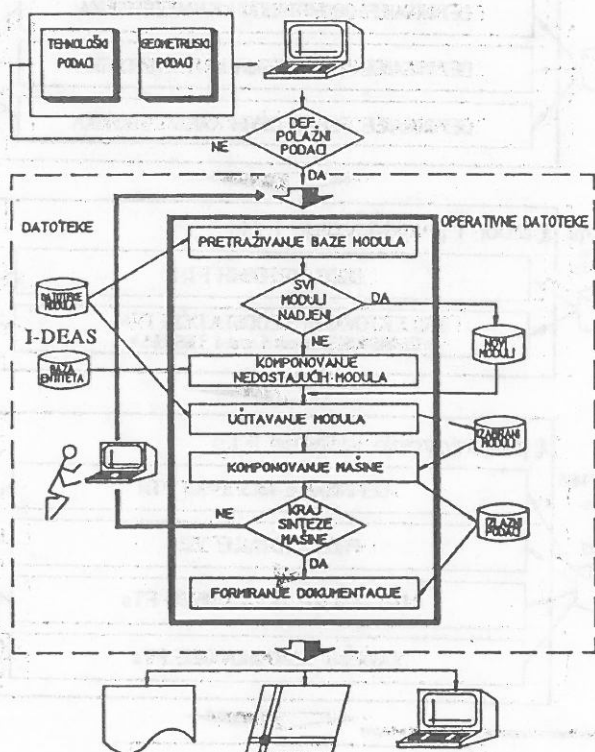
U vezi sa modelom sistema za automatizovano projektovanje NU FTs neophodno je ukratko ukazati i na njegovu osnovnu strukturu.

Polazi se od projektovanja koncepcije FTs za zadati spektar delova i za njih projektovane tehnologije. Na bazi informacione baze o tipičnim FTM i izvedenim FTs definiše se sadržaj, tokovi (materijal, energija, informacije) i prostorni razmeštaj komponenata FTs.

U okviru projektovanja karakteristika ključnih komponenata FTs, na bazi delova koje treba obraditi i informacionih podloga o režimima rada (obrade, manipulacije, merenja) izvodi se definisanje geometrijskih, kinematskih i tehnoloških karakteristika OS, MS, MKS, TSS i UIS.

Na bazi prethodnih karakteristika i na bazi informacione baze o raspoloživim FTM vrši se izbor potrebnih FTM, odnosno projektovanje FTM koji nedostaju. Projektovanje FTM obuhvata ranije navedene komponente (OS, MS, MKS, elemente veze TSS, UIS).

Završna celina u sistemu projektovanja odnosi se na projektovanje i završno uobličavanje FTs i komponentata koje nisu obuhvaćene pojedinim FT modulima.

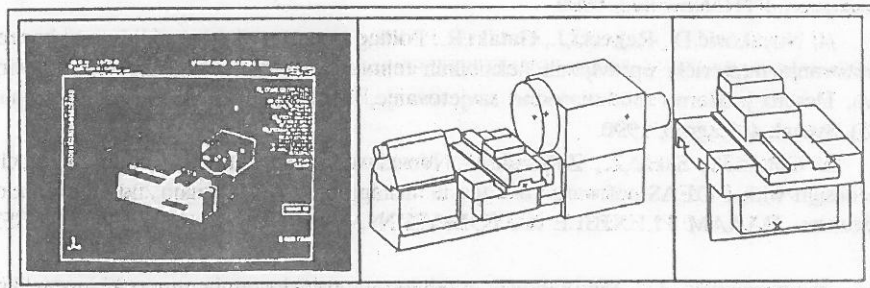


Sl. 3 Model sistema za automatizovano modularno projektovanje strugova /5/

3.0 NEKI REZULTATI PROJEKTOVANJA MODULA STRUGARSKIH OBRADNIH SISTEMA I STRUGARSKIH SISTEMA NA BAZI MODULA I UZ KORIŠĆENJE KONCEPCIJE SISTEMA ZA AUTOMATIZOVANO PROJEKTOVANJE

Na slici 3 prikazan je model sistema za automatizovano modularno projektovanje strugova /5/.

Koncepcija sistema bazira na korišćenju 3D programskog paketa I-DEAS. Karakteristika sistema je interaktivan rad oslonjen na automatsko obavljanje rutinskih aktivnosti pretraživanja baza modula. Izlaz iz sistema se realizuje kao: prikaz mašine na ekranu, crtež mašine na ploteru ili izlaz na printeru sa karakteristikama mašine. Segment izlaznih rezultata iz ovog modela prikazan je na slici 4



Sl.4 Segment izlaznih rezultata modela za projektovanje strugova /7/

4.0 ZAKLJUČNE NAPOMENE

Problematika izneta u ovom radu predstavlja jedan od segmenata kontinuiranih istraživanja u oblasti automatizacije postupaka projektovanja koja se već duže vreme realizuju u Laboratoriji za mašine alatke Instituta za proizvodno mašinstvo u Novom Sadu. Naredni istraživački zahvati u ovom segmentu rada težiće ka automatizovanom projektovanju NU FTs različitog stepena složenosti. Automatizacija će se bazirati na modularnosti gradnje što će obezbediti viševarijantnost projektovanih rešenja. Sve sa ciljem skraćenja procesa projektovanja.

5.0. LITERATURA

/1/ Rekecki,J., Gatalo,R., Borojev,Lj., Hodolič,J., Zeljković,M.: Razvojna istraživanja mašina alatki sa numeričkim upravljanjem i mašina alatki povišene i visoke tačnosti, istraživački projekat, istraživanje podloga za razvoj numerički upravljanih (NU) fleksibilnih tehnoloških sistema za obradu rotacionih izradaka, prva faza, sveske 1 do 4, Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad, 1986.

/2/ Rekecki,J., Gatalo,R., Zeljković,M., Borojev,Lj., Hodolič, J.: Fleksibilni tehnološki sistemi za obradu rotacionih izradaka, knjiga 1, Stanje, tendencije i podloge za razvoj, edicija NUMA - FTS, Institut za proizvodno mašinstvo FTN, Novi Sad, 1989.

/3/ Gatalo,R., Rekecki,J., Stankov,J., Banjac,D., Todić,V., Hodolič,J., Borojev,Lj., Rodić,M., Zeljković,M., Vasić,S., Novaković,D., Navalusić,S.: Fleksibilni proizvodni sistemi za obradu rotacionih delova (podsticajni projekat) zadatak 6.1, Postavljanje osnovnih koncepcija FPS-a (za obradu rotacionih izradaka), Elaborat preliminarne istraživanja, Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad, 1989.

/4/ Novaković,D., Rekecki,J., Gatalo,R.: Podloge za postavljanje modularnog koncepta projektovanja numerički upravljanih fleksibilnih tehnoloških struktura za obradu rotacionih delova, Deseto jubilarno međunarodno savetovanje, BIAM'90, Zbornik radova Jurema 35 (1990), Svezak 4, Zagreb, 1990.

/5/ Gatalo,R., Sakač,Z., Zeljković,M., Novaković,D., Navalusić,S.: Modular machine tools design with I-DEAS software package in turning machines design, 2nd International Symposium- DAAAM FLEXIBLE AUTOMATION, Vysoke Tatry - štrbske Pleso, ČSFR, 1991.

/6/ Novaković, D.: Metodologija modularnog projektovanja numerički upravljanih fleksibilnih tehnoloških struktura na bazi mašina za obradu struganjem, Fakultet tehničkih nauka, Magistarski rad (u izradi), Novi Sad, 1992.

/7/ Gatalo,R., Rekecki,J., Sakač,Z., Zeljković,M., Novaković,D., Navalusić,S.: Modularno projektovanje mašina alatki za obradu struganjem primenom I-DEAS programskog paketa, Zbornik radova broj 9, Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad, 1992.

PRILOG UPOREDNOJ ANALIZI SISTEMA ZA PROGRAMIRANJE NUMA RAZLIČITIH NIVOA AUTOMATIZOVANOSTI

CONTRIBUTION TO THE COMPARATIVE ANALYSE OF SYSTEMS FOR NC MACHINE TOOLS PROGRAMMING WITH DIFFERENT AUTOMATIC LEVELS

Gatalo dr Ratko, red.prof.

Hodolić dr Janko, docent.

Zeljковиć Željko, dipl.ing., asist. u npr.

Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad

Rezime:

U radu se analizira problematika automatizovanog programiranja numerički upravljanih mašina alatki (NUMA) za obradu struganjem. Polazi se od pravaca razvoja sistema za automatizovano programiranje NUMA. Daje se analiza tri karakteristična sistema za automatizovano programiranje NUMA različitih nivoa automatizovanosti i to: INDEX System H200, I-DEAS GNC i SAPOR-S.

Abstract:

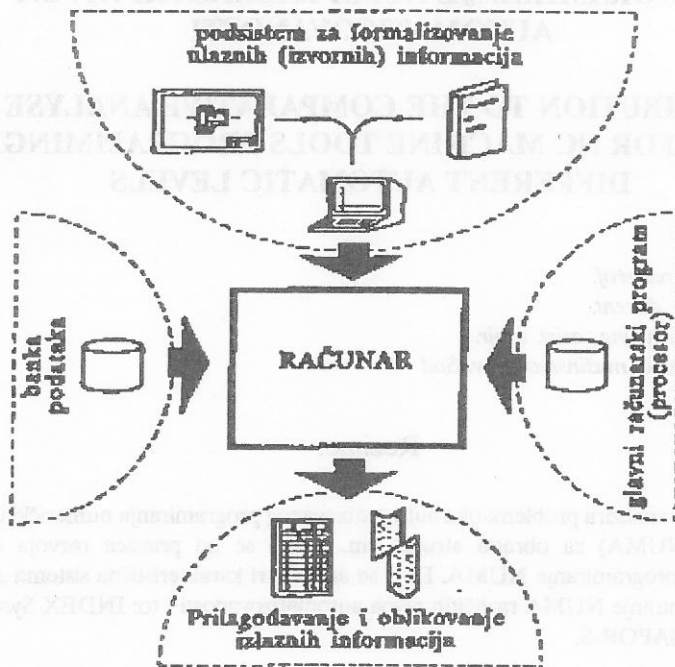
In the paper the problem of automatic programming of numerically controlled machine tools (NCMT) for turning is analyzed. It starts with development directions of the systems for automatic programming of NUMA. The analysis of three characteristic systems for automatic programming of NUMA with different automatic levels: INDEX System H200, I-DEAS GNC and SAPOR-S is given too.

1.0 UVOD

Razvojem metoda automatizovanog projektovanja tehnološkog procesa tj. metoda automatizovanog programiranja NUMA stvoreni su uslovi za brže i ekonomičnije dobijanje kvalitetnijih rešenja projektovanog tehnološkog procesa i upravljačkih programa za NU mašine alatke.

Uprošćeni model sistema za automatizovano projektovanje tehnološkog procesa za NU mašine alatke dat je na slici 1 na kome se uočavaju osnovni podsistemi i to:

- podsistem za formalizovanje ulaznih (izvornih) informacija
- podsistem tehnoloških informacija - tzv. banka podataka
- glavni računarski program - tzv. "PROCESOR"
- podsistem za prilagođavanje i oblikovanje izlaznih informacija - tzv. "POSTPROCESSOR"



Sl.1 Uprošćeni model sistema za automatizovano projektovanje tehnološkog procesa za NU mašine alatke /1/

Navedeni model poslužiće kao osnova za definisanje pravaca razvoja sistema za automatizovano programiranje NUMA, a isto tako i za upoređenje tri karakteristična sistema za automatizovano programiranje.

2.0 PRAVCI RAZVOJA SISTEMA ZA AUTOMATIZOVANO PROGRAMIRANJE NUMA

Kod sistema za automatizovano projektovanje tehnoloških procesa i programiranje NUMA prisutna su u suštini tri pravca. To su:

1. razvoj novih sistema
2. dalje usavršavanje postojećih sistema
3. povezivanje u integralne sisteme i razvoj sistema za FTS

2.1 Razvoj novih sistema

Razvoj novih sistema za automatizovano programiranje u vidu novih rešenja je prisutan kako u slučajevima gde su već bili prisutni tako i za postupke obrade i mašine gde je numeričko upravljanje novijeg datuma. Tako se razvoj novih sistema sreće u sledećim područjima:

- u području obrada kod kojih je razvoj NU tehnike kasnio u odnosu na obradu rezanjem npr. deformisanje, zavarivanje, sečenje, i dr.
- u području mernih mašina,
- u području industrijskih robota,

2.2 Dalje usavršavanje postojećih sistema

Dalje usavršavanje postojećih sistema ide u sledećim pravcima:

- povišenje nivoa automatizovanosti sistema kroz obuhvatanje većeg broja faza projektovanja tehnološkog procesa, što znači proširenje procesora u tehnološkom pogledu,
- smanjenje obima ulaznih informacija (minimiziranje) kroz makro instrukcije za geometriju (za ponovljive oblike fiksne strategije na bazi promene parametara),
- korišćenje iskustava grupne i tipske tehnologije za usavršavanje mogućnosti sistema u tehnološkom smislu
- olakšanje unošenja polaznih informacija uvođenjem dijaloga, menČ tehnike i sl.,
- olakšanje provere polaznih informacija putem interaktivnih grafičkih sistema,
- dalji razvoj grafičkog softvera za simulaciju i kontrolu izlaznih informacija iz sistema projektovanja,
- razvoj posebnih modula za kompleksnu optimizaciju obrade na NU mašini,
- modularna gradnja procesora sistema i omogućavanje primene i velikih programskih sistema na manjim računarima,
- nove organizaciono-eksploatacione metode rada (princip rada na bazi raspodele vremena - TIME SHARING; distribuirana obrada i sl.
- isključivanje postprocesorskog modula iz sistema projektovanja i njegova softverska ugradnja u NU upravljačku jedinicu mašine.

2.3 Povezivanje u integralne sisteme i razvoj sistema za FTS

Povezivanje u integralne sisteme i razvoj sistema za FTS ide u sledećim pravcima:

- povezivanje u integralne sisteme po horizontali,
- povezivanje u integralne sisteme po vertikalni i
- razvoj programskih sistema za automatske FTS.

Povezivanje u integralne sisteme po vertikalni posebno je značajno zato što se time stvaraju uslovi za formiranje jedinstvene baze delova, postupaka obrade i upravljačkih programa za NU mašine.

Zbog intenzivnog razvoja automatskih fleksibilnih tehnoloških sistema, moguće je konstatovati da će u narednom periodu posebna pažnja biti usmerena i na razvoj programskih sistema za njih. Obzirom da se ovde po pravilu radi o više vrsta obrade, manipulaciji, merno-kontrolnim operacijama itd., sistem za automatsko projektovanje celokupnog procesa (obrade i rada ostalih elemenata tehnološkog sistema) i odgovarajućih upravljačkih informacija, mora predstavljati programski sistem integrisan po horizontali. Pored toga ON-LINE povezivanje takvog sistema u tehnološki sistem zahtevaće visok stepen integracije ali po vertikalni i sa sistemom za upravljanje celim tehnološkim sistemom i njegovim elementima.

Posebnu problematiku u vezi sa razvojem sistema za automatizovano programiranje čine tzv. CAD/CAM sistemi, razvijeni za PC računare ili profesionalne radne stanice u kojima se na bazi računarski projektovane konstruktivne dokumentacije izvodi nadgradnja sa tehnološkim informacijama i na taj način formira skup ulaznih informacija za specijalizovani sistem-sisteme koji omogućavaju generisanje upravljačkih programa za NUMA

3.0 UPOREĐENJE NEKIH OD KARAKTERISTIČNIH SISTEMA ZA AUTOMATIZOVANO PROGRAMIRANJE NUMA ZA OBRADU STRUGANJEM

Analiza karakterističnih sistema za programiranje NUMA za obradu struganjem, različitih nivoa automatizacije, obaviće se za sledeće sisteme:

- INDEX System H200 (INDEX - Esslingen, SR Nemačka)
- I-DEAS GNC sistem (SDRC - Milford Ohio, SAD) i
- SAPOR-S sistem (FTN-IPM, Novi Sad, Jugoslavija).

Upređna analiza sistema u širem smislu može da obuhvati:

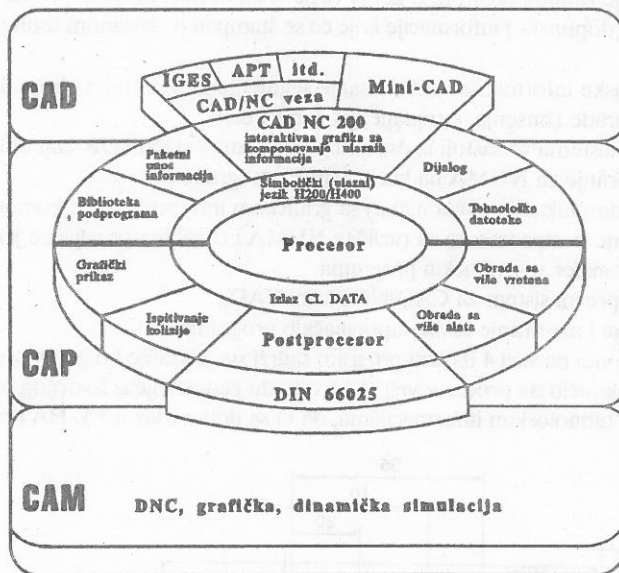
- analizu osnovnih karakteristika sistema
- analizu podsistema u okviru sistema
- analizu pogodnosti korišćenja.

Kako se za sva tri sistema ne raspolaze sa kompletnim informacijama za najširu analizu u nastavku će biti data analiza u pogledu:

- karakteristika sistema,
- formalizma (simbolizovanja) ulaznih informacija,
- karakteristika procesora i
- tehnološke informacione baze.

3.1 INDEX System H200* - sistem za automatizovano programiranje NUMA za obradu struganjem /5/

Arhitektura INDEX System-a H200 prikazana je na slici 2.



Sl.2 Arhitektura INDEX Systema H200 /6/

Formalizovanje ulaznih informacija. Ulazne informacije u sistem za automatizovano programiranje NUMA, INDEX System H200 se formiraju:

- putem dijaloga (dijalog programiranje)
- tzv. batch programiranje tj. unošenje prethodno napisanog izvornog programa u standardnom editoru teksta.

Ulazne informacije se takođe mogu preuzeti od CAD sistema i to:

- pomoću CAD/NC veze preko IGES, APT ili drugog zapisa,
- direktno od Mini-CAD-a

Za razliku od batch programiranja dijalog programiranje ne zahteva poznavanje sintakse i semantike zato što se ulazni podaci unose pomoću ekranskih menija sa određenim poljima koje je potrebno popuniti sa mogućnošću grafičkog prikaza značenja pojedinih podataka iz maske. Uneti podaci o geometriji i ciklusi obrade mogu se grafički prikazati bilo na ekranu, štampaču ili ploteru i na taj način proveriti.

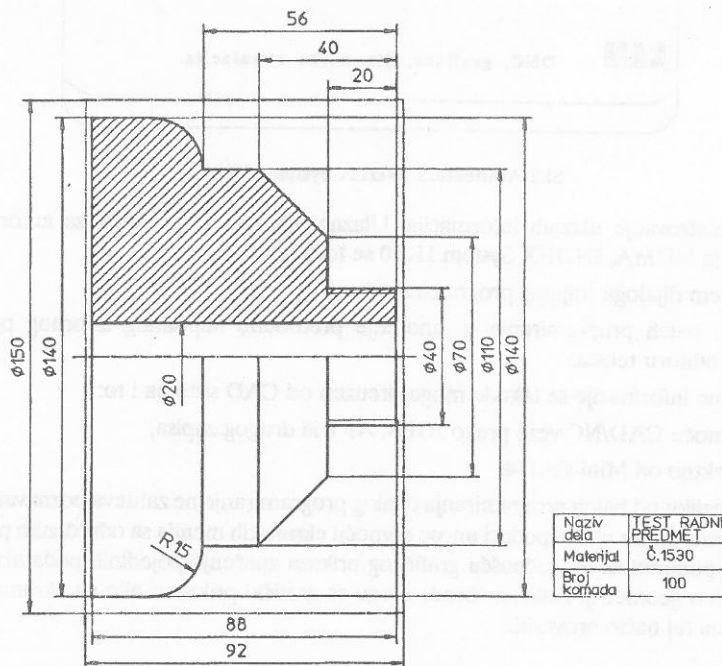
* Sistem je instalisan na radnoj stanici za automatizovano programiranje NUMA VAXstation 2000 (Digital) - FTN-IPM.

Formalizacija ulaznih informacija tj. simboličko predstavljanje zasniva se na osnovnim geometrijskim pojmovima: tačka, prava i krug.

Izvorni program (slika 4) za predmet obrade sa slike 3 čine:

- osnovne informacije (naziv dela, mašina, naziv operacije, materijal radnog predmeta, broj upravljačkog programa i dr.),
- definisanje radnog prostora u kome će se vršiti obrada i zamena alata,
- dodatne (dopunske) informacije koje će se štampati na izlaznom listingu kao podaci za pripremu mašine,
- geometrijske informacije tj. definisanje segmenta koji se treba obraditi struganjem,
- ciklusi obrade (bušenje, struganje, glodanje i dr.)
- Procesor sistema se sastoji iz osnovnog programa MONITOR koji omogućava:
- programiranje za NUMA na bazi izvornog programa,
- dijalog komunikaciju (radioničku) sa grafičkom interpretacijom-komunikacijom.
- generisanje postprocesora za različite NUMA i različite upravljačke jedinice,
- prenos-transfer upravljačkih programa,
- opcioni sprežni sistem za CAD/NC i Mini CAD,
- formiranje i ažuriranje banke upravljačkih programa.

Kao što se vidi na slici 4 izvorni program sadrži sve podatke i o geometriji i o tehnologiji iz čega se može zaključiti da procesor vrši samo obradu geometrije iz izvornog programa i njeno komponovanje sa tehnološkim informacijama, da bi se dobio izlaz u CL DATA formi zapisa.



Sl.3 Crtež predmeta obrade-izradka

| | | |
|--------------------------------|-----|--|
| OSNOVNE INFORMACIJE | 10 | B1 MA509T/RAD PROIZV. MAS. 92/E0000N/ZELJKO /D/10-AUG-92 /P/TEST RADNI PREDMET/G/GUG60 /A/STRUGANJE/W/C.1530/S/0001/ |
| DEFINISANJE RADNOG PROSTORA | 20 | B3 X155 Z770 L300 H40 |
| | 30 | B4 D200 L100 |
| OSNOVNE TEHNOLOŠKE INFORMACIJE | 40 | B25 A1 T/PRIPREMAK 190x32x0/ |
| | 50 | B26 A7 T/STEZNA GLAVA/ |
| | 60 | B25 A10 T/DUZINA STEZANJA 10/ |
| | 70 | B25 A6 T/SHP-EMULZIJA/ |
| BUŠENJE | 80 | B7 A10 E/7.1/T4 M4 P/SPIRALNA BURGIA 20MM/ |
| | 90 | B15 L/2/S-50/F0.15 S600 DZ15 |
| GEOMETRIJSKE INFORMACIJE | 100 | B8 D0 L2 H98 |
| | 110 | B9 D0 L0 |
| | 120 | B8 D40 L0 |
| | 130 | B8 D40 L-20 |
| | 140 | B8 D70 L-20 |
| | 150 | B8 D110 L-40 |
| | 160 | B8 D110 L-55 |
| | 170 | B11 T0/T1 D140 L-71/G3 R15 D110 L-71 |
| | 180 | B8 D140 L-80 |
| | 190 | B8 D150 L-90 H99 |
| GRUBO STRUGANJE | 200 | B7 A10 E/2.1/T1 M1 S600 P/NOZ ZA SPOLJ. GRUBO STRUGANJE/ |
| | 210 | B16 I0 D150 L10 X5/N(100/190) X0.3 Z0.3 F0.6 |
| ZAVRSNO STRUGANJE | 220 | B7 A10 E/3.1/T2 M2 V600 P/NOZ ZA SPOLJ. KONT. STRUGANJE/ |
| | 230 | B5 N(100/190) X0.20 F0.1 |
| REZANJE NAVOJA | 240 | B7 A10 E/6.1/T2 M3 S1000 P/NOZ ZA SPOLJASNI NAVOJ/ |
| | 250 | B14 A0 D(40/40) L0-20 K3 X-2 IS W(239/119) |
| | 260 | B21 /KRAJ IZVORNOG PROGRAMA |

Sl.4 Izvorni program za INDEX System H200 za izradak sa slike 3

Tehnološka informaciona baza sadrži datoteke sa podacima o:

- alatima,
- materijalima reznog dela sa faktorima pomaka i brzine rezanja za taj materijal,
- materijale obradka sa vrednostima preporučenih pomaka i brzina rezanja zavisno od materijala alata,
- pomacima za različite operacije obrade.

Tehnološka informaciona baza formira se i ažurira pomoću posebnog programa TECHNO.

Tehnološka informaciona baza služi samo za interaktivno formiranje izvornog programa tj. unošenje tehnoloških podataka (o alatima, materijalima reznog dela alata, materijalima obradka, režimima obrade) kod definisanja pojedinih ciklusa obrade.

3.2 I-DEAS GNC* sistem za automatizovano programiranje /7/, /8/, /9/

GNC sistem u okviru I-DEAS sistema je namenjen za izradu upravljačkih programa za NU mašine za obradu: struganjem, glodanjem, prosecanjem, elektro-eroziju sa žicom, kao i za programiranje manipulacionih zahvata.

Formalizovanje ulaznih informacija. Skup ulaznih informacija (sl. 5) čine geometrijske i tehnološke informacije.

* I-DEAS GNC sistem je instalisan na grafičkoj radnoj stanici HP9600 SRX (Hewlett Packard) na FTN-IPM.

Definisanje geometrije izradka vrši se u sklopu posebnog modula I-DEAS sistema.

Geometrija obradka može biti definisana u nekom od CAD sistema i preko IGES zapisa učitana u GNC ili se definiše u GNC-u pomoću programa KPLUS za definisanje 2D geometrije.

Osnovu za definisanje geometrije čine osnovni geometrijski pojmovi: tačka, prava i krug.

Definisanje tehnoloških informacija (režimi obrade, alati, nosači alata, operacije obrade, ...) vrši se unosenjem odgovarajućih instrukcija.

Procesor sistema. I-DEAS GNC sistem sadrži procesor koji kao i procesor INDEX System-a H200 vrši obradu geometrije iz skupa ulaznih informacija.

Postoji mogućnost grafičkog prikaza (na ekranu, štampaču ili ploteru) geometrije izradka i ciklusa obrade radi provere ispravnosti unetih podataka.

Tehnološka informaciona baza. I-DEAS GNC sistem omogućava kreiranje baze alata, nosača alata i držača alata koji se posle mogu jednostavno pozivati pomoću odgovarajuće naredbe, pri komponovanju ulaznih informacija.

3.3 SAPOR-S[®] sistem za automatizovano programiranje NU mašina alatki za obradu struganjem /10/, /13/

SAPOR-S sistem je potpuno tehnološki orijentisan sistem za razliku od prethodna dva sistema. Pripada familiji SAPOR sistema koji su povezani u integralnu celinu.

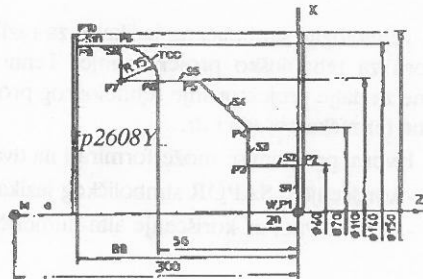
Formalizovanje ulaznih informacija. Izvorni program se piše u SAPOR simboličkom jeziku koji sadrži instrukcije za definisanje (slika 6):

- geometrijskih informacija o pripremku i izradku,
- tehnoloških informacija i
- ostalih informacija.

Simbolika SAPOR jezika za predstavljanje geometrijskih informacija zasniva se na kompleksnim i osnovnim geometrijskim oblicima odnosno najčešće stvarno prisutnim elementima oblika za kompletan opis oblika i površina na rotacionim delovima uključujući i nerotacione oblike.

-
- *SAPOR-S sistem je instalisan na PC računarima na FTM-IPM.*

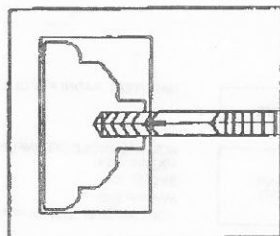
```
KCURVE/57
P1 0 0
S1 U P1
P2 0 40
S2 H P2
P3 -20 40
S3 U P3
P4 -20 70
P5 -40 110
S4 P4 P5
P6 -56 110
S5 P5 P6
P7 -71 110
P8 -71 140
TCC P7 P8
P9 -68 140
P10 -68 150
S9 H P9
S10 P9 P10
EK
```



```

NEWSEQ/100
11 REMARK /Obrada
    desne strane
12 OPERAT/Busenje
13 DATUM/300
14 INDEX/99,1,0
15 FROM/250,0
16 SPINDLE/500,0
17 FPR/0.6
18 COOLANT/1
19 RAPID/
20 GOTO/20,0
21 DRILL/20,10,5,1
22 GOHOM/
23 INDEX/99,3,0
24 DRILL/20,10,-72,5
25 GOHOM/

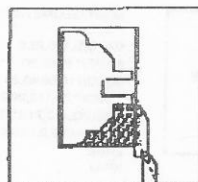
```



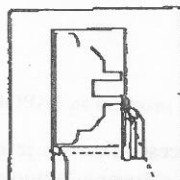
```

116 OPERAT/Grubo sinaganjanje
117 REMARK/Ostatak za završnu
118 obradu 1mm
119 INDEX/59,3,0
120 RAPID/
121 GOZ/32.8686-.155.8808,08,-1
122 STEP/5,90,180,-45,0,3,0,0,0
123 ZCHECK/180
124 GO CLEAR/57,1,30,-148,20,24,-45
125 RAPID/
126 MOVE/57,3,3,1,2
127 MOVE/57,3,3,0,2
128 GOZ/29.9282-.47.1728,18,1

```



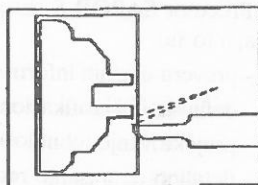
128 OPERAT/Fine struganje/ije
129 DWELL/3
130 SURF/600,2,0
131 COMP/13,0
132 INSERT/G41
133 LEAD/1
134 PROFILE/57,0,4,0,0,10,1,1,0
135 GODELTA/5
136 GOZV-162.51-162.46,1,1,13.05,
-162.46,1,10.04,-49.72,1
137 PROFILE/57,0,3,1,0,3,0,0,1,0
138 GODELTA/0.5
139 GHOME/



```

140 OPERAT/Rezanja spol. 1.
141 REMARK/Ugao izlaza not. nivoa
142 INDEX/99,4,0 noza 75
143 RAPID
144 GOTO/14,56
145 THPASS/2,2,2,0,0,1,0,2,0
146 THCYCLE/1,0,3,75,-1,-2,1,0
147 SPINDE/E/1000,2 2,1
148 DWELL/1
149 THFWD/2,3,1,9,999,-40
150 THBOL/1,0,4047
151 COOLANT/2
152 GHOME/
153 STOP/
154 FILE/

```



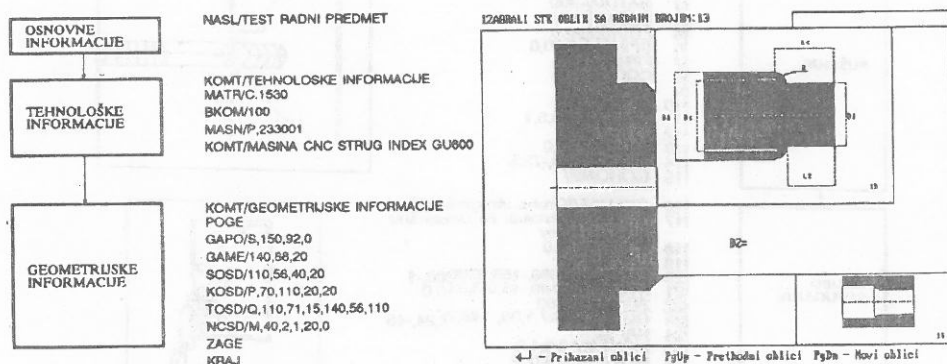
Sl.5 Izvorni program za I-DEAS GNC sistem za izradak sa slike 3, ilustrovan zahvatima obrade*

* Naziv izvorni program ovde treba prihvatiti uslovno

Tehnologija simboličkog jezika je za razliku od geometrije znatno uža jer se bazira na procesoru za tehnološko projektovanje. Tehnologija obuhvata samo određene informacije potrebne za dalje projektovanje tehnološkog procesa, kao npr. materijal izradka, broj komada, potrebna termička obrada i dr.

Izvorni program se može formirati na dva načina:

- korišćenjem SAPOR simboličkog jezika i nekog od standardnih editora,
- interaktivno, uz korišćenje alfa-numeričkog- grafičkog - ANG editora.



Sl.6 Izvorni program za SAPOR-S sistem za izradak sa slike 3 (a), i detalj korišćenja ANG editora (b)

Procesor sistema je modularno građen, pri čemu pojedini moduli odgovaraju fazama ručnog projektovanja tehnološkog procesa obrade.

Procesor SAPOR-S sistema projektuje sve faze tehnološkog procesa izrade rotacionih izradaka, a to su:

- provera ulaznih informacija,
- definisanje klasifikacionog broja,
- projektovanje tehnološkog toka,
- detaljno definisanje redosleda podoperacija i zahvata unutar njih za svaku operaciju struganja,
- izbor alata za svaki zahvat,
- izbor mašine za svaku podoperaciju ili operaciju,
- aktuelizacija izabranih alata za konkretno izabranu mašinu
- optimizacija parametara rezanja za svaki zahvat
- definisanje putanje vrha alata u CL DATA 2 formi.

| Analizirani sistemi | | Karakteristike | INDEX H200 | I-DEAS GNC | SAPOR- S |
|--|---|---|---------------|---------------|------------------|
| U L A Z N E | DEFINISANJE GEOMETRIJE | Osnovni geometrijski pojmovi (ta ~ ka, prava, krug) | + | + | - |
| | | Osnovni geometrijski oblici | - | - | + |
| | | Kompleksni oblici | - | - | + |
| U L A Z N E | UNOS IZVORNIH INFORMACIJA | Preuzimanje geo-metrijskih informacija od CAD sistema | + | + | U razvo ju |
| | | Unos izvornog programa putem dijaloga | + | - | - |
| | | Unos izvornog programa pomoću alfa-numeri ~ kog editora | + | + | + |
| | | Unos izvornog programa pomoću alfa-numeri ~ kog grafi ~ kog editora | - | - | + |
| I N F O R M A C I J E | ZASTUPLJENOST TEHNOLOGIJE U IZVORNOM PROGRAMU | Grafi ~ ki prikaz unete geometrije | + | + | + |
| | | Izvorni program sadrži samo osnovne tehnolo {ke informacije (materijal dela, broj komada i sl.) | - | - | + |
| | | Izvorni program sadrži sve tehnolo {ke informacije | + | + | - |
| P O S L O B E | MOGUJNOSTI PROCESORA | Obrada samo geometrijskih informacija | + | + | - |
| | | Projektovanje svih faza tehnolo {kog procesa | - | - | + |
| I N F O R M A C I J E | NAMENA INFORMACIONE BAZE | Za formiranje izvornih informacija u ~ tavanje tehnolo {kih informacija | + | + | - |
| | | Neophodna za rad procesora | - | - | + |
| Broj karaktera koje je potrebno uneti kroz izvorni program | | | 1065 | 685 | 265 |

Sl. 7. Upoređenje karakteristika i mogućnosti posmatranih sistema za automatizovano programiranje.

Tehnološka informaciona baza u SAPOR-S sistemu predstavlja neophodni preduslov za uspešno funkcionisanje sistema. Navedena baza sistematizovana je u vidu odgovarajućih datoteka i to:

- datoteka tipičnih tehnoloških redosleda operacija, podoperacija, zahvata i datoteka tipičnih operacija, podoperacija i zahvata,
- osnovnih tehnoloških datoteka (materijala, alata, mašina) i
- datoteka postprocesora (pribora, nosača alata i upravljačkih jedinica).

3.4 Neki rezultati upoređenja navedenih sistema

U nastavku na slici 7 daje se u vidu tabele upoređenje karakteristika i mogućnosti tri posmatrana sistema.

4.0 UMETO ZAKLJUČKA

U radu je učinjen pokušaj da se izvrši analiza tri karakteristična sistema za automatizovano programiranje, koji su na različitom nivou automatizovanosti.

U prvom slučaju se radi o interaktivnom sistemu čija je komunikacija pri formiranju ulaznih informacija u velikoj meri grafički podržana a veza sa CAD sistemima naknadno pridodata. U drugom slučaju komunikacija je u potpunosti podržana grafikom a CAD deo sistema je integralni deo ukupnog sistema. U trećem slučaju komunikacija pri formiranju izvornih informacija je sa stanovišta grafičke podrške na najnižem nivou a veza sa specijalizovanim CAD sistemom u okviru SAPOR familije treba da bude ostvarena u potpunosti, a sa drugim CAD sistemima preko IGES zapisa.

U prva dva slučaja radi se o geometrijski orijentisanim sistemima, pri čemu tehnološka informaciona baza predstavlja podršku za lakše formiranje ulaznih informacija i komponovanje ukupnih izlaznih informacija. U trećem slučaju sistem je potpuno tehnološki orijentisan, što mu sa stanovišta formiranja ulaznih informacija (izvornog programa) daje prednost nad dva prethodna.

5.0 LITERATURA

/1/ Gatalo, R.: Numeričko upravljanje mašinama alatima i NU tehnologija - stanje i tendencije razvoja, uvodni referat, XVI savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Mostar, 1981.

/2/ Hodolić, J.: Integralni prilaz postprocesiranju upravljačkih informacija u sistemu za automatizovano programiranje fleksibilnih tehnoloških sistema za obradu rotacionih izradaka, edicija CAD/CAM, knjiga 3, Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad, 1989.

/3/ Milačić, V.: Tehnološki sistemi, monografija IAMA, 3(1971), Institut za alatne mašine i alate, Beograd, 1971.

/4/ Milačić, V.: A contribution to the development of information system on production control, Saopštenje IAMA, Br.17(1973), Institut za alatne mašine i alate, Beograd, 1973.

/5/ Betriebsanleitung INDEX System 200, INDEX-Werke KG Hahn & Tesseney, Esslingen, 1988.

/6/ INDEX System 200 - Programmieren und Produzieren, prospektni materijal, INDEX-Werke KG Hahn & Tesseney, Esslingen, 1988.

/7/ I-DEAS GNC Set-Up, SDRC, Milford Ohio, SAD, 1988.

/8/ I-DEAS GNC Geometry, SDRC, Milford Ohio, SAD, 1988.

/9/ I-DEAS GNC Machining, SDRC, Milford Ohio, SAD, 1988.

/10/ Gatalo, R., Rekecki, J., Hodolić, J., Borojević, Lj., Zeljković, M., Milošević, V., Konjović, Z., Malbaški, D.: Istraživanje tehnologije i sredstava rada u industriji obrade metala, istraživački projekat, tema 12: Razvoj SAPOR-S sistema za automatsko projektovanje upravljačkih informacija i nosioca informacija za NUMA, u konkretnim pogonskim uslovima, Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad, 1980.

/11/ Gatalo, R., Navalusić, S., Hodolić, J., Zeljković, M., Milošević, V.: Uvod u automatizaciju postupaka projektovanja, edicija CAD/CAM, knjiga 1, Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad. (U štampi)

/12/ Gatalo, R., Hodolić, J.: Automatizovano programiranje FTs - Dostignuća u razvoju i koncepcija sopstvenih istraživanja za potrebe struktura za obradu rotacionih delova, XXII Savetovanje proizvodnog mašinstva, Ohrid, 1989.

/13/ Gatalo, R., Hodolić, J.: Automatizovano programiranje NU mašina alatki za obradu struganjem, primenom SAPOR-S programskog sistema, Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad, 1986.

PRILOG RAZVOJU PROGRAMSKOG SISTEMA ZA PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKIH POSTUPAKA NA GRUPNIM PRINCIPIMA

Nikola Radaković, Ratko Dakić, Rado Maksimović

Fakultet tehničkih nauka, Institut za industrijske sisteme, Novi Sad, Trg D. Obradovića 7

1. UVOD

U uslovima intenzivnih promena na tržištu i sve veće konkurencije među proizvođačima, javlja se tendencija proširenja strukture programa proizvodnje i smanjenja količina po tipu proizvoda, što ima za posledicu puštanje u proces proizvoda u što manjim serijama i čak »komad po komad«. Osnovni problemi, koji se inače javljaju u procesima proizvodnje:

- dugo vreme pripreme procesa (izrada konstruktivne i tehnološke dokumentacije),
- relativno veliko učešće pripremno-završnih vremena u ciklusu proizvodnje,
- otežano upravljanje proizvodnjom usled velikog broja radnih naloga,

najsnažnije su izraženi u procesima proizvodnje maloserijskog tipa i procesima komad po komad i javljaju se kao ograničenje za postizanje većih efekata u proizvodnji i konkurentne sposobnosti.

U radu je prikazan jedan prilaz rešavanju problema proizvodnje u malim serijama, zasnovan na klasifikaciji i grupisanju predmeta rada i grupnim tehnološkim postupcima.

2. STRUKTURA MODELA

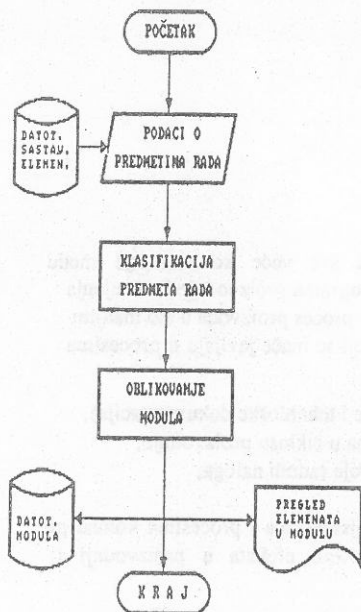
Struktura programskog sistema, nazvanog APOTEP-O (Automatizovani postupak oblikovanja tehnoloških postupaka u obradi), sastoji se od četiri modula, čiji je opis dat u nastavku.

2.1 Klasifikacija predmeta rada i oblikovanje modula

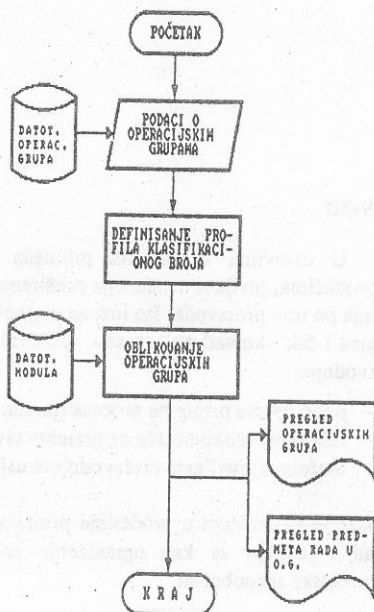
U ovom modulu, čiji je algoritam prikazan na slici 1, se, na osnovu razvijenog sistema klasifikacije, vrši dodeljivanje klasifikacionog broja svim predmetima rada, a zatim, na osnovu unetih klasifikacionih brojeva, računar sam vrši oblikovanje MODULA, kojim se podrazumeva grupisanje predmeta sa potpuno istim klasifikacionim brojem.

2.2 Oblikovanje operacijskih grupa

U ovom modulu, čiji je algoritam prikazan na slici 2, vrši se grupisanje predmeta rada u operacijske grupe, pri čemu se pod operacijskom grupom podrazumeva grupa sličnih predmeta rada po obeležjima koje definiše projektant. Dakle, ovde su grupisani predmeti rada koji se međusobno više razlikuju nego što je to bio slučaj kod modula, ali ta različitost nije tolika da zahteva značajno drugačiji tehnološki postupak. Postupak oblikovanja operacijskih grupa se vrši na taj način što projektant za svaku operacijsku grupu definiše *profil klasifikacionog broja*, a računar objedini sve predmete rada koji zadovoljavaju dati profil.



Slika 1: Klasifikacija predmeta rada i oblikovanje modula

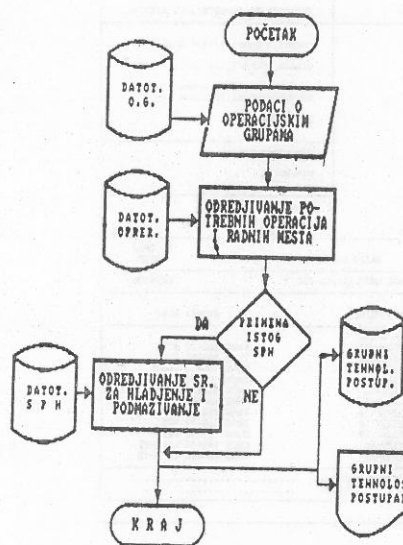


Slika 2: Modul 2: Oblikovanje operacijskih grupa

2.3 Projektovanje grupnog postupka rada

U ovom modulu se vrši projektovanje postupka rada koji važi za celu operacijsku grupu. Pri tome se najpre vrši određivanje **PREDSTAVNIKA OPERACIJSKE GRUPE**, pod kojim se podrazumeva realan ili uslovan predmet rada koji u svojoj strukturi površina sadrži sve elementarne površine svih predmeta rada unutar operacijske grupe. Ovakav predstavnik se naziva i **KOMPLEKSNIM DELOM**. Postupak se dalje izvodi u dva dela:

- * Projektovanje grupnog tehnološkog postupka (slika 3), koji u rezultatu daje strukturu celokupnog postupka rada, odnosno pregled operacija u okviru postupka sa redosledom njihovog izvođenja (GRUPNI TEHNOLOŠKI POSTUPAK, slika 4);

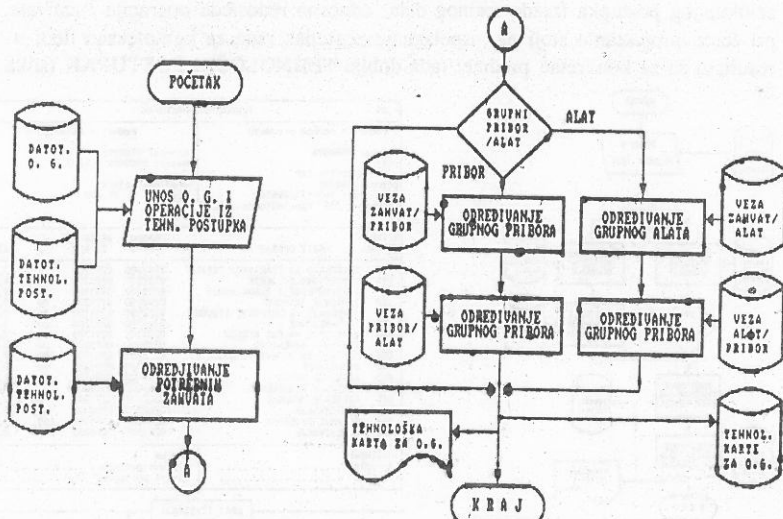


| GRUPNI TEHNOLOŠKI POSTUPAK | | | |
|---|--------------------------------|--------------------------|------------------|
| OZNAKA OPERACIJSKE GRUPE: 101 BROJ ELEMENATA U OPERACIJSKOJ GRUPI: 18 | | | |
| NAZIV OPERACIJSKE GRUPE: POLUSOVINE SA 10 KRACE | | | |
| REDNI BROJ OPERACIJE | NAZIV OPERACIJE | IDENT. BROJ RADNOG MESTA | IDENT. BROJ SHIP |
| 010 | OBRECANJE NA TRAKASTOJ TESTERI | 0202000 | 0291100 |
| 020 | POKRAKIVANJE I ZABUSIVANJE | 0208100 | 0291100 |
| 030 | STRUGANJE NA UNIVERZ. STRUGU | 0272100 | 0291100 |
| 040 | STRUGANJE NA CNC STRUGU | 0272300 | 0291100 |
| 050 | BUSENJE NA VISEVRET. BUSILICI | 0286000 | 0291100 |
| 060 | OSARANJE TVICA | 0289400 | 0291100 |
| 070 | BUSENJE OKRUGLO | 0292000 | 0291200 |
| 080 | KOVANJE ZLJEBOVA | 0241000 | 0291100 |
| 090 | IMAKETONO KALJEVANJE | 0237000 | 0291200 |
| 100 | OTPUSTIVANJE | 0230000 | 0291200 |
| 110 | ISPRAVLJANJE | 0244100 | 0291100 |
| 120 | KONTROLA FEROFILSKA | 0213000 | 0000000 |
| 130 | BUSENJE OKRUGLO | 0292000 | 0291200 |
| 140 | OZNAČAVANJE | 0289200 | 0000000 |
| 150 | KONTROLA DIMENZIJA | 0213000 | 0000000 |
| 160 | ZAVLJIVANJE | 0249300 | 0000000 |
| POSTUPAK: Izradio: | | Datum: | |
| Overlo: | | Izradio postupa: | |
| | | Ove postupa: | |
| KRAJ IZVEŠTAJA | | | |

Slika 3: Modul 3/1: Projektovanje grupnog tehnološkog postupka

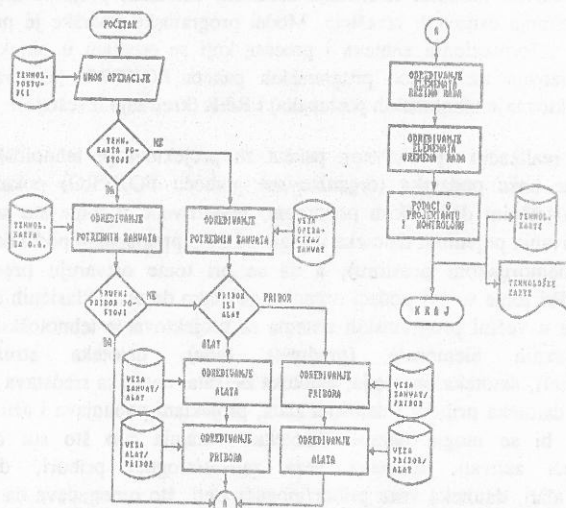
Slika 4: Grupni tehnološki postupak

- * Projektovanje tehnoloških karti za pojedine operacije (slika 5), koje u rezultatu daju strukturu pojedinih operacija, odnosno pregled svih zahvata u operaciji sa redosledom njihovog izvođenja i eventualnim grupnim priborima i alatima (TEHNOLOŠKA KARTA za operacijsku grupu, slika 6).



Slika 5: Modul 3/2: Projektovanje tehnološke karte za operacijsku grupu

* Projektovanje tehnoloških karti za pojedine operacije (slika 9), koje obuhvata: određivanje potrebnih alata i pribora, elemenata režima rada, vremena za pojedine zahvate i celu operaciju; u rezultatu se za svaku operaciju dobija TEHNOLOŠKA KARTA (slika 10).



Slika 9: Modul 4/2: Projektovanje tehnoloških karti za konkretan predmet

TEHNIČKA KARTA

(let/listov: 1)

FARUKLET TEHNIČKIN NAIKA

INSTITUT ZA INDIKIRISKE SISTEME

akos operacijis

podaci o predmetu rada

oznaka: 0400004
naziv: POLUSOVNIKA FAP
prezici: 250780
kline/grupi: 1404721822660
oper-grupa: 101
red.jedinica: 002

podaci o materijalu

oznaka: 0700005
naziv: OTIKOVAK C.4732
prezici: 481225
masa: 25,000

| RED.BROJ OPERACIJE | NAZIV OPERACIJE | ID.BROJ RADNOG MESTA | NAZIV RADNOG MESTA | ID.BROJ SH | TPZ (min/ser) (min/kom) | |
|--------------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------|------------|
| 040 | STRUGANJE NA CNC STRUGU | Q272300 | STRUG UNIVERZALNI CNC | Q271100 | 60,00 | |
| R.BR. ZAHV. | NAZIV ZAHVATA | OPIS ZAHVATA | OPREMA PRIBORA | OPREMA ALATA | REZULTAT RADA | VREME RADA |
| | | | | | g | TIC |
| 010 | u celjuni i slijak | 01/10/21 1210 | | | | |
| 020 | strugati poprečno prethodno | na 15 | P1FMR 3225 P 22 | TANG 160412 P25 | 30 0,00 0,0 | 0,00 0,10 |
| 030 | strugati poprečno prethodno | na 15 | P1FMR 3225 P 22 | TANG 160412 P25 | 30 0,00 0,0 | 0,43 0,10 |
| 040 | strugati poprečno prethodno | 1150 | PTGOL 3225 P 16 | TANG 160410 L12 P15 | 55 0,50 0,1 | 0,70 0,10 |
| 050 | kopirati prethodno | 1150 | CJUNL 2525 P 16 | TANG 160410 L12 P15 | 50 0,50 0,0 | 0,13 0,10 |
| 060 | kopirati prethodno | 113764 | CJUNL 2525 P 16 | DMK 160410 L12 P15 | 630 0,50 0,0 | 2,40 0,25 |
| 070 | strugati poprečno završno | na 13,9 | P1FMR 3225 P 22 | TANG 160412 P25 | 30 0,50 0,1 | 0,12 0,10 |
| 080 | strugati poprečno završno | na 17 | P1FMR 3225 P 22 | TANG 160412 P25 | 30 0,50 0,1 | 0,46 0,11 |
| 090 | strugati udarno završno | 2,5/45 | PTGOL 3225 P 16 | TANG 160412 P25 | 60 0,50 0,1 | 0,17 0,10 |
| 100 | oboriti svicu | 1149 | CJUNL 2525 P 16 | DMK 160410 L12 P15 | 50 1000 0,5 | 8,00 0,30 |
| 110 | kopirati završno | 1155,5 | CJUNL 2525 P 16 | DMK 160410 L12 P15 | 3 1000 0,1 | 0,12 0,10 |
| 120 | kopirati završno | 1155,5 | CJUNL 2525 P 16 | DMK 160410 L12 P15 | 65 1000 0,5 | 8,15 0,10 |
| postupak izradio: N. RADAKOVIC | | | | datum izrade postupka: 12/02/92 | | |
| postupak odobrio: B. DASIC | | | | datum ovjera postupka: 12/02/92 | | |

KRAJ 12. STRANA

Slika 10: Tehnološka karta za konkretan predmet

4-171

3. PROGRAMSKA PODRŠKA

Programska podrška informacionog sistema za automatizaciju projektovanja tehnoloških postupaka projektovana je kao interaktivni, on-line aplikativni paket koji se sastoji iz tri osnovna modula: ažuriranja osnovnih datoteka, projektovanja tehnoloških postupaka i kreiranja osnovnih izveštaja. Model programske podrške je projektovan na osnovu analize informacionih zahteva i procesa koji se odvijaju u objektnom sistemu. Model je realizovan uz pomoć programskih paketa FOXPRO (ažuriranje osnovnih datoteka i projektovanje tehnoloških postupaka) i R&R (kreiranje izveštaja).

Pristup realizaciji aplikativnog paketa za projektovanje tehnoloških postupaka putem relacione baze podataka (organizovane pomoću FOXPRO) pokazao je svoju prednost nad klasičnim datotečkim pristupom, prvenstveno u tome što se pogodnim načinom povezivanja pojedinih datoteka izbegava štetno preklapanje podataka (ostvaruje se ušteda u memorijskom prostoru), a da se pri tome ostvaruju predviđeni ciljevi projektovanja. Pri tome su svi podaci organizovani tako da osim klasičnih datoteka, koje se inače koriste u većini programskih sistema za projektovanje tehnoloških postupaka: datoteka sastavnih elemenata (predmeta rada), datoteka strukture (veza predmet/materijal), datoteka operacija, datoteka zahvata, datoteka sredstava za hlađenje i podmazivanje, datoteka pribora i datoteka alata, projektant popunjava i ažurira i posebne datoteke, koje bi se mogle nazvati datotekama znanja kao što su: datoteka veza operacija/mogući zahvati, datoteka veza zahvat/mogući pribori, datoteka veza zahvat/mogući alati, datoteka veza pribor/mogući alati, što omogućava da računar, pri određivanju pojedinih elemenata u tehnološkom postupku, ponudi već unapred definisana moguća rešenja.

4. ZAKLJUČCI

Razvijeni prilaz omogućava postizanje značajnih efekata od kojih se mogu izdvojiti sledeći:

- skraćanje vremena pripreme procesa rada, jer projektant za svaki novi predmet rada, koji se javi u programu proizvodnje, obavlja znatno manji posao nego u slučaju klasičnog načina rada; njegov posao se svodi na to da novom predmetu rada dodeli klasifikacioni broj, čime ga računar svrstava u odgovarajuću operacijsku grupu, a da, zatim, za njega razradi tehnološki postupak korišćenjem grupnog tehnološkog postupka koji je ranije razrađen za datu operacijsku grupu;
- smanjenje pripremno-završnog vremena, jer puštanjem u proces jednog za drugim sličnih predmeta rada, u okviru iste operacijske grupe, obim poslova neophodnih za pripremu radnog mesta za izradu novog predmeta svodi se na minimum;

5. LITERATURA

1. Zelenović, D., Čosić, I., Radaković, N., Šormaz, D., Maksimović, R.: »Prilog racionalizaciji tokova materijala«, Institut za industrijske sisteme, Novi Sad, 1986.
2. Zelenović, D.: »Projektovanje proizvodnih sistema«, Naučna knjiga, Beograd, 1987.
3. Radaković, N.: »Prilog racionalizaciji projektovanja postupaka rada u uslovima grupisanja«, magistarski rad, Institut za industrijske sisteme, Novi Sad, 1988.

A CONTRIBUTION TO DEVELOPMENT OF SOFTWARE SYSTEM FOR DESIGNING TECHNOLOGICAL PROCEDURES BASED ON GROUP TECHNOLOGY PRINCIPLES

ABSTRACT:

The paper presents a review of software system for designing technological procedures based on grouping technology principles, which have been developed at Institute for industrial systems in Novi Sad. The system covers similar parts clustering with a view to forming operating groups, subsequently, designing group technological procedures for operating group up to level of defining operation sequences, workplaces, engagements in operations and possible group accessories and tools, hereafter, designing of technological procedures for all parts in operating group on the basis of group technological procedure, along with defining other elements: tools, accessories, machining regimes and operating times.

4-173

UPOREDNA ANALIZA PROJEKTOVANJA TEHNOLOŠIKH PROCESA IZRADE OTVORA POMOĆU EKSPERTNOG SISTEMA I POMOĆU MATRICE PRODUKCIONIH PRAVILA

mr Miodrag Manić, asistent Mašinskog fakulteta u Nišu

mr Miroslav Trajanović, asistenti Mašinskog fakulteta u Nišu

dr Dragan Domazet, redovni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu

Dejan Petrović, saradnik Mašinskog Fakulteta u Nišu

1. UVOD

U cilju brzog osvajanja novih proizvoda visokog kvaliteta a niskih proizvodnih troškova, neophodno je automatizovati sve inženjerske aktivnosti i procese u proizvodnom sistemu. Naročito važnu primenu računari imaju u projektovanju tehnoloških procesa izrade delova.

Klasičnim programiranjem algoritamskim metodama, dobijaju se programi koji se sastoje od podataka i algoritma koji čine jednu jedinstvenu celinu, koja je dostupna samo autoru programa dok korisnik može samo da daje sugestije za neku eventualnu kasniju izmenu. Svaka izmena zahteva promenu koda programa ili podataka i njegovu obaveznu kompilaciju od strane autora.

Kako se svakodnevno javljaju novi proizvodi, alati i materijali koji nisu obuhvaćeni postojećim sistemima, to stvara velike probleme korisnicima programa za projektovanje tehnoloških procesa time što brzo zastarevaju. Zato je cilj razviti sisteme koji su podložni promeni bez rekonstrukcije programa i poznavanja programskih jezika.

Klasični, algoritamski sistemi nisu pogodni jer se ne mogu lako da inoviraju i koriguju. Vrše se pokušaji da se kreiraju sistemi nealgoritamskim metodama koje će omogućiti korisniku da može da menja sistem ubacivanjem novih podataka u sistem, ili da vrši korekciju postojećeg sistema bez detaljnog poznavanja programa i potreba za njegovim rekompiliranjem.

U ovom radu daje se prikaz dva nealgoritamska sistema za projektovanje tehnoloških postupaka izrade otvora koji su razvijeni na Mašinskom fakultetu u Nišu u okviru Laboratorije za inteligentne proizvodne sisteme (LIPS). Ovi sistemi treba da omoguće korisniku korekcije bez njegovog znanja programskih jezika i detaljne strukture programa.

U poglavlju 2 je prikazan način projektovanja tehnoloških procesa izrade otvora pomoću matrica produkcionih pravila /1,2/. Programska realizacija je izvršena u FORTRAN-u. U delu 3 je prikazan ekspertni sistem za rešavanje istog problema. On je realizovan korišćenjem ekspertne ljuske CLIPS /3/. Posle toga se daje uporedna analiza ova dva sistema.

2.PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADE OTVORA POMOĆU MATRICA PRODUKCIONIH PRAVILA

Produkciona pravila u formi logičkih instrukcija tipa IF(uslov) THEN (akcija+rešenje) izražavaju znanje iz određene oblasti, o određenom problemu pa ili "proizvode" određeno rešenje ili upućuju na druga pravila koja dalje vode ka rešenju. Svaka eventualna korekcija znanja zahteva ubacivanje, promenu, ili brisanje nekih pravila, tj. rekonstrukciju i ponovno prevodenje programa.

Metodom matrične formulacije produkcionih pravila ne koriste se instrukcije tipa IF -- THEN izražene pomoću nekog programskog jezika, već se pravila izražavaju u vidu matrica produkcionih pravila /1,2/. Metod omogućava da se pravila nalaze u posebnoj datoteci tzv. matrici pravila koja je data kao sekvencijalna datoteka i dostupna je korisniku i on je iskorišćen za realizaciju programskog sistema za projektovanje tehnološkog procesa izrade otvora i rupa. Šema sistema data je na slici 1.

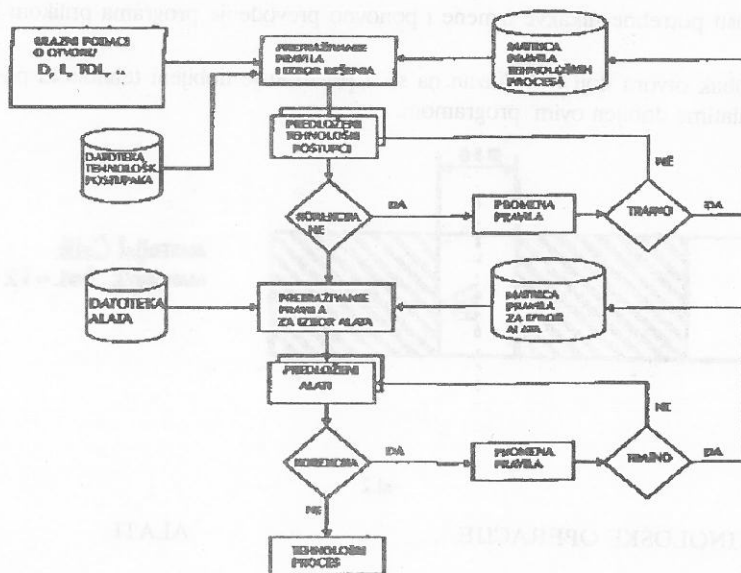
Svako pravilo u bazi znanja "proizvodi" određeno rešenje problema. Kako je svako rešenje funkcija stanja svih uticajnih faktora, to svako pravilo definiše stanja uticajnih faktora pri kojima se dobija određeno rešenje.

U matrici pravila svako pravilo je zapisano u obliku jedne vrste. Matrica pravila ima sledeći oblik:

```
      I 1 6 1 2 1 0 1 0 1 1 1 I
Mp=  I 2 1 5 3 1 1 1 0 0 1 1 I
      I .....I.
```

Matrica produkcionih pravila se sastoji iz više šifriranih kolona: u prvoj koloni su šifre za prečnik obratka, u drugoj koloni su šifre za dubinu rezanja, u trećoj koloni je data šifra za materijal obratka, četvrta kolona predstavlja šifru tolerancije, od pete pa do jedanaeste kolone su šifre za definisanje tehnološkog postupka u zavisnosti od prethodno navedenih ulaznih šifri.

Sekvencijalnim pretraživanjem matrice pravila dobija se mogući tehnološki postupak ili više njih u zavisnosti od postojećih pravila prisutnih u matrici pravila.



Sl.1. Struktura projektovanja tehnoloških procesa izrade otvora i rupa pomoću produkcionih pravila

Ukoliko korisnik nije zadovoljan predloženim tehnološkim postupkom, program ima mogućnost za izmenu tehnološkog postupka prema želji korisnika. Novi tehnološki postupak može da se trajno ispravi u matrici pravila korekcijom postojećeg ili dodavanjem novog pravila. Ovo je dosta pogodno jer svaki tehnolog može da koriguje tehnološki postupak shodno svojim uslovima, potrebama i iskustvom. Razvijena je poseban potprogram za programsku korekciju pravila ili se ona mogu da menjaju direktno u datoteci. Isti postupak se ponavlja i prilikom izbora alata. Podaci o alatima za obradu otvora i rupa smešteni su u sekvencijalnim datotekama.

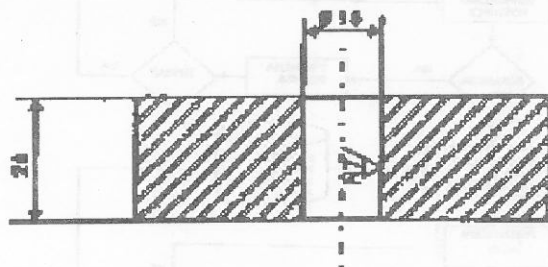
Program pruža sledeće tehnološke mogućnosti: obrada tolerisanih otvora i rupa, obrada netolerisanih otvora i rupa i obrada koničnih otvora i rupa

Prednosti automatskog izbora tehnoloških postupaka i alata putem matrica produkcionih pravila mogu se rezimirati na sledeći način:

1. Pretraživanje pravila i njihova analiza je znatno brža nego kod drugih metoda koje se primenjuju za izbor alata i postupaka, jer se analiza pravila svodi na operacije sa celobrojnim vrednostima
2. Omogućava se sekvencijalno pretraživanje cele baze, čime se dobija najbolje rešenje dato u matrici pravila
3. Korišćenjem matrica produkcionih pravila omogućeno je da korisnici mogu da menjaju i prilagođavaju matricu pravila shodno svojim uslovima i potrebama
4. Menjanje i dopunjavanje matrice pravila ne zahteva od korisnika poznavanje nikakvog programskog jezika već samo rad sa običnim ekranskim editorom, ili se odgovara na određena pitanja

5. Nisu potrebne nikakve izmene i ponovno prevodenje programa prilikom korekcije pravila.

Za oblik otvora koji je prikazan na sl. 2 prikazan je dobijeni tehnološki postupak sa potrebnim alatima dobijen ovim programom.



materijal Čelik
maks.pušč. deblj. = 12 mm

sl.2

TEHNOLOŠKE OPERACIJE

ALATI

1. ZABUŠIVANJE $D_z=2\text{mm}$ ZABUŠIVAČ FRA JUS K.D3.O61 oblik A DESNO-REZNI HSS $D=2\text{ mm}$ $L=2,5\text{ mm}$ Id 5.060661
2. BUŠENJE $D_b=10,5\text{mm}$ BURGIJA FRA JUS K.D3.022 MK DESNOREZNA HSS TIP N $D=10.5$ $L=168\text{ mm}$ Id 5.006387
3. PROŠ. BURGIJOM $D_{bp}=16\text{mm}$ BURGIJA FRA JUS K.D3.022 MK DESNOREZNA HSS TIP N $D=16$ $L=218\text{ mm}$ ID 5.004741
4. PROŠ. PROŠIRIV. $D_{pr}=17,8\text{ mm}$ PROŠIRIVAČ FRA JUS K.D3.301 MK2 HSS $D=17$ $L=125\text{ mm}$ Id 5.038531
5. GRUBO RAZVRTANJE $D_{gr}=17.96\text{ mm}$ RAZVRTAČ FRA
6. FINO RAZVRTANJE $D_{fr}=18\text{ mm}$ RAZVRTAČ FRA JUS K D3.132 MK2 HSS $D=18\text{H7}$ $L=219\text{ mm}$ Id 5.066212

3.EKSPERTNI SISTEM ZA PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKOG PROCESA IZRADE OTVORA I RUPA

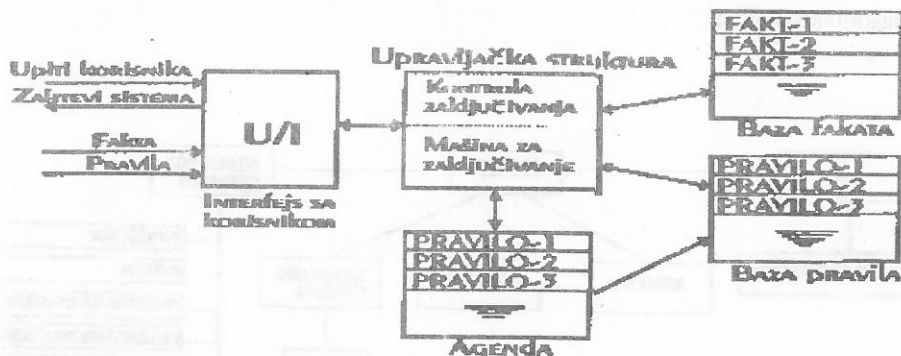
Sve je veća primena ekspertnih sistema pri projektovanju tehnoloških procesa. Ekspertni sistem za razliku od tradicionalnih programa može da se prikaže kao $ES = \text{ZNAJANJE} + \text{ZAKLJUČIVANJE}$. Formalno znanje može da se prikaže kao: $\text{ZNAJANJE} = \text{ČINJENICE} + \text{MIŠLJENJA} + \text{HEURISTIKA}$.

Svaki program napisan u nekom ekspertnom sistemu, odnosno rešavanje procedura se svodi na manipulacije sa objektima, tj. njihovim vrednostima. Zato, ekspertni sistemi spadaju uobičajeno u grupu objektno-orijentisanih sistema(OOS), a programiranje u njima se vrši pomoću objekata (OOP).

Kao što je već rečeno, za izradu tehnološkog procesa izrade otvora korišćena je CLIPS ljska ekspertnog sistema. CLIPS je jezik ekspertnih sistema dizajniran za pisanje aplikacija putem produkcionih pravila koja mogu da se predstave u obliku: IF (uslov) THEN (akcija)

Osnovni elementi CLIPS-a su /2/:

- baza fakata (fact-list) koja predstavlja uopštenu bazu podataka
- baza znanja (knowledge-base) koja sadrži sva pravila
- mehanizam za zaključivanje (inference engine) koji "vrši zaključivanje" na osnovu ugrađenih pravila i fakata



Sl.3 Struktura CLIPS-a kao jezika ekspertnog sistema

Svaki program napisan u CLIPS-u se sastoji iz određenog broja produkcionih pravila. Za svako pravilo se njegov uslovni deo upoređuje sa svim faktima u bazi fakata i u slučaju da su svi uslovi ispunjeni, pravilo se smešta u agendu u red mogućih pravila za dalju primenu. Ovaj proces upoređivanja je i najkompleksniji i najvažniji pri korišćenju produkcionog sistema, jer se za njega i troši najviše vremena. Na osnovu određenih kriterijuma bira se pravilo koje će se izvršiti tj. "opaliti" i ceo postupak se ponavlja za svako sledeće pravilo pod neposrednom kontrolom mehanizama za zaključivanje.

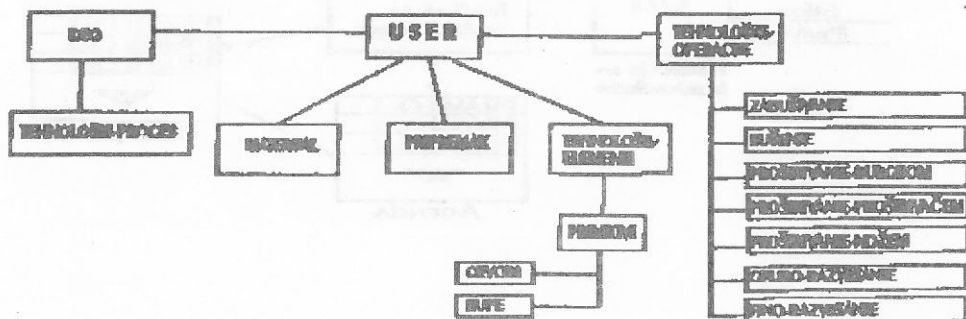
Predstavljanje znanja u vidu frejmova, kao jedna od najvažnijih karakteristika objektno-orijentisanih sistema je korišćena pri projektovanju ovog programskog modula. Frejm je struktura podataka koja predstavlja neku situaciju ili entitet. Cilj primene frejmova je da se grupišu zajednička znanja u jednu celinu putem određene mrežne strukture. Čvorovi mreže predstavljaju objekte, a lukovi koji spajaju čvorove izražavaju odnose između objekata. Čvorovi na višim nivoima (gornji delovi mreže) imaju opšte koncepte (tzv. klase), a niži čvorovi predstavljaju primere tih opštih konceptata (tzv. instance).

Klase su objekti istih osobina, a instance predstavljaju klase sa konkretnim vrednostima. Klase mogu imati logičke odnose između sebe, tako da jedna od njih može da bude potklasa ili superklasa u odnosu na drugu klasu.

Osnovna osobina frejmovskog predstavljanja znanja je mehanizam nasleđivanja tako da svaka potklasa nasleđuje svojstva svojih superklasa. Svaka klasa predstavlja objekt koji se sastoji iz više atributa(slotova). Svaki atribut(slot) može da ima neku vrednost koja može da bude: broj, interval brojeva, simbol, niz ili funkcija.

Korišćenjem dveju važnih osobina CLIPS-a :

- predstavljanje znanja u obliku frejmova i
- razumevanja produkcionih pravila u okviru određenog programa od strane ljudi koji nisu eksperti, ili neeksperti tako visokog nivoa, kao onaj, koji je postavio dati sistem, omogućeno je da se dati tehnološki proces za obradu otvora i rupa postavi na jedan sasvim novi i nealgoritamski način.



Sl.4 Osnovne klase i mehanizmi njihovog nasleđivanja u okviru tehnološkog procesa za obradu otvora i rupa

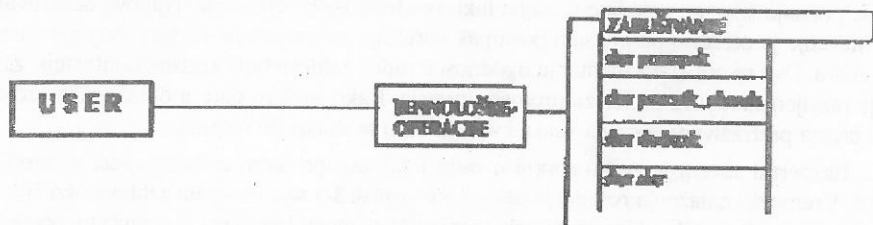
U okviru određenih klasa (DEO, MATERIJAL, PRIPREMAK, TEHNOLOŠKI-ELEMENTI, PRIMITIVNI, OTVORI, RUPE), odnosno njihovih instanci, su definisani slotovi koje čine imena i određene vrednosti. Ta imena, u stvari, predstavljaju polaznu osnovu za specifikaciju obrađenog otvora ili rupe kao što je npr. u okviru klase DEO:

```

(defclass DEO (is-a USER)
  (slot id-broj)
  (slot naziv)
  (slot materijal)
  (slot pripremak)
  (slot tehnološki-elementi))
  
```


Korisnik ulaskom u editor na veoma lak i jednostavan način može izvršiti promenu vrednosti imena slotova, odnosno ulaznih vrednosti datog programa.

S druge strane, u okviru klase **TEHNOLOŠKE-OPERACIJE**, odnosno njenih potklasa (**ZABUŠIVANJE**, **BUŠENJE**, **PROŠIRIVANJE-BURGIJOM**, **PROŠIRIVANJE-NOZEM**, **PROŠIRIVANJE-PROŠIRIVAČEM**, **GRUBO-RAZVRTANJE**, **FINO-RAZVRTANJE**) i njihovih instanci su definisani slotovi čije se vrednosti izracunavaju ili su date sa nekom konstantnom vrednošću. Na sl.5 je dat primer jedne klase.



Sl.5 Prikaz klase **ZABUŠIVANJE** sa svojim superklasama

Mehanizam za zaključivanje znači, koristeći određenu strategiju pretraživanja, pretražuje celokupnu bazu produkcionih pravila gde na osnovu određenih opet kriterijuma izvršava "opaljivanje" produkcionih pravila koja zadovoljavaju tražene uslove na osnovu određenih ulaznih parametara.

Izvršena pravila svojim akcionim delom vrše popunjavanje gore navedenih klasa što predstavlja i rešenje ovog programskog modula.

Štampanje određenih ili u krajnjoj liniji svih klasa dobija se jedan pregledan tehnološki proces za obradu otvora i rupa. On će sadržati sve ulazne parametre, predložen tehnološki postupak, a u okviru svakog postupka željene parametre.

Osnovne prednosti jednog ovakvog ekspertnog sistema su:

1. Jednostavna promena baze znanja, odnosno korekcija logike rada sistema
2. Mogućnost obogaćivanja baze znanja
3. Mogućnost primene u praksi sa kratkim vremenom usklađivanja sa postojećim uslovima
4. Mogućnost korišćenja iste baze znanja i u drugim sistemima Međutim, ekspertni sistemi imaju i negativna svojstva kao što su:
 1. Duže vreme traženja rešenja usled ogromne baze znanja
 2. Zahtevaju jače računare
 3. Korišćenje posebnih softverskih alata, ekspertnih ljuski, koje mogu biti i relativno skupe.

Za oblik otvora sa sl.2 dobijen je isti tehnološki postupak obrade kao i alati.

4. UPOREĐENJE PRIMENJENIH METODA

Oba sistema daju rešenje u zavisnosti od pravila koja su ugrađena u sistem.

Kod sistema koji koristi matricu pravila za definisanje znanja rešenje se dobija veoma brzo tj. posle unošenja podataka sistema daje rešenje za 0.5-1 sec. Program zahteva oko 400 Kb slobodnog memorijskog prostora i ima 150 pravila. Sistem je pisan u FORTRAN-u i može vrlo lako da se poveže sa ostalim sistemima i da koristi datoteke o alatima i režimima. Izmena pravila je moguća programski kroz dijalog sa programom a i pomoću editora. U tom slučaju potrebno je da se poznaju šifre za pojedine uticajne faktore i tehnološke operacije. Njihovo dešifrovanje i razumevanje je otežano pa je i sam postupak korekcije na ovaj način otežan zbog nerazumevanja šifara. Ovo se odražava na manju ugodnost u radu i zahteva bolji korisnički interfejs. Zbog toga je razvijen specijalni editor za promenu pravila. Kako su šifre date u obliku celih brojeva to je i brzina pretraživanja pravila velika i veoma brzo se dolazi do rešenja.

Ekspertni sistem je nešto sporiji u radu i zahteva pri istim uslovima veći memorijski prostor. Vreme do nalaženja rešenja je nešto veće i iznosi 3-5 sec. Program zahteva oko 500 Kb memorije i ima 70 pravila. Izmena pravila je moguća pomoću interfejsa (korisničkog posrednika) ili preko editora. Ovde je mnogo lakše da se izvrše izmene jer su nazivi pojedinih fakata i akcija dati u originalnom obliku pomoću slovnih oznaka. Nisu potrebne nikakve šifre i nije potreban nikakav rečnik šifara. Ovo je dosta korisno za razumevanje i sam rad je ugodniji ali zahteva više memorije i usporava sistem jer se pretražuju promenljive sastavljene od niza simbola. Zbog upotrebe simbola promenljivost pravila i frejmova je vrlo visoka.

Oba sistema prikazuju koja su pravila primenjena, tako da može da se pratil koja su pravila primenjena do dobijanja konačnog rešenja.

5. ZAKLJUČNE NAPOMENE

Upoređujući dva sistema, sa različitim nealgoritamskim metodama, može se reći da je metod matrice produkcionih pravila pogodniji za veće sisteme, zbog brzine pretraživanja. Potrebno je da takvi sistemi imaju malo promena tj. da su statični jer svaka korekcija može u nekim uslovima da predstavlja napor.

S druge strane ekspertni sistem je pogodniji za manje sisteme koji nemaju veliku bazu znanja. Ovo je naročito važno zbog raspoložive memorije i same brzine sistema. Međutim vrlo su pogodni kod dinamičnih sistema koji su podložni svakodnevnim i brzim promenama imajući u vidu razumljivost podataka koja omogućava lako i pregledno menjanje pravila kao i baze znanja.

LITERATURA

- (1) D.Domazet, Razvoj ekspertnih sistema primenom produkcionih pravila u matričnom obliku, 16. Jupiter konferencija, Cavtat, 1990.
- (2) D.Domazet, The Automatic Tool Selection with the Production Rules Matrix Method, Annals of the CIRP Vol.39/1/1990., pp.497-500.
- (3) J.C. Giarratand, CLIPS User's guide, Artificial Intelligence Section, Lyndon B. Johnson Space Center, October 1989.
- (4) D.Domazet, M.Trajanović, M.Manić, Uvod u računarski integrisane proizvodne sisteme, knjiga 1, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- (5) S.Milisav, Automatski izbor alata za obradu otvora i rupa, Diplomski rad, Mašinski fakultet Niš, Niš, 1991.
- (6) Katalozi Fabrike Reznog Alata Čačak.

ABSTRAKT

U radu su prikazana dva sistema za rešavanje istog problema korišćenjem različitih nealgoritamskih metoda. Prvi koristi metod matrice produkcionih pravila, a drugi je izrađen u ekspertnom sistemu. Njihovim upoređenjem došlo se do zaključka da je metod matrice produkcionih pravila pogodan za velike sisteme koji se ne menjaju često. Ekspertni sistem je pogodniji za manje sisteme koji se često menjaju i obogaćuju novim znanjima.

SUMMARY

The paper presents the systems for solving the same problems by using various non-algorithmic methods. The first one uses the method of the production rules matrix and the second is the expert system. Their comparison leads to the conclusion that the production rules matrix method is appropriate for large systems which do not change often. The expert system performed is more appropriate for smaller systems which often change and which are often enriched with new knowledge.

NAPOMENA : Ovaj rad je deo projekta C1.0273 koga finansira Fond za tehnološki razvoj Ministarstva za nauku Republike Srbije

SISTEM PROJEKTOVANJA TEHNOLOGIJE ZA LOLA CNC UPRAVLJAČKE JEDINICE

Dr Miroslav Pilipović, dipl.maš. inž., docent Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Ilija Latinović, dipl.inž. elektr., Lola Institut, Beograd

Marija Stefanović, dipl.mat., Lola Institut, Beograd

Jasmina Djordjević, dipl.inž.elektr., Lola Institut, Beograd

1. UVOD

Tehnologija numerikog upravljanja (NU) kao jedna od ključnih tehnologija savremene proizvodnje (fleksibilni tehnološki sistemi i kompjuterski integrisani proizvodni sistemi) zahteva odgovarajuću hardware i software podršku za realizaciju tehnološke pripreme. Odručnog programa, prvog i osnovnog načina realizacije tehnološke pripreme za NUMA, preko klasičnog automatskog programiranja, nagli razvoj kompjuterske tehnologije i sistema za projektovanje proizvoda i tehnologije pomoću računara (CAD/CAM) sa jedne strane, i upravljačkih jedinica (UJ) numerički upravljanih mašina alatki (NUMA) sa druge strane, doveo je do širokog izbora različitih varijanti realizacije tehnološke pripreme za NUMA. Poseban značajna performanse NUMA imaju sistemi programiranja u pogonu i projektovanja tehnologije na UJ.

2. RAZVOJ SISTEMA PROGRAMIRANJA U POGONU

Stalni razvoj hardware-a i software-a UJ NUMA, a posebno uvođenje mikroprocesora, memorije, ekrana i tastature kod UJ sredinom 70-ih godina, stvorilo je bitno nove mogućnosti za organizaciju komunikacije sa operatorom s jedne strane, i za poboljšanje funkcionalnih mogućnosti UJ sa druge strane. U delu podrške za tehnološku pripremu NUMA uvodi se mogućnost direktne izrade programa na UJ sa dva termina: ručni ulaz podataka-MDI i programiranje u pogonu. Praktično ručni ulaz podataka i programa razvojem dijalog jezika višeg nivoa prerasta u programiranje u pogonu. Razvoj računarskog hardware-a u delu kompjuterske grafike karakterističan za 80-te godine omogućio je novi nivo komunikacije između operatora i UJ tzv. simboličko-grafički dijalog odnosno konverzaciono programiranje. Na tom osnovu, zavisno od proizvođača, pojavljuju se eksterno razvijani CAD-CAM sistemi integrisani na UJ sa jedne strane i namenski razvijani sistemi zadijalog-grafičko tj. konverzaciono projektovanje

tehnologije i programiranje na UJ sa druge strane kao i različite varijante sistema za vezu za eksternim CAD/CAM i klasičnim sistemima automatskog programiranja /1/. Nova generacija UJ lansirana drugom polovinom 80-tih godina, bazirana na 32-bitnim mikroprocesorima sadrži sasvim novi kvalitet namenski razvijanih integrisanih sistema programiranja u pogonu. Tipični predstavnici su upravljačke jedinice MAZATROL M-32, FANUC serija 15,16 i 18, BOSCH CC 300, Mitsubishi MELDAS 335, Philips 5000 itd. Uz neke od navedenih UJ, na bazi potpuno nove intelektualne pomoći operateru i tehnologu, pre svega u delu programiranja u pogonu i pri samoj obradi, dodaje se i atribut "UJ veštačke inteligencije". Prateći navedene trendove razvoja Lola institut u saradnji sa Mašinskim fakultetom u Beogradu razvija sistem za projektovanje tehnologije na UJ Lola 300 CNC.

3. OSNOVNE KARAKTERISTIKE UJ LOLA 300 CNC

Nova generacija UJ Lola 300 CNC bazira na savremenim konceptima više procesorskih 32-bitnih mikroprocesorskih sistema. Osnovne karakteristike UJ Lola 300 CNC su /3/:

- dva 32-bitna mikroprocesora sa matematičkim koprocesorom,
- integrisano programabilno upravljanje,
- interaktivna dijalog-grafička komunikacija sa korisnikom posistemu "menija" i prozora,
- DNU komunikaciona veza za integraciju u CIM i FMS koncept,
- modularan koncept sa fleksibilnim komponovanjem konfiguracijena zahtev korisnika,
- ISO i dijalog-grafičko programiranje sa projektovanjem tehnologije na UJ i simulacijom obrade,
- integrisani software za praćenje rada, kontrolu i programiranje programabilnog upravljanja,
- 8 upravljanih pomoćnih kretanja plus glavno kretanje preko servo modula. Upravljačka jedinica Lola 300 CNC se može primeniti kod CNC strugova, glodalica-bušilica, obradnih centara i robota.

U daljem tekstu, detaljnije će se obraditi mogućnosti Lola 300 CNC UJ u oblasti projektovanja tehnologije i radioničkog programiranja za bušenje i glodanje.

4. RAZVOJ SISTEMA PROJEKTOVANJA TEHNOLOGIJE ZA LOLA 300 CNC UJ

Polazeći od dosadašnjih rezultata istraživanja, razvijenih sistema za automatsko projektovanje tehnologije NUMA, CAM sistema i sistemaprojektovanja tehnologije na UJ (programiranje u pogonu), definisanje koncept razvoja sistema za projektovanje tehnologije zatehnologiju bušenja-glodanja za potrebe razvoja nove generacije UJLola CNC /2/ i /3/. Osnovne karakteristike koncepta su:

- Dijalog-grafička komunikacija sa korisnikom;
- Interaktivno definisanje geometrije priprema i obradka sa jednovremenim grafičkim prikazom;

- Viši nivo intelektualne pomoći projektantu (automatski izbor redosleda operacija, zahvata, alata, parametara itd.);
- Tehnološka banka podataka (datoteka alata, materijala i parametri obradljivosti);
- Grafička provera projektovane tehnologije (simulacija obrade);
- Automatsko generisanje tehnološkog postupka i NU kodova (integrisana postprocesorska obrada).

Polazeći od prethodno definisanih osnovnih karakteristika definišu se osnovne projektovane funkcije sistema:

- datoteke (učitavanje, memorisanje i brisanje - Filing),
- izmena NU programa (Edit),
- projektovanje tehnologije (Program),
- geometrija (Patterns),
- simulacija (Simulate), i
- alati (Tools).

Ne ulazeći u detalje svih funkcija navodi se osnovna procedura projektovanja tehnologije i izrade programa. Početni parametri. Funkcija Setup koristi se za definisanje osnovnih karakteristika mašine i parametara za projektovanje tehnologije (jedinice mere, granice režima, dodaci za obradu, položaj izmene alata, nulte tačke itd.) i geometrije priprema.

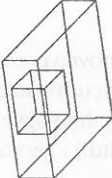
Geometrija priprema se definiše interaktivno sa jednovremenim grafičkim prikazom i može se sastojati iz većeg broja blokova oblika kvadra ili cilindra. Primer definisanja geometrije priprema dat je na sl. 1.

projektovanje tehnologije. Projektovanje tehnologije se vrši u nekoliko faza i to:

1. Izbor metoda obrade-osnovne operacije i definisanje parametara.
2. Definisanje geometrije.
3. Tehnološki postupak - redosled operacija.
4. Generisanje NU kodova - izrada programa.

Tehnologija obrade otvora - bušenje. Na osnovu geometrije otvora, kvaliteta i drugih uslova, sistem automatski preporučuje redosled operacija, alat i režim obrade i za odgovarajuću sliku bušenja - raspored otvora generiše tehnološki postupak. Automatski se vrši izrada NU kodova. Ugrađena je većina osnovnih operacija i zahvata obrade otvora kao što su: zabušivanje, bušenje, proširivanje, upuštanje itd.

Slike bušenja i raspored otvora se kombinuju izrazličitih varijanti linearnih i kružnih skupova. Primer definisanja geometrije i drugih uslova obrade otvora i odgovarajući redosled operacija dati su na slikama 2. i 3.

| Filing | | Program | | Edit | | Simulate | | Tools | | Patterns | | Pocket | | Drawing | |
|--|---|-----------------|-------|------------------|---------|----------|-----------|-------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|
| Utilities | | Drilling | | Face Mill | | End Mill | | | | | | | | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100%;"> <div style="border: 1px solid black; height: 100px; position: relative;"> <div style="position: absolute; top: 0; left: 0; right: 0; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;">BLANK</div> <div style="position: absolute; top: 50%; left: 50%; transform: translate(-50%, -50%);">  </div> </div> </div> </div> | | | | | | | | | | | | | | | |
| Shape | S | 1 | Block | 0.000 | 200.000 | 0.000 | 200.000 | 0.000 | 200.000 | 1000.000 | 300.000 | 1000.000 | 300.000 | 200.000 | 200.000 |
| | | 2 | Block | | | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Block | | | | | | | | | | | | |
| | | 4 | Block | | | | | | | | | | | | |
| | | 5 | Block | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Setup | | Part Zero Point | Blank | Setting Position | GCode | Turrets | Tool Geom | Reset | | | | | | | |

Sl. 1. Primer definisanja geometrije priprema

| Filing | Program | Edit | Simulate | Tools | Patterns | Drawing |
|-----------|----------|------|-----------|----------|----------|---------|
| Utilities | Drilling | | Face Mill | End Mill | Pocket | |

HOLE GEOMETRY

| | | | | | | | |
|-----------------|----|--------|----|---------------|---|--------|-----|
| Hole Diameter | d | 10.000 | mm | Length | 1 | 20.000 | mm |
| Chamfer | c | 2.000 | mm | Chamfer Angle | A | 45 | deg |
| Quality | N | 4 | | | | | |
| Center Drilling | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Process Type | CD | | | DL | | DC | |

| Drill | Tap | Ream | Bolt Hole | Spot Face | Bore | Bore Thru | Back Bore |
|-------|-----|------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|
| | | | | | | | |

Sl. 2. Primer definisanja geometrije u uslova obrade otvora

| Filing | Program | Edit | Simulate | Tools | Patterns | Drawing |
|---|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Utilities | Drilling | Face Mill | End Mill | Pocket | | |
| <div> <div>Plane XY Table B 0.0 deg</div> <div>Reference Point (from Part Zero Point):</div> <div> <div>X 0.00 Y 0.00 Z 0.00</div> <div>Zero Pnt G58</div> </div> <div> <div>Single Hole X Y</div> <div>Pattern Name LINE</div> </div> <div> <div>Height Z 400.00</div> <div>Y 500.00 Z 500.00</div> </div> <div> <div>Tool Start Point X Y</div> <div>Y 500.00 Z 500.00</div> </div> <div> <div>Depth</div> <div>CD -0.300</div> <div>DL -20.000</div> <div>DC -2.000</div> </div> <div> <div>R 2.000</div> <div>2.000</div> <div>2.000</div> </div> <div> <div>Tool Name</div> <div>S1</div> <div>DRILL</div> <div>C1</div> </div> <div> <div>H 2</div> <div>1</div> <div>3</div> </div> <div> <div>T 2</div> <div>1</div> <div>3</div> </div> <div> <div>S 500</div> <div>500</div> <div>500</div> </div> <div> <div>F 0.20</div> <div>0.20</div> <div>0.20</div> </div> <div> <div>Dwell</div> <div>0.00</div> <div>1.00</div> <div>0.00</div> </div> <div> <div>GCode</div> <div>G81</div> <div>G82</div> <div>G81</div> </div> </div> | | | | | | |
| Drill | Tap | Ream | Bolt Hole | Spot Face | Bore | Back Bore |

Sl. 3. Redosled operacija za obradu otvora

Tehnologija glodanja. Osnovne tehnološke mogućnosti projektovanja tehnologije obrade glodanjem su: čeonog glodanje ravnih površina, obrada glodanjem različitih kontura u ravni i obrada džepova. Geometrija glodanja omogućava definisanje različitih površina, džepova i kontura saglasno najčešćim mogućnostima primene napred navedenih operacija.

5. ZAKLJUČAK*

Na bazi definisanih projektnih karakteristika na razvojnom sistemu Lola instituta za projektovanje CNC sistema, razvijena je software podrška i u toku je testiranje prve verzije sistema. Osnova za razvoj sistema je programski jezik Modula-2 sa aplikacijom na hardware-u sa 32-bitnim mikroprocesorom uz korišćenje namenski projektovane grafičke kartice visokih performansi. Postavljeni koncept omogućava izdvajanje sistema u nezavisno projektantsko mesto - radnu stanicu za projektovanje tehnologije NUMA što je potencijalni zadatak za nastavak istraživanja u ovoj oblasti.

6. REFERENCE

/1/ Pilipović, M., Upravljačke jedinice NUMA i programiranje upogonu, 22. Jugoslovensko savetovanje NUMA-ROBOTI-FTS, Cavtat(1990).

/2/ Pilipović, M., Latinović, I., Nova generacija CNC UJ NUMA, 23. Jugoslovensko savetovanje NUMA-ROBOTI-FTS, Kopaonik (1991).

/3/ Lola 300 CNC - Tehnička informacija, Lola institut, Beograd (1991). M. Pilipović, I. Latinović, M. Srećanović, J. Djordjević

Process Planning and Workshop Programming for the LOLA CNC Control Units

S u m m a r y

Started from the trends of CNC control units development and the role of dialog-graphic workshop programming paper gives concept applied in design and development Lola 300 CNC control unit for the machining centers and flexible manufacturing systems. The structure of designed system for milling and drilling workshop programming is given with examples of results in laboratory environment.

* Rezultati ovog rada su deo projekta Nova generacija UJ NUMA i Tehnologija NUM u čijem finansiranju učestvuje i Republički fond za tehnološki razvoj Srbije.

NEKI ASPEKTI PRIMENE VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U KOMPJUTERSKOM PROJEKTOVANJU TEHNOLOGIJA

SOME ASPEKTS USING OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN COMPUTER AIDED DESIGN OF TECHNOLOGY

*Dipl. ing. Dragan M. ERIC, SLOBODA D.P.N.P., Čačak Dipl. ing. Goran B. DEVEDŽIĆ,
MAŠINSKI FAKULTET, Kragujevac*

Sistemi automatskog projektovanja tehnologija su veoma kompleksni, a jedan od elemenata takvih sistema jeste i baza znanja za NU-alatne mašine. Ovaj rad predstavlja pokušaj stvaranja takve baze znanja, koristeći Prolog kao jedan od vodećih jezika veštačke inteligencije. Osnovni segmenti predstavljene baze znanja satoje se iz geometrijske, tehnoolške, i kinematske celine.

The systems of the automatical drawing up of the technologies are very complex and one of the elements of such systems of the data-base for NU-maschine tools. This work represents an attempt to create such a data-base, using the Prolog, as one the leading artificial intelligence languages. The basic segments of the data-base presented here consist of the geometrical, technologikal and cinematic whole.

1.UVOD

Danas se u svetu, naročito u razvijenim zemljama sveta, vodi prilično burna polemika u vezi ekspertnih sistema i njihove primene u različitim oblastima ljudske delatnosti. Najveći broj do sada poznatih ekspertnih sistema uradjen je iz područja tehnook, medicine, nuklearne tehnologije, hemije, poljoprivrede, vojnih nauka i.t.d. U inženjerskom projektovanju tehnologija i upotrebi CAD/CAM sistema, kao sastavnog dela kompjuterski integrisanih proizvodnih sistema, bivaju sve više povezani sa upotrebom veštačke inteligencije i ekspertnih sistema.

U ovom radu dat je prikaz upotrebe nekih elemenata veštačke inteligencije u stvaranju baze znanja kao sastavnom delu jednog ekspertnog sistema za projektovanje tehnologija. Iz

analize mnogih definicija ekspertnih sistema, suštinu, bit ovih sistema, a to je ekspertiza, analizu za jednu oblast čini stručnjak-ekspert. Ovu analizu treba prevesti u pogodan oblik, odnosno obraditi na odgovarajući način, kako bi, naravno uz upotrebu računara, ovom problematikom mogli da se bave i oni koji u datoj oblasti i nisu takvi eksperti kao taj koji je postavio sistem. Svakako ključna pitanja u izgradnji jednog ekspertnog sistema jesu, koja je to baza znanja i kakvu logičku interpretaciju tog znanja dati. U našem slučaju za predstavljanje znanja korišćen je programski jezik PROLOG, koji danas upravo u ovoj oblasti ima veoma značajnu ulogu.

2. BAZA ZNANJA ZA FAMIJU NU-ALATNIH MAŠINA

2.1 Tehnološki deo baze znanja

Kao što sam naziv sugerise ovaj deo baze znanja upoznaje korisnika sa tehnološkim mogućnostima NU-alatnih mašina: tipovima obrade koje je moguće izvoditi, elementima koji karakterišu revolver glavu, mogućnostima stezanja radnog komada, brojem obrtaja, kretanjima koje izvođe radni predmeti i alat i.t.d.

Baza znanja u Prologu definisana je kao skup činjenica kojima su definisane nama potrebne relacije. Činjenice se u Prologu pišu na sledeći način: relacija (spisak objekata), gde je relacija ustvari predikat koji se piše kao atom, a spisak objekata su argumenti razdvojeni zarezima. Prema tome u našem slučaju baza znanja se sastoji iz niza rečenica, odnosno činjenica. Dijalog sa Prologom sastoji se u tome što korisnik formuliše pitanje, a Prolog pretraživanjem kroz činjenice ocenjuje istinitost toga pitanja i daje odgovor. U konkretnom slučaju uvek je prvi argument (bez obzira da li ih ima dva, tri ili više), tip mašine. Nisu svi delovi baze znanja isti. Razlikuju se pre svega po broju argumenata, zatim u nekim pitanjima se koristi varijabla, u nekim se koristi opet anonimna varijabla i.t.d. U nekim pitanjima, naprimer za broj obrtaja, koriste se relacioni odnosi, tj. odnosi manje ili jednako od... ili pak, veće ili jedanako od....

2.2. Baza znanja

- obrada (GD_130, bušenje)
- obrada (GD_130, razvrtanje)
- obrada (GD_130, uzd_struganje)
- obrada (GD_130, rezanje_navoja)
- obrada (GD_200, bušenje)
- obrada (GD_200, razvrtanje)
- obrada (GD_200, uzd_struganje)
- obrada (GD_200, rezanje_navoja)
- obrada (RTA_42, bušenje)
- obrada (RTA_42, razvrtanje)
- obrada (RTA_42, uzd_struganje)
- obrada (RTA_42, rezanje_navoja)
- obrada (RTA_63, bušenje)
- obrada (RTA_63, razvrtanje)

- obrada (RTA_63, uzd_struganje)
- obrada (RTA_63, rezanje_navoja)
- obrada (MM, bušenje)
- obrada (MM, razvrtanje)
- obrada (MM, uzd_struganje)
- obrada (MM, rezanje_navoja)
- obrada (PNK_500, bušenje)
- obrada (PNK_500, razvrtanje)
- obrada (PNK_500, uzd_struganje)
- obrada (PNK_500, rezanje_navoja)
- obrada (MAHO_5, glodanje_ravno)
- obrada (MAHO_5, glodanje_kružno)
- obrada (MAHO_5, duboko_bušenje)
- obrada (MAHO_5, bušenje)
- obrada (MAHO_5, razvrtanje)

Primeri pitanja koje je potrebno postaviti bazi znanja, da bi smo dobili potvrđan ili negativan odgovor jesu:

?- obrada (GD_200, razvrtanje) yes

?- obrada (RTA_63, struganje)

yes

?- obrada (MM, glodanje)

no

Prvim od ova tri pitanja pitamo da li je moguća obrada razvrtanjem na mašini "GILDEMEISTER GD-200". Drugim pitanjem pitamo da li je moguća obrada "uzdužno struganje" na mašini "PRVOMAJSKA RTA-63", a trećim pitanjem interesuje nas da li na "MAX MULLERU" možemo obradivati glodanjem. Prolog pretražujući bazu znanja na prva dva pitanja odgovara sa "yes" (potvrđno), a na treće pitanje odgovara sa "no" (negativno).

Prilikom određivanja tehnoloških režima obrade broj obrtaja je jedan od osnovnih parametara. Upravo zbog toga jedan deo baze znanja posvećen je dijapazonu broja obrtaja kojim svaka od NU-mašina raspolaže. Činjenice koje opisuju ovaj deo baze znanja su sa tri argumenta, od kojih prvi argument kao i do sada pokazuje koja mašina je u pitanju, drugi argument definiše minimalan, a treći argument maksimalan broj obrtaja te mašine.

broj_obrtaja (GD_130, 80, 7500)

broj_obrtaja (GD_200, 25, 4000)

broj_obrtaja (RTA_42, 23, 5000)

broj_obrtaja (RTA_63, 20, 4500)

broj_obrtaja (MM, 28, 4000)

broj_obrtaja (PNK_500, 6, 2500)

Pitanja koja nam daju odgovor na ovaj deo baze znanja imaju sledeću formu:

broj_obrtaja (A, X):-

broj_obrtaja (A,B,C)

$X \geq B$

$X \leq C$

Pitanje bi značilo da li mašina (definisana sa A) ima mogućnost da radi sa nama potrebnim brojem obrtaja (obeleženo sa X). Mašina može raditi sa ovim brojem obrtaja ukoliko je taj broj (X), veći od minimalnog broja obrtaja (B), a manji od maksimalnog broja obrtaja (C). Ukoliko su zadovoljene navedene relacije u pitanju Prolog odgovara sa "yes". Na sličan ili istovetan način formiraju se i oni delovi baze znanja koji definišu revolver glavu, stezanje radnog komada, kretanja koja izvodi radni predmet i alati, dopunske vrste obrada koje je moguće izvoditi i.t.d.

2.3. Geometrijsko-kinematski deo baze znanja za familiju NU-mašina

Sam naslov pokazuje koje se karakteristike predstavljaju u ovom delu baze znanja. Definisanje radnog prostora ide preko činjenica čiji su argumenti tip mašine, veličina radnog prostora po Z-osi i veličina radnog prostora po X-osi:

radni_prostor (GD_130, 450, 160)

radni_prostor (GD_200, 450, 160)

radni_prostor (RTA_42, 460, 155)

radni_prostor (RTA_63, 460, 155)

radni_prostor (MM, 1520, 245)

radni_prostor (PNK_500, 1050, 480)

radni_prostor (MAHO_5, 700, 350)

Pitanje koje bi nam dalo odgovor u vezi ovog dela baze znanja glasilo bi:

radni_prostor (A, B, C):-

radni_prostor (A, Z, X)

$Z = < B$

$X = < C$

To znači da mašina A može obradivati deo čije su dimenzije Z i X, ukoliko je Z manje ili jednako od B, a X je manje ili jednako od C.

Elementi koji definišu pinolu prikazani su kao činjenice koje takodje imaju tri argumenta.

To su: tip mašine, prečnik pinole, i hod pinole.

pinola (GD_130, 35, 30)

pinola (GD_200, 50, 50)

pinola (RTA_42, 60, 50)

pinola (RTA_63, 60, 50)

pinola (MM, 100, 120)

pinola (PNK_500, 125, 140)

Kako predikat "pinola" ima tri argumenta, to ćemo za one argumente za koje nismo zainteresovani koristiti anonimnu varijablu. To znači da će pitanje kada želimo naprimer, saznati koliki je prečnik pinole na RTA_42, glasiti:

?-pinola (RTA_42, X, _)

Ukoliko želimo saznati samo hod pinole, naprimer, na GD_200, pitanje će glasiti:

Takodje i ostale elemente koji čine geometrijsku i kinematsku bazu znanja predstavljamo na sličan način. To su naprimer: brzina, odnosno vreme zaokretanja revolver glave, brzina kretanja i primicanja, tip i mogućnosti upravljačke jedinice i.t.d.

3. ZAKLJUČAK

Rad je u stvari pokušaj izgradnje nekih elemenata jednog velikog i sveobuhvatnog sistema, koji se odnosi na automatsko projektovanje tehnologije. U jednom takvom sistemu baza znanja koja se odnosi na mašine alatke imala bi značajno mesto. Naravno, pošto je ovde reč o pokušaju, sasvim je logično da bi praksa i praktična realizacija ovog sistema donela mnoge korekcije i usaglašavanja.

Kao što se iz samog rada vidi baza znanja je sastavljena od rečenica, koje su opet izgrađene od činjenica koje definišu određene relacije. Medjutim, poznato je da se baze znanja u Prologu mogu izgrađivati, kako od činjenica, tako i od pravila. To je još jedna mogućnost za eventualne dopune i korekcije postojeće baze znanja.

L I T E R A T U R A:

1. Milačić, V., Teorija projektovanja tehnoloških sistema, Mašinski Fakultet-Beograd, Jupiter zajednica/1987/
2. Veljović, A., Elementi ekspert sistema za projektovanje tehnoloških procesa, Mašinski Fakultet-Beograd, Jupiter zajednica /1990/
3. Erić, D., Randjić, S.,Kompjutersko projektovanje tehnologija primenom elemenata veštačke inteligencije,
5. Jugoslovenski simpozijum CAD/CAM, Jupiter konferencija, Kopaonik /1992/
4. Bjelica, Z., Vavić A., Prolog-osnove programiranja, Biblioteka "Veštačka inteligencija", Požarevac/1988/
5. Radovan M., Programiranje u Prologu, "Informator", Zagreb/1988/
6. Roberts Ralf, The power Prolog, TAB BOOKS Inc., U.S.A.
7. Bratko, I., Programiranje u jeziku Prolog za veštačku inteligenciju, ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY.

SISTEM ZA PROGRAMIRANJE NUMERIČKI UPRAVLJANIH STRUGOVA - CAMROT

mr Miodrag Manić, asistent Mašinskog fakulteta u Nišu

dr Dragan Domazet, redovni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu

Mirjana Mišić, Fabrika pumpi "Jastrebac" Niš

Dragan Mišić, saradnik Mašinskog Fakulteta u Nišu

1. UVOD

Stalno uvođenje novih tehnologija u proizvodnju, kao i NC tehnologija, sve više ograničavaju klasične načine projektovanja tehnologije i traže nove, automatizovane načine projektovanja, posebno se oslanjajući na primenu računara.

Takvi sistemi imaju za cilj da integrišu i automatizuju, uz pomoć računara, procese projektovanja proizvoda, projektovanja tehnoloških postupaka, planiranja proizvodnje i upravljanja proizvodnim procesima i nazivaju se sistemima za računarom integrisanu proizvodnju - CIM (Computer Integrated Manufacturing) sistemima.

Jedan takav sistem razvija se na Mašinskom fakultetu u Nišu na katedri za proizvodno mašinstvo i nosi naziv CIMROT. To je računarski integrisani sistem za konstruisanje, tehnološko planiranje, i proizvodnju rotacionih delova tehnologijom rezanja.

Hardverski deo sistema čini inženjerska grafička radna stanica koja je povezana sa jednom ili više NC - mašina.

Softverski deo sistema se sastoji iz sledećih modula /1/ : - CADROT modul namenjen za konstruisanje rotacionih simetričnih delova, izradu tehničkih crteža i

- formiranje internog, računarskog modela proizvoda,
- FEMROT- modul za proračun i analizu metodom konačnih elemenata rotacionih delova,
- CAPROT- modul za projektovanje tehnoloških postupaka izrade rotacionih delova,
- CAMROT- modul za izradu upravljačkih programa za CNC mašine alatke,
- CELROT- modul za upravljanje radom fleksibilne tehnološke ćelije,

- CATROT- modul za izradu programa za upravljanje CNC mernim mašinama i planiranje postupaka kontrole.

Jedan od osnovnih ciljeva savremene proizvodnje je da se tržištu za što kraće vreme ponudi što jeftiniji proizvod. Na cenu proizvoda u značajnoj meri utiče i vreme potrebno za pripremu proizvodnje.

Kod numerički upravljanih mašina alatki veći deo ovog vremena se troši na pisanje upravljačkog programa. Za konkretan zahvat program se uvek piše na isti način, što predstavlja dobru osnovu za automatizovanje ovog postupka.

2. PRIKAZ CAMROT SISTEMA

U procesu proizvodnje upravljački program za CNC mašine alatke formira tehnolog - programer posmatrajući tehnološki postupak i pridržavajući se određenih pravila koja definiše proizvođač mašine. Tako se tehnološki postupak prevodi na jezik razumljiv upravljačkoj jedinici. Ovo je zamoran posao koji traži dosta vremena, a postoji i mogućnost unosa grešaka, naročito kod složenih delova.

Programski sistem za automatsko generisanje upravljačkog koda treba da zameni tehnologa u fazi prevođenja, odnosno da poznavajući tehnološki postupak i pravila programiranja automatski generiše upravljački kod i time oslobodi tehnologa manuelnog rada.

Jedan takav sistem je i modul CAMROT. Šema ovog programskog modula je dat na sl.1.

Za potpuno definisanje tehnološkog postupka potrebno je poznavanje većeg broja podataka kao što su pored ostalog i redosled zahvata, njihove geometrijske i tehnološke karakteristike. Svi ovi podaci smeštaju se u zajedničku datoteku tzv. datoteku tehnološkog postupka. Ona je osnovni nosilac informacija o tehnološkom postupku.

Ova datoteka se može kreirati na dva načina i to:

1. automatski kao izlaz iz modula CAPROT / 2/,
2. interaktivno, pomoću posebnog programa za unos podataka o tehnološkom postupku-UDAT.

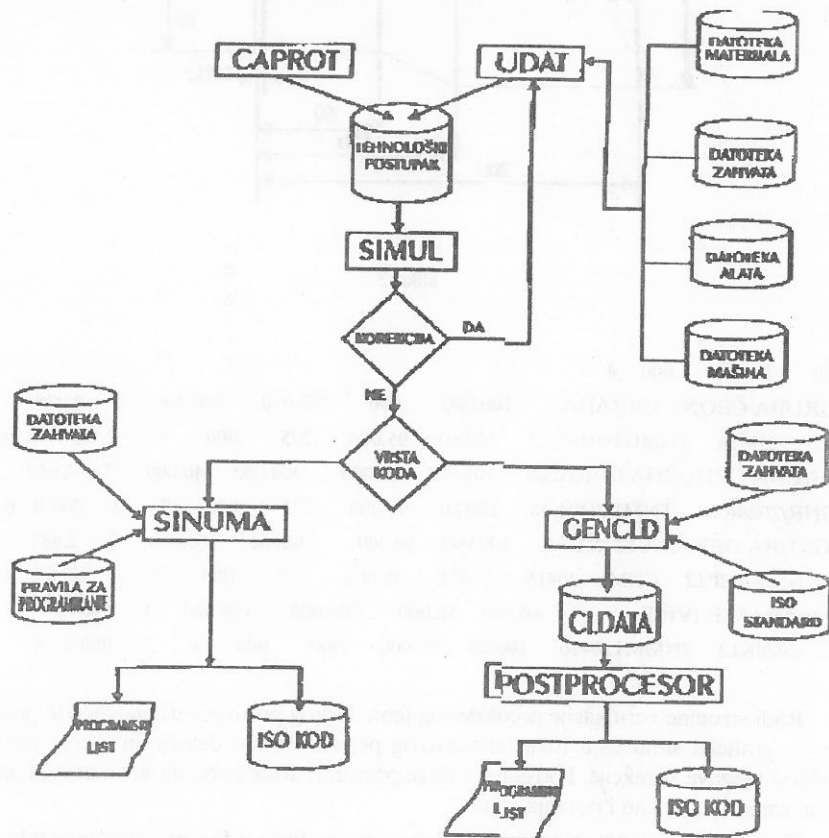
Kao izlaz iz CAPROT-a datoteka tehnološkog postupka sadrži potrebne podatke / 6/.

2.1 INTERAKTIVNO KREIRANJE DATOTEKE TEHNOLOŠKOG POSTUPKA PROGRAMOM UDAT

Unos tehnološkog postupka vrši se kroz sistem menija, koji je razvijen i postavljen tako da vodi korisnika kroz unos. On omogućava da se unese dovoljan i kvalitetan broj podataka o tehnološkom postupku izrade.

U programu se najpre vrši izbor dimenzija i oblika priprema. Zatim se iz predloženog menija standardnih zahvata bira neki od zahvata obrade. Posle izabrane vrste zahvata na ekranu se dobije skica zahvata sa označenim geometrijskim karakteristikama u parametarskom obliku. Onda sledi unos tih geometrijskih karakteristika uz stalno praćenje skice zahvata da ne bi došlo do greške. Posle ovoga sledi unos tehnoloških karakteristika za svaki zahvat. Rezni alati tj. strugarski noževi biraju se iz predloženog menija, gde korisnik vidi oblik noževa sa svim

dimenzijama. U meniju se nalaze samo oni noževi koje je moguće primeniti u tom zahvatu. U zavisnosti od izabranog noža preporučuje se rezna pločica. Na osnovu raspoloživih vrednosti na koraka i maksimalne dubine rezanja za preporučenu pločicu, koji se nalaze u tehnološkoj bazi podataka, automatski se određuje korak, broj prolaza, brzina rezanja i dubina rezanja. Posle unosa karakteristika jednog zahvata postupak se željeni broj puta ponavlja.



slika1

Ovako dobijena datoteka tehnološkog postupka je nosioc potrebnih informacija o tehnološkom postupku, sekvencijalna je i formatizovana.

U prvom slogu datoteke nalaze se podaci o pripremu i to: prečnik, dužina, prečnik otvora, ukupan broj zahvata. U narednim slogovima nalaze se podaci koji karakterišu pojedine zahvate, pri čemu svakom zahvatu pripada po jedan red datoteke, gde se upisuje redni broj zahvata, njegova šifra, ime, početni i krajnji prečnici i dužine obrade, broj prolaza, dubina rezanja, kvalitet, držač noža, pločica, broj obrtaja, brzina rezanja, korak, itd.

Simulacija nije sama za sebe cilj, već naprotiv, nužnost u fazi projektovanja tehnološkog postupka. Ona treba da ukloni mogućnost projektovanja pogrešnog tehnološkog postupka i njegovog slanja u proizvodnju, gde uočavanje eventualne greške može da izazove značajne poremećaje u proizvodnom lancu. Posle simulacije treba da se omogući korekcija tehnološkog postupka i da se taj postupak, simulacija - korekcija ponovi više puta sve do dobijanja dovoljno kvalitetnog tehnološkog postupka.

Prilikom simulacije se na terminalu istovremeno prikazuju i prethodna i završna kontura za određeni zahvat, a razlika tih dveju kontura predstavlja sloj materijala koji se uklanja. Ovaj sloj materijala je, radi preglednosti, prekriven drugom bojom.

Posle simulacije i eventualnog ažuriranja datoteke tehnološkog postupka moguće je:

1. da se na osnovu nje i pravila za programiranje konkretne upravljačke jedinice direktno dobije upravljački kod za tu jedinicu,

2. da se najpre generiše datoteka neutralnog koda tj. CLDATA, a na osnovu nje, odgovarajući postprocesor prilagođava program konkretnoj upravljačkoj jedinici CNC mašine. U ovom slučaju potrebno je da se kreira postprocesor, mada veliki broj CNC upravljačkih jedinica ima svoje postprocesore.

2.2 DIREKTNO DOBIJANJE KODA ZA KONKRETNU UPRAVLJAČKU JEDINICU PROGRAMOM SINUMA

Proizvođač upravljačke jedinice definiše pravila za njeno programiranje. Pošto su ova pravila različita od jedinice do jedinice to se za svaku upravljačku jedinicu mora napraviti poseban procesor.

Korišćenjem ovih pravila i standardnog postupka obrade za određeni zahvat formira se datoteka zahvata u parametarskom obliku. Ova datoteka, u stvari, predstavlja skup programa koji korišćenjem konkretnih podataka za svaki zahvat iz datoteke tehnološkog postupka za taj zahvat generišu odgovarajući upravljački kod. Konkretno je napravljeno program za upravljačku jedinicu SINUMERIK 6T.

Za deo na slici 2 dobijeni programski list ima sledeći izgled:

:124

N5 G92 X450. Z-200.

N10 G92 G95 S1200 F.4 M08 M03

***** GRUBA ČEONA OBRADA

N15 G04 T101

N20 G00 G90 X104. Z204.

N25 Z200.

N30 G01 X0 F.275

N35 G00 Z204.

N40 X104.

N45 G04 T100

***** GRUBA UZDUŽNA OBRADA

N50 G04 T202

N55 G00 G90 X104. Z202.

N60 G71 P65 Q75 S1000 F.275 D2500

N65 G00 X60.

N70 G01 Z140.

N75 X104.

N80 G04 T200
 ***** GRUBA OBRADA KONUSA

N85 G04 T303
 N90 G00 G90 X100. Z140.
 N95 G71 P100 Q105 S1000 F.275 D2500

N100 G00 X60.
 N105 G01 X100. Z100.

N110 G04 T300
 ***** OBARANJE IVICE

N115 G04 T404
 N120 G00 G90 X64. Z202.
 N125 G01 X56. F.5
 N130 Z198. I2.
 N135 X62.
 N140 G00 Z202.
 N145 G04 T400
 N150 G28 G91 X0 Z0 M05 M09
 N155 G92 X0 Z0 M02

2.3 GENERISANJA CLDATA PROGRAMOM GENCLD

Datoteka tehnološkog postupka može da bude ulaz i u procesor koji generiše CLDATA kod, definisan međunarodnim standardom ISO 7/. CLDATA u sebi sadrži kodirane geometrijske i tehnološke karakteristike tehnološkog postupka.

I kod izrade CLDATA koristi se datoteka zahvata u parametarskom obliku, za čije su formiranje korišćeni međunarodni standardi. Na osnovu konkretnih podataka iz datoteke tehnološkog postupka generiše se CLDATA za određeni tehnološki postupak.

Podaci koji se nalaze u CLDATI su opšteg značaja i ne mogu se primeniti za upravljanje CNC mašinama alatka. Prilagođavanje ovih podataka određenom tipu mašine i njenoj upravljačkoj jedinici obavlja se specijalnim programom - postprocesorom, koji najčešće formira proizvođač mašine.

U okviru ovog sistema razvijen je postprocesor za upravljačku jedinicu SINUMERIK6T.

Za deo na sl.2 dobijena datoteka CLDATA ima sledeći oblik :

```

1 1000 1
2 2000 1031 79 1200.0
3 2000 1030 71
4 1000 2
5 9000 9 171 0
6 2000 1005
```

| | | | | | | |
|----|-------|------|--------------------|--------|---------|---------|
| 7 | 1000 | 3 | | | | |
| 8 | 28000 | 1 | GRUBA ČEONA OBRADA | | | |
| 9 | 2000 | 1094 | 70.000 | .000 | 272.000 | |
| 10 | 2000 | 1055 | | | | |
| 11 | 2000 | 1056 | | | | |
| 12 | 2000 | 1025 | 0 | | | |
| 13 | 2000 | 1083 | 0 | | | |
| 14 | 2000 | 1031 | 78 | 1000.0 | 59 | |
| 15 | 1000 | 4 | | | | |
| 16 | 2000 | 5 | | | | |
| 17 | 5000 | 5 | 0 | 52.000 | .000 | 204.000 |
| 18 | 1000 | 5 | | | | |
| 19 | 2000 | 1009 | 316 | .275 | | |
| 20 | 5000 | 5 | 0 | 52.000 | .000 | 200.000 |
| 21 | 5000 | 5 | 0 | .000 | .000 | 200.000 |
| 22 | 5000 | 5 | 0 | .000 | .000 | 202.000 |
| 23 | 5000 | 5 | 0 | 52.000 | .000 | 202.000 |
| 24 | 2000 | 10 | 25 | 1000 | 6 | |

Zbog dužine datoteke dat je samo oblik njenog jednog dela.

3. ZAKLJUČNE NAPOMENE

Automatsko generisanje upravljačkog koda za CNC strug ima određenih prednosti u odnosu na klasičan način programiranja :

- smanjuje se subjektivni uticaj tehnologa na izgled programa,
- skraćuje se vreme programiranja,
- na ovim poslovima mogu da se angažuju i manje iskusni tehnolozi,
- programski list, dobijen ovakvim postupkom, uvek je istog oblika, čitkiji je i jasniji.
- programeri ne moraju da se posebno obučavaju i da znaju jezike za opisivanje delova

koji su razvijeni za programiranje CNC mašina, već je dovoljno da poznaju tehnološki postupak i rad sa editorom.

S druge strane, rad sa numeričkim mašinama zahteva dobro obučene kadrove, pa ovaj program i na tom planu omogućava da se inženjeri koji nisu u dovoljnoj meri upoznati sa radom numeričkih mašina, brzo i lako obučavaju za rad.

Svi programi su realizovani u FORTRAN programskom jeziku. Grafička podloga je GKS grafički sistem. Programi su kreirani za rad na UNIX mašinama i za PC 386 računarima.

LITERATURA

- (1) D.Domazet, M.Manić, Koncept CIM sistema za rotacione delove CIMROT, 15. Jupiter konferencija, Cavtat, 1989.
- (2) M.Manić, D.Domazet, Metod planiranja tehnoloških procesa u modulu CAPROT, 22. Savetovanje proizvodnog mašinstva, Ohrid, 1989.
- (3) D.Domazet, M.Trajanović, M.Manić, Uvod u računarski integrisane proizvodne sisteme, knjiga 1, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- (4) M.Manić, D.Domazet, CAPROT modul za planiranje tehnoloških procesa obrade rezanjem, Zbornik radova 30 godina Mašinstva, Mašinski fakultet Niš, Niš, 1990.
- (5) D.Mišić, Grafička simulacija toka tehnološkog postupka u CAPROT sistemu, Naučni podmladak, vol.12., br.3-4/91, Univerzitet u Nišu, Niš 1991.
- (6) M.Stanojković, Automatsko generisanje upravljačkog koda za CNC strug, Diplomski rad, Mašinski fakultet Niš, Niš, 1991.
- (7) ISO standard- Numerical control of machines_-NC processor output- Logical structure (and major Words), ISO 3592-1978
- (8) Uputstav za programiranje SINUMERIK 6t CNC.

ABSTRAKT

U radu je prikazan CAMROT sistem za automatsko programiranje CNC strugova. Tehnološki proces izrade koji je ulaz u CAMROT sistem se definiše interaktivno ili se automatski generiše u CAPROT sistemu. Izlasc iz CAMROT sistema je ISO kod za CNC strug ili CLDATA. Rad sa sistemom je veoma ugodan. Modul je razvijen algoritamskim programiranjem u FORTRAN-u i primnljiv na UNIX kompjuterima i MS-DOS PC-386 kompjuterima.

Summary

In this paper, the CAMROT module for automatic programming of CNC lathes is presented. This system is a part of CIMROT system. The process plan is defined interactively in the UDAT module or generated automatically by the CAPROT module is then used in the CAMROT programme for NC praogramming. The output is ISO cod for CNC lathes or CLDATA. System is very user-friendly and easy to understand. The module is developed by using the algorithimic programming in FORTRAN language for UNIX computers or for MS-DOS. PC 386 computers.

NAPOMENA: Ovaj rad je deo projekta C1.0273 koga finansira Fond za tehnološki razvoj Ministarstva za nauku Republike Srbije.

SISTEMI PROGRAMABILNE AUTOMATIZACIJE U INDUSTRIJI PRERADE METALA

Dr Milisav Kalajdić, dipl. maš. inž., redovni profesor

Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Dr Miroslav Pilipović, dipl. maš. inž., docent Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Dr Dragan Milutinović, dipl. maš. inž., docent Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

1. UVOD

Svedoci smo da je svetska mašingradnja u toku 80-tih godina bila izložena intenzivnom pritisku tržišta za: povećanje kvaliteta, smanjenje cene, smanjenje vremena izrade i fleksibilnom proizvodnjom saglasno brzo promenljivim zahtevima kupaca. Navedeni zahtevi su rezultat formiranog svetskog tržišta, komunikacija i konkurencije bez granica. Posledica je imperativ da se u svim vrstama proizvodnje, a posebno u mašingradnji, poveća kompetentnost kako u poslovnim elementima sistema, tako i u inženjerskim i proizvodnim aktivnostima kao što su projektovanje proizvoda i tehnologija, planiranje i upravljanje proizvodnjom i u samoj proizvodnji. Rezultat je da se sa tehničko-tehnološkog aspekta postavlja stalni zahtev za:

- automatizacijom proizvodnje na savremenim osnovama,
- proizvodnji uz pomoć računara - CAM, i
- integraciji na bazi računara - CIM.

Opšta procena je da će se ta tendencija u još oštrijem obliku nastaviti i u toku 90-tih godina odnosno do kraja dvadesetog veka.

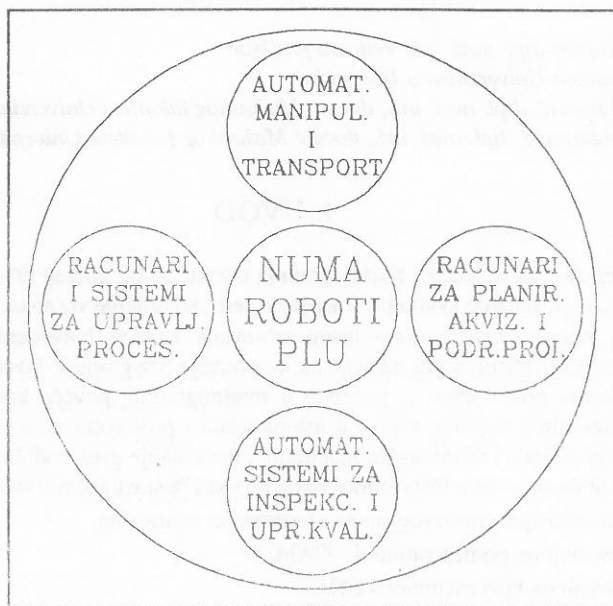
2. AUTOMATIZACIJA I SAVREMENA PROIZVODNJA

Ako se ograničimo na diskretnu - komadnu proizvodnju, karakterističnu pre svega za mašingradnju, elektro i automobilsku industriju, danas su prisutna tri tipa automatizacije /1/:

- fiksna automatizacija,
- programabilna automatizacija, i
- fleksibilna automatizacija. Fiksna automatizacija odgovara na pitanje masovne proizvodnje i predstavlja pre svega klasičan pristup automatizaciji. Zahtevi za brзом promenom

proizvodnog programa, varijantama proizvoda i brzom osvajanju potpuno novih proizvoda rešavaju se pre svega programabilnom i fleksibilnom automatizacijom.

Osnova programabilne automatizacije su NUMA* i roboti posmatrani kao bazna proizvodna programabilna oprema u pogonu, i PLU** posmatrani kao bazna upravljacka oprema. Fleksibilna automatizacija proširuje koncept dopunskim automatizovanim sistemima i odgovarajuom opremom koja obezbeđuje automatsku manipulaciju materijalom, delovima, alatom i magacinskim prostorom, transport između radnih mesta, automatsku kontrolu kvaliteta i smanjuje sve ostale vremenske gubitke u proizvodnji. Ovako definisan koncept savremene automatizacije može se pokazati kao na slici 1., gde se zapaža ključno mesto NUMA, robota i PLU kao osnovne opreme u savremenim konceptima automatizacije.



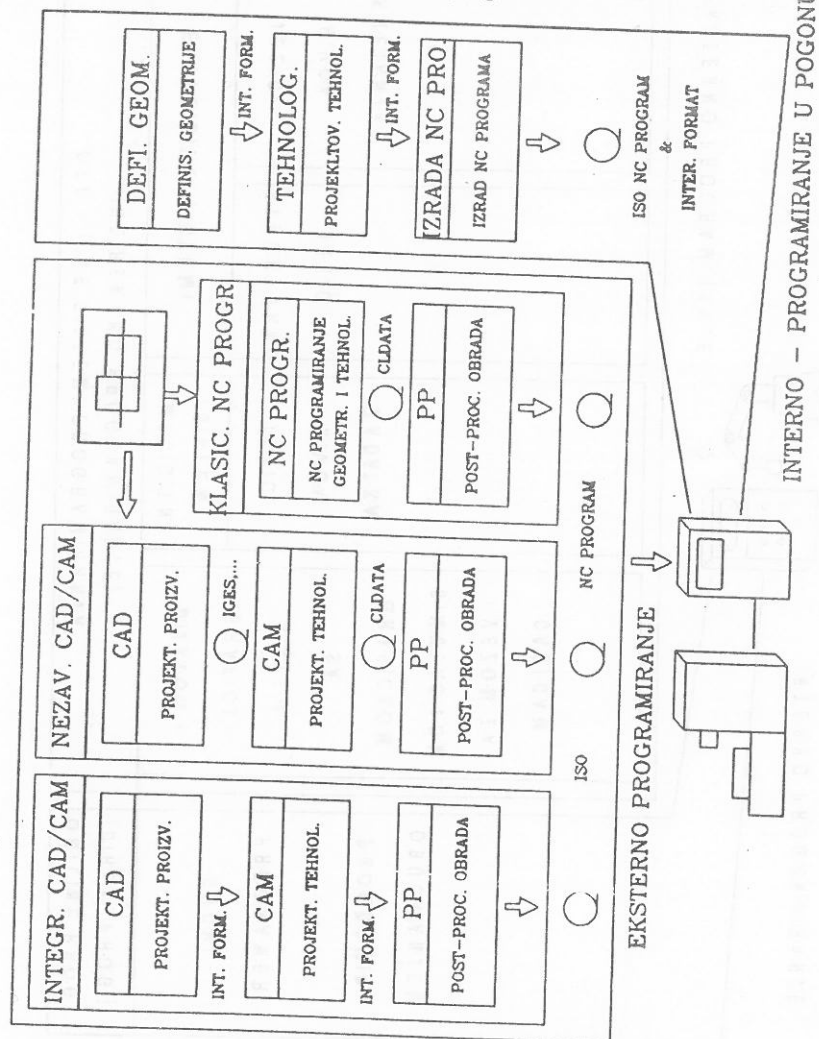
Sl. 1. NUMA, programabilna i fleksibilna automatizacija

* NUMA - Numerički upravljane mašine alatke

** PLU - Programabilni logički upravljači

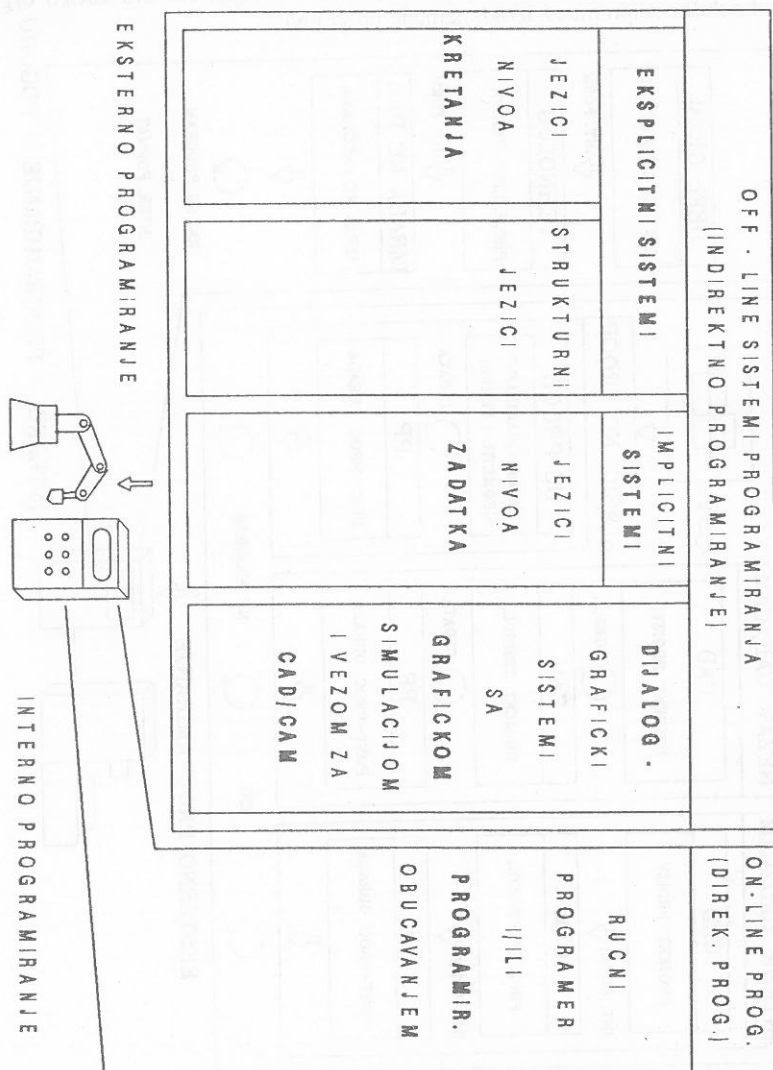
3. TEHNOLOŠKA PRIPREMA I SISTEMI PROGRAMABILNE AUTOMATIZACIJE

Glavna karakteristika opreme koja bazira na programabilnoj automatizaciji je sposobnost izmene redosleda - sekvence operacija i prilagođavanje različitim varijantama proizvodnog programa. Redosled i vrsta operacija je upravljani programom za NUMA, robot ili PLU. Visok stepen složenosti navedenih sistema i primenjenih tehnologija zahteva visoko organizovane sisteme tehnološke pripreme za izradu/izmenu programa.



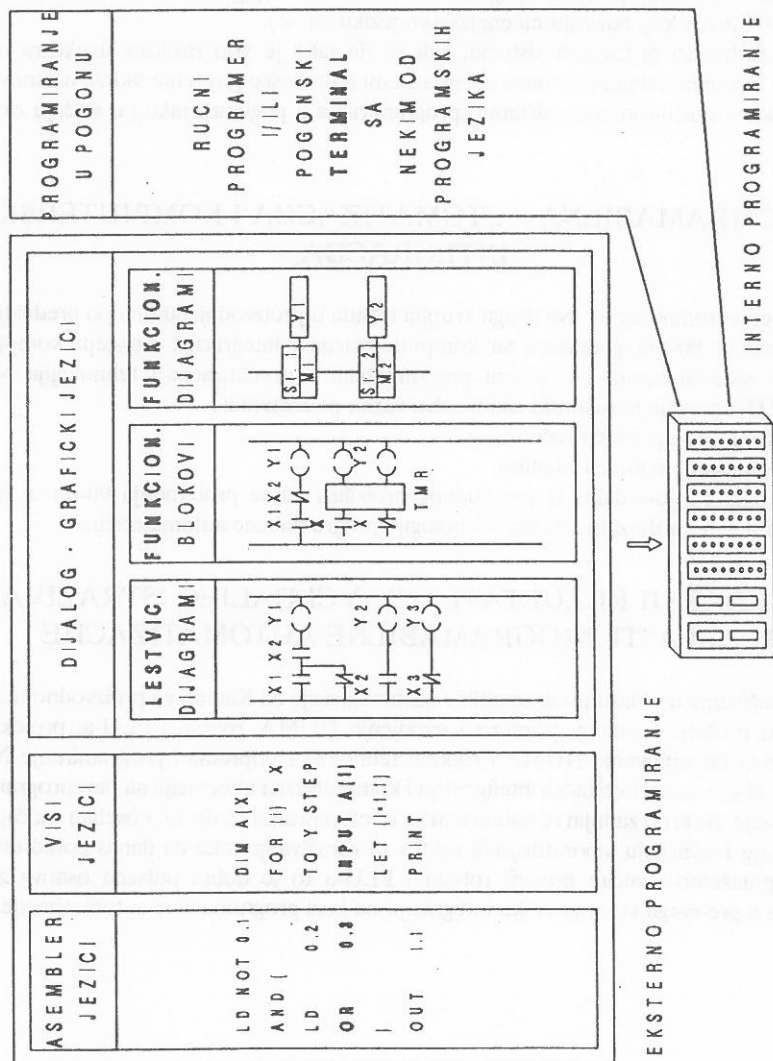
Sl. 2. Sistemi tehnološke pripreme NUMA

Tehnološka priprema za NUMA. Polazeći od ručnog sistema programiranja, prvog i osnovnog načina tehnološke pripreme NUMA, preko klasičnih sistema automatskog programiranja, nagli razvoj kompjuterske tehnologije i sistema tipa CAD/CAM sa jedne strane, i upravljačkih jedinica (UJ) NUMA sa druge strane /2/, doveo je da danas imamo širok izbor različitih varijanti realizacije tehnološke pripreme NUMA i odgovarajueg povezivanja sa ostalim sistemima u konceptima integrisanih sistema. Ako se posmatraju zajedno svi navedeni sistemi, i ako se uzme u obzir postprocesorska obrada kao obavezna u svim vidovima tehnološke pripreme NUMA, dolazi se do mogućih varijanti rešenja datih na slici 2.



Sl. 3. Sistemi programiranja robota

Tehnološka priprema robota. Složenost i raznolikost strukture robota, vrlo različite aplikacije kako u proizvodnji tako i u montaži i drugim oblastima, čini problem tehnološke pripreme i programiranja robota vrlo složenim. U osnovi imamo podelu sistema programiranja robota na dve osnovne grupe: on-line programiranje obučavanjem i off-line programiranje na eksternim računarskim sistemima (sl. 3.). Eksterni sistemi programiranja koriste jezike višeg i nižeg nivoa, i kompleksne dijalog-grafičke sisteme za projektovanje aplikacije robota uz kompjutersku grafiku, simulaciju i povezivanje sa CAD/CAM sistemima.



Sl. 4. Sistemi programiranja PLU-a

Tehnološka priprema - sistemi programiranja PLU-a. Programabilno logičko upravljanje i programabilni logički upravljači uvode se krajem šezdesetih godina kao zamena za ožičene prekidačke i relejne mreže i realizaciju tzv. logičkog upravljanja. Početne funkcije upravljanja (osnovne logičke funkcije, vremenske i brojačke funkcije) bitno su poboljšane i današnje mogućnosti PLU-a omogućavaju njihovu primenu u svim oblastima od procesne do komadne proizvodnje. Sistem programiranja je dostigao visok stepen složenosti i imamo eksterno i interno programiranje. Razvijen je niz jezika, od klasičnih tipa assemblera, preko dijalog- grafičkih sistema programiranja na bazi lestvičastih dijagrama i funkcionalnih blokova, do jezika viših nivoa koji baziraju na engleskom jeziku (sl. 4.).

Iz prethodno prikazanih sistema, vidi se da iako je vrlo različita struktura opreme primenjena u programabilnoj automatizaciji, sistemi tehnološke pripreme sadrže u osnovi sličan koncept kako u slučaju internih sistema (programiranja u pogonu), tako i u slučaju eksternih sistema.

4. PROGRAMABILNA AUTOMATIZACIJA I KOMPJUTERSKA INTEGRACIJA

Pored automatizacije, dva druga krupna trenda u proizvodnji 80-tih i po predviđanjima još intenzivnija u 90-tim godinama su kompjuterizacija i integracija. Koncept kompjuterski integrisanih sistema bazira na opremi programabilne automatizacije i tehnologija NUMA, robota i PLU-a postala je suštinski osnova dva važna podsistema:

- inženjerstvo pomoću računara, i
- proizvodnja pomoću računara.

Ne elaborirajući dalje, iz prethodnog proizilazi da se proizvodnja 90-tih u industriji prerade metala ne može zamisliti bez tehnologije programabilne automatizacije.

5. DOSADAŠNJI REZULTATI I PRAVCI DALJEG ISTRAŽIVANJA U OBLASTI PROGRAMABILNE AUTOMATIZACIJE

Istraživanja u oblasti programabilne automatizacije na Katedri za proizvodno mašinstvo imaju dugu tradiciju i sadrže: primena i uvođenje NUMA, robota i PLU-a; projektovanje NUMA i robota; ispitivanje NUMA i robota; tehnološka priprema i programiranje NUMA, robota i PLU-a; senzori i veštačka inteligencija i kompjuterska integracija na bazi programabilne automatizacije. Neki od zadnjih rezultata dati su u referencama /2/ do /6/. Poseban značaj pridaje se opremanju i stvaranju laboratorijskih uslova za istraživanje tako da danas pored obradnog centra raspolažemo i većim brojem robota i PLU-a to je dobra polazna osnova za dalja istraživanja a pre svega kompjutersku integraciju na bazi programabilne automatizacije.

koju konturu zelite ???/ return za izlaz

```

kontura broj - 2
prva tacka konture: x= -245.0000000000000000
                    y= 29.580398915496080
*****
      dx              dy              di              dj              smer
*****
      81.4037         13.7597         .0000         .0000         0
      8.3333          46.3010        -4.1667         24.6503         1
     -51.8602         29.9415         .0000         .0000         0
      -6.4269         28.7291         10.0000         17.3205        -1
    259.6806         107.5632        213.5501        -148.3117        -1
      15.7700        -24.8591         -3.5485        -19.6827        -1
     -37.2108        -138.8724         .0000         .0000         0
      12.6775        -33.0782         26.9778         -7.7646         1

     -49.2339        -128.0861        -37.5673        -59.0652        -1
    -233.3333         39.4405         .0000         .0000         0
      .0000          59.1608          5.0000         29.5804        -1
  
```

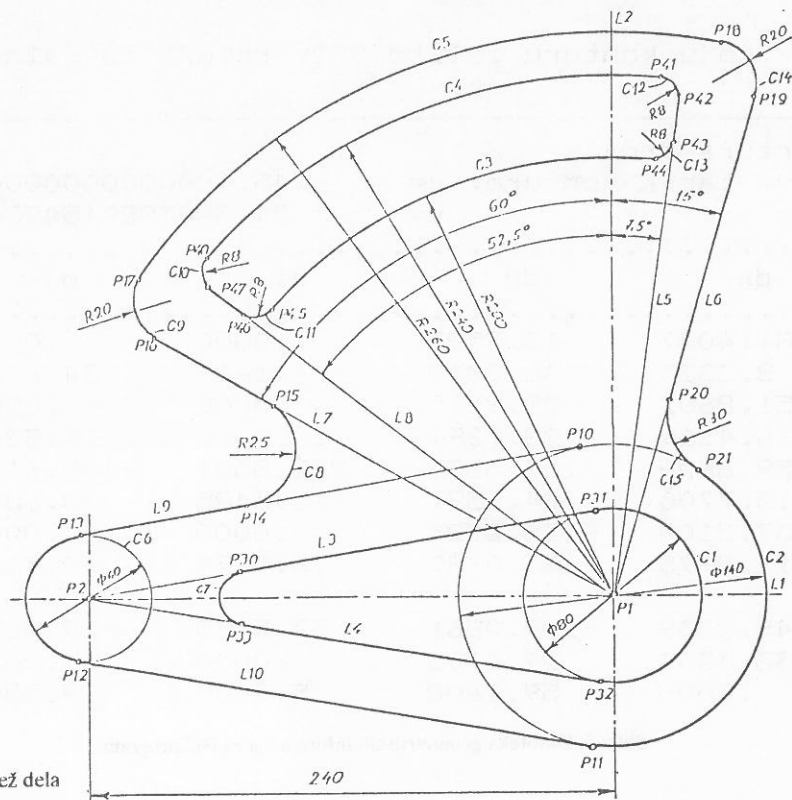
Slika 5. Datoteka geometrijskih informacija za NC program.

4. ZAKLJUČNE NAPOMENE

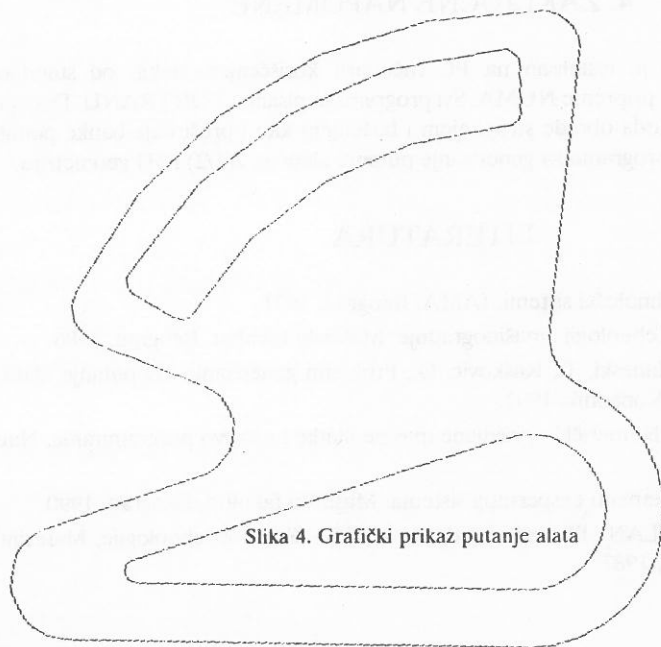
Prikazani sistem je instalisan na PC računaru korišćenjem nekih od standardnih karakteristika tehnološke pripreme NUMA. Svi programi su pisani u FORTRANU. Dalji pravci razvoja su uvođenje metoda obrade struganjem i bušenjem kao i proširenje banke podataka. Predviđa se i realizacija programa za generisanje putanje alata za 2(1/2) i 3D geometriju.

LITERATURA

1. Milačić, V., Tehnološki sistemi, IAMA, Beograd, 1971.
2. Kalajdžić M., Tehnologija mašingradnje, Mašinski fakultet, Beograd, 1986.
3. Puzović, R., Maneski, T., Rašković, D., Problemi generisanja 2D putanje alata, 18. JUPITER konferencija, Kopaonik, 1992.
4. Kovačević, R., Numerički upravljane mašine alatke i njihovo programiranje, Naučna knjiga, Beograd, 1987.
5. Veljović, A., Elementi ekspertnog sistema, Mašinski fakultet, Beograd, 1990.
6. N.N., COROPLAN Planovi obrade na NUMA, Sandvik tehnologije, Materijali sa seminara, LOLA Institut, 1987.



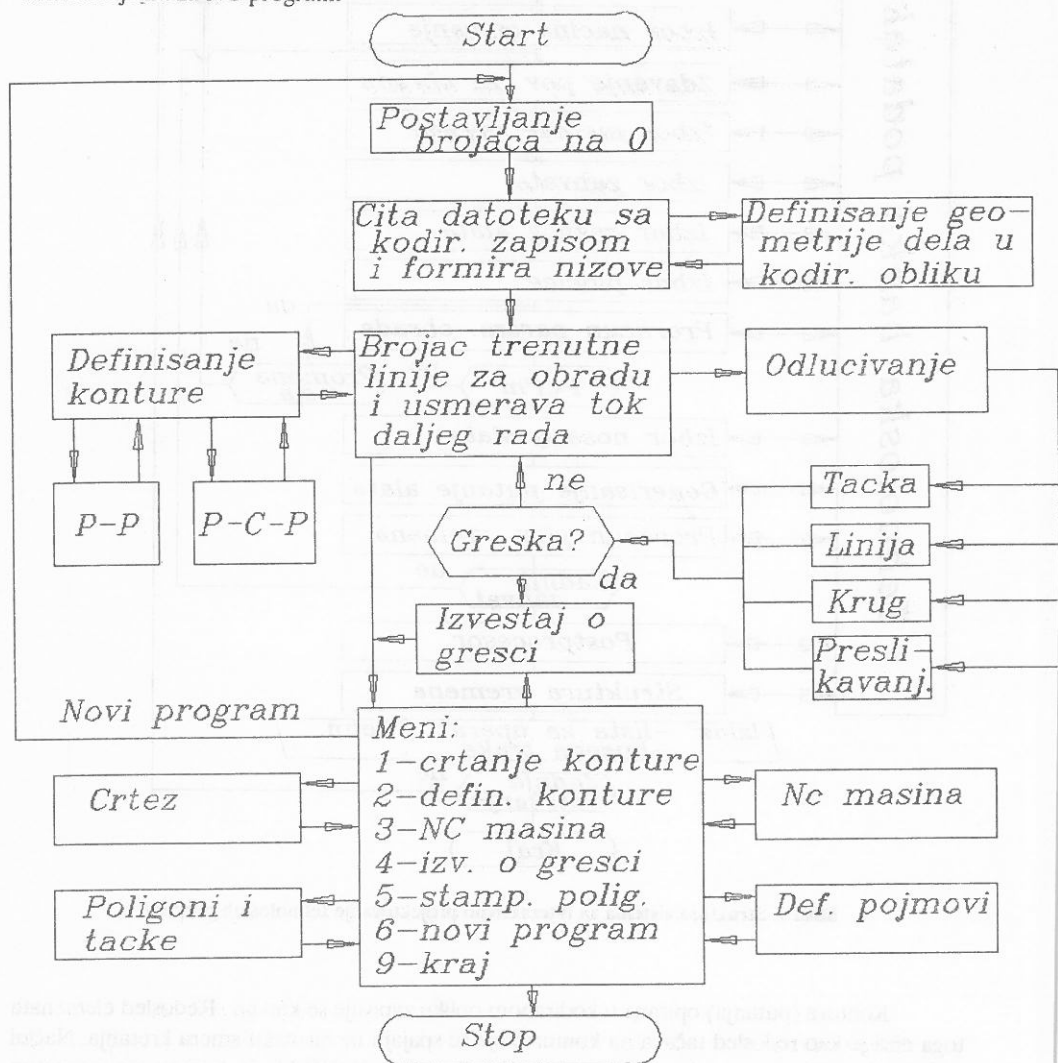
Slika 3. Crtež dela



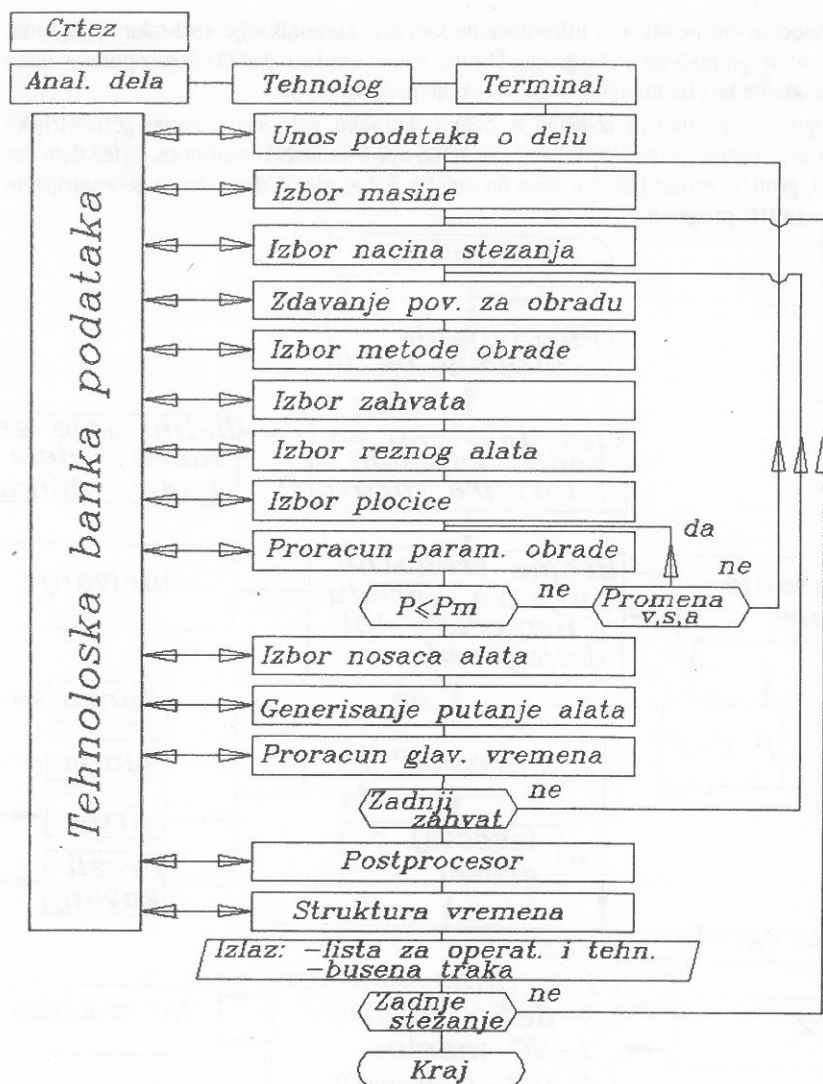
Slika 4. Grafički prikaz putanje alata

Ne ulazeći ovom prilikom u informacione sadržaje komunikacije korisnika i programa praktični izlazi se mogu podeliti u dve grupe. U prvu grupu spadaju grafički prikaz putanje alata za konturno glodanje bez uzimanja u obzir korekcije prečnika alata.

U drugu grupu spadaju izveštaji u obliku datoteke koja sadrži samo geometrijske informacije za generisanje programa kojim bi se vršilo upravljanje NU-mašinom. Crtež dela dat je na slici br. 3, grafički prikaz putanje alata na slici br. 4, i na slici 5 datoteka sa geometrijskim informacijama za NC program.



Slika 2. Dijagram toka 2DGRAFA



Slika 1. Struktura sistema za interaktivno projektovanje tehnoloških procesa.

Kontura (putanja) opisana u kodiranom obliku zapisuje se kao niz. Redosled elemenata toga niza je kao redosled tačaka na konturi koje se spajaju uz naznaku smera kretanja. Načini definisanja tačke prave i kruga dati su u [3]. Program 2DGRAF je baziran na poznatim principima standardnih jezika kao što su APT, EXAPT itd.

1. UVOD

Primena tehnologije numa zahteva visoko organizovan sistem tehnološke pripreme. Polazeći od ručnog sistema programiranja kao prvog i osnovnog načina tehnološke pripreme NUMA i dosadašnjeg iskustva na poslovima projektovanja tehnoloških procesa za OC u Zavodu za Mašine alatke, razvijen je sistem za interaktivno projektovanje tehnoloških procesa za OC.

Imajući u vidu da se najveći problemi javljaju prilikom projektovanja tehnoloških procesa u podsistemima za izbor parametara obrade i generisanje putanje alata oni su u ovom radu detaljnije razmatrani, posebno podsistem za generisanje putanje alata za 2D geometriju.

2. STRUKTURA SISTEMA ZA INTERAKTIVNO PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA ZA NUMA

Projektovanje tehnoloških procesa je često usko grlo u proizvodnji a posebno u uslovima pojedinačne i maloserijske proizvodnje. Projektovanje tehnoloških procesa dobija sve više na značaju i zbog velikih troškova koji otpadaju na ovu aktivnost. Uvođenjem NUMA u proizvodni obim rada i uloga tehnologa znatno je povećana.

Kod izrade delova na NUMA glavni problemi se ne rešavaju prilikom brade delova na mašini, nego pri izradi programa, dakle znatno pre početka obrade. U cilju otklanjanja gore navedenih problema razvijen je sistem za interaktivno projektovanje tehnoloških procesa (SIPTP) za operaciju glodanja na OC. Prilikom realizacije ovog sistema pošlo se od ručnog načina programiranja OC. Algoritam razvijenog sistema data je na slici br. 1. Sistem je tako zamišljen da tehnolog vodi dijalog u svakom podsistemu preko menija sa računarom. Cilj ovog dijaloga je da tehnolog uz korišćenje podataka smeštenih u tehnološku banku podataka izvrši izbor potrebnih elemenata za dobijanje NC - programa. Redosled operacija i zahvata u ovom sistemu zavisi od iskustva tehnologa s tim što je sistem otvoren za korišćenje preporuka od strane sistema za automatsko projektovanje tehnologije. Tehnološka banka podataka ima hijerarhijsku strukturu i sadrži sledeće datoteke: materijala, reznih alata, reznih pločica, osnovnih nosača alata, mašina, preporuka za izbor alata, preporuka za izbor pločica, preporuka za izbor parametara obrade preporuka, pomoćnih vremena i delo \wedge Xx. Banka podataka se može dopunjavati stalno novim podacima i preporukama sopstvenih iskustava tehnologa.

Podsistem za proračun parametara obrade je koncipiran korišćenjem formula za proračun parametara obrade rezanjem koje daje poznati svetski proizvođač alata COROMANT. Posebna pažnja u ovom radu je posvećena segmentu generisanja putanje alata.

3. PODSISTEM ZA GENERISANJE PUTANJE ALATA

Za realizaciju podsistema za generisanje putanje alata koristi se program 2DGRAF [3], koji ima mogućnost direktnog definisanja oblika prema kotama na crtežu i čuvanje te definicije u kodiranom obliku (poligoni i tačke definisane na standardni način). Dijagram toka ovog programa dat je na slici br. 2.

SISTEM ZA INTERAKTIVNO PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA ZA OPERACIJE GLODANJA NA OBRADNOM CENTRU*

Radovan Puzović dipl. inž., stručni saradnik,

Dr Miloš Glavonjić, dipl. inž., docent,

Mašinski fakultet u Beogradu

REZIME

U radu je prikazana struktura sistema za interaktivno projektovanje tehnoloških procesa (SIPTP) za metodu obrade glodanjem na obradnom centru HBG80. Posebna pažnja u ovom radu posvećena je podsistemu za generisanje putanje alata. Na primeru konturnog glodanja na OC HBG80 sa upravljačkom jedinicom BOSCH CNC-5 dat je izlaz iz podsistema za generisanje putanje alata.

SYSTEM WITH INTERACTIVE PROCESS PROGRAMMING FOR MILLING OPERATIONS WITH MACHINING CENTER

Summary:

In this paper is presented structure of interactive process planing system, for the milling operations on machining center HBG 80. Especially atention, in this paper, is given to tool path generating subsystem. For example of contour milling on machining center HBG 80 with control unit BOSCH CNC 5, output of tool path generating subsystem is presented.

-
- * Rad predstavlja deo projekta FTS u čijem finansiranju učestvuje i Republički fond za tehnološki razvoj Srbije.

a) Programiranje metodom "od tacke do tacke"

Izradak kW 16942

| Izradak kW 16946 | % 6946 |
|-------------------------|-------------------------|
| N5 G0 G53 X310 Z770 | N5 G0 G53 X310 Z770 |
| N10 G59 Z322 X0 | N10 G59 Z322 X0 |
| N15 T101 S900 M4 | N15 T101 S900 M4 |
| N20 G62 S2500 | N20 G62 S2500 |
| N25 G66 S240 | N25 G66 S240 |
| N30 G0 X108 Z.3 M8 | N30 G0 X108 Z.3 M8 |
| N35 G1 X-.5 F.1 | N35 G1 X-.5 F.1 |
| N40 G0 G53 X310 Z770 T0 | N40 G0 G53 X310 Z770 T0 |
| N45 T202 G97 S1000 M3 | N45 T202 G97 S1000 M3 |
| N50 G0 Z2 M8 | N50 G0 Z2 M8 |
| N51 X0 | N51 X0 |
| N55 G1 Z-7 F.1 | N55 G1 Z-7 F.1 |
| N60 G0 X64.3 Z0.3 | N60 G0 X64.3 Z0.3 |
| N65 G1 Z-78.6 F.35 | N65 G1 Z-78.6 F.35 |
| N100 G2 X68.3 Z-60.6 I | N100 G2 X68.3 Z-60.6 I |
| N105 G1 X68 F.35 | N105 G1 X68 F.35 |
| N110 | N110 |
| N293 G0 Z5 | N293 G0 Z5 |
| N294 X200 | N294 X200 |
| N295 G53 X310 Z770 T0 | N295 G53 X310 Z770 T0 |
| N310 L194 | N310 L194 |
| N315 T1010 S1000 G95 M | N315 T1010 S1000 G95 M |
| N320 G0 Z2 | N320 G0 Z2 |
| N325 X36 M8 | N325 X36 M8 |
| N330 G96 S250 | N330 G96 S250 |
| N335 G1 G42 Z0 F0.2 | N335 G1 G42 Z0 F0.2 |
| N340 X74 | N340 X74 |
| N345 X90.05 Z-8.05 | N345 X90.05 Z-8.05 |
| N350 Z-67 | N350 Z-67 |
| N355 G0 X120 | N355 G0 X120 |
| N360 G53 X310 Z770 T0 | N360 G53 X310 Z770 T0 |
| N365 M30 | N365 M30 |

Br. memorisa-
nih karaktera

2148 x 11

b) Programiranje primenom fiksnih ciklusa

Izradak kW 16942

| Izradak kW 16946 | % 6946 |
|-------------------------|-------------------------|
| N5 G0 G53 X310 Z770 M | N5 G0 G53 X310 Z770 M |
| N10 G59 Z322 X0 | N10 G59 Z322 X0 |
| N15 T101 S900 M4 | N15 T101 S900 M4 |
| N20 G32 S2500 | N20 G32 S2500 |
| N25 G96 S240 | N25 G96 S240 |
| N30 G0 X108 Z0.3 M8 | N30 G0 X108 Z0.3 M8 |
| N35 G1 X-0.5 F0.1 | N35 G1 X-0.5 F0.1 |
| N40 G0 G53 X310 Z770 T0 | N40 G0 G53 X310 Z770 T0 |
| N45 T202 G97 S1000 M3 | N45 T202 G97 S1000 M3 |
| N50 G0 Z2 M8 | N50 G0 Z2 M8 |
| N51 X0 | N51 X0 |
| N55 G1 Z-7 F0.1 | N55 G1 Z-7 F0.1 |
| N60 G0 Z2 | N60 G0 Z2 |
| N65 G53 X310 Z770 T0 | N65 G53 X310 Z770 T0 |
| N70 M24 S375 | N70 M24 S375 |
| N75 M22 | N75 M22 |
| N80 | N80 |
| N293 G0 Z5 | N293 G0 Z5 |
| N294 X200 | N294 X200 |
| N295 G53 X310 Z770 T0 | N295 G53 X310 Z770 T0 |
| N310 L194 | N310 L194 |
| N315 T1010 S1000 G95 | N315 T1010 S1000 G95 |
| N320 G0 Z2 | N320 G0 Z2 |
| N325 X36 M8 | N325 X36 M8 |
| N330 G96 S250 | N330 G96 S250 |
| N335 G1 G42 Z0 F0.2 | N335 G1 G42 Z0 F0.2 |
| N340 X74 | N340 X74 |
| N345 X90.05 Z-8.05 | N345 X90.05 Z-8.05 |
| N350 Z-67 | N350 Z-67 |
| N355 G0 X120 | N355 G0 X120 |
| N360 G53 X310 Z770 T0 | N360 G53 X310 Z770 T0 |
| N365 M30 | N365 M30 |

1782 x 11

PARAMETARSKO PROGRAMIRANJE C-2) varijanta

Parametar R00 definise Izradak

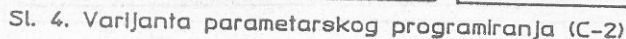
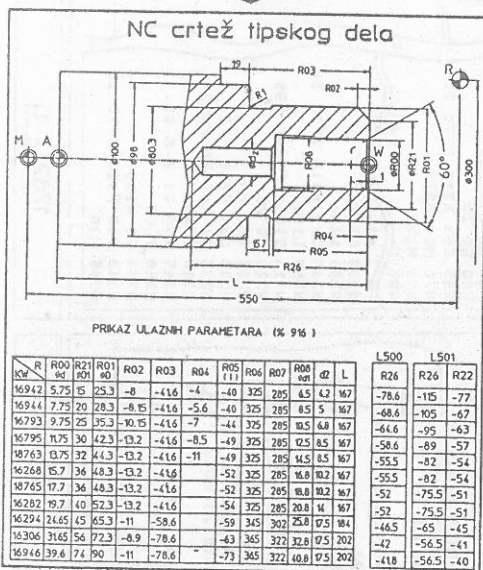
Urose se svi R-parametri

| % 401 | % 916 |
|-------------------------|------------------------|
| N5 L410 | N10 R00 31.65 R21 45 R |
| N10 G0 G53 X300 Z600 | R03-58.6 R05-59 R0 |
| N15 R02 55 R00 R03 | N15 G0 G53 X290 Z500 |
| N20 R01 40 R00 R03 | N20 G59 X0 Z R07 |
| N25 G59 X0 Z289 | N25 T101D S900 M3 |
| N30 R40 325 | N30 G0 Z2 |
| N35 R00 60 | N35 X0 M8 |
| N40 G59 X0 Z302 | N40 G1 Z-8 F.1 |
| N45 R40 325 | N45 G0 Z20 |
| N50 R00 60 | N50 X240 |
| N55 G59 X0 Z300 | N55 T909 |
| N56 R40 325 | N60 M5 |
| N60 T1010 S800 M3 | N65 G0 X110 Z3 |
| N65 G0 Z3 | N70 M24 S R11 |
| N70 X0 M8 | N75 M22 |
| N75 G1 Z-8 F.1 | N76 G96 S200 M4 |
| N80 G0 Z30 | N77 G92 S1400 |
| N85 X250 M5 | N80 R20 S03 L508 R22 0 |
| N90 T909 | N85 L95 F.3 |
| N95 G0 X110 Z3 M8 | N87 M23 |
| N100 M24 S R40 | N90 M24 S875 |
| N105 M22 | N355 Z R05 |
| N890 R00 940 | N360 X-3 R00 Z4.5 R05 |
| N895 R22-54 R26-85 L416 | N365 X R08 F.1 |
| N900 R00 940 | N370 Z R05 F.16 |
| N905 R22-51 R26-78 L415 | N375 G0 X-3 R00 Z3 R05 |
| N910 R00 940 | N380 G40 Z60 |
| N915 R22-45 R26-68 L415 | N385 R00 410 |
| N920 R00 940 | N390 T202 G96 S100 M4 |
| N925 R22-41 R26-57 L415 | N395 G92 S1400 |
| N930 R00 940 | N400 L454 |
| N935 R22-41.8 R26-57 L4 | N405 R00 340 |
| N940 G0 Z5 | N410 G53 X290 Z500 T0 |
| N945 G53 X300 Z600 T0 | N415 M2 |
| N950 M2 | |

3364

2129

Sl. 5. Poređenje upravljačkih programa pisanih korišćenjem različitih metoda ručnog programiranja



4-293

7.0 LITERATURA

/1/ HODOLIČ, J., Integralni prilaz postprocesiranju upravljačkih informacija u sistemu za automatizovano programiranje fleksibilnih tehnoloških sistema za obradu rotacionih izradaka, doktorska disertacija, FTN, Novi Sad, 1988.

/2/ POPKEN, P., Steuerung von flexiblen Fertigungszellen für die Drehbearbeitung mit dezentralen Mehrrechnersystemen, Carl Hanser Verlag, München Wien, 1981.

/3/ GATALO, R., HODOLIČ, J., Automatizovano programiranje fleksibilnih tehnoloških struktura - dostignuća u razvoju i koncepcija sopstvenih istraživanja za potrebe struktura za obradu rotacionih delova, 22. savetovanje proizvodnog mašinstva, Ohrid, 1989.

/4/ Handbuch zum CNC Programmierlehrgang, LG6 000.1 115, INDEX-Werke KG Han & Tessky, Esslingen

/5/ Upravljački programi za izradu familije NC držača alata ISO 50/F za firmu "WOHLHAUPTER", na FTC GU 600. Elaborat razvojnog projekata, radeno za "JUGO-ALAT" Novi Sad, Institut za proizvodno mašinstvo FTN, Novi Sad, 1991.

/6/ Gatalo, R., Hodolič, J., Zeljković, Ž., Prilog uporednoj analizi sistema za programiranje NUMA različitih nivoa automatizovanosti, 24. savetovanje proizvodnog mašinstva, Novi Sad, 1992.

* Sa aspekta potrebnog programerskog iskustva ,moguće je konsta- tovati da je za početnika najlakša metoda od tačke do tačke, zatim metod korišćenja fiksnih ciklusa, dok metod parametarskog progra- miranja traži bolje poznavanje same mašine i mogućnosti njene upra- vljačke jedinice, kao i snalažljivost programera.

Navedeni primeri pružaju osnovu za izvođenje zaključaka u pogledu pogodnosti primene korišćenih metoda programiranja.

Sledeća tabela (slika 6) daje ilustrativan pregled sva četiri analizirana metoda, sa njihovim komparativnim prednostima i nedostacima.

| Metod programiranja | a | b | C-1 | C-2 |
|---|---|---|-----|-----|
| Pogodnost za učenje | ● | ◐ | ○ | ○ |
| Mogućnost pojave greške pri unosu podataka | ○ | ◐ | ● | ● |
| Duzina programa tj. zahtevi u pogledu memorije | ○ | ◐ | ● | ○ |
| Mogućnost proširenja na familiju sličnih delova | ○ | ◐ | ◐ | ○ |

Legenda:

- -pogodan
- -nepogodan
- ◐ -delimično pogodan

Sl.6. Upoređenje posmatranih metoda programiranja

6. 0 ZAVRŠNE NAPOMENE

U radu su analizirane metode pogonskog programiranja fleksibi- lnih tehnoloških struktura (FTs) sa naglaskom na obradne sisteme za obradu struganjem.

Na bazi konkretnih rezultata obrade određenog skupa sličnih delova došlo se do uporednih rezultata o različitim metodama po- gonskog programiranja (konvencionalno po principu "od tačke do tačke", uz korišćenje fiksnih ciklusa i parametarsko programira- nje na dva načina) i zaključaka o pogodnosti njihove primene sa najrazličitijih aspekata.

Na osnovu prethodnog može se zaključiti da metoda parameta- rskog programiranja po principu unošenja svih parametara predsta- vlja najpogodniju varijantu ako su u pitanju tipski delovi za koje treba projektovati upravljačke programe za NUMA.

Postupak parametarskog programiranja pokazan je na slici 4., na primeru konkretnog izradka.

Za pomenuti primer izradka, izvedeno je upoređenje upravljačkih programa (slika 5), koji su pisani po principima:

- a) od tačke do tačke,
- b) korišćenjem fiksnih ciklusa i
- c) parametarskog programiranja.

U slučaju parametarskog programiranja urađene su dve varijante i to:

C-1 - varijanta u kojoj ulazni parametar identifikuje odgovarajući izradak.

C-2 - varijanta u kojoj se na ulazu unose vrednosti svih parametara, koji se odnose na odgovarajući izradak.

Za svaku varijantu programiranja data je dužina programa, izražena u broju instrukcija, što se uslovno može poistovetiti sa potrebnom memorijom.

4.0 KONKRETNI PRIMERI KAO PODRŠKA PRETHODNOJ ANALIZI

Kroz primere koji slede dat je šematski prikaz druge varijante (C-2) parametarskog programiranja slika 4, a na slici 5 su prikazani delovi listinga programa pisanih pojedinim metodama, sa podacima o tome koliki deo memorije zauzima svaki od njih.

5.0 POREĐENJE RAZVIJENIH REŠENJA

Razvijena programska rešenja upoređićemo sa nekoliko aspekata.

* Posmatrano sa aspekta dužine programa, samim tim i opterećenosti memorije upravljačke jedinice, vidi se da je druga varijanta parametarskog programiranja najpovoljnija jer sadrži najmanji broj programskih blokova (rečenica). Broj alfanumeričkih karaktera primenom različitih metoda programiranja je različit i prikazan je na slici 5.

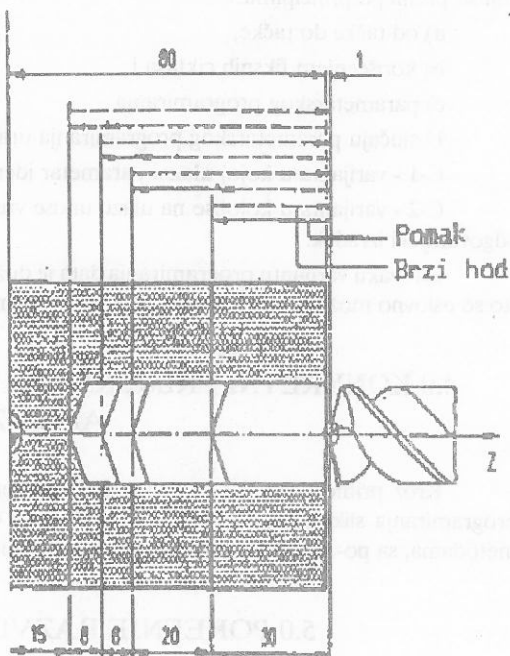
* Sa aspekta pogodnosti korišćenja, vidi se da je druga varijanta najpovoljnija zbog toga što se pre početka startovanja programa moraju uneti vrednosti svih parametara što povećava opasnost od greške pri unošenju parametara. Prva varijanta sa ovog aspekta je dosta elegantnija u ovom pogledu. Potrebno je na početku programa uneti vrednost parametra R00 koji definiše pojedine veličine iz familije delova, dok je za izvršavanje ostalih programa potrebno uneti, samo, broj odgovarajućeg programa i naravno u okviru prethodne pripreme mašine istu snabdeti odgovarajućim alatima.

* Sa aspekta potrebe za adaptacijom programa, u cilju proširenja familije delova, može se konstatovati da druga (C-2), od dve predložene varijante parametarskog programiranja, dozvoljava neograničeno proširenje u granicama radnog prostora mašine. Ovako napisan program može da funkcioniše kao bilo koji fiksni ciklus. Prva varijanta (C-1), dopušta dogradnju s tim da bi se dužina programa uvećavala za 6-7 novih programskih blokova za svaki sledeći deo, dok druge metode (a i b), ne dopuštaju nikakvo proširenje.

** U zahvatima kod kojih je potrebno odstraniti mnogo materijala (zahvat se izvodi u više prolaza), da bi se došlo do zahtevane konture i izvršila konturna obrada programiranje je mnogo lakše uz korišćenje metode fiksnih ciklusa.

a)

| | | | |
|-----|----|------|------|
| N 5 | G1 | Z 50 | F.15 |
| N10 | G4 | X 1 | |
| N15 | G0 | Z 81 | |
| N20 | G4 | X .5 | |
| N25 | G0 | Z 51 | |
| N30 | G1 | Z 31 | |
| N35 | G4 | X : | |
| N40 | G0 | Z 81 | |
| N45 | G4 | X .5 | |
| N50 | G0 | Z 32 | |
| N55 | G1 | Z 23 | |
| N60 | G4 | X : | |
| N65 | G0 | Z 81 | |
| N66 | G0 | Z 81 | |
| N70 | G4 | X .5 | |
| N75 | G0 | Z 24 | |
| N80 | G1 | Z 15 | |
| N85 | G4 | X .5 | |
| N90 | G0 | Z 81 | |
| N95 | G4 | X .5 | |



b)

| | | | |
|-----|--------|--------|-----------|
| N5 | R25 30 | R22 81 | R26 15 |
| N10 | R24 10 | R27 .5 | R28 1 L98 |

Sl. 3. Segment programa za zahvat dubokog buenja
a) metoda od tačke do tačke b) metoda fiksnih ciklusa

*** Metod programiranja korišćenjem parametara ima dobre osobine u slučaju obrade familije sličnih delova, gde bi se klasični programi razlikovali samo po brojnim vrednostima uz određene adrese puta. Ovaj metod omogućuje da se umesto brojne vrednosti uz adrese puta nađu R-parametri, kojima se na početku programa dodele brojne vrednosti. Na ovaj način je omogućeno korišćenje jednog, (osnovnog programa), za obradu familije delova uz prethodno dodeljivanje vrednosti svim R-parametrima ili definisanjem samo jednog R-parametra, koji na neki način predstavlja oznaku određenog dela iz familije delova. Moguće je i grananje programa sposobno za poredjenje vrednosti zadatih parametara i naredbama uslovnog i bezuslovnog skoka.

Za radioničko programiranje NU mernih mašina proizvođači kao što su: MITUTOYO, OPTON, CARL ZEISS, DEA, LEITZ, FERRANTI, TAYLOR-HOBSON i drugi, razvili su autonomnu programsku podršku za olakšanje programiranja svojih mernih mašina i obradu rezultata merenja. U takve programske podrške mogu se uvrstiti paketi: UMESS, GEOMET i još neki kod kojih se polazi od osnovnih geometrijskih elemenata (tačka, prava, krug, ravan, cilindar, konus, sfera), pri čemu se kontrolišu oni ili njihov položaj. Pri tome, operatoru na KNU jedinici merne mašine stoji odgovarajući meni naredbi pomoću kojih se realizuje programiranje mernog zadatka.

Za radioničko programiranje industrijskih robota, za sada najrasprostranjeniji i najviše korišćeni način je programiranje obučavanjem koje se takođe ubraja u radioničko programiranje. Kao kod NUMA i mernih mašina tako je i za industrijske robote razvijeno više jezika autonomne programske podrške koju je moguće koristiti samo na konkretnom rešenju i radnom mestu. Metoda pogonskog programiranja predstavlja moguće rešenje za manje konfiguracije FTs za obradu tehnološki jednostavnih delova odnosno tamo gde je složenost programa u pogledu broja, veličine i odgovarajućih promena mala. Pri tome je znatno smanjena mogućnost za optimizaciju programa i detaljno testiranje.

Ukoliko KNU jedinica nema mogućnost paralelnog rada smanjuje se vremensko iskorišćenje celog FTs zbog zastoja radi potrebnih programiranja i testiranja, odnosno povećava se vreme reagovanja i prilagođavanja sistema pri prelasku na izradu novih izradaka. U težnji da se ovo programiranje dalje razvije došlo se do rešenja u kojem je FTs sistem snabdeven posebnim pultom za programiranje, koji je povezan sa više komponenta FTs. Pri tome samo programsko mesto može biti opremljeno sa perifernom jedinicom za memorisanje-arhiviranje upravljačkih programa, grafičkom jedinicom, uređajima za izradu određenih nosioca upravljačkih informacija za slučaj kada otkazu on-line veze.

3.0 PARAMETARSKO PROGRAMIRANJE KAO JEDAN OD METODA RADIONIČKOG NAČINA PROGRAMIRANJA

Ručno programiranje, pa samim tim i radioničko programiranje se vrlo često primenjuju s obzirom na to da su investicije za nabavku opreme za ručno programiranje (džepni kalkulator, električna pisačka mašina sa bušačem i čitačem trake) relativno niske a obuka kadra za rad na ovoj opremi je vrlo brza i jednostavna.

Veći broj izradaka ima jednostavan konstrukcioni oblik i za njih nije teško napraviti program. To je i osnovni razlog korišćenja ručnog programiranja. U zavisnosti od karaktera problema primenjuju se sledeće metode programiranja:

- metod programiranja od tačke do tačke,
- metod programiranja korišćenjem fiksnih ciklusa i
- metod programiranja korišćenjem parametara.

* Prvi metod stvaranja upravljačkih informacija je najjednostavniji i koristi se kada alat izvršava zahvat u jednom prolazu.

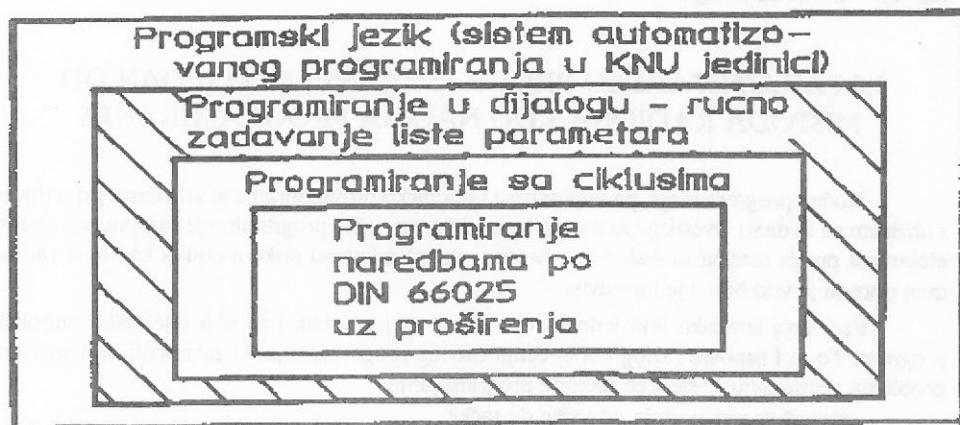
Prvi način programiranja predstavlja programiranje na samim komponentama FTs u pogonu. Drugi način programiranja je dislocirano programiranje u odnosu na komponente FTs i obavlja se najčešće u tehnološkom birou. U okviru ovog načina mogu se razlikovati dve metode:

- ručno programiranje
- automatizovano programiranje

U ovom radu bavićemo se problematikom ručnog programiranja sa posebnim naglaskom na pogonsko programiranje i u okviru njega na parametarsko programiranje.

2.0 POGONSKO (RADIONIČKO) PROGRAMIRANJE

Razvoj savremenih KNU jedinica posebno u pogledu odgovarajuće softverske podrške, pre svega za pojedinačno instalisane NUMA, kao i FTs manjeg nivoa složenosti omogućio je korišćenje pogonskog programiranja. Radi se o varijanti ručnog programiranja NUMA uz interaktivni način rada na samim komponentama FTs koje se obavlja korišćenjem odgovarajućih programskih rutina instalisanih u KNU. Pri tome se prvenstveno misli na mogućnost programiranja "na konturi", korišćenje fiksnih ciklusa, korišćenje programske memorije, mogućnost dijaloga, mogućnost grafičke provere i sl. Hijerarhijska struktura (nivoi), upravljanja mašinom s obzirom na podršku zadavanja upravljačkog programa obrade je prikazana na slici 2.



Sl. 2. Nivoi pojedinih KNU jedinica sa stanovišta mogućnosti programiranja

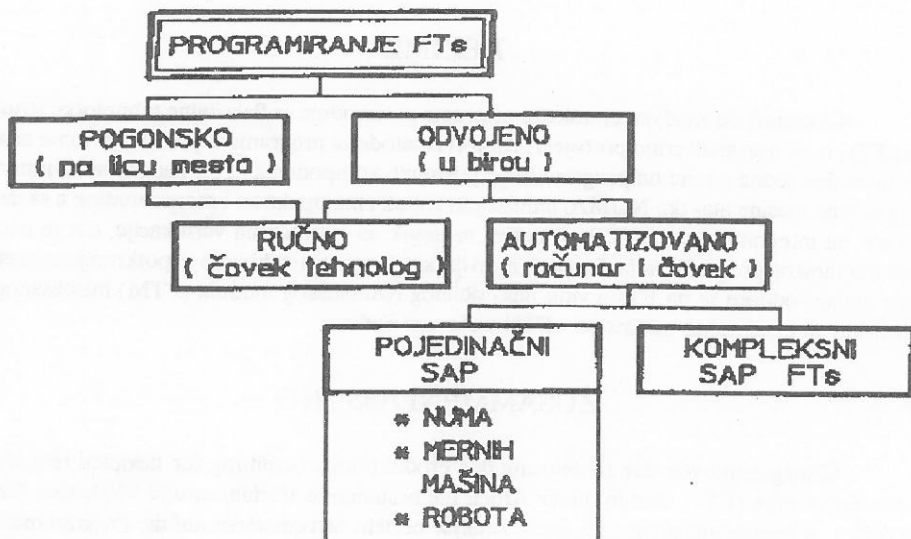
1.0 UVODNE NAPOMENE

Svako preduzeće u metaloprerađivačkoj industriji, ukoliko želi opstati na svetskom tržištu u kome vlada velika konkurencija i strogi zakoni tržišne ekonomije, moraće veoma brzo i fleksibil- no reagovati na česte promene zahtev tržišta. Tom zahtevu je mo- guće udovoljiti uvođenjem i primenom fleksibilnih tehnoloških (FTs) struktura različitog stepena složenosti.

Efikasna eksploatacija FTs zavisi od kvaliteta upravljačkih programa i njihove blagovre- mene raspoloživosti. Zbog toga je pro- gramiranje FTs vrlo važna i složena karika u lancu aktivnosti u vezi planiranja i pripreme rada FTs.

U dosadašnjem periodu razvoja i primene FTs učinjeni su od- ređeni napori i postignuti odgovarajući rezultati u razvoju teh- nika, metoda i postupaka projektovanja tehnološkog procesa odnos- no programiranja NUMA. U pogledu mesta u odnosu na FTs postoje dva načina programiranja FTs (slika 1):

- pogonsko programiranje,
- odvojeno ili eksterno (off-line) programiranje



Sl. 1. Načini i metode programiranja FTs

PRILOG UPOREDNOJ ANALIZI METODA PROGRAMIRANJA FLEKSIBILNIH TEHNOLOSKIH STRUKTURA (FTs)

EIN BEITRAG ZUM VERGLEICH VON PROGRAMMIERUNGSMETHODEN FÜR FLEXIBLEN TECHNOLOGISCHEN STRUKTUREN

*Hodolič dr Janko, docent , Gatalo dr Ratko, red.prof.
i Živanović Miloje,, dipl.ing. Jandrić Željko, dipl.ing.
Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad*

REZIME

ČPolazeći od značaja tehnološke pripreme proizvodnje za fleksibilne tehnološke strukture (FTs) u radu se analiziraju postojeći postupci i metode za programiranje FTs. Pri tome analiza se odnosi sa jedne strane na programiranje pojedinih komponenata FTs kao što su: Numerički upravljane mašine ala- tke NUMA, industrijski roboti i manipulatori i merne mašine a sa druge strane na integralne sisteme FTs. Poseban naglasak, sa rezultatima verifikacije, dat je metodi parametarskog programiranja. Primeri upravljačkih programa sa kojima je potkrepljena prethodna analiza odnose se na FTs u vidu flek- sibilnog tehnološkog modula (FTM) instalisanog na Institutu za proizvodno mašinstvo - FTN u Novom Sadu.

ZUSAMMENFASSUNG

ČAusgehend von der Bedeutung der Produktionsvorbereitung für flexiblen technologischen Strukturen (FTs), sind in dieser Arbeit die bestehende Verfahren und Methoden für die FTs Pro- grammierung analysiert. Diese Analyse bezieht sich einerseits auf die Programmierung von einzelnen FTs Komponenten wie: nu- merisch gesteuerte Werkzeug-Maschinen (NCWM), Industrie-Robo- ter, Manipulator, Messmaschinen und anderseits auf Integral- FTs-Systeme. Besondere Bedeutung, mit den Verifikation-Ergeb- nissen, ist der Methode der Parameter-Pro- grammierung gegeben. Die presentierte Beispiele der Steuerungssystemen beziehen sich auf FTs

6. REFERENCE

- /1/ Groover, M., Automation, Production Systems and Computer Integrated Manufacturing, Prentice-Hall Inc., New Jersey (1987).
- /2/ Pilipović, M., Projektovanje i razvoj postprocesora i postprocesor generatora, 22 Savetovanje proizvodnog mašinstva, Ohrid 1989, Zbornik na trudovi III - Fleksibilni proizvodni sistemi, str. 495-502.
- /3/ Pilipović, M., Upravljanje jedinice NUMA i programiranje u pogonu, XII Jugoslovensko savetovanje NUMA - Roboti FTS, Cavtat 1990.
- /4/ Milutinović, D., Pilipović, M., Kalajdić, M., Prefabricated Carbide Tips Handling, CIRP Annals Manufacturing Technology, Vol. 40/11/1991, str. 5-8.
- /5/ Milutinović, D., Milačić, V., Kalajdić, M., Graphic Simulator in off-line Robot Programming, IV Yugoslav/Soviet Symposium on Applied Robotics and Flexible Automation, Novi Sad, 1988, pp. 269- 277.
- /6/ Milutinović, D., Potkonjak, V., A New Concept of Scara Robot, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Pergamon Press, Vol. 7, No. 3/4, 1990.

M. Kalajdić, M. Pilipović, D. Milutinović

Programmable Automation Systems for the Metal Industries

Started from the trends of automation systems development and the role of programmable automation, paper gives concept applied in CNC, robots and PLC programming. References for the research results in development of the programmable automation are given.

Naknadnom odlukom usledilo je takođe finansijsko p
maganje od strane FONDA ZA FINANSIRANJE VIS
ŠKOLSKIH USTANOVA, NAUČNO-ISTRAŽIVAČKE
DAVAČKE DELATNOSTI OPŠTINE KRAGUJEVAC.

ВОЈВОЂАНСКА БАНКА



БАНКА УНИВЕРЗИТЕТА У НОВОМ САДУ