

<https://doi.org/10.24867/JPE-1993-10-139>

PREGLEDNI RAD

Rodić, M.*

Uporedna analiza sistema za automatizovano projektovanje pribora

Comparative analysis of the automatic fixture design systems

Summary

This paper offers the analysis of characteristic systems for automatic fixture design. Through the analysis a conclusion was reached that all such systems can be classified either as systems for selection of existing fixtures or systems for synthesis of new fixtures. Based on this research, an integral approach to fixture design is proposed. The first phase deals with selection of existing fixtures (if any) of varied degree of operative readiness, while the second phase includes design of new fixtures or add-on adjustments and modifications of the existing fixtures for new machining operations.

* Dr Milorad Rodić, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, 21000 Novi Sad, Vladimira Perića Valtera 2

Rezime

U radu se analiziraju karakteristični sistemi automatizovanog projektovanja pribora. Kroz tu analizu došlo se do zaključka da se svi sistemi mogu podeliti na sisteme za izbor postojećih pribora i sisteme za sintezu novih pribora. Na osnovu istraživanja predlaže se integralni pristup projektovanju pribora : u prvom koraku izbor postojećih pribora (ako postoje) različitog stepena operativne gotovosti, a u drugom koraku konstrukcija novih ili dogradnja i prilagođavanje postojećih pribora novim operacijama obrade.

1. Uvod

Racionalizacija i automatizacija u području projektovanja pribora dobija sve više u značaju usled rastuće raznolikosti zadataka pri opremanju operacija obrade sa priborima. Pod ovim aktivnostima podrazumeva se pitanje ponovne upotrebe već postojećih pribora kao i konstrukcija novih pribora. Značajno je posvetiti posebnu pažnju i podlogama za racionalno i automatizovano projektovanje pribora. Pošto je za očekivati, da će se potreba za priborima u budućnosti povećavati neophodno je racionalno projektovati i koristiti pribore.

Prvi korak u racionalizaciji projektovanja pribora je unifikacija i standardizacija elemenata pribora. To omogućava uspešan proces konstruisanja, odnosno optimalni proces konstruisanja. Kod ponovne upotrebe ovih unificiranih i standardnih elemenata, konstruktor pribora može da preskoči inače neophodan proces konstrukcije, za ove elemente. Drugi korak prilikom racionalizacije je automatizacija procesa konstruisanja pribora. Pretpostavka za realizaciju ovih mera racionalizacije su analize procesa konstrukcije i struktuiranje pribora i elemenata pribora.

2. Prikaz i analiza karakterističnih prilaza automatizaciji projektovanja pribora

Do opremanja operacije sa priborima može se doći izborom već postojećih ili sintezom novih pribora.

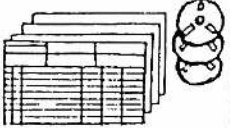


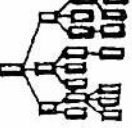
2.1. Karakteristični sistemi za izbor pribora

Pribori mora da su tako opisani da se mogu, ako postoje, neposredno upotrebiti već postojeća rešenja pribora. Kao mogućnosti za opisivanje pribora

stoje na raspolaganju više načina : opis preko dokaza o upotrebi, opis granica upotrebe, verbalni opis osobina, klasifikacioni opis osobina pribora (slika 1.).

Kod opisivanja pomoću dokaza o upotrebi, korišćenje pribora za odgovarajuće zadatke se definiše sa dokumentima koji opisuju odgovarajuću operaciju obrade. Ovaj način opisivanja koristi se kod ponavljajućih obradaka jer se tada mogu primeniti identični pribori.

Opis je vrlo kratak. Po pravilu pomoću identifikacionog broja. Moć iskazivanja je minimalna pa se ovaj način opisivanja ne koristi za slične operacije obrade koje se realizuju sličnim priborima. Korišćenje može biti manuelno ili pomoću računara. Opis pomoću granica o upotrebi se primenjuje u slučajevima kad se primenjuju pribori za slične obradke, koji se često ponavljaju.

karakt. postupka opisa	opis preko dokaza o upotrebi	Opis granice upotrebe	verbalan opis osobina	klasifik. opis osobina
	 uputstvo za upotrebu vodjenja Interno u preduzeću	 sa pravilnom prerasom dokumentir gran. upotr.	 -AWF karte -IWF karte -obuhvatna lista	 -slst. klas. -klasific. pribori
područje upotrebe	ponavlja, delovi	varijante	svi pribori	svi pribori
troškovi opisa	jako mali	jako veliki	veliki	mali
rukovanje	-ručno -pomoću računara	-ručno -pomocu računara	ručno	-ručno -pomoću računara
iskazana snaga	jako malo	malo	jako veliko	veliko
pristup	nije moguć	jako dobar	jako loš	dobar
korisna upotreba	često javlj. identič. delovi	često javlj. varijante delova	mali spektr. pribora	veliki broj različitih pribora

Slika 1. Neki mogući načini opisivanja pribora [5]

Figure 1 Some of the possible ways to describe fixtures

Verbalno opisivanje osobina pribora je pomoću AWF i IWF karata i odgovarajućih formulara. Ovaj način opisivanja se primenjuje obično kod manuelnog korišćenja zbog opširnog opisivanja. Na ovaj način mogu se naći pribori za slične zadatke. Međutim, to je veoma komplikovano zbog manuelnog korišćenja nosioca informacija. Koristi se kad se radi o malom broja pribora.

Klasifikacioni način opisivanja pribora omogućava opisivanje svih pribora na osnovu sistematizacije osobina pribora: Uspešno se može primeniti kod velikog broja različitih pribora. Pošto se klasifikacionim opisivanjem mogu opisati samo grupe pribora sličnih osobina identifikacija nije direktno moguća pa se problem identifikacije mora posebno rešiti. Zbog toga su između pojedinih načina opisivanja moguće kombinacije. Često se kombinuju klasifikacioni i verbalni način opisivanja (informativna i / ili identifikaciona oznaka).

2.2. Karakteristični sistemi automatizovanog projektovanja pribora

Da bi se napravio presek dokle se stiglo u razvoju sistema automatizovanog projektovanja pribora u radu se prikazuju sistemi razvijeni u svetu.

2.2.1. Sistemi razvijeni u Sovjetskom Savezu

Opis pribora [10] može biti predstavljen u vidu :

$$P(x) = (Q, P, S)$$

gde je :

$P(x)$ - opis pribora

Q - identifikaciono obeležje

P - opis službenog obeležja

S - opis strukture

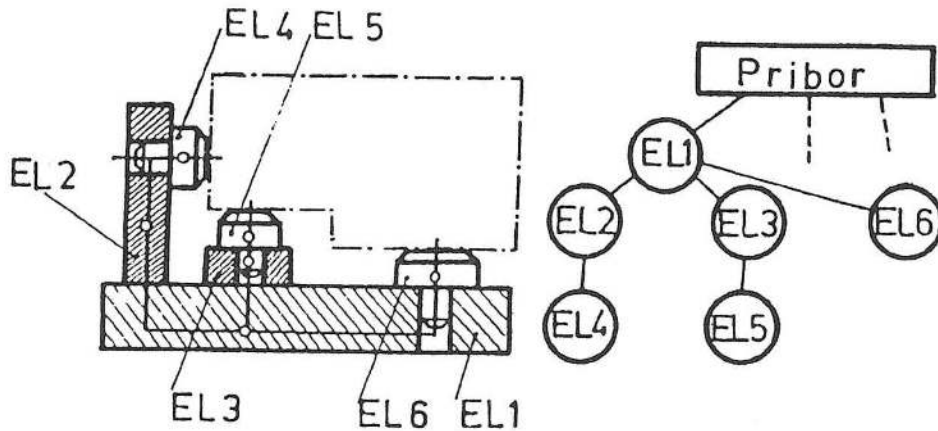
Zadatak identifikacionog obeležja (Q) je obezbeđenje jednoznačne identifikacije (oznaka, naziv, kod konstrukcije, gabaritne mere, tehno - ekonomski podaci) i prikaz dimenzija pribora.

Opis službenog obeležja (P) sadrži sledeće podatke : oblast primene, funkcionalne dimenzije i podatke, kod baznih površina i njihove dimenzije.

Za opis strukture pribora (S) neophodno je rasčlanjivanje na sastavne delove. Strukturu pribora je moguće opisati na nivou specifikacije (određivanje sastava sa prikazom uzajamnih veza) i na konstruktivnom nivou. Opis na nivou

specifikacije odgovara tehnološkoj šemi montaže. Pri opisu pribora na nivou konstrukcije neophodno je opisati raspored sastavnih delova u zavisnosti od izabranog sistema koordinata u priboru, što odgovara potrebama automatizovanog projektovanja pribora.

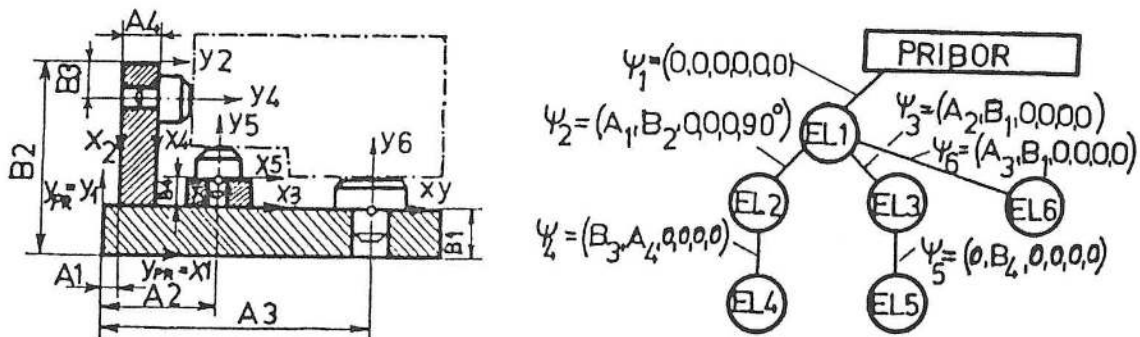
Strukturu pribora na nivou specifikacije moguće je predstaviti grafom (slika 2.).



Slika 2. Primer predstavljanja strukture pribora u vidu grafa

Figure 2 An example of fixture representation in a graph form

Strukturu pribora na konstruktivnom nivou moguće je predstaviti pomoću skupa vektora prostornih položaja sastavnih elemenata (slika 3).

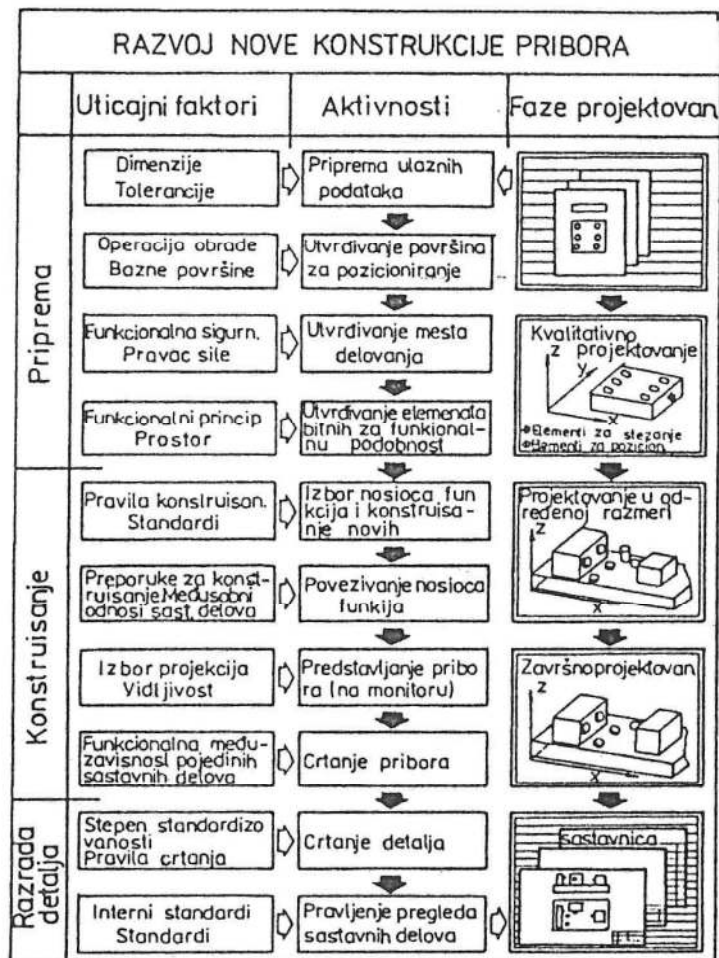


Slika 19. Primer predstavljanja strukture pribora na konstruktivnom nivou u vidu grafa.

Figure 3 An example of fixture structure represented on a construction level in a graph form

2.2.2. Sistemi razvijeni na Univerzitetu u Aachenu

Napred su prikazani rezultati istraživanja [3,5,8] u području unifikacije i standardizacije, klasifikacije i načina opisivanja pribora kao podloga, pre svega, ponovnog korišćenja već projektovanih pribora, a zatim i za projektovanje novih pribora. Ovde će se izložiti, rezultati koji se odnose na automatizovano projektovanje novih pribora. Automatizovano projektovanje montažno - demontažnih pribora [6,7] vrši se na osnovu zahteva za projektovanje, formiranjem elementarnih funkcija i njihovu realizaciju pomoću funkcionalnih kompleksa. Na osnovu ovako definisanih zahteva pristupa se konstruisanju pribora uz primenu računara. Na osnovu polaznih podataka vrši se izbor elemenata, određuje osnovna ploča, funkcije delovanja i funkcionalni kompleksi i pristupa komponovanju pribora i definitivnom crtanju pribora.



Slika 4. Redosled aktivnosti i faze projektovanja kod razvoja nove konstrukcije pribora

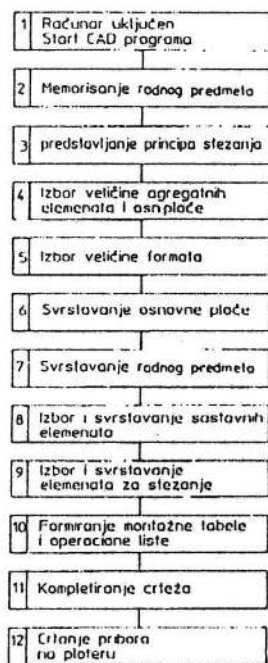
Figure 4 Sequence of activities and phases of design during development of a new fixture construction

Da bi se razvila nova konstrukcija pribora potrebno je imati određene aktivnosti. U celom sistemu automatizovanog projektovanja [13, 14] (slika 4.) sve aktivnosti se mogu podeliti na: pripremu, konstruisanje i razradu detalja. Ovim aktivnostima odgovaraju određene faze projektovanja sa odgovarajućim uticajnim faktorima. Na osnovu neophodnih podloga formira se crtež obradka sa opisom karakterističnih tačaka delovanja što je dobra osnova za automatizovano projektovanje pribora korišćenjem programskog sistema VOKOM. Na izlazu iz ovog sistema dobija se konstrukcija potrebnog pribora.

2.2.3. Sistem automatizovanog projektovanja montažno-demontažnih pribora

Na slici 5. prikazan je pregled najvažnijih radnih koraka u procesu konstruisanja montažno-demontažnih pribora [4]. U prvom koraku potrebno je dati crtež obradka sa prikazom:

- Spoljašnje konture radnog predmeta
- Konture površine oslanjanja i naslanjanja
- Okoline tačke stezanja
- Površina obrade
- Linija koje povezuju naznačene površine



Slika 5. Pregled radnih koraka kod konstruisanja pribora sa računarskom podrškom

Figure 5 A review of working steps in a computer aided fixture design

Prikazivanje se vrši u pogledu odozgo, sprede i sleva za svaki određeni položaj stezanja.

Posle prolaza kroz sve radne korake crta se agregatni pribor pomoću plotera i to u razmeri 1 : 1, ukoliko se raspolaže sa potrebnom veličinom plotera, ili u nekoj drugoj odgovarajućoj razmeri ako ploter ne omogućava crtanje u razmeri 1 : 1.

2.2.4. Automatizovano projektovanje grupnih pribora - C A G F D

CAGFD sistem automatizovanog projektovanja zasnovan je na konceptu grupne tehnologije i matematike rasplnutih skupova.[9]. Sistem je primenjen na projektovanje grupnih pribora za obradu nerotacionih delova na strugu.

Projektovanje grupnih pribora (GP) uz pomoć kompjutera izvodi se na taj način što se pribor projektuje na osnovu :

- raspoloživog crteža obradka.
- zahteva za ekonomičnom proizvodnjom uz istovremeno zadovoljenje zahteva za kvalitetom

CAGFD sistem se sastoji iz sledećih sedam modula :

- ekonomska analiza izbora pribora
- identifikacija obradaka
- projektovanje osnovnih komponenata pribora
- projektovanje elemenata za pozicioniranje
- projektovanje elemenata za stezanje
- ispitivanje na dejstvo centrifugalne sile i tačnost
- izrada crteža sastavnih delova i sklopnog crteža

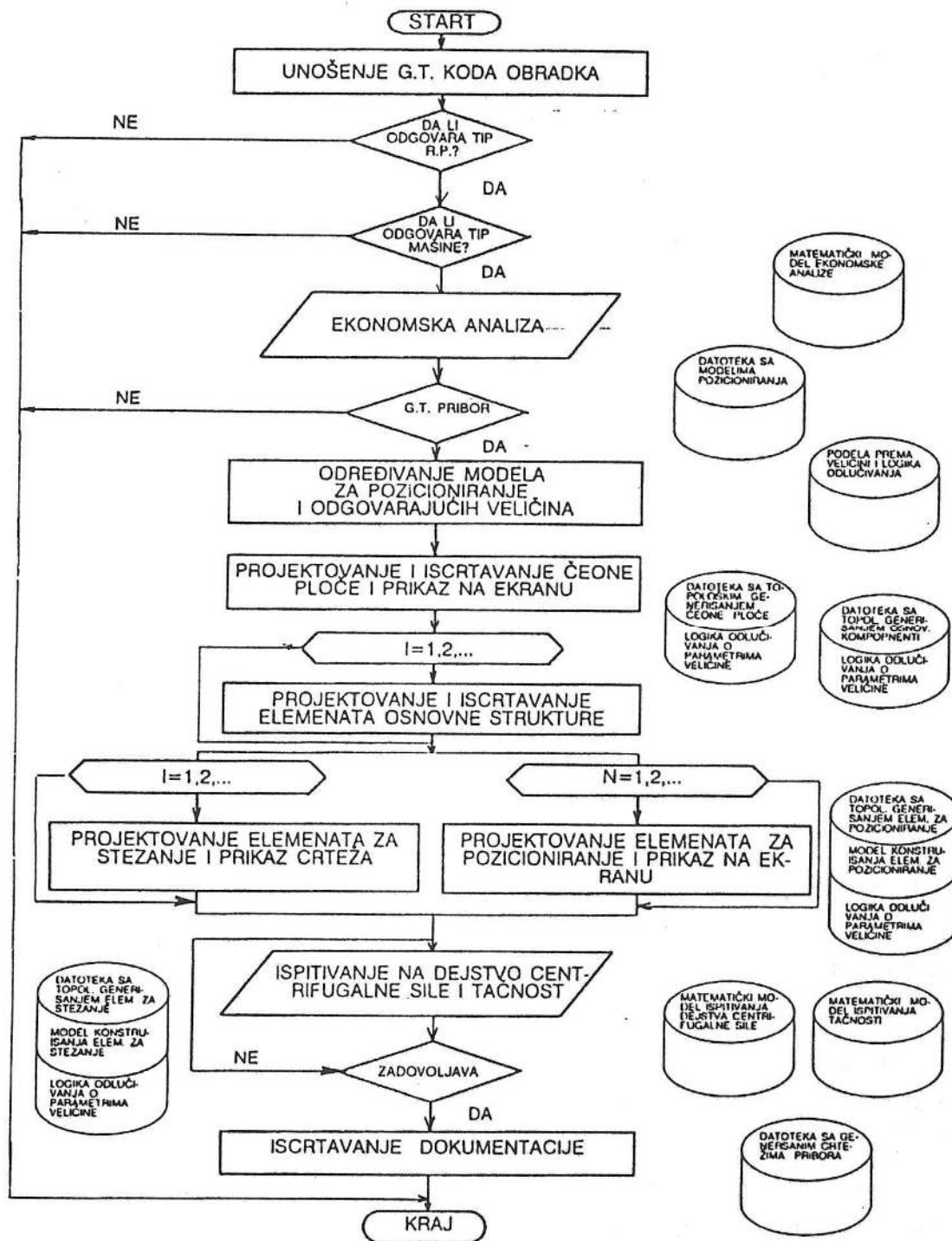
Algoritamski prikaz ovog sistema dat je na slici 6.

Ovaj sistem je u mogućnosti da projektuje GP za delove koji pripadaju jednoj od sledećih osnovnih formi :

- donja površina + dve bočne površine
- dve rupe + donja površina
- dve prolazne rupe + donja površina + bočna površina
- slepa rupa + donja površina + bočna površina
- cilindar + stepenasta površina + bočna površina

Da bi se projektovao pribor za prihvat delova različitih oblika i veličina, najpre je potrebno da sistem identifikuje te delove. Pošto nije do kraja

definisano koji sve delovi spadaju u okvire jedne familije, projektovanje unutar ovako rasplnutog skupa je otežano.



Slika 6. Algoritamski prikaz sistema CAGFD

Figure 6 Flow chart of CAGFD

Očigledno je da stepen saglasnosti među obradcima iz grupe mora dostići određeni nivo pre nego što se pristupi konstruisanju pribora. Grupni pribor mora da bude primenljiv za čitavu familiju sličnih obradaka. Raznolikost načina pozicioniranja obradaka je od odlučujućeg uticaja na strukturu pribora. Zahtev da stepen saglasnosti dostigne određen nivo rasplinuti skup se transformiše u običan.

Modul za odabir načina pozicioniranja je prvi u nizu modula za projektovanje kojima sistem raspolaže. Na osnovu različitih načina pozicioniranja konstruišu se odgovarajući elementi za pozicioniranje i stezanje, kao i osnovni elementi.

U ovom sistemu se grupni tehnološki kod (G.T. kod) koristi u cilju primarne identifikacije obradaka.

U cilju što efikasnije identifikacije delova, primenjuje se metod postepenog prilaza. Metod se sastoji iz dva koraka :

1. korak : Prilaz na osnovu načina pozicioniranja
2. korak : Prilaz na osnovu relativnih dimenzija

Ova dva koraka, uz odgovarajuće unošenje podataka, omogućuju da sistem konstruiše pribor.

Pribor se sastoji od tri funkcionalna sklopa :

1. Noseći podsklop
2. Podsklop za pozicioniranje
3. Podsklop za stezanje

Ovi podsklopovi sačinjeni su od različitih komponenti. Sastav podsklopa zavisiće od relativnog međusobnog položaja podsklopova. Ovi odnosi mogu se predstaviti relacijom koja podseća na stablo.

Kada smo definisali opštu strukturu (stablo), svaki podsklop (grane) i njegove komponente (listovi) se razdvajaju i zasebno konstruišu.

Struktura ima svoj logičan red. Svakoj komponenti pribora pridružena je odgovarajuća veza za prenos podataka i tako je moguće odrediti dimenzionu strukturu svake od komponenti.

Dokle god se konstruisanje izvodi po gore opisanoj šemi, podaci će se automatski prenositi do komponente koja je na redu da bude konstruisana.

Sistem, u svom radu, koristi kombinaciju projektovanja modifikacijom i prilagođavanjem. Struktura svake od komponenti treba da je topološki identična sa ostalima.

Prema topološkoj teoriji, različite komponente sa istom topološkom strukturom razlikuju se jedino po parametrima dimenzija i položaja. Sistem mora da donese logične odluke u vezi izbora tih parametara.

Kada se radi o parametru za jedan određeni obradak, relevantna logika odlučivanja može biti predstavljena u formi tabele odlučivanja i / ili u formi lanca tabela odlučivanja.

Lanac tabela odlučivanja je, u stvari, proces koji koristi rezultate odlučivanja iz predhodne tabele odlučivanja kao početne uslove za narednu tabelu. Na taj način, predmeti odlučivanja se rešavaju jedan po jedan.

Lanac tabela odlučivanja formira se tako što se povezuju i spajaju početak i kraj susednih tabela u nizu. Predmeti odlučivanja (pozicije) iz predhodne tabele, predstavljaju početne uslove za rešavanje naredne tabele.

Organizacija u vidu "od korena prema listovima" podrazumeva da početni uslovi slede jedni iza drugih.

Ispravan rezultat procesa logičkog odlučivanja može se dobiti ako i samo ako su svi početni uslovi za granu, kojoj pripada list o kojem se odlučuje, zadovoljeni.

2.2.5. Još neki karakteristični sistemi automatizovanog projektovanja pribora

FIXES je sistem za automatizovani izbor položaja i projektovanje pribora za prizmatične delove [1,2]. Sistem razvijen na Univerzitetu u Twenteu je integrisan sa drugim funkcijama projektovanja procesa. Takav integralni sistem za projektovanje procesa ja nazvan PART.

PART sistem sadrži pet glavnih modula, pokrivajući MTS - izbor mašine alatke, J i F - izbor položaja i projektovanje pribora, MM - izbor vrste obrade, TS - izbor reznog alata, CC - određivanje reznih sposobnosti.

Osnovne faze u sistemu FIXES, koji je u suštini modul J i F, su :

- određivanje položaja obradka na osnovu određivanja grešaka pozicioniranja
- projektovanje pribora sa sledećim funkcijama :
 - a) izbor površine za pozicioniranje i stezanje na obradku.
 - b) izbor odgovarajućih elemenata pribora, koji u sklopu daju sam pribor. U većini slučajeva pribor sadrži standardne elemente.

U radu [12] prikazana je opšta struktura sistema automatizovanog projektovanja pribora.

Na osnovu ulaznih podataka koji se crpe iz zadatih podataka na crtežu obradka, tehnološkom procesu i datotekama materijala projektuje se pribor. Ceo sistem projektovanja podeljen je na tri faze :

- projektovanje elemenata za stezanje
- projektovanje elemenata za pozicioniranje i vođenje.
- projektovanje elemenata tela pribora.

Pri tom se koriste odgovarajuće datoteke u kojima se pamte osnovni elementi i češće kombinacije nekih elemenata (podsklopovi). Finalni crtež se interaktivno sastavlja sa standardnim komandama iz računarskog programa.

Napred prikazani sistemi automatizovanog projektovanja zasnovani su na interaktivnom radu projektant - računar. Zbog kompleksnosti problematike projektovanja pribora, najčešće se računar koristi za rutinske operacije ili u krajnjem slučaju za parcijalno rešavanje nekih segmenata ukupnog sistema, a projektant za rešavanje kompleksnijih problema i donošenje odluke o nastavku projektovanja sledeće faze pribora. U poslednje vreme za uže probleme i što se tiče oblika obradaka i elemenata za projektovanje pribora razvijaju se automatski sistemi. Tako npr. na TU u Budimpešti je u razvoju ekspertni sistem [11]. Koristi se programski jezik PROLOG i komplet montažno - demontažnih pribora.

3. Zaključci

Kroz prikaz i analizu nekih prilaza racionalizaciji i automatizaciji projektovanja pribora došlo se do zaključka da se do opremanja operacija sa priborima može doći izborom već postojećih ili sintezom novih pribora (tabela 1.). Sinteza pribora može biti komponovanjem pribora pri poznatoj fiksnoj strukturi pribora i sinteza nove konstrukcije pribora sa nepoznatom promenljivom strukturom pribora.

Izbor pribora iz banke podataka vrši se na osnovu oznaka pribora, posebno klasifikacione oznake.

U tabeli 1. date su relevantne karakteristike pojedinih metoda projektovanja pribora.

Opšte karakteristike napred analiziranih sistema automatizovanog projektovanja su:

- sistemi su, po pravilu, interaktivni
- projektovani su za tačno određene geometriske oblike obradaka ili za tačno određene klase pribora
- razvijani su, najčešće, odvojeno sistemi za izbor pribora i sistemi za sintezu pribora
- prisutna je potreba za unifikacijom i standardizacijom elemenata pribora itd.

Tabela 1. Metode projektovanja pribora

Model projektovanja		Karakteristike modela projektovanja	Karakteristike projektnih procedura	Osnovna primena prema stepenu specijalizacije pribora
Izbor pribora		Potpuno zadata konstrukcija pribora	Traženje pribora iz banke podataka. Dobija se pribor različitog stepena operativne gotovosti. Moguća dorada u podsistemu sinteze pribora	- univerzalni pribori - svi drugi zapamćeni u banci podataka
Sinteza pribora	Komponovanje pribora	Poznata, fiksirana, struktura pribora. Elementi pribora dati u vidu alternativnih rešenja.	Izbor elemenata pribora iz banke podataka. Komponovanje elemenata pribora prema poznatoj strukturi.	- grupni univerzalni i specijalni pribori - montažno-demontažni univerzalni i specijalni pribori
	Sinteza nove konstrukcije pribora	Nepoznata, promenljiva struktura pribora. Elementi pribora se slobodno biraju na osnovu izgrađenih kriterijuma	Određivanje strukture pribora. Izbor elemenata pribora iz banke podataka. Komponovanje pribora	- specijalni pribori - montažno-demontažni univerzalni i specijalni pribori - grupni univerzalni i specijalni pribori

Analizom pribora došlo se do zaključka da postoje neke zajedničke karakteristike kod svih klasa pribora. Zato sigurno zaslužuje dužnu pažnju integralno razmatranje svih klasa pribora. Treba razvijati strukturu integralnog sistema za automatizovano projektovanje pribora koja će omogućiti u prvom koraku izbor postojećih pribora (ako postoji) različitog stepena operativne gotovosti, u drugom koraku konstrukciju novih ili dogradnju i prilagođavanje postojećih

postojećih pribora novim operacijama obrade [15]. Značajno je da se pri racionalizaciji projektovanja pribora mogu koristiti i crteži sličnih pribora pri oblikovanju novih konstrukcija pribora. Tu mogućnost treba uključiti u razvoj integralnog sistema automatizovanog projektovanja pribora.

4. Literatura

- [1.] Boerma, R.J., Kals, J.J.H. : FIXES, a System for Automatic selection of Set-Ups and Design of Fixtures, Annals of CIRP Vol.37/1/1988.
- [2.] Boerma, R.J., Kals, J.J.H. : FIXES, a System for Automatic selection of Set-Ups and Design of Fixtures, Annals of CIRP Vol.37/1/1988.
- [3.] Von Barbeleben, W. : Systematische Betriebsmittelplanung: Methodik und Hilfsmittel, gezeigt am Beispiel der Varrichtungskonstruktion, Dissertation, TH Aachen, 1972.
- [4.] Gebauer, W. : CAD-Vorrichtungen-Methode zur rechnergestützten Konstruktion von Baukastenvorrichtungen, Maschinenbautechnik, Berlin 39 (1990) 6.
- [5.] Eversheim, W., Szabo, J.Z. : Grndlagen einer systematischen verrichtungsplanung, Industrie-Anzeiger 99(1977) Nr. 20
- [6.] Eversheim, W., Buchholz, G., Knauf, A. : Rechnerunterstützte Konstruktion von Baukastenvorrichtungen, Ind.-Anz. 107(1985) Nr.10
- [7.] Eversheim, W., Buchholz, G. : Rechnerunterstützte Konstruktion von Baukastenvorrichtungen, VDI-Z Bd. 129(1987) Nr.11
- [8.] Eversheim, W., Koch, F.L., Neitzel, R. : Baukastenelemente verbessern Wirtschaftlichkeit, industrie anzeiger-extra 75/1987.
- [9.] Jing, W., Wang, Z., Cai, Y. : Computer-Aided Group Fixture Design, Annals of the CIRP vol. 37/1/1988.
- [10.] Kapustin, M.N., Pavlov, V.V., Kozlov, A.L. i dr. : Dijalogovoe projektirovanie tehnologičeskikh procesov, Mašinostroenie, Moskva, 1983.
- [11.] Markus, A., Markusz, Z., Farkas, J., Filemon, J. : Fixture design using Prolog: an expert system, Robotics Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 1 No.2,1984.

- [12.] **Nee, A.Y.C., Bhattacharyya, N. end Poo, N.A.** : Applying ai in jigs and fixtures design, Robotics-Computer-Intergrated Manufacturing, Vol. 3 No. 2, 1987.
- [13.] **Pieperhoff,H.J.** : Rechnerunterstuetzte Konstruktion von Vorrichtungen,Disertation,RWTH Aachen,1979.
- [14.] **Pieperhoff,H.J.** : Rationalisierung der Verrichtungskonstruktion,Industrie Anzeiger,101(1979),Nr.37
- [15.] **Rodić, M.**:Razvoj strukture integralnog sistema za automatizovano projektovanje pribora, Doktorska disertacija, FTN, Novi Sad, 1992.