

PRETHODNO SAOPŠTENJE

V. Todić, D. Banjac\*

OSNOVE VARIJANTNOG SISTEMA OPTIMIZACIJE TEHNOLOŠKIH  
PROCESA OBRADÉ\*\*

Rezime

*Tehnoekonomska optimizacija tehnoloških procesa obrade dokazala se kao put efikasnog rešavanja intenzifikacije proizvodnih tokova i racionalizacije pripreme proizvodnje. U radu se iznose osnove varijantnog sistema optimizacije tehnoloških procesa obrade na bazi razvijenih modela unutrašnje optimizacije.*

GRUNDLAGEN DES VARIANTSYSTEMS DER OPTIMIERUNG VON  
TECHNOLOGISCHEN PROZESSEN

Zusammenfassung

*Die techno-ökonomische Optimierung des technologischen Prozesses hat sich für die Intensivierung des Fertigungsablaufes und Rationalisierung der Fertigungsvorbereitung als ein wirkungsvoller Lösungsweg erwiesen. In dieser Arbeit werden die Grundlagen des Variantsystems der Optimierung von technologischen Prozessen dargestellt, aufgebaut auf entwickelten Modellen der Innenoptimierung.*

1. UVOD

U fazi projektovanja i razrade tehnoloških procesa potrebno je iz obilja varijanti mogućih rešenja izabrati ona koja preds-

\*) Todić mr Velimir, dipl. ing., asistent; Banjac mr Dragan, dipl. ing., predavač, - Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, 21000 Novi Sad, V. Perića-Valtera 2.

\*\*\*) Radjeno u Institutu za proizvodno mašinstvo FTN u Novom Sadu u okviru projekta "ISTRAZIVANJE TEHNOLOGIJE I SREDSTAVA RADA U INDUSTRIJI OBRADÉ METALA" koji je finansirala SIZNR Vojvodine.

Sličan rad pod naslovom RAZVOJ SISTEMA PROGRAMA ZA AUTOMATIZOVANU OPTIMIZACIJU TEHNOLOŠKIH PROCESA saopšten je na X simpozijumu Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala, Beograd, 1980.

tavljaju najpovoljnija u pogledu redosleda obrade u okviru tehnološkog, odnosno obradnog procesa. Pri tome, projektovanje i razvoj tehnoloških procesa treba da obezbede visok nivo njihovog kvaliteta. Takvi ciljevi se mogu postići samo istraživanjem tokova tehnoloških procesa, ali i primenom metoda tehnološke pripreme proizvodnje, koje će obezbediti i istovremenu tehnoeкономsku optimizaciju i optimalno upravljanje procesima.

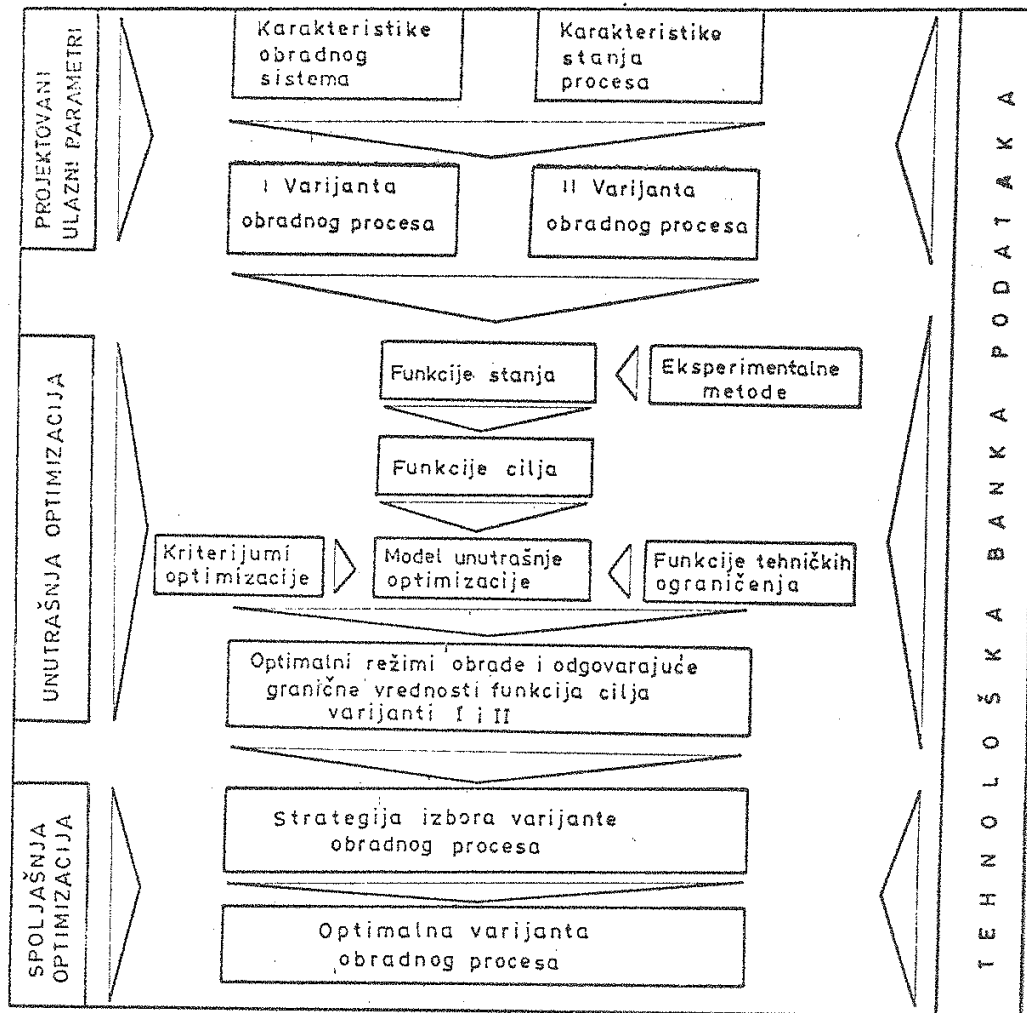
Optimizacija tehnoloških, odnosno obradnih procesa, bazira na pouzdanim zavisnostima koje definišu tok procesa u zavisnosti od pojedinih njegovih parametara i analizi tehnoeкономskih funkcija kvaliteta procesa. Pri tome je cilj da se obezbede granične vrednosti kriterijalnih funkcija, tj. maksimalni tehnoeкономski efekti tehnološkog procesa.

Takvi efekti se mogu obezbediti primenom odgovarajućih modela tehnoeкономske optimizacije obradnih procesa, spoljašnje i unutrašnje, posebno uz primenu programa za njihovu realizaciju na računaru i korišćenje izgradjene banke tehnoloških podataka.

Uzimajući u obzir navedeno, u Institutu za proizvodno maštvo Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu poslednjih nekoliko godina izvršena su opsežna istraživanja metoda tehnoeкономske optimizacije i izgradjen univerzalni iterativni model optimizacije sa širokim mogućnostima aplikacija i primena. Deo rezultata tih istraživanja, koji se odnose na razvoj sistema računarskih programa optimizacije, iznose se u ovom radu.

## 2. STRUKTURA TEHNOEKONOMSKE OPTIMIZACIJE TEHNOLOŠKIH PROCESA

Kriterijumi za optimizaciju tehnološkog, odnosno obradnog procesa, mogu biti određene granične vrednosti merodavnih funkcija cilja. Ako se, naime, na bazi merodavnih kriterijuma optimizacije izvrši unutrašnja optimizacija pojedinih procesa, kao delova tehnološkog procesa, tj. ako se na bazi optimalnih režima obrade za svaki posmatrani obradni proces obezbede granične vrednosti kriterijalnih funkcija, time se omogućuje izbor optimalne varijante obradnog procesa [6]. Na slici 1 predstavljena je neophodna struktura tehnoeкономske optimizacije tehnoloških procesa odakle se vidi da je za izbor najpovoljnije varijante obradnog procesa od dve ili više mogućih, potrebno izgraditi modele unut-



Slika 1. Struktura tehnoekonomske optimizacije tehnološkog procesa

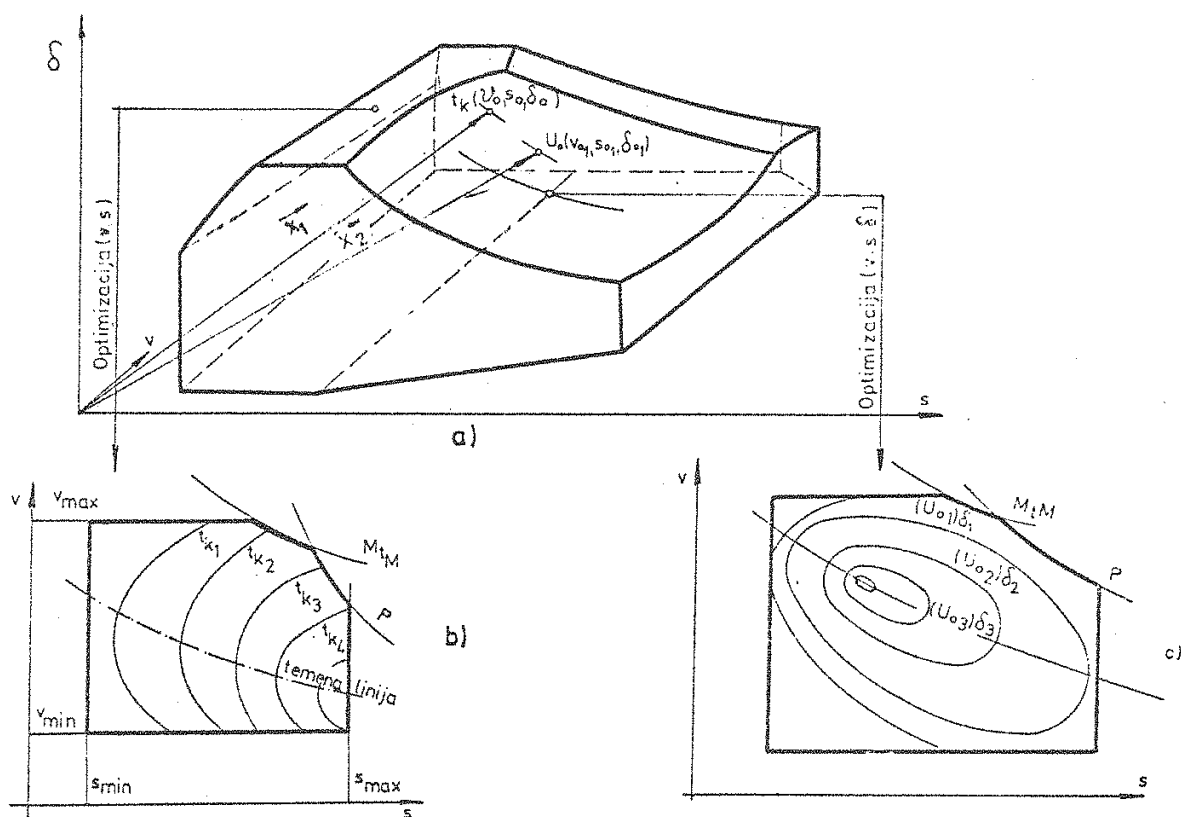
rašnje optimizacije obradnih procesa kao i odgovarajuću tehnološku banku podataka.

### 3. UNUTRAŠNJA OPTIMIZACIJA OBRADNIH PROCESA

Unutrašnja optimizacija posmatranog obradnog procesa, pre svega, omogućava da se u odgovarajućem realnom režimskom prostoru, slika 2, odrede tačke optimalnih režima obrade u kojima su postignute granične vrednosti usvojenih funkcija cilja.

Da bi se, npr. u trodimenzionalnom režimskom prostoru koji je generisan vektorom režima obrade

$$\vec{x} = \vec{x}(v, s, \delta) \quad (1)$$



Slika 2. Režimski prostor omedjen funkcijama ograničenja [7]

odredile režimske tačke u kojima su vrednosti usvojenih kriterijalnih funkcija granične, bilo je potrebno razviti odgovarajuće modele unutrašnje optimizacije.

U radovima [1,2,3,4,10] izloženi su izgradjeni modeli unutrašnje optimizacije procesa redne i paralelne obrade na strugu, procesa obrade glodanjem, ozubljenja cilindričnih zupčanika i brušenjem. Pomenuti modeli unutrašnje optimizacije iterativnim postupkom baziraju na istraženim funkcijama obradljivosti što zahteva i izgradnju potrebne tehnološke banke podataka, čije je mesto nezamenjivo u strukturi sistema tehnoekonomske optimizacije tehnoloških procesa, slika 1. Za potrebe pomenutih modela optimizacije, u radovima [4,5], izloženi su neki rezultati vezani za izgradnju tehnološke banke podataka.

Iterativni model optimizacije pomenutih obradnih procesa moguće je realizovati klasičnim računanjem kao i primenom računara.

Za unutrašnju optimizaciju pomenutih obradnih procesa primenom računara razvijeni su odgovarajući programi.

#### 4. SISTEM PROGRAMA UNUTRAŠNJE OPTIMIZACIJE

Iterativni model unutrašnje optimizacije, koji je primenjen i proveren na navedenim primerima obradnih procesa, može se vrlo efikasno primeniti korišćenjem računara u automatizovanim ili automatskim modelima projektovanja tehnoloških procesa.

Koncepcija izgradnje sistema algoritama i programa za automatizovanu unutrašnju optimizaciju obradnih procesa prikazuje se na primeru redne obrade na strugu.

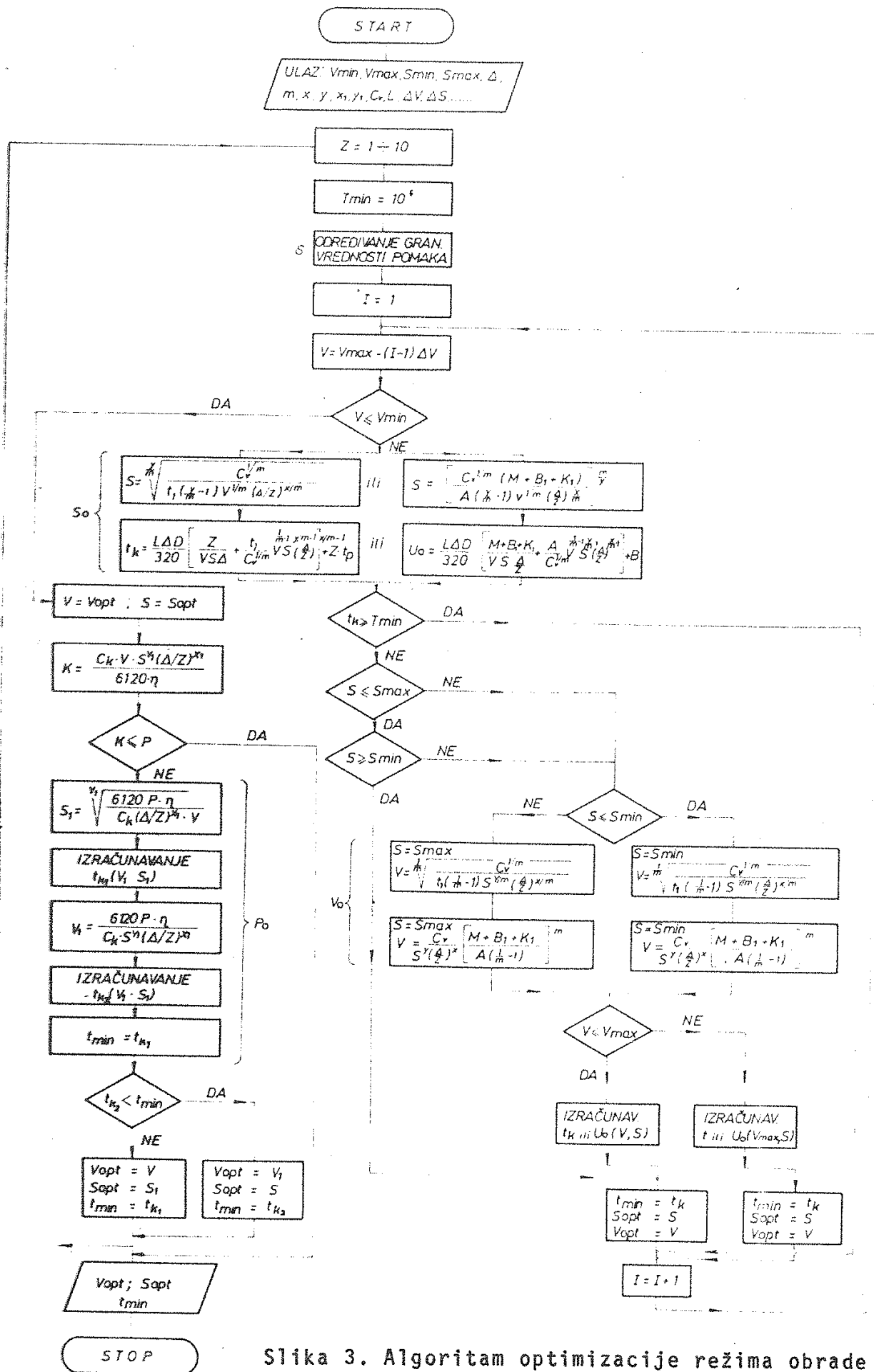
Na slici 3 predstavljen je algoritam optimizacije procesa obrade na strugu jednim alatom minimiziranjem vremena i troškova obrade kao funkcija cilja. U bloku odredjivanja graničnih vrednosti pomaka vrši se odredjivanje granica pomaka za svaku posmatranu dubinu rezanja odredjenu odnosom dodatka za obradu ( $\Delta$ ) i zadatog broja prolaza ( $z$ ), prema funkcijama ograničenja pomaka [1,8].

Na taj način se za svaku iteriranu brzinu rezanja u granicama od  $v_{max}$  do  $v_{min}$ , može odrediti optimalni pomak prema jednačima u blokovima algoritma "So", slika 3, i to za sve vrednosti dubine rezanja ( $\delta$ ) odredjene odnosom ( $\Delta/z$ ). U blokovima algoritma sa oznakom "Vo" vrši se provera položaja režimske tačke ( $v,s$ ) u odgovarajućoj optabilnoj ravni, slika 2b.

U blokovima algoritma "Po" vrši se proračun i provera potrebne snage rezanja za svaku režimsku tačku ( $v,s,\delta$ ).

Ovako razvijen računarski program omogućava odredjivanje optimalnih parametara režima obrade ( $v_0, s_0, \delta_0$ ) minimiziranjem vremena ili troškova obrade, ( $t_k$ ) i ( $U_0$ ) [1,8]. Rezultati optimizacije minimiziranjem vremena obrade daju se na izlazu u obliku prema slici 4.

Optimalno rešenje se iskazuje kroz optimalni broj prolaza ( $z$ ), pa samim tim i optimalnu dubinu rezanja, optimalnu brzinu rezanja ( $v$ ), optimalni pomak ( $s$ ), odgovarajuću minimalnu vrednost funkcije cilja,  $t_k min$  ili  $U_0 min$ . Na izlazu se, takodje, daju granične vrednosti pomaka  $s_{min}$  i  $s_{max}$  i ograničenje koje je odredilo najveću vrednost pomaka, kao npr. "GR 3" na slici 4, koje predstavlja ograničenje zahtevanim kvalitetom obradjene površine.



Slika 3. Algoritam optimizacije režima obrade

Z	V	S	THIN	SMAX	SMIN	FU(V,S,Z)	T(V,S,Z)
1.	.22000E 03	.32484E 00	.41067E 00	.32484E 00	.15000E 00	.34657E 03	.90285E 01
2.	.22000E 03	.30000E 00	.66605E 00	.30000E 00	.10900E 00	.51892E 03	.10724E 02
3.	.22000E 03	.20000E 00	.17447E 01	.20000E 00	.10900E 00	.82446E 03	.18396E 02
4.	.22000E 03	.15000E 00	.29214E 01	.15000E 00	.10900E 00	.12319E 04	.26978E 02
5.	.22000E 03	.12000E 00	.43962E 01	.12000E 00	.10900E 00	.17427E 04	.36307E 02
6.	.22000E 03	.10000E 00	.61690E 01	.10000E 00	.10900E 00	.23576E 04	.46278E 02
7.	.22000E 03	.85714E-01	.82401E 01	.85714E-01	.10900E 00	.30769E 04	.56817E 02
8.	.22000E 03	.75000E-01	.10609E 02	.75000E-01	.10900E 00	.39012E 04	.67867E 02
9.	.22000E 03	.66667E-01	.13277E 02	.66667E-01	.10900E 00	.48304E 04	.79385E 02
10.	.22000E 03	.60000E-01	.16243E 02	.60000E-01	.10900E 00	.58650E 04	.91336E 02

OPTIMALNO RESENJE

Z	V	S	THIN	GR	SMAX	SMIN	FU(V,S,Z)	T(V,S,Z)
1.	.22000E 03	.32484E 00	.41067E 00	3	.32484E 00	.15000E 00	.34657E 03	.90285E 01

Slika 4. Rezultati optimizacije minimiziranjem vremena obrade

Funkcije  $FU(v,s,z)$  i  $T(v,s,z)$  predstavljaju vrednosti troškova pri minimalnom vremenu obrade i postojanost alata pri odgovarajućim optimalnim režimima obrade.

Pošto su u kriterijalnim funkcijama, odnosno funkcijama cilja, sadržani odgovarajući tehnoekonomske kvalitete posmatranog obradnog procesa, a u funkcijama ograničenja zahtevi u pogledu tačnosti obrade, moguće je primenom izložene programske metodologije za dve ili više mogućih varijanti obradnog procesa ili njihovih delova izabrati optimalnu varijantu što, ustvari, predstavlja spoljašnju optimizaciju. Na osnovu iznete strukture optimizacije na slici 1, uočljivo je da se, kako na ulazu, tako i na ostalim segmentima te strukture, potrebni podaci o posmatranim obradnim procesima, odnosno sistemima, moraju crpeti iz tehnološke banke podataka.

## 5. ZAKLJUČCI

1. Automatska ili automatizovana tehnoeekonomska optimizacija obradnih procesa može se efikasno realizovati primenom iterativnog metoda i odgovarajuće banke tehnoloških podataka.

2. Razvijeni sistem programa na bazi primene iterativnog metoda, koji je proveren na više varijanti obradnih procesa, ukazuje na mogućnosti njegovog lakog proširenja i na ostale obradne procese.

3. Značajnije unapredjenje tehnoloških procesa obrade na bazi primene razvijenih modela optimizacije biće moguće samo stvaranjem neophodne banke tehnoloških podataka, što treba da bude jedan od osnovnih pravaca daljih istraživanja.

## LITERATURA

- | 1| Todić, V., Banjac, D., Malbaški, D.: Primena iterativne metode za odredjivanje optimalnih parametara režima rezanja pri obradi na strugu, III JUPITER konferencija, Cavtat, 1977.
- | 2| Stanić, J., Todić, V., Banjac, D.: Unutrašnja optimizacija procesa paralelne obrade na strugu, II naučno-stručni skup, MMA'79, Novi Sad, 1979.
- | 3| Banjac, D., Zeljković, M., Todić, V.: Primena iterativnog postupka za odredjivanje režima rezanja pri obradi glodanjem, V JUPITER konferencija, Miločer, 1979.
- | 4| Banjac, D., Todić, V., Buač, M.: Osnove izgradnje banke podataka za unutrašnju optimizaciju obradnih procesa, VI JUPITER konferencija, Cavtat, 1980.
- | 5| Todić, V., Banjac, D.: Prilog izgradnji banke podataka za tehnoekonomsku optimizaciju obradnih procesa, Drugo jugoslovensko savetovanje NUMA i robota, Beograd, 1978.
- | 6| Banjac, D., Todić, V.: Izbor i primena merodavnih funkcija cilja u optimizaciji tehnoloških procesa, PPS'77, Novi Sad, 1977.
- | 7| Jacobs, H.J.: Spannungsoptimierung, VEB VERLAG TECHNIK, Berlin, 1977.
- | 8| Todić, V.: Odredjivanje optimalnih parametara režima rezanja pri obradi na strugu, Magistarski rad, Novi Sad, 1978.
- | 9| Stanić, J., Šolaja, V.: On an Adaptive Optimization Model of Manufacturing Processes Annal. of the CIRP, Vol.27/1, 1978.
- | 10| Banjac, D., Sovilj, B.: Optimizacija parametara režima rezanja pri odvalnom glodanju cilindričnih zupčanika, II naučno-stručni skup MMA'79, Novi Sad, 1979.