

XII NAUČNO-STRUČNI SKUP
Info-Teh® '97

ZBORNIK radova

Editori:

Dušan Starčević

Vladan Pantović

Vrnjačka Banja

16.-20. jun 1997.

25



JURIT

**Jugoslovensko udruženje za računarstvo , informatiku,
Telekomunikacije, automatizaciju i menadžment**

**Yugoslav Association for Computers, Information Technologies,
Telecommunications, Automation and Management**

**XII NAUČNO-STRUČNI SKUP
INFO-TEH '97**

ZBORNİK RADOVA

**PROCEEDINGS
OF THE TWELFTH
INNFO-TECH '97**

Editori / Editors:

**Dušan Starčević
Vladan Pantović**

Vrnjačka Banja, 16-20. jun 1997.

CONTRIBUTION TO DEVELOPMENT OF NEW TECHNOLOGIES

dr Milisav Kalajdžić, red. prof., Mašinski fakultet, Beograd
 dr Miloš Glavonjić, vanr. prof., Mašinski fakultet, Beograd
 Ivan Vasić, dipl. inž., asis. prip., Mašinski fakultet, Beograd
 Saša Živanović, dipl. inž., asis. prip., Mašinski fakultet, Beograd

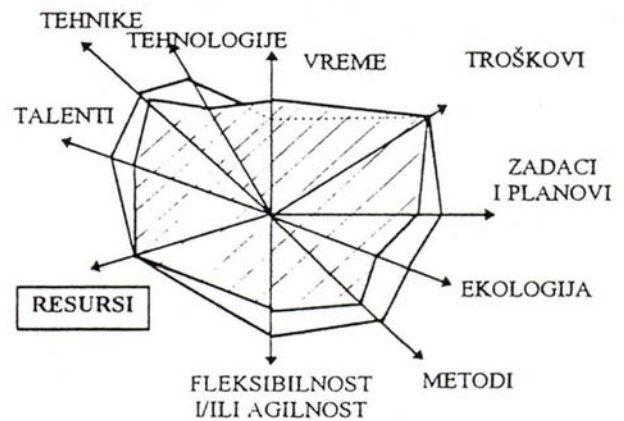
Apstrakt: Sredinom ovog veka za inženjera proizvodnog mašinstva je rečeno da je obrazovan, uvežban i iskusen poslenik u tehnologiji i organizaciji i da je kompetentan da prepozna faktore koji utiču na izradu proizvoda. On vodi tehnološke procese razvijanjem efektivne koordinacije napora kojima treba dostići potrebnu tačnost, proizvodnost i ekonomičnost. Ovde je to interpretirano egzistencijom modernih tehnoloških sistema koje karakterišu: agilnost, sinhronizacija, fleksibilnost i modularnost. Zasnovan im je prapočetak morfološkog prostora, procenjen im je sadašnji status i popisane su neke njihove osobine. Na jednom primeru je pokazano kako je na Mašinskom fakultetu u Beogradu postavljen metod projektovanja i gradnje komponenata jednog proizvoda.

Abstract: In the middle of this century, the production engineer is said to be educated skilled and experienced worker in technology and organization and competent to recognize factors which have effect on manufacture of products. He leads manufacturing processes by developing effective coordination of strengths which are necessary to obtain required accuracy, productivity and economy. Here, it is interpreted by existence of modern manufacturing systems which are characterized by: agility, synchronization, flexibility and modularity. Its morphological space is defined, their present state is estimated and some characteristics are listed. It is presented on one example how the design method and component building of one product is established at the Faculty of Mechanical Engineering in Belgrade.

1. MORFOLOŠKI PROSTOR TEHNOLOŠKIH SISTEMA

Dimenzije tog prostora mogu biti: fleksibilnost i/ili agilnost, metodi, ekologija, zadaci i planovi, tehnike, tehnologije, talenti, ali se ovde posebno naglašavaju resursi, slika 1. Ameboidno menjanje ovog prostora tehnoloških sistema, razdeljenog na postojeće (ostvareno) stanje i novo (očekivano), procenjeno u

trenutku posmatranja, na dimenzijama resursa, troškova i vremena bitno je ograničeno. To se može iskazati kao inverzija: prošlo je vreme kada su raspoloživi resursi raznih vrsta za sobom vukli razvoj i tehnoloških sistema, kada je bilo nedvosmisleno da čovek, kao iskonska mašina alatka, industrijskom revolucijom treba da bude zamenjen mašinama da bi sustigao granice koje su širili raspoloživi i otkriveni resursi.

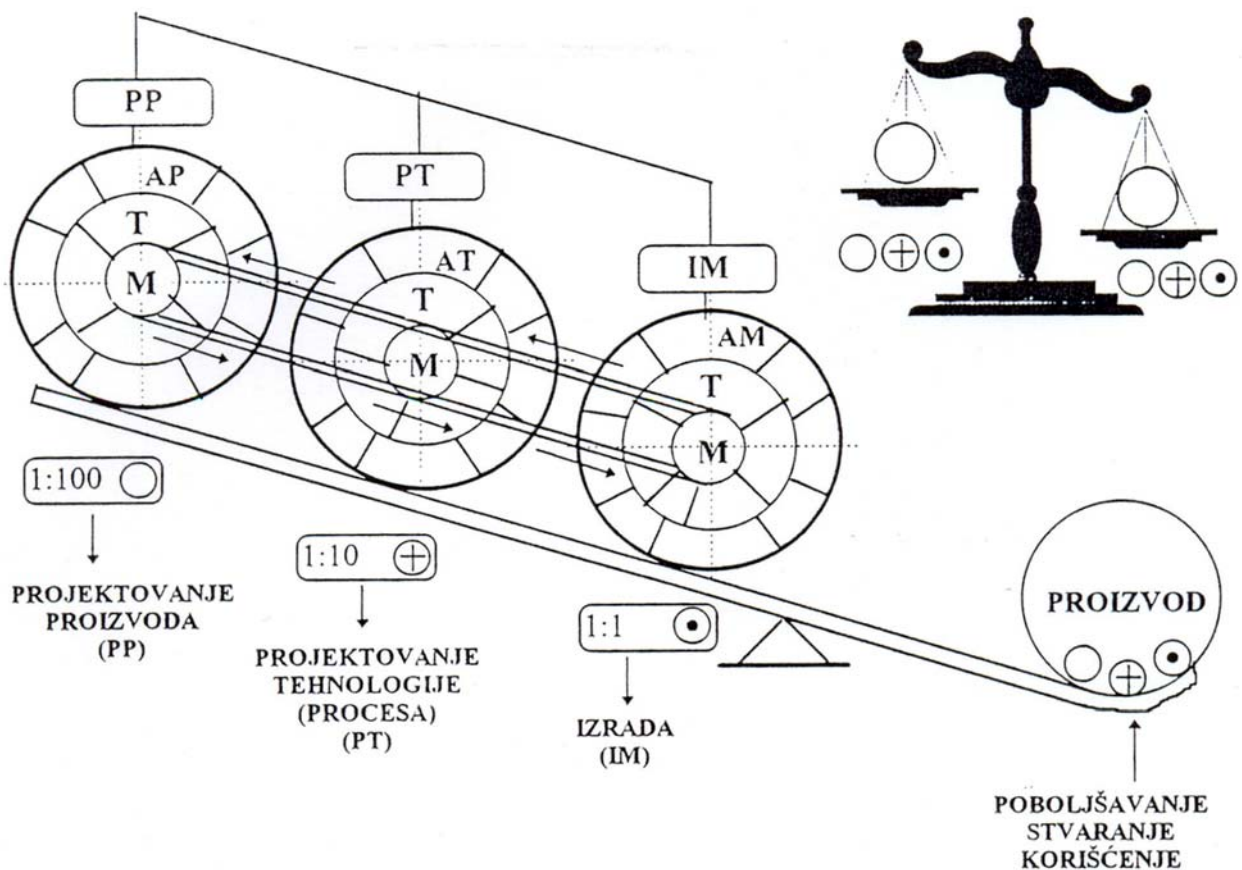


Slika 1. Jedan praorganizam tehnološkog sistema

Sada je potrebno učiniti inverziju putem stvaranja resursa kojima bi se održao zamah civilizacije. U osnovi se to svodi na neke prirodne i/ili veštačke debalanse kojima se u opstajanje i razvoj tehnoloških sistema unosi dovoljna energija. Više nego ranije ti debalanse se zasnivaju na znanjima i globalizaciji aktivnosti, uvažavajući i ove iskaze:

- znanje je mobilno i brzo se umnožava u kooperativnom radu,
- brzina učenja (i sticanja znanja) odlučujuće doprinosi uspehu koji se od učenja očekuje,
- znanje ne treba kriti nego uspostaviti efektivne procese učenja.

¹⁾ Radeno u okviru projekta 11E08PT1 "Istraživanje i osvajanje metoda, tehnologija i sredstava u cilju razvoja fabrika budućnosti i obezbeđenja tehnološke nezavisnosti i konkurentnosti u mašinogradnji", u čijem finansiranju učestvuje i Ministarstvo za nauku i tehnologiju Republike Srbije.

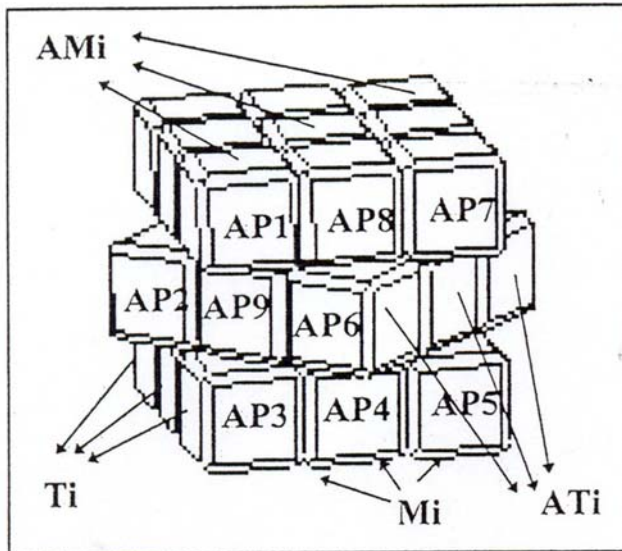


Slika 2. Debalansi u tehnologiji

- angažovanost na stvaranju novih resursa nije dovoljna ako se samo čeka na druge da to počnu: potreban je napor da se to čini samostalno i napor da se te inicijative uspostave i sa drugima.

Ovo sve osobiti značaj daje dimenziji talenata, tehnika i tehnologija. Tako se mogu stvoriti potrebni proizvodi, oživeti odabrane sredine, uspostaviti nove komunikacije u tehnološkim sistemima, sinhronizovati te komunikacije sa debalansom radi njegove valorizacije i slično. Jedna interpretacija takvog pokretanja razvoja pokazana je na slici 2. Osnov za debalans je novi proizvod, koji obično egzistira kao trojka: on sam, tehnologija za njega i tehnološki sistem za tu tehnologiju. Ekvivalentan je svom projektu PP, kojim je sve potonje već ustanovljeno, a to su: projekat tehnologije (PT) i izrada sa verifikacijom (IM), sve sa svojim stepenom uticaja na valjanost proizvoda, od 1:100 do 1:1. Zahtevima PP, PT, i IM proizvoda stvoren je debalans koji nekim sinhronizovanim aktivnostima treba da bude izravnat, odnosno, proizvod stvoren. Ta sinhronizacija aktivnosti, kao suprotnost debalansu, ilustrovana je triciklom sa točkovima IM, PT i PP koji na polugu razvoja nailazi u naznačenom smeru, dolazeći odnekud i odlazeći dalje kada ovaj krak poluge pretegne i taj proizvod podigne. Kretanjem pomoću lanaca u naznačenim smerovima pomoću metoda i modela (M) angažuju se timovi

(talenata) (T), koji svoju misiju vrše svojim alatima (u IM alatima AM; u PT alatima AT i u PP alatima AP). Ti alati mogu biti interpretirani kao razni neophodni metodi, tehnike i tehnologije. Formalno, debalans za novi proizvod može biti uspostavljen bilo kojom kombinacijom od stavki IM, PT i PP kako je na terazijama naznačeno. Stvaranje debalansa i resursa sa njim mora da ima balans u nekoj sinhronizaciji koja se za njega uspostavlja kao Rubikova kocka: traganjem za što skladnije složenim alatima AP (simbolično: od AP1 do AP9) na strani AP, alatima AM_i na strani AM, alatima AT_i na strani AT, timovima T_i na strani T, grupama modela M_i na strani M i proizvodima P_i na strani P, slika 3. Ciljevi mogu biti što kraće vreme egzistencije debalansa, što niži troškovi, što bolje uklapanje u okolinu po osnovu ekologije i slično, slika 1. Tako se uspostavlja bipol: novostvoreni resurs, kao vrtložni događaj u vidu novog proizvoda, novog znanja, nove tehnologije, nove komunikacije, nove sredine i sličnog, zaživljava u sredini koja se harmonično organizuje da od njega ima koristi, da sama potom postane vrtložna od nezadovoljstva inovacijom, što treba da da novi resurs na mestu starog, koji je svoj vrtlog umirio. Ako se pritom očekuje da samo petina inovacionih planova uspe, onda svakako treba što pre stvoriti svih pet petina da bi se ostvarila prava.



Slika 3. Traženje mesta za nove proizvode

2. AGILNOST I SINHRONIZACIJA TEHNOLOŠKOG SISTEMA

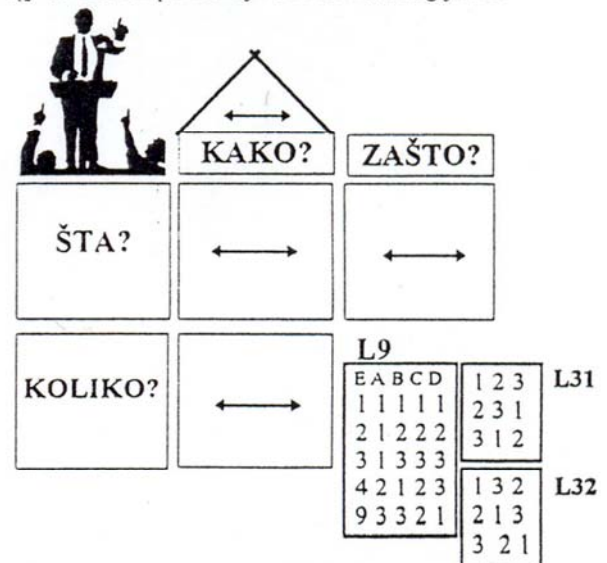
Za osnov takvih sprege potencijala inovacije i kapaciteta tehnoloških sistema ovde su formulisane razne ekvivalencije kojima se može vršiti preslikavanje sa jednog na drugi čvor takve sprege. Neke od njih su:

- e_1 informacija i upravljanja,
- e_2 geometrije i kinematike,
- e_3 mašine alatke i mašinskog dela,
- e_4 raznih modela,
- e_5 prirode i artifakata,
- e_6 proizvodnog mašinstva i mašinogradnje,
- e_7 agilnosti, sinhronizacije i fleksibilnosti,
- e_8 kupca i prodavca,
- e_9 proizvoda i tržišta,
- e_{10} tehnološkog i ekspertnog sistema,
- e_{11} vremena i novca.

Upravljanje, pa i numeričko, ovde nije sinteza (električnih) servosistema, već navigacija radno sposobne mašine alatke u odnosu na geometriju i tehnologiju datog mašinskog dela, koja se može svesti na prijem i obradu informacija o tome (e_1). U tome se geometrija dela, koja je formulisana nekim sistemom za CAD, može prevesti u kinematiku mašine alatke dodavanjem potrebnih podataka o brzinama, što se može interpretirati kao CAMachining, ne CAManufacturing u e_7 . Preslikavanja je najlakše vršiti sa modela na model u e_4 . Oni mogu biti razni, po pravilu raznorodni: *.IGS; *.STL; *.CLF; *.CNC; *.APT; *.LST; *.NUMM, ali i analitički, fizički, prototipovi i slični. Ako treba napraviti sinhronizaciju, onda to znači da se planira aktiviranje nekog od preslikavanja sa ovim ekvivalencijama. Na primer: ako žamor tržišta, koje ima novac, a nema vreme da čeka (e_{11}), vešta firma ume da oblikuje u proizvod (e_9), onda se uspostavlja sinhronizacija prodavca - proizvođača i kupca (e_2) u kojoj se ne zna ko je u čijoj kući. Model jednog takvog procesa, interpretiran kućom kvaliteta i projektovanjem eksperimentisanjem, pokazan je na slici 4.

Eksperimentisanje je sa skraćenim eksperimentima (E) sa faktorima A, B, C, D, planiranim po latinskom kvadratu L9 korišćenjem latinskih kvadrata L31 i L32 za trofaktorne slučajeve. Tim eksperimentisanjem bi se podesili parametri inženjerske interpretacije (KAKO? i KOLIKO?) i žamora kupca (ŠTA?). Tako bi se mogle uspostaviti dve situacije e_8 . Prva je formalno ispravna i globalna: pronalaziti u okruženju šta je važno (slika 4.), kompletira IM, PT i PP sa slike 2. sa minimumom varijacije zbog navodjenja na prirodni domen menjanja tih parametara i metodima simultanog inženjerstva traži njihov optimumu pre izlaska na tržište, po pravilu pre od konkurencije. Druga je formalno manje ispravna, a moguća i česta: interno se određuju zahtevi smatrajući da je sve važno, IM, PT, iPP se propisuju i navode na projektno stanje, korekcije se vrše u toku reakcija na primedbe kupaca. U svakom od tih slučajeva tehnološki sistem mora da ima i svojstva agilnosti, modularnosti, fleksibilnosti i sinhronizovanosti sa inovacionim ciklusima. Agilnost se može tumačiti kao sposobnost opstajanja i napredovanja u prestižnom okruženju sa neprekidnim menjanjem stanja putem efikasnog reagovanja na brze promene zahteva tržišta i kupaca. Ima i ove osobine:

- a_1 integracija poslovanja,
- a_2 mera je valjanosti poslovanja iskazana stvorenim proizvodima,
- a_3 obezbeđuje kooperaciju i globalizaciju,
- a_4 iskazuje se sintezom modularnosti, fleksibilnosti, automatizacije mašina, veština ljudi i sličnim fenomenima,
- a_5 vidljiva je u okruženju,
- a_6 iskazuje redundantnost tehnološkog sistema u donosu na zahteve okruženja,
- a_7 podstiče ograničenost trajanja saradnji timova,
- a_8 afirmiše ravnopravnost, timskog i pojedinačnog rada,
- a_9 ima policentrijsku koordinaciju,
- a_{10} koristi eksperimentisanje,
- a_{11} uzda se u edukaciju,
- a_{12} računa na podsticaje od teletehnologija itd.



Slika 4. Primer sinhronizacije prodavca i kupca pomoću tehnologije

Ukratko, to je totalna integracija poslovanja, vidljiva i iz okruženja, koja se zasniva na komunikativnosti na bazi sinhronizacija. One mogu imati i ove osobine:

- s₁ uporednost odvijanja aktivnosti uključujući i usaglašavanje u trojci (PP; PT; IM),
- s₂ favorizovanje timskog rada,
- s₃ hijerarhijska koordinacija,
- s₄ aktivacija etalonom,
- s₅ ekvivalencija sa prirodnim procesima,
- s₆ iskazivanje kao frontalna, holonska, modularna i slična struktura,
- s₇ umerenost u redundanciji u donosu na zahteve za poslovanje itd.

Paradigme ovakvih modernih tehnoloških sistema bazirane su na računarskoj tehnologiji. Moguće je da za nešto bude upotrebljen specijalizovan računar (kao što su CNC i PLC), ali i računari opšte namene (kao što su stanice za CAD, CAE) i pomoćni (za komunikacije, identifikacije i slično). Po izglednosti trajanja tih konfiguracija one se povremeno transformišu u pogodnije konfiguracije. Ovom prilikom im se ističe osnovna namena: pravovremeno i efektno reagovati na stvoreni resurs.

3. ZAKLJUČAK

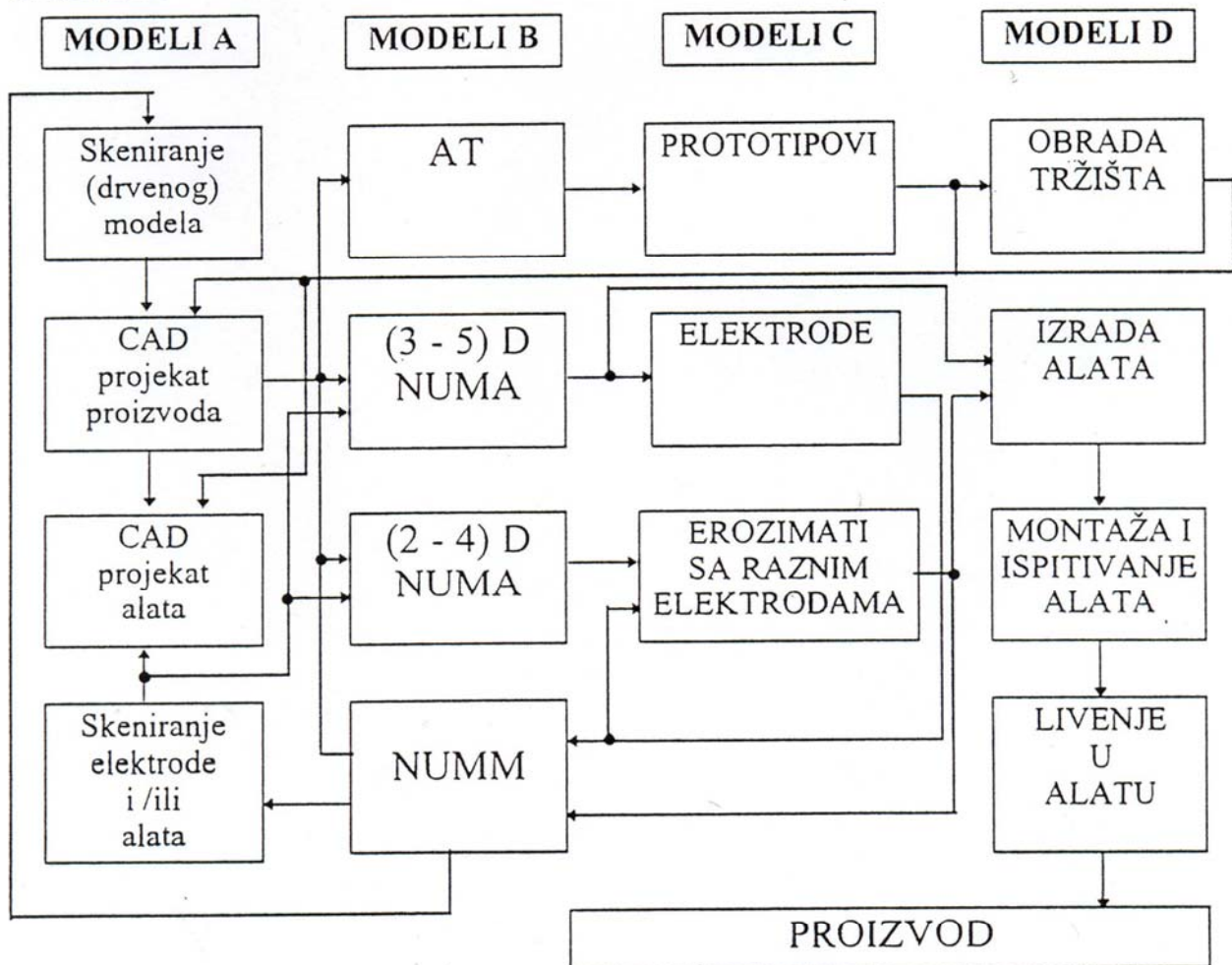
U našim uslovima je moguće ponuditi ove paradigme u domenu tehnoloških sistema [1.2.3]:

- agilni tehnološki sistemi,
- nove strukture fleksibilnih tehnoloških sistema,
- mašine alatke nove generacije,
- navigacija obradnog sistema
- edukacioni fleksibilni tehnološki sistemi itd.

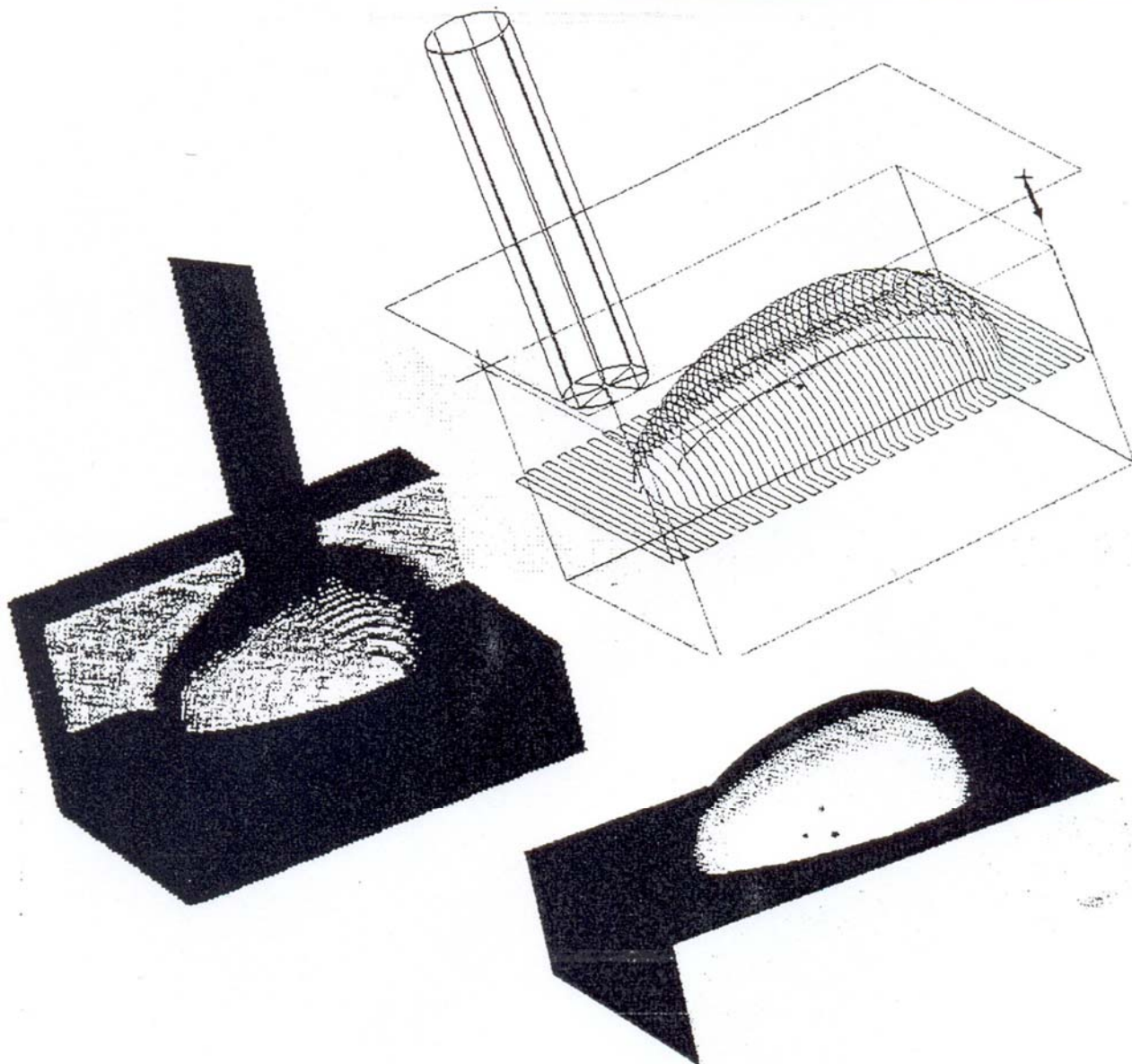
Proizvodno mašinstvo danas ima razne pokrete. Neki od njih su:

- brza izrada prototipova [1-6],
- nanotehnologija [7],
- adaptivni inteligentni sistemi [8],
- edukacija [9, 10],
- modeliranje i simulacija [11],
- simultano inženjerstvo [1, 2, 3, 12, 13] itd.

Proizvodno mašinstvo Mašinskog fakulteta u Beogradu većinu ovih strategija ima u svojoj tradiciji. Može uspešno voditi sinhronizaciju raznih vrsta pa i ovih prikazanih na slici 5.



Slika 5. Jedna grupa ekvivalenata modela i sinhronizacija u tehnologiji



Slika 6. Primer jedne inkubacije

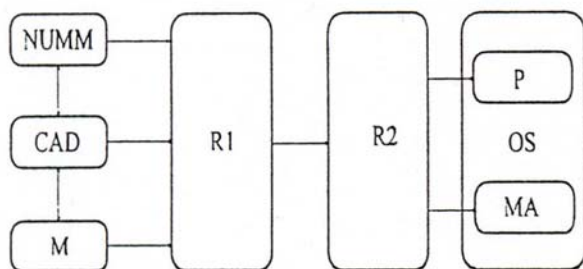
Nekim od ovih puteva moguće je preći ceo put od ideje do gotovog proizvoda. Različiti modeli pri tome reprezentuju proizvod, svaki na svoj način, bilo da je to CAD projekat, gde su geometrijski oblici zapisani u određenom formatu, program za obradu dala na NUMA, prototip izraden na osnovu tog programa ili krajnji proizvod. Očigledna je koegzistencija ovih modela i postojanje odgovarajućih veza.

Koncept simultanog inženjerstva je zadržao hijerarhiju ovih modela, ali je vremensku osu učinio nezavisnom (ili manje zavisnom) od stadijuma razvoja proizvoda. Time je omogućeno paralelno razvijanje modela umesto njihovog nasleđivanja.

Konkretni primer je dat na slici 6. gde su istovremeno prikazani proizvod, putanja (program) obrade i simulacija procesa uklanjanja materijala. Inkubacija

ovog proizvoda oblika polovine jajeta je izvršena u Institutu za proizvodno mašinstvo i računarski integrisane tehnologije, na Mašinskom fakultetu. Formalno je izvršen prolaz jednim od puteva sa slike 5., ali stvarni razvoj proizvoda nije pratio sled modela, već ih je formirao po trećoj, vremenskoj osi. Celokupan zadatak je rešen u okviru Pro/ENGINEER okruženja [14] koje obezbeđuje punu asocijativnost svih projektantskih modula, čime se održava konzistentnost proizvoda od definisanog geometrijskog modela do njegove izrade. Sve izmene učinjene na modelu proizvoda, putanji alata ili tehničkoj dokumentaciji su se ogledale istovremeno u svim ostalim delovima projekta. Time je, simultano, u vrlo kratkom vremenu proizvod bio razvijen, pa zatim i izraden na obradnom centru ILR HMC 500, takođe u prostorijama Instituta.

Garnitura opreme za ovaj eksperiment pokazana je na slici 7. CAD radno mesto je na bazi računara Pentium i ima instalisane pakete Pro/ENGINEER i Pro/MECHANICA. R1 je računar za prenos programa na obradni centar i na bazi je PC 286, dok je R2 računar FANUC OMC za upravljanje obradnim centrom ILR HMC 500. Tehnološki modul u CAD radnom mestu priprema program za obradu vršeći transformaciju CAD modela u *.CLF, pa u *.CNC model (format). Za kontrolu obradjenog dela može da se koristi i numerički upravljana merna mašina (NUMM), na primer ZEISS UMC 850. Poseban model (M) ovde nije pravljjen.



Slika 7. Struktura opreme za eksperiment

4. LITERATURA

Ovom prilikom je formirano jedno vidjenje naprednih tehnologija u proizvodnom mašinstvu, a onda upoređeno sa drugim pristupima. Otuda je ovo spisak dela literature koja je korišćena radi kontrole sopstvenih stavova, a ne za njihovo formiranje.

[1] Kalajdžić M., Glavonjić M., *Fleksibilni tehnološki sistem u Institutu za proizvodno mašinstvo i kompjuterski integrisane tehnologije*, 22. JUPITER Konferencija, Zbornik radova, Beograd (1995), str. 1-8.

[2] Kalajdžić M., Glavonjić M., *Fleksibilna tehnologija obrade delova i povezivanje CAD sa sistemom upravljanja FLEXI 500-2*, Elaborat FTS 03-97, Mašinski fakultet, Institut za proizvodno mašinstvo i CIM, Beograd (1997).

[3] Milačić V., *Kompetitivnost nacije i globalizacija razvoja*, JUPITER Sistem, Beograd (1993).

[4] Kachan D. (Ed.), *Solid Freeform Manufacturing*, Elsevier, Amsterdam (1993).

[5] Kruth J., *New Manufacturing Techniques for Rapid Prototyping and Concurrent Engineering*, in: *Manufacturing in the Era of Concurrent Engineering*, G. Halevi and R. D. Weill (Editors), Elsevier Science Publishers (1992), pp 51-80

[6] Gupta R., Trouset Y., Picard C., Romeas R., *3-D Vascular Reconstruction on a standard X-ray Angiography machine*, in: *Balanced Automation Systems*, Camarinha M.L. and Atsarmanesh H. (Ed.), Chapman and Hall, London (1995), pp.

[7] Taniguchi N., *The State of the Art of Nanotechnology for Processing of Ultraprecision and Ultrafine Products*, *Precision Engineering* 16 (1993) 1, pp 5-24.

[8] Hatamura Y., Nagao T., Mitsuishi M., *A fundamental Structure for intelligent Manufacturing*, *Precision Engineering* 16 (1993) 4, pp 266-273.

[9] BJORKE O., *A new Approach to Manufacturing Engineering Education*, *Annals of the CIRP* 41/1/1992, pp 573-576

[10] Ewersheim W., Klocke F., Pfeifer T., Weck M. (Hrsg), *Wetbewerbsfaktor Produktionstechnik*, Aachener Perspektiven, Aachener Werkzeugmaschinenkolloquium '96, VDI Verlag (1996).

[11] Askin R., Stondridge C., *Modelling and Analysis of Manufacturing Systems*, John Weley & Sons, New York (1993).

[12] Prasad B., *Concurrent Engineering Fundamentals, Integrated Product and Process Organisation*, Prentice Hall PTR, New Jersey (1996)

[13] Toenshoff K., *Werkzeugmaschinen. Grundlagen*, Springer Lehrbuch, Springer (1995)

[14] *Pro/MFG & Pro/NC-CHECK. User's guide*, PTC (1996)