

## ZNAČAJ SIMULTANOG PROJEKTOVANJA U KOMPANIJAMA

### THE IMPORTANCE OF CONCURRENT ENGINEERING IN COMPANIES

Miloš Ristić, *Visoka tehnička škola strukovnih studija u Nišu, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

**Sadržaj** – Ovaj rad prikazuje prednosti simultanog projektovanja proizvoda i tehnologija u odnosu nad tradicionalnim sekvencijalnim projektovanjem, ukazujući na važnost integracije konstrukcije i proizvoda objedinjenih u metodologiji projektovanja za proizvodnju. Rad posvećuje pažnju i protoku informacija tragova i čvorova u procesu razvoja proizvoda.

**Ključne reči:** Simultano projektovanje /Konkurentno inženjerstvo (CE)/, Trag i čvor tehnologija, Projektovanje za proizvodnju.

**Abstract** - This paper shows the advantages of simultaneous engineering of products and technologies in comparison to sequential engineering, pointing out the importance of integrating construction and products combined into the methodology of design for manufacturing. The paper also deals with the information flow of traces and nodes in the product development process.

**Key words:** Simultaneous engineering /Concurrent engineering (CE)/, Track and loop technology, Design for manufacturing (DFM).

#### 1. UVOD

Iako troškovi procesa projektovanja proizvoda učestvuju u malom delu ukupne cene proizvoda, odluke koje se donose tokom ovog procesa utiču na značajan deo ukupnih troškova u stvaranju novog proizvoda i od suštinske su važnosti za tržišni uspeh ili neuspeh novog proizvoda. Obzirom da se troškovi koji nastaju zbog naknadnih izmena konstrukcije proizvoda uvećavaju sa vremenom, sposobnost da se vrše suštinske promene tokom razvoja proizvoda predstavlja veoma bitnu karakteristiku sistema jer se njime mogu ostvariti značajne uštede. Radi ostvarivanja ovog svojstva velika pažnja je posvećena integraciji konstrukcije i tehnologije. Ovi pokušaji su doveli do pojave metodologija projektovanja za proizvodnju (eng. *Design for Manufacturability (DFM)*) [1]. Važan segment DFM filozofije počiva na činjenici da inženjer konstruktor i inženjer proizvodnje počinju međusobno da saraduju još u najranijoj fazi razvoja proizvoda zajedno sa drugim članovima razvojnog tima koji po svojoj stručnosti pripadaju drugim oblastima, npr. tehnolozi, marketing menadžeri, prodavci, distributeri,... U inženjerskom delu ovde se izbegava efekat da konstruktor osmisli proizvod, a da onda prepusti inženjeru u proizvodnji da rešava zahteve koji mogu da budu komplikovani sa aspekta izrade proizvoda. Zajedničim radom ovih inženjera ostvaruje se i najveća ušteda u najranijim fazama procesa projektovanja i konstruisanja.

#### 2. SIMULTANO PROJEKTOVANJE PROIZVODA I TEHNOLOGIJE

Zahtevi da se novi proizvodi razvijaju brzo, da budu kvalitetni, a troškovi njihove proizvodnje što niži – postavili su nove ciljeve istraživanja u oblasti sistema za računarsko projektovanje proizvoda. Industrijska primena razvijenih sis-

tema za projektovanje proizvoda (CAD) i tehnologija (CAM) nije opravdala sva očekivanja jer se pokazalo da automatizacijom samo nekih od inženjerskih aktivnosti nije postignut neophodni kontinuitet u izvršenju automatizovanih aktivnosti inženjera [2]. Široka primena informacionih tehnologija u svim sferama proizvodnih sistema, za posledicu ima probleme kao što su:

- slaba sinhronizacija rada svih inženjera u razvojnom timu i njihova slaba komunikacija,
- problemi povezani sa rešavanjem 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. problemi integracije), i
- problemi računarskog modelovanja proizvoda tako da on sadrži sve neophodne podatke za sve razvojne aktivnosti u najpogodnijoj formi.

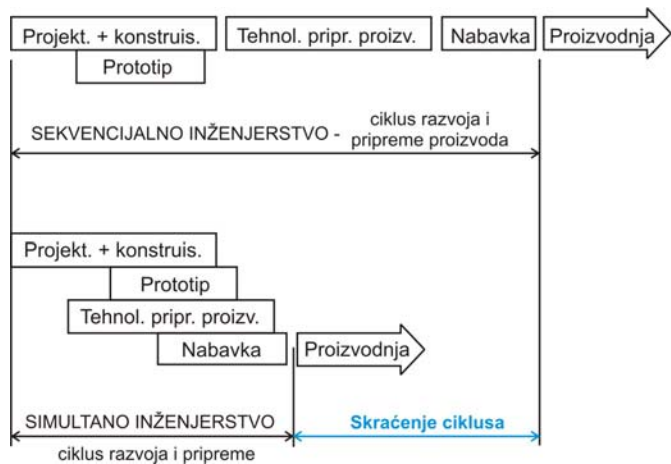
Rešenje za ove probleme se traži u tzv. konceptu simultanog projektovanja, a primenjuju se različite metode veštačke inteligencije i objektnog programiranja.

Simultano projektovanje, tj. simultano inženjerstvo (eng. *“simultaneous engineering”*) ili konkurentno inženjerstvo (eng. *“concurrent engineering – CE”*) je koncept projektovanja proizvoda u kome se simultano integriše široki spektar konstruktivnih, tehnoloških, ekonomskih i drugih zahteva, u cilju smanjenja vremena i troškova razvoja, a povećanja kvaliteta i vrednosti proizvoda [3]. Umesto tradicionalnog, sekvencijalnog, iterativnog i distributivnog projektovanja, koristi se paralelni, interaktivni i kooperativni timski rad. Simultanim 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, a on prilagođava dobijenim rezultatima (optimizacija oblika, kvaliteta materijala, izbor adekvatne tehnologije izrade i dr.). Obzirom da ovaj koncept potencira računarsku integraciju svih aktivnosti razvoja i realizacije proizvoda, poslednjih godina se često koristi i odrednica integrisan razvoj proizvoda i procesa (eng. *integrated product and process development*).

Treba primetiti da koncept simultanog (konkurentnog) [4] inženjerstva ne isključuje uobičajene faze razvoja i izrade proizvoda, već eliminiše njihovo sekvencijano izvođenje. Dakle, u jednom trenutku moguće je i čak obavezno izvršavanje različitih zadataka usmerenih ka realizaciji proizvoda. U okviru takvog paralelnog odvijanja većeg broja relevantnih aktivnosti mogu se izdvojiti sledeći ključni uticajni faktori koji određuju meru uspešnosti implementacije koncepta konkurentnog inženjerstva (CE): stručnjaci, zadaci, timski rad, tehnike, tehnologije, vreme, i alati.

Dok se u fazama detaljnog projektovanja primenjuju metode obrade podataka (proračuni, geometrijsko modelovanje i dr.), u fazama koncipiranja proizvoda je neophodno primeniti metode obrade znanja. Zato sistemi za simultano projektovanje moraju da imaju znatno veći stepen inteligencije od tradicionalnih CAD sistema ili MKE sistema, koji se primenjuju u završnoj fazi projektovanja.



Slika 1. Sekvencijalno i simultano inženjerstvo [5]

Da bi se ostvario paralelan tok izvođenja aktivnosti razvoja proizvoda neophodno je postojanje snažnih informacionih resursa u celokupnom okruženju. U tom smislu, savremeni CAD/CAM sistemi, projektovani tako da u svom domenu omogućavaju implementaciju koncepta simultanog inženjerstva, poseduju *jedinstvenu bazu podataka*, odnosno *programsko jezgro*, sa svim informacijama o modelu proizvoda i procesa.

Sistem za simultano projektovanje sastoji se od tzv. izvora znanja, u kojima se koristi neko postojeće znanje koje se na određeni način ugrađuje u proizvod, u toku njegovog definisanja ili određivanja tehnologije njegove proizvodnje. Izvor znanja može biti čovek (projektant, konstruktor, tehnolog) ili neki programski sistem koji inženjersku aktivnost automatizuje do izvesnog stepena.



Slika 2. Izvori znanja sistema za simultano projektovanje

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.

Jedan od osnovnih činioca povezivanja svih izvora znanja je i *model proizvoda* [6]. 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.

### 3. SIMULTANI RAZVOJ PROIZVODA

Simultani (kao i sekvencijalni razvoj proizvoda) obično se sastoji od sedam grupa aktivnosti:

- 1) Definicija ciljeva;
- 2) Planiranje proizvoda;
- 3) Projektovanje i konstruisanje;
- 4) Planiranje proizvodnog procesa;
- 5) Proizvodnja;
- 6) Izrada i montaža; i
- 7) Isporuka.

U simultanom razvoju proizvoda [7] postoji interakcija između pojedinačnih grupa aktivnosti dok u sekvencijalnom razvoju proizvoda ne postoji interakcija. Tip čvora definiše tip saradnje između aktivnosti koje se preklapaju. Winner [8] predlaže upotrebu 3-T čvora. Korišćenje 3-T čvora je proces razvoja proizvoda koji se sastoje od pet 3-T čvorova.

Na osnovu zahteva i restrikcija u svakom čvoru izvrši se transformacija ulaznih informacija u izlazne, kao što je predstavljeno na dijagramu protoka informacija tragova i čvorova u procesu razvoja proizvoda (slika 5).

Analiza tragova i čvorova procesa razvoja proizvoda, otkriva da simultano inženjerstvo nije moguće bez dobro organizovanog timskog rada.

#### 4. USPOSTAVLJENJE RADNIH GRUPA I TIMSKE STRUKTURE U KOMPANIJAMA

Simultano inženjerstvo bazira se na multidisciplinarnom timu za razvoj proizvoda (eng. *Product Development Team (PDT)*) [9]. Članovi PDTa su profesionalci iz različitih delova kompanije i predstavnici strateških dobavljača i klijenata.

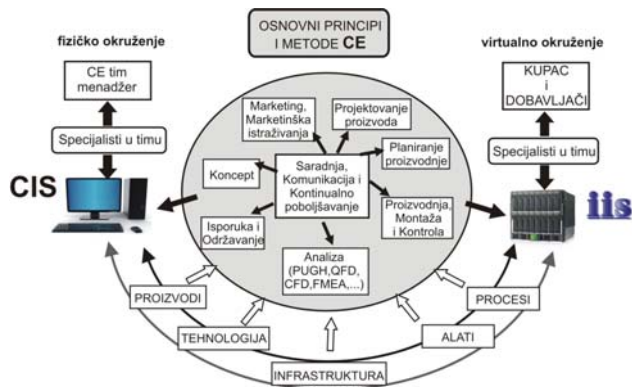
Članovi tima komuniciraju putem centralnog informacijskog sistema (eng. *Central Information System – CIS*) koji timu obezbeđuje podatke o procesima, alatima, infrastrukturi, tehnologiji i postojećim proizvodima kompanije. Predstavnici strateških dobavljača i kupaca, zbog njihove udaljenosti od kompanije, u timu učestvuju samo virtuelno, koristeći Internet tehnologiju (*IIS – Internet information system*) koji im omogućava da koriste iste alate i tehnologije kao i članovi tima unutar kompanije [9].

PDT struktura može da se menja u različitim fazama razvoja proizvoda. Tim se sastoji od raznih radnih grupa u različitim fazama razvoja proizvoda. Svaka radna grupa se sastoji od četiri osnovna tima [10]:

- Logički tim obezbeđuje da se ceo proces razvoja proizvoda podeli u pojedinačne logičke jedinice (operacije, zadatke) i definiše interfejsove i veze između pojedinačnih jedinica procesa.
- Tim personala mora da nađe ljude za tim za razvoj proizvoda, obučih ih i motiviše, i da obezbedi odgovarajuću platu.
- Tehnološki tim je odgovoran za kreiranje strategije i samog koncepta. Ovaj tim treba da se koncentriše prvenstveno na kvalitet proizvoda i minimalne troškove.
- Virtualni tim radi u okviru kompjuterskih modula i daje ostalim članovima PDTa tražene informacije.

Cilj simultanog inženjerstva je da dostigne najbolju moguću saradnju među gorenavedenim timovima unutar radne grupe. Opšte pravilo je da bi multidisciplinarni timovi za razvoj proizvoda trebalo da budu strukturisani tako da se postignu sledeći ciljevi:

- Tačna definicija kompetenci i odgovornosti
- Kratak put odlučivanja
- Identifikacija članova tima sa proizvodom koji se razvija

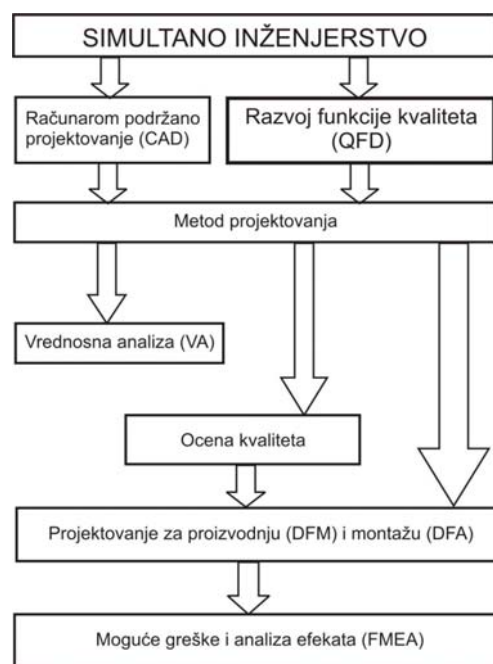


Slika 3. Tim za razvoj proizvoda

Da bi izvršili ovu procenu na slici 4 dat je pregled osnovnih alata koji podržavaju simultano inženjerstvo, kako bi saznali koji alati se već koriste u kompaniji.

Istraživanja o dostupnosti osnovnih alata koji se koriste u simultanom inženjerstvu u kompaniji orijentisana na primenu simultanog projektovanja otkrila je da:

- Zaposleni u kompaniji nalaze rešenje za problem timskim radom,
- Kompanija koristi CAD softver,
- Kompanija još ne primenjuje metode razvoja funkcija kvaliteta (QFD), vrednosne analiza (VA), projektovanje za proizvodnju (DFM) i projektovanje za montažu (DFA), kao i način rada (režim) pri neuspehu i metod analize efekata (FMEA).



Slika 4. Pregled osnovnih alata simultanog inženjerstva

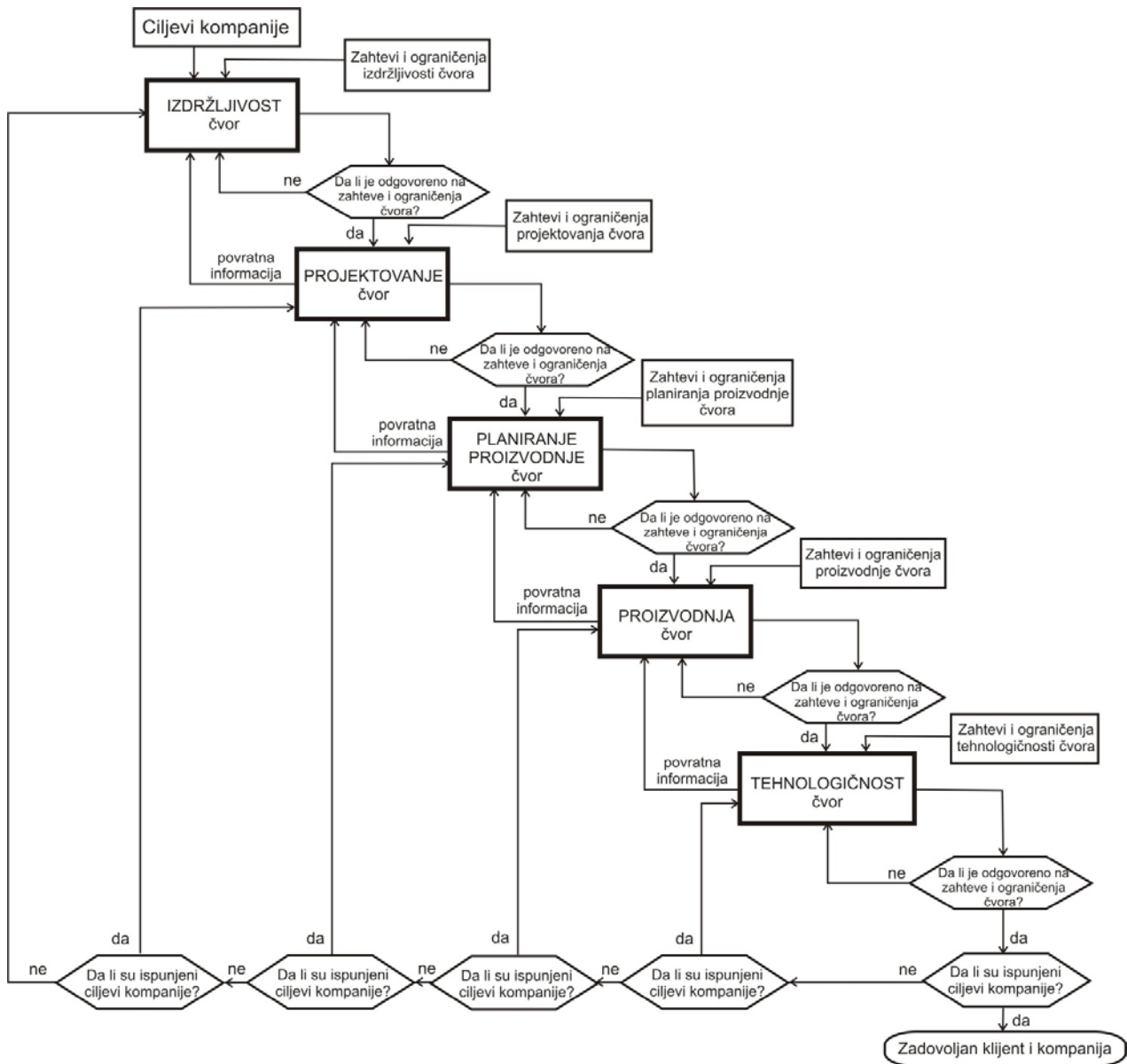
#### 5. ZAKLJUČAK

Svetsko tržište zahteva kratko vreme razvoja proizvoda čime su male kompanije primorane da pređu sa sekvencijalnog na simultani razvoj proizvoda.

Osnovni element simultanog razvoja proizvoda je timski rad gde se posebna pažnja posvećuje formiranju, strukturi i organizaciji timova u kompanijama. Istraživanja su pokazala da bi radna grupa u malim kompanijama trebalo da se sastoji od samo dva tima (logički i tehnološki tim) umesto od četiri, kao i da su struktura koja uključuje dva tima (stalni osnovni tim i promenljivi projektni tim) i matricu organizacije kompanije pogodniji za male kompanije.

Implementacija alata i metoda za podršku simultanom inženjerstvu, preduslov je simultanom razvoju proizvoda.

Saradnja inženjera konstruktora i inženjera proizvodnje sa aspekta njihove odgovornosti utiče u velikoj meri na razvoj i ukupne troškove proizvoda. Njihov timski rad u najranijim fazama procesa projektovanja i konstruisanja uz korišćenje savremenih CAD/CAM/CAPP sistema obezbeđuje ogromnu uštedu u vremenu potrebnom da se proizvod nađe na tržištu.



Slika 5. Dijagram protoka informacija u trag i čvor procesu razvoja proizvoda

## LITERATURA

- [1] G. Boothroyd, P. Dewhurst, and W. A. Knight, *Product design for manufacture and assembly*, CRC Press, New York, 2001.
- [2] D. Mišić, *Simultano projektovanje rotacionih delova i tehnoloških procesa obrade rezanje*, magistarski rad, Mašinski fakultet u Nišu, Niš, 1998.
- [3] H-J. Bullinger, J. Warschat, *Forschungs- und Entwicklungsmanagement: simultaneous engineering, Projektmanagement, Produktplanung, rapid product development*. Stuttgart: Teubner, 1997.
- [4] G. Devedžić, *CAD/CAM tehnologije*, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 2006.
- [5] M. Perinić, *Tehnološki procesi*, Tehnički fakultet u Rijeci, Rijeka 2008.
- [6] Manić M., Miltenović V., Stojković M., Banić M., *Feature Models in Virtual Product Development*.
- [7] M. Starbek, J. Grum, *Concurrent engineering in small companies*, International Journal of Machine Tools & Manufacture 42 (2002) pp. 417–426
- [8] Winner R.I., *The Role of Concurrent Engineering in Weapons System Acquisition*, IDA Report R-338, Institute for Defence Analysis, Alexandria, VA, 1988.
- [9] M. Starbek, J. Kusar, P. Jenko, *Building a concurrent engineering support information system*, 32<sup>nd</sup> CIRP International Seminar on Manufacturing System, Division PMA, Katholieke Universitet Leuven, Belgium, 1999.
- [10] B. Prasad, *Integrated Product and Process Organization*, Concurrent Engineering Fundamentals, vol. I, Prentice Hall PTR, Englewood Cliffs, NJ, 1996, pp. 216–276.