



## ICT KOMPETENCIJE U DISTRIBURANIM PROIZVODNIM SISTEMIMA\*)

### ICT COMPETENCES IN DISTRIBUTED MANUFACTURING SYSTEMS

dr Goran Devedžić<sup>1)</sup>, dr Miladin Stefanović<sup>2)</sup>

**Rezime:** Koncept distribuiranih proizvodnih sistema zasnovan je na povezivanju dve ili više organizacionih jedinica radi kolaborativnog razvoja proizvoda i/ili izođenja proizvodnih procesa. Takve sisteme odlikuje otvorena i fleksibilna organizaciona struktura u kojoj zaposleni pored tehničkih kvalifikacija moraju posedovati i kompetencije iz oblasti informacionih i komunikacionih (ICT) tehnologija. Takve kompetencije određuju konkurentsku sposobnost i profitabilno opstajanje na globalnom tržištu. Obrazovanje proizvodnih inženjera i menadžera u oblasti ICT tehnologija predstavlja osnov saradnje i timskog rada na razvoju i realizaciji proizvoda u distribuiranim proizvodnim sistemima. U radu su istaknute bitne karakteristike obrazovanja proizvodnih inženjera i menadžera i njihov značaj u procesu stvaranja ICT kompetencija u distribuiranim proizvodnim sistemima.

**Ključne reči:** Informacione i komunikacione tehnologije, kompetencije, distribuirani proizvodni sistemi

**Abstract:** The concept of distributed manufacturing refers to a structure of two or more organisational units connected for the purpose of collaborative product development and/or collaborative order processing. Such systems characterize open and flexible organisational structures with strong requirements for competences in information and communication technologies (ICT) in addition to technical qualification of employees. Such competences define competitiveness and sustainable profitable presence in the global market. Education of production engineers and technology managers in the field of ICT technologies creates the foundation of cooperation and teamwork directed to product and process development within distributed manufacturing systems. The paper points out key characteristics and significance of ICT competences of production engineers and technology managers within distributed manufacturing as regular segment of education and training process.

**Key words:** Information and communication technologies, Competences, Distributed manufacturing systems

## 1. UVOD

Prodori učinjeni u oblasti proizvodnih sistema doveli su do pojave mnogih novih koncepata. Kao najznačajniji izdvajaju se agilni i rekonfigurabilni proizvodni sistemi, holonski sistemi, fraktalne fabrike, inteligentni proizvodni sistemi, itd. Jedan od osnovnih preduslova za ostvarivanje ovih koncepata vezan je za razvoj računarstva i informacionih tehnologija. Posebno veliki uticaj na ostvarivanje automatizacije postupaka razvoja i realizacije proizvoda i procesa, kao i ukupnog

poslovanja savremenih proizvodnih sistema ima globalna računarska mreža, odnosno Internet. Intenzivnom primenom savremenih informacionih i komunikacionih tehnologija ("Information and Communication Technologies – ICT") prevaziđen je jedan broj poteškoća u organizovanju, sprovođenju i realizaciji inženjerskih zadataka. Sa druge strane, ove tehnologije su izazvale pojavu nekih novih konstruktorsko-proizvodno-poslovnih koncepata. Među njima su, svakako, kolaborativno projektovanje ("collaborative design"), distribuirani proizvodni sistemi ("distributed

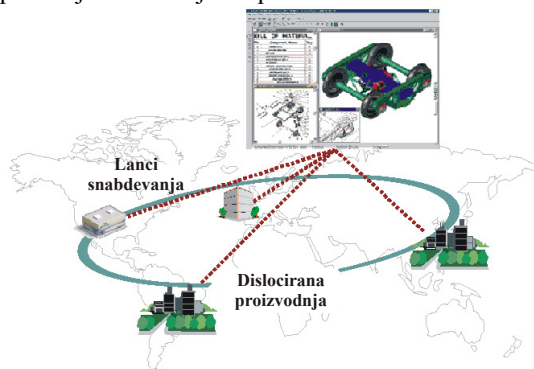
1) Prof. Dr Goran Devedžić, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, e-pošta: cirpis@kg.ac.yu

2) Doc. Dr Miladin Stefanović, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, e-pošta: miladin@kg.ac.yu

\*) Rad sadrži deo rezultata dobijenih u okviru projekta TR-6218A: "Razvoj softverskih rešenja u Internet/Intranet okruženju za integrisani razvoj proizvoda i procesa", koga finansira Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije

manufacturing”), Internet poslovanje (“e-Commerce, e-Business”), itd.

Razvoj proizvoda i procesa danas se odvija u uslovima velike tržišne konkurencije, koju, između ostalog, karakterišu česte i brze promene uslova pod kojima se odvija poslovanje. Sem toga, suštinsko obeležje takvog razvoja podrazumeva zajednički rad više dislociranih partnerskih firmi (Sl.1). To se odnosi na saradnju u oblasti projektovanja, snabdevanja, proizvodnje i ukupnog poslovanja. U takvim odnosima distribuiranih proizvodnih sistema neophodno je da se sve karakteristike, promene i potrebe vezane za razvoj proizvoda i procesa pravovremeno dostave relevantnim učesnicima, kao i da im se omogući pristup potrebnim podacima i informacijama “svuda i u svakom trenutku”. Jedan od osnovnih uslova za uspešnost u tom smislu predstavlja obezbeđivanje kontinualnog praćenja svih relevantnih podprocesa, kao i jasna i brza komunikacija između partnera. Imajući u vidu prednosti modernih komunikacionih sistema pojedini segmenti životnog ciklusa proizvoda dobijaju dimenziju mobilnosti, što za sebe dovoljno govori o važnosti sprežavanja ovih tehnologija. Sve ovo navodi da se za ispunjenje zahteva koji proističu iz savremenog proizvodnog i poslovnog okruženja, na brz, kvalitetan i ekonomski opravdan način, intenzivna primena informacionih i komunikacionih (ICT) tehnologija postavlja se kao ključni preduslov.



**Slika 1- Kolaborativni aspekt distribuiranih proizvodnih sistema**

Saglasno iznetim proizvodnim i poslovnim trendovima aktivira se i pitanje obrazovanja inženjera i stručnjaka drugih profila, sposobnim da odgovore na postavljene izazove. U cilju zadovoljenja potreba razvoja tehnike i tehnologije inicira se stalno preispitivanje, promene i usaglašavanje sadržaja i načina obrazovanja. Pri tom obrazovanje obuhvata sticanje, ovladavanje i usavršavanje veština i znanja u različitim etapama i na različitim nivoima, saglasno civilizacijskim i potrebama okruženja. Imajući u vidu značaj i uticaj, a reklo bi se i neminovnost, informacionih tehnologija u različitim oblastima ljudskog života i

rada, trendovi u obrazovanju pokazuju jasnu saglasnost u tom smislu. S tim u vezi, obrazovanje u oblasti inženjerstva neizostavno uključuje različite oblasti informacionih tehnologija [1,2,3,4,7,10,11,14]. Njihova važnost se ogleda u naglašenim *kompetencijama* inženjera u korišćenju ICT tehnologija u okruženju distribuiranog razvoja proizvoda i procesa. Takva kompetentnost je ključ konkurentne sposobnosti i održivosti na savremenom tržištu.

Međutim, iako o ovome postoji velika saglasnost u stručnim krugovima, načini obrazovanja i kurikulumi studija u našoj zemlji ne zadovoljavaju u potpunosti te potrebe. Bolonjski proces je inicirao nužne promene, ali će za usaglašavanje (prvih) rezultata biti neophodna dodatna energija, resursi i vreme. Uz to, u proteklih nekoliko godina TEMPUS i WUS projekti značajno su doprineli pokretanju reformi u visokom školstvu, kao i boljem razumevanju obrazovnih trendova i koncepata, pogotovu u oblasti ICT tehnologija. Dalji razvoj i unapređenje kurikuluma obrazovanja inženjera u oblasti proizvodnih tehnologija i menadžmenta, koji naglašava intenzivnu primenu ICT tehnologija, od ogromne je važnosti za izgradnju kompetencija uključivanja i opstanka na (globalnom) tržištu.

U radu iznosimo neke od bitnih činilaca obrazovanja inženjera za ICT tehnologije u okviru proizvodnih tehnologija i menadžmenta. Nasleđe i trenutno stanje u ovoj oblasti ukratko su opisani u sledećem poglavlju. Treće poglavlje razmatra izazove obrazovanja za ICT tehnologije, kao osnove kompetencija savremenih inženjera. Na kraju rada je kroz diskusiju i zaključke data rekapitulacija smernica proisteklih iz identifikovanih trendova.

## **2. NASLEĐE I TRENUTNO STANJE U OBRAZOVANJU INŽENJERA ZA ICT TEHNOLOGIJE**

Oblast projektovanja proizvoda i procesa predstavlja okosnicu obrazovanja mašinskih inženjera [8,9]. Njen položaj i značaj, kao i konkretna implementacija, neretko su odraz društvenih, ekonomskih, kulturnih, pa i političkih okolnosti, koje se, uz to, neprestano menjaju. Sa druge strane, oblast menadžmenta proizvodnih tehnologija proteklih godina privlači sve više pažnje stručnjaka iz industrije i studenata [14]. Ona je uglavnom potaknuta razvojem novih tehnologija i potrebom njihovog boljeg razumevanja, šire primene u industriji i efikasnijeg upravljanja.

Očigledno je da opšte stanje industrije utiče i na načine i procese obrazovanja stručnog osoblja.

U najvećem broju slučajeva ovom problemu se ne pristupa sistematski i sa jasnom strategijom. Visokoškolske ustanove su do nedavno davale samo opšte obrazovanje iz oblasti računarske pismenosti i projektovanja pomoću računara. Ono se često svodilo na osnove programiranja i 2D crtanja pomoću računara, čak i bez šireg teoretskog upoznavanja sa mogućnostima savremenih softvera i trendova. Svako dalje obrazovanje i usavršavanje prepušteno je ličnoj inicijativi. Sporadično su menadžeri firmi nastojali da obezbede dodatno obrazovanje za manji broj stručnjaka, kada su to finansijske okolnosti dozvoljavale. Pomalo paradoksalno zvuči činjenica da kod jednog broja zaposlenih na izvestan način postoje i otpori primeni ICT tehnologija, što ne znači pomanjkanje stručnosti, već spada u domen industrijske psihologije.

Takvo ponašanje, kako na visokoškolskim ustanovama, tako i u industriji, potaknuto je staromodnim obrazovnim i proizvodnim paradigmama orijentisanih ka lokalizovanim proizvodnim sistemima i unutrašnjem tržištu. Pri tome se polazi od pretpostavke o predvidivosti potreba (uglavnom lokalnog) okruženja, a poslovni odnosi se baziraju na prostim transakcijama. Globalizacija tržišta, omogućena razvojem računarskih i komunikacionih tehnologija, nametnula je potpuno drugačije potrebe i zahteva brzo prilagođavanje novim okolnostima.

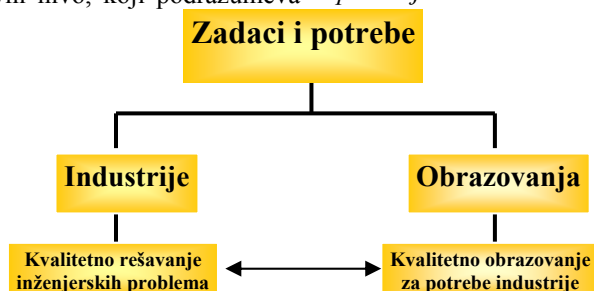
### 3. IZAZOVI OBRAZOVANJA ZA ICT TEHNOLOGIJE

Jedan od osnovnih ciljeva industrijskih aktivnosti je kvalitetno rešavanje inženjerskih problema (što u sebe uključuje konkurentno, efikasno i ekonomski opravdano delovanje) (SI.2). Da bi se oni ostvarili neophodno je da postoje odgovarajući ljudski potencijali. Njihova obuka se odnosi, kako na osnovni nivo, koji podrazumeva

ovladavanje inženjerskim znanjima i veštinama, tako i na specijalistički i ekspertski nivo, kojim se obezbeđuju industrijski ciljevi. Izvršenje ovako formulisanih zadataka podrazumeva visok stepen interakcije, razumevanja i saradnje između industrije i obrazovnih institucija.

Razvoj novog proizvoda je proces. Imajući u vidu intenzivnu primenu informacionih tehnologija tokom konceptualne i inženjerske faze, proces razvoja novog proizvoda predstavlja skup međusobno povezanih aktivnosti kojima se vrši transformacija idejne zamisli u skup uređenih i semantički određenih informacija i podataka o proizvodu – digitalni model proizvoda. Paralelno sa ovim procesom odvija se i proces kreiranja poslovnih i modela upravljanja. Jedan od preduslova za konkurentno izvođenje tih procesa je postojanje adekvatnih softverskih paketa, odnosno informacionog sistema. Takvih je na tržištu veći broj, ali im se ukupne mogućnosti razlikuju u manjoj ili većoj meri. Činjenica je da postoje sistemi koji u sebi integrišu veliki broj raznorodnih modula kao podršku konstruktorskim, inženjerskim, tehnološkim, proizvodnim, ergonomskim, poslovnim i drugim aktivnostima. Ono što u takvim uslovima može predstavljati problem je pitanje obučenosti stručnog osoblja.

Obrazovanje inženjera za CAx i ICT tehnologije mora obezbediti ne samo ispravnu primenu pratećih softvera, već je neophodno posedovanje i znanja o celokupnoj metodologiji razvoja proizvoda i pratećih procesa. Da bi se to postiglo potreban je *višegodišnji rad* na obuci kadrova i rešavanju praktičnih inženjerskih problema [2,4,7]. Sa druge strane, ukoliko ne postoji *stalno praćenje stanja razvoja i trendova* može doći do debalansa između realnih potreba razvoja i kvaliteta proizvoda, što značajno umanjuje konkurentne sposobnosti. S tim u vezi treba se kritički i stručno odnositi i *racionalno primenjivati novine*.



Slika 2 - Globalni zadaci i potrebe primene CAD/CAM sistema

To se posebno odnosi na softver, jer nove verzije ne moraju u datim okolnostima pozitivno uticati na proces razvoja proizvoda. Svakako, stručnjaci iz obrazovnih institucija i/ili obrazovnih timova u industriji treba da prate stanja razvoja i trendova i putem ekspertskih analiza i kurseva permanentnog

obrazovanja omoguće njihovu pravovremenu i racionalnu primenu. Posmatrajući celokupno stanje industrije u našoj zemlji ovaj zadatak se danas ne ostvaruje na zadovoljavajući način. Razloge, između ostalog, treba tražiti i relativno niskom stepenu saradnje univerziteta i industrije, malo

*mobilnosti* stručnih kadrova, ali i lošoj materijalnoj situaciji.

Suštinski posmatrano, obrazovanje je pitanje od velike važnosti, kako za industriju, tako i za univerzitet. U industriju dolaze mladi inženjeri sa opštim znanjem iz oblasti CAx i ICT tehnologija, ređe sa specijalizovanim znanjima i veštinama, koje se dobija na univerzitetima. Pored sticanja inženjerskih iskustava od njih se očekuje i usavršavanje pomenutih znanja. Sa druge strane, inženjeri sa bogatim iskustvom, ali drugačijeg prethodnog obrazovanja, moraju se prilagoditi novim tehnologijama i sa tradicionalnih pristupa preći na moderne informatičke. Očigledno je da zajednički imenilac navedenih potreba čini stalno stručno usavršavanje. Da bi se postigao optimalan odnos stručnog napredovanja (inženjerskog naspram CAx i ICT) potrebno je uspostaviti sistem permanentnog obrazovanja. Treba primetiti da industrija iskazuje potrebu za raznim nivoima obuke za CAx i ICT tehnologije.

Univerzitetsko obrazovanje inženjera uključuje i oblasti CAx sistema i ICT tehnologija. Pristupi se, pri tom, često veoma razlikuju. Rukovodeći se globalnom šemom zadataka i potreba industrije i obrazovanja datom na slici 2 i sprovedenom analizom izdvajamo sledeće grupe problema:

- Integralnost pristupa,
- Ljudski potencijali,
- Nivoi obuke i obrazovanja,
- Načini obuke,
- Odnos univerziteta i industrije.

Univerzitet daje opšti vid inženjerskog obrazovanja, a tek u nekim slučajevima nudi specijalizaciju u pojedinim oblastima na osnovnim studijama. Osnovni cilj univerzitetskog obrazovanja je naučiti studente da je projektovanje proces i istaći potrebu za celovitim sagledavanjem inženjerskih zadataka [3-7]. Za demonstraciju teorijskih pristupa i metoda treba izabrati softverski paket koji nudi integralna rešenja. Parcijalne specijalizacije su moguće i uglavnom su vezane za izborne predmete. Svako dalje usavršavanje vezano je za industriju i/ili podrazumeva dodatno univerzitetsko (poslediplomsko) obrazovanje.

Koji će se vid usavršavanja izabrati zavisi i od prethodnog obrazovanja i iskustva onih kojima je obuka namenjena, kao i od okruženja. Prethodno obrazovanje ima velikog uticaja na prihvatanje novih tehnologija. Generalno posmatrano, studenti novine lako prihvataju, za razliku od stručnjaka iz industrije koji imaju veliko praktično iskustvo, ali do sada nisu imali potrebu za ICT kompetencijama. Ova dva oprečna primera implicitno ukazuju na značaj okruženja u kome se obuka izvodi i u kome studenti i inženjeri rade.

Naime, u sredinama u kojima postoji značajan stepen obrazovanja i stručnosti u oblasti CAx i ICT tehnologija, kao i izražen timski rad, ovakvi problemi se prevazilaze intenzivnom saradnjom. Na žalost, kulturološke barijere i dalje predstavljaju veliku nevolju na putu ka uspostavljanju intenzivnijih kolaborativnih pristupa.

U osnovi se javljaju tri pristupa obuci i obrazovanju inženjera. Po jednom od njih osnovno i dodatno obrazovanje inženjera obezbeđuje univerzitet. S obzirom na prirodu poslova nastavnog osoblja univerziteta zadovoljeni su kriterijumi aktuelnosti, sistematičnosti i metodičnosti, ali se ne može uvek garantovati inženjersko iskustvo potrebno za domen industrijskih specijalista i eksperata. Drugi pristup podrazumeva postojanje timova za obuku unutar industrije, organizovanih nezavisno ili u okviru posebnih organizacionih jedinica. Ovakvi timovi i/ili organizacione jedinice se ređe sreću, a često su organizovane u saradnji sa univerzitetom. Pri tome se stvara dobar balans u prenošenju teorijskih i praktičnih znanja, s obzirom da se pokazalo kao veoma važno dobro poznavanje fundamentalnih inženjerskih principa CAx i ICT tehnologija za dalje napredovanje i stručno usavršavanje inženjera. Treći pristup se odnosi na obuku kadrova koju obavljaju zastupnici pojedinih softvera. Ono što često može biti nedostatak u takvim slučajevima je prenaglašen marketinški pristup, sa nedovoljno izraženim teorijskim i praktičnim (uže stručnim) znanjima.

Tradicionalno, osnove ICT tehnologija se izlažu teoretski, a praktična obuka se izvodi u računarskim učionicama uz asistenciju stručnog lica. Pored ovog načina, moderna informatička tehnologija omogućila je proizvođačima softvera da obezbede specijalne edukacione pakete koji korisnicima pružaju mogućnost samostalnog učenja i usavršavanja. Za osnovni nivo to može biti veoma korisno rešenje. Međutim, jedan od ključnih nedostataka ovakvog vida obuke je izostanak validne informacije o stepenu obučenosti. Sem toga, specijalizovana i ekspertska obuka ne odnosi se na puko baratanje komandama, već na integraciju mnogih znanja i veština, što dovodi u pitanje kvalitet ovakvog načina obuke. Kada je sama obuka sprovedena na kvalitetan način javlja se problem post-edukacione podrške. Neke tehnike i metode, iako su tokom obuke izgledale veoma jednostavne i intuitivne, nisu toliko lake za implementaciju prilikom rešavanja inženjerskih problema. Zato je, između ostalog, post-edukacione podrška veoma važna, a najlakše se ostvaruje ukoliko firma ima edukacioni tim.

Uloga univerziteta je da nauči studente osnovama CAx i ICT tehnologija, metodama

konstruisanja, proizvodnje i poslovanja kao i da ih motiviše za dalje lično usavršavanje. Industrija treba da prihvati da ne može dobiti potpuno obučene stručnjake za svoje specifične potrebe i da je ulaganje u usavršavanje stručnog kadra neophodno. Stoga je intenzivnija saradnja na polju usavršavanja i razvoja novih proizvoda i procesa dobar put ka postizanju zajedničkih ciljeva.

#### 4. DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

Posebno vidan pomak u uvođenju novih tehnologija, a posebno ICT, u obrazovne programe mašinskih fakulteta u Srbiji uočava se u proteklih par godina, kada su započete intenzivnije reforme u skladu sa Bolonjskom deklaracijom. Iskustvo stečeno kroz TEMPUS i WUS projekte trebalo bi da pomogne kreiranju kurikuluma po evropskim i svetskim standardima. Narednom diskusijom želimo da ukažemo na jedan deo postignutih rezultata, kao i na dalje pravce unapređenja kurikuluma u cilju stvaranja ICT kompetencija visokog nivoa.

Osnovni moto savremenog obrazovanja i akreditacije obrazovnih programa je: "važnije je šta je naučeno, nego šta je podučavano". Zato se u evropskim i zemljama razvijenog sveta strogo potencira da dobar kurikulum treba da uključi mogućnost da studenti samostalno mogu izvoditi eksperimente, kreirati modele i praviti prototipove, odnosno da imaju aktivni odnos prema nastavi, učenju i ličnom usavršavanju, a ne samo da budu pasivni posmatrači. Važan aspekt takvog obrazovanja predstavlja i stalna saradnja sa kompanijama i fabrikama, što dodatno doprinosi sticanju pragmatičnih znanja i veština [10,12,13].

Softverska platforma za CAx i ICT tehnologije treba, svakako, da odražava potrebe lokalne industrije. Međutim, takve potrebe moraju biti usko povezane sa IC tehnologijama prihvaćenim u okviru distribuiranih proizvodnih sistema. Uticaj univerziteta i međunarodnih kooperanata je u tom slučaju od presudnog značaja. Jedna od teškoća koja se pri tom može javiti odnosi se na jezičku barijeru. Naime, pomenuti softveri nisu prevedeni na srpski jezik. Danas se u svetskim obrazovnim programima sve češće koriste tzv. edukacioni softverski agenti [11], ali su nama nedostupni. Ranije pomenuta mobilnost studenata i nastavnika i uska saradnja sa inostranim institucijama trebalo bi da unekoliko premosti taj problem, ali je za to potrebno vreme. Olakšavajuća okolnost je da vizuelizacija CAx i ICT softvera značajno olakšava komunikaciju i otklanja delimično navedene probleme, ali visoka stručna obučenosć i poznavanje jezika su od vitalne važnosti.

Postojanje Internet i Intranet komunikacija od presudnog je značaja za poslovnu kolaboraciju. Ona je stoga osnovni preduslov i temeljna tehnologija za primenu principa automatizacije postupaka poslovanja između i unutar partnerskih firmi. Bez obzira da li se radi o sinhronoj kolaboraciji, koja se odnosi na saradnju u realnom vremenu, ili pak asinhronoj, što podseća na razmenu elektronskih poruka, glavna karakteristika CAx i ICT sistema i vizuelizacije kao tehnologije odnosi se na (audio i) video konferencije i zajednički rad (ko-modeliranje, ko-proveru) u realnom vremenu [1,3,6,7]. Ovakve mogućnosti ovih sistema i tehnologija, ili njihovih dopunskih modula, pružaju osnovu, kako za organizovanje, eksploataciju i upravljanje intelektualnom svojinom, tako i uvećanje profita kroz efikasno ispunjavanje tržišnih zahteva i konkurentsku sposobnost. U ovom slučaju CAx i ICT sistemi se tretiraju kao integrator ljudi (stručnjaka), proizvoda, procesa, poslovnih sistema i relevantnih informacija.

Pravilni ishodi obrazovanja su od ogromne važnosti za savremenog inženjera. Preobiman program pojedinih oblasti može voditi ka fokusiranju na njegovo proceduralno ispunjavanje, prenebregavajući suštinske ishode. Oni treba da budu usmereni ka računarskom povezivanju ključnih stručnih znanja i dominantno kognitivni. U ovakvoj situaciji postoji velika opasnost da softver, koji se paralelno izučava, postane sam sebi svrha, odnosno da softver i čitava stručna oblast poprimi ulogu „video igre“. To znači da je neophodno učenje usmeriti ka ključnim stručnim znanjima inženjerske i menadžerske struke, a softver koristiti kao sredstvo automatizacije i savremenog tehničkog izražavanja i komunikacije. S tim u vezi, neki softveri se mogu posmatrati kao tutori koji korisnicima omogućavaju istraživanje, razvijaju kreativnost i podižu efikasnost, (na)vode korisnika ka rešenju i smanjuju motorički napor kreiranja rešenja. Ali dominantni ishodi vezani su za sposobnost rešavanja inženjerskih i menadžerskih problema (konstrukcije mašinskih elemenata i sklopova, izvođenje tehnoloških postupaka, upravljanje proizvodnjom, kreiranje softverskih podloga poslovanja i sl.).

Prikazana analiza ukazuje da su se stvorili uslovi za stvaranje novog kurikuluma sa naglaskom na ICT tehnologije. S obzirom da se radi o specifičnoj oblasti koja sublimira više različitih disciplina, program kao strukturni okvir za organizaciju i realizaciju obrazovanja, treba koncipirati tako da pokriva teme koje su od praktičnog značaja, ne samo za naše okruženje i okolnosti, već i za okruženje distribuiranih proizvodnih sistema. (Napominjemo da ova napomena uključuje u sebe globalne trendove

obrazovanja i novih tehnologija, kao i strateški odnos prema prosperitetu.). Pri tome, okosnicu takvog (re)programiranja sadržaja *učenja* u oblasti ICT tehnologija mora činiti *obrazovanje zasnovano na ishodima (OZI)*, danas vodeće paradigme obrazovanja. Suštinski efekat ovakvih programskih promena ogleda se u stvaranju prostora za realizaciju ishoda. Kurikulum bi se, u tom slučaju, mogao neposrednije uskladiti sa zahtevima koje proističu, kako iz strukovnog i socijalnog partnerstva obrazovanja (zahtevi lokalne zajednice, industrije, stručnih udruženja, finansijskih institucija i organizacija i dr.), tako i potreba savremenih proizvodnih koncepata i inženjerske prakse.

Kurikulum obrazovanja proizvodnih inženjera i menadžera studentima treba da obezbedi znanja i veštine koje će im omogućiti da:

- razumeju i kontinuirano izučavaju savremene uslove poslovanja,
- budu pripremljeni za rad u dinamičnim tržišnim uslovima (u uslovima koji se stalno menjaju),
- budu sposobni da komuniciraju u multikulturalnom okruženju,
- budu obučeni za primenu novih tehnologija u distribuiranim proizvodnim sistemima, a posebno u privatnom sektoru,
- budu obučeni za saradnju i timski rad sa različitim saradnicima širom sveta,
- poseduju veću intelektualnu fleksibilnost,
- budu pripremljeni da se bave preduzetništvom.

U cilju ostvarivanja ovakvog kurikuluma, mobilnost studenata i nastavnika od presudne je važnosti. Pri tome se podrazumeva da se obrazovanje stručnjaka za izazove distribuirane proizvodnje obuhvata internacionalnu saradnju i stvaranje mreže institucija i interesnih grupa, ili pak uključivanje u postojeće. Svakako, povezivanje te vrste na domaćem nivou treba ohrabriti, ali i usmeriti ka međunarodnim institucijama i grupacijama koje imaju dužu tradiciju i bogatije iskustvo.

Posebno važan aspekt čvršćeg promovisanja OZI pristupa vezan je za uvođenje standarda kvaliteta u obrazovanju. Konsekventno, neophodno je uspostaviti čitav niz mera koje će obezbediti, kako metriku svih elemenata procesa obrazovanja, a posebno ishoda, tako i mere održivosti i poboljšanja kvaliteta.

Ono što se postavlja kao izazov u narednom periodu svakako je formiranje posebnog strukovnog tela čiji bi zadatak bio sveobuhvatno delovanje usmereno ka stalnom osavremenjavanju, korigovanju i unapređivanju obrazovnih programa zasnovanih na primeni novih tehnologija. Suštinski važan aspekt u ovom angažovanju vezan je za

kreiranje standarda i metrike kojim bi se obezbedila održivost uloženi napore. Zadatak takvog tela treba da bude i jasnije povezivanje programa obrazovanja na različitim nivoima – od opšteg univerzitetskog do industrijskog specijalističkog. Ostvarivanje postavljenih ciljeva na taj način bi se kontinuirano pratilo, a dostizanje visokog stabilnog kvaliteta ubrzalo.

Konačno, potenciramo dva bitna elementa tekućih reformi i stvaranja ICT kompetencija. Kao prvo, veoma je važno jasnije promovirati koncept *učenja*, kao (doživotnog) procesa u kome svi učesnici mogu da učestvuju i postignu uspeh. Drugi element vezan je za sveobuhvatniju i intenzivniju primenu OZI principa, koji jasno definišu kompetencije studenata, u ovom slučaju za ICT tehnologije i profesionalno delovanje u distribuiranim proizvodnim sistemima.

## LITERATURA

- [1] Lee J.Y., Lee S., Kim K., Kim H.: "A Process-Centric Engineering Web Services Framework", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2005.
- [2] Crown S.W.: "Improving Visualization Skills of Engineering Graphics Students Using Simple JavaScript Web Based Games", International Journal of Engineering Education, submitted for publication in July 2001.
- [3] Devedžić G.: "*Softverska rešenja CAD/CAM sistema*", Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 2004.
- [4] Impelluso T., Metoyer T.: "Virtual Reality and Learning by Design: Tools for Integrating Mechanical Engineering Concepts", 30<sup>th</sup> ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Kansas City, MO, USA, October 18-21, 2000.
- [5] Kibira D., McLean C.: "Virtual Reality Simulation of a Mechanical Assembly Production Line", Winter Simulation Conference, San Diego, U.S.A., December 8-11, 2002.
- [6] Klocke F., Schmitz R., Straube A.: "Simulation and Virtual Analysis of Machining Operations for Industrial Needs", 36<sup>th</sup> CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, Saarbrücken, Germany, June 03-05, 2003.
- [7] Todd R.H., Red W.E., Magleby S.P., Coe S.: "Manufacturing: A Strategic Opportunity for Engineering education", International Journal of Engineering Education, submitted for publication in July 2001.

- [8] García R.R., Santos R.G., Quirós J.S., Peñín P.I.A.: "Present State of CAD Teaching in Spanish Universities", *Computers & Education*, Vol.44, pp.201-215, 2005.
- [9] Hamade R.F., Artail H.A., Jaber M.Y.: "Evaluating the Learning Process of Mechanical CAD Students", *Computers & Education*, 2006 (article in press).
- [10] Kariya S.: "Online Education Expands and Evolves", *IEEE Spectrum*, pp.49-51, May 2003.
- [11] Mishra P., Hershey K.A.: "Etiquete and the Design of Educational Technology", *Communications of the ACM*, Vol.47, No.4, pp.45-49, 2004.
- [12] Walpole A.: "Managing the Implementation of Design Education in Industrial Design and Technology Workshops", *INTAD 2003 State Conference*, April 27- 28, Brisbane, Australia, 2003, <http://www.intad.asn.au/> (pristupljeno marta 2006.).
- [13] ABET Inc.: <http://www.abet.org/>
- [14] Nambisan S., Wilemon D.: "A global study of graduate management of technology programs", *Technovation*, Vol.23, pp.949-962, 2003.