

## ZNAČAJ BIBLIOTEKE TEHNIČKIH ELEMENATA TOKOM PROCESA PLANIRANJA PROIZVODNJE

### THE IMPORTANCE OF FEATURES LIBRARY DURING THE PRODUCTION PLANNING PROCESS

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

**Sadržaj** – *Savremeni PLM sistemi integrišu znanja i veštine stručnjaka iz različitih oblasti u najranijoj fazi razvoja proizvoda obezbeđujući pri tom da svi proizvodni procesi budu sagledani. Ovaj rad ukazuje na automatizovane procese planiranja proizvodnje koji su zasnovani na upotrebi tehničkih elemenata. Pravilno definisani atributima i osobinama, tehnički elementi se mogu skladištiti u baze znanja i strukturisane biblioteke tehničkih elemenata uz napomenu postojanja proizvodnih ograničenja unutar same fabrike, kao i značaja stalnog ažuriranja podataka.*

**Ključne reči:** *Planiranje proizvodnje, Tehnički elementi, Biblioteka tehničkih elemenata.*

**Abstract** – *Contemporary PLM systems integrate knowledge and skills of different field experts in the earliest stage of product development ensuring that all processes are taken into consideration. This paper presents the automated processes of production planning that are based on the use of features. Properly defined attributes and characteristics, features can be stored in a structured knowledge bases and feature libraries noting the existence of production constraints within the plant itself, and the importance of constant updating.*

**Key words:** production planning, features, feature library.

#### 1. UVOD

Pojam tehnički element [1, 2] (engl. *feature*) određuje generičke geometrijske oblike i osobine nekog proizvoda. Njima se mogu dodavati određeni atributi i znanje čime proizvod dobija tehničko-tehnološku suštinu. Kod nas ne postoji jednoznačan i opšte prihvaćen prevod za engleski termin „feature“. Pored prevoda tehnički element, u kontekstu tehnologije projektovanja i izrade proizvoda u mašinstvu, sreću se još i prevodi „tipska forma“ ili „tipski oblik“, primenjuju se takođe i „geometrijsko-tehnološki primitiv“, kao i termin „modelska forma“ [3]. Takođe, sreće se i direktno korišćenje engleskog pojma „feature“, bez prevoda.

Sa inženjerskog stanovišta, tehnički elementi obuhvataju značajne osobine određenih geometrijskih elemenata proizvoda, pa je to razlog njihove široke primene u projektovanju proizvoda kao i u drugim aplikacijama.

Tehnički element predstavlja neku karakteristiku: oblika; pozicije u odnosu na referentnu ravan modela; materijala; geometrije; relacija kojima je povezan sa drugim tehničkim elementima u delu ili na koji način može biti ugrađen u deo, odnosno koje posledice bi bile da se tehnički element skloni ili pomeri iz dela.

Na apstraktnom nivou, tehnički elementi predstavljaju neku vrstu entiteta za modeliranje pomoću kojih se često korišćeni oblici opisuju relevantnim skupovima atributa, pri čemu jedan skup atributa može biti relevantan za jedan tehnički element, a da u drugom slučaju može biti potpuno

irelevantan, što zavisi od aplikacije u kojoj se koriste [4]. Definisanjem odgovora na pitanja o izgledu tehničkog elementa i zašto je postavljen (pozicioniran) na tom mestu, kao i pitanja o dimenzijama, lokaciji, uslovima montaže i drugim, dobijaju se činjenice važne za svaki tehnički element ponaosob.

Pristup zasnovan na tehničkim elementima CAD aplikacija je inteligentna forma predstavljanja proizvoda u kojoj se očekuje da se konstrukcija predstavi preko nekih definicija visokog nivoa koje su direktno relevantne za različite aktivnosti „downstream“ aplikacija kao što je planiranje procesa [5]. Tehnički elementi definisani su na različite načine na osnovu njihovih specifičnih aplikacija, pa je teško odrediti tačnu i određenu (specifičnu) definiciju tehničkog elementa. Na primer, u proizvodnom domenu, proizvod projektovan pomoću tehničkih elemenata predstavlja se pomoću rupa, otvora, žlebova, stepenika, oborenih i zaobljenih ivica itd.

Tehnički element se koristi da označi modeliranje velikog broja različitih tipova tehničkih elemenata. U zavisnosti od vrste modela na koji se tehnički element direktno odnosi razlikuju se sledeće vrste tehničkih elemenata:

- geometrijski tehnički elementi,
- inženjerski tehnički elementi,
- tehnološki tehnički elementi,
- proizvodni tehnički elementi, i
- tehnički elementi znanja.

## 2. PLANIRANJE TEHNOLOŠKOG PROCESA KORIŠĆENJEM TEHNIČKIH ELEMENATA („FEATURE-BASED CAPP“)

Planiranje procesa uključuje određivanje informacija koje su potrebne za proizvodnju dela. Većina istraživanja koja se tiču planiranja procesa uključuju mašinsku obradu, iako neka istraživanja uključuju i druge oblasti, kao što je livenje pod pritiskom, brizganje, i obrada delova od lima.

Dva primarna pristupa automatizovanom planiranju procesa su varijantno i generativno planiranje[6]. Termin planiranje tehnološkog procesa obuhvata familiju poslova u vezi sa planiranjem koji se moraju izvršiti pre nego što se krene u proizvodnju projektovanog dela. U te poslove se ubrajaju:

- izbor proizvodnih tehnologija koje se koriste da bi se deo izradio (livenje, kovanje, zavarivanje, glodanje i dr.),
- određivanje procedure kako treba primeniti izabrane tehnologije obrade,
- izbor i/ili kreiranje pojedinih tehnoloških elemenata obratka u okviru izabranih procesa,
- utvrđivanje zahvata unutar pojedinih (prethodno izabranih) tehnologija obrade,
- utvrđivanje subjekata i sredstava potrebnih za realizaciju tehnoloških procesa (ljudi, mašine, alati, stezni pribori, materijali, i dr.),
- izbor parametara tehnoloških procesa ili režima obrade (npr. posmak, brzina rezanja, itd.),
- planiranje detalja procesa (npr. izrada NC koda)

### 2.1. Varijantno Planiranje Procesa (VPP)

U varijantnom planiranju procesa inženjer proizvodnje koristi šemu kodiranja grupne tehnologije kako bi postavio konstrukciju u alfanumerički kod. Onda se ovaj kod može koristiti kao indeks za pretragu baze planova procesa kako bi dobili tehnološki proces konstrukcije koji se može primeniti za familiju delova u koju je klasifikovan deo. U VPP metodologiji, ključni doprinos tehničkih elemenata je unapređenje kodiranja grupne tehnologije na osnovu eksplicitno zabeleženih relacija između konfiguracija tehničkih elemenata.

### 2.2. Generativno Planiranje Procesa (GPP)

U ovom pristupu, programski paket za planiranje procesa koji koristi koncept tehnoloških elemenata (engl. *feature-based CAPP*) teži tome da direktno sintetiše plan procesa za posmatrani model. Drugačiji pristup je planiranje na osnovu tehničkih elemenata tako što programski paket povlači procese iz skladišta znanja o proizvodnji, bira praktični proces na osnovu geometrijskih i proizvodnih informacija o projektovanom objektu i povezuje izabrane procese u odgovarajući redosled. Inženjer generativnog procesa planiranja bi menjao industrijsku praksu projektovanog objekta zbog ograničenja tehnološkičnosti. Kao rezultat, razvijeni su eksperimentalni sistemi za različite karakteristike planiranja procesa. S druge strane, sistemi generativnih procesa planiranja pokazali su se prilično teškim u realnom proizvodnom okruženju.

Generativni (proizvodni) ili dinamički CAPP je glavni fokus razvoja i predstavlja sposobnost da se automatski

generišu (proizvedu) proizvodni planovi za novi proizvod ili dinamički ažuriraju proizvodni planovi na osnovu dostupnosti resursa. Generativni CAPP će verovatno koristiti iterativne metode, gde se jednostavni proizvodni planovi primenjuju na automatski CAD/CAM razvoj kako bi se poboljšao proizvodni plan.

Tradicionalne CAPP metode koje optimiziraju planove linearno nisu mogle da odgovore na potrebu za fleksibilnim planiranjem, pa novi dinamički sistemi istražuju sve moguće kombinacije proizvodnih procesa, i onda generišu planove na osnovu dostupnih proizvodnih resursa.

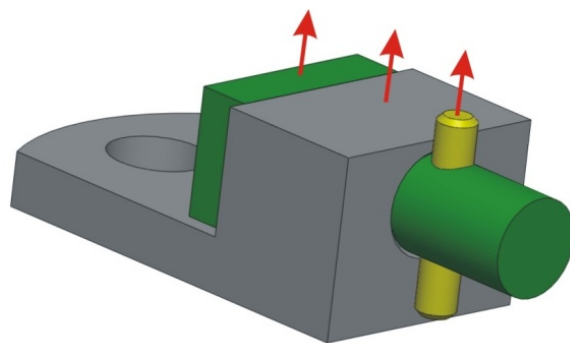
## 3. ATRIBUTI I OSOBINE TEHNIČKOG ELEMENTA

Tehnički elementi sadrže određena svojstva kojima su bliže opisani (određeni) ili povezani sa drugim tehničkim elementima u model proizvoda. Informacija o određenim svojstvima tehničkog elementa zapisana je u atributu tehničkog elementa. Atributi mogu biti utvrđeni na različitim nivoima – od nivoa tehničkog elementa, ili skupa tehničkih elemenata do nivoa opisivanja dela ili sklopa, sve do utvrđivanja tipa odnosa između tehničkih elemenata ili skupova tehničkih elemenata[7].

Atributi objekta bi trebalo da oblikuju „vrednosne“ osobine tehničkog elementa. Ove osobine menjaju vrednost (stanje) tokom vremena. Atributi će stoga biti objekti nekog tipa atributa, koji definiše moguće vrednosti atributa. Nasuprot tome, relacije se koriste da oblikuju osobine koje nisu sastavni delovi tehničkog elementa.

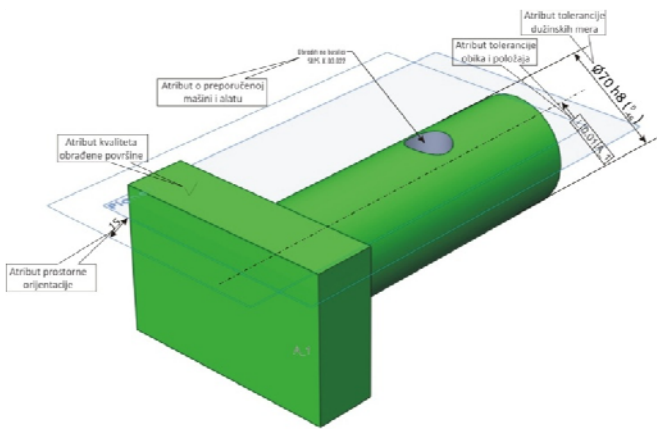
Pristup koji podrazumeva fizičko modeliranje praćeno je većinom postojećih objektno orijentisanih metoda [8] dok su objektno orijentisano modeliranje i implementacioni jezici često bazirani na programskim pristupima orijentaciji objekta, sa naglaskom na objektima kao bazama podataka i operacija, na enkapsulaciji (engl. *encapsulation*) i na ponovnom korišćenju programskog koda.

Atributi tehničkog elementa mogu biti lokacija (pozicija, koaksijalnost i simetričnost), orijentacija, dimenzije, oblik, hrapavost ili tolerancije. Atributi koji karakterišu vezu dva tehnička elementa nose informacije o međusobnom postavljanju, geometrijskim uslovima ili kompatibilnosti (sl. 1).



Slika 1. Prikaz atributa prostorne orijentacije prilikom montaže.

Atributi o geometrijskim entitetima mogu da sadrže kvalitet određene površine ili toleranciju oblika (pravost, ravnost, kružnost, cilindričnost,...). Primeri za relacije između dva entiteta su susednost i međusobna orijentacija (paralelnost, upravnost i ugaonost) prikazani su na slici 2.



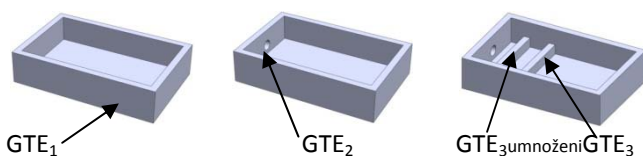
Slika 2. Prikaz atributa tehničkih elemenata.

Atributi sklopova mogu, pored ostalog, da sadrže informacije kao što su: sklopne površine, tolerancije sklopa dužinskih mera (složene tolerancije), naleganja, preklopi/zazori, međusobna orijentacija. Atributi dela mogu da sadrže specifikacije o materijalu, broju dela, ili administrativne podatke.

Asocijativnost između entiteta pri definisanju proizvoda posledica je primene tehničkih elemenata i odnosi se na mogućnost da različite aplikacije koje rade sa modelom proizvoda mogu koristiti informacije i ograničenja koja se ugrađuju u tehničke elemente tokom drugih CAPD procesa.

### 3.1. Složeni tehnički element

Mašinski element je posledica povezivanja grupe tehničkih elemenata, sa aspekta konstrukcije, u celinu. Sa drugod aspekta, tehnički elementi unutar grupe mogu deliti zajedničke tehnološke informacije ili određena geometrijska ograničenja. Da bi se pokrili svi ovi slučajevi praktično je koristiti složene tehničke elemente. Upotrebom složenih tehničkih elemenata obezbeđuje lakši rad sa grupom prostijih elemenata, pri čemu postoji jasna struktura atributa unutar svakog složenog elementa. Ovi atributi mogu da opisuju zajedničko svojstvo (npr. materijal) ili da sadrže relacije zavisnosti između članova grupe (npr. uslovi organičenja) koje mogu biti ponavljajuće (kojima nastaju paternizovani tehnički elementi (engl. *pattern*)) i neponavljajuće (usled kojih nastaju korisnički definisani tehnički elementi (engl. *User Defined Features*)) zavisnosti.



Slika 3. Prikaz komponovanja geometrijskih tehničkih elemenata (GTE) u model proizvoda.

Složeni tehnički element može činiti spoj drugih složenih elemenata. Paternizovani tehnički elementi (slika 3) mogu biti sastavljeni od više ranije uređenih nizova tehničkih elemenata. Sa gledišta objektno orijentisanog programiranja [8], kompozitni tehnički elementi su agregacione klase stvorene iz dve ili više klasa, a neke od njih takođe mogu biti agregacionog tipa.

## 4. ULOGA BIBLIOTEKE TEHNIČKIH ELEMENATA U PLANIRANJU PROCESA

Proizvodni tehnički elementi mogu se povezati sa modelima proizvodnih procesa, a modeli procesa mogu se povezati sa proizvodnim resursima, kao što su mašine, alati, i sl. Povezivanje proizvodnih tehničkih elemenata, modela procesa i modela resursa može da dovede do organizovanja skaldišta proizvodnog znanja. Uloga organizovanih baza podataka i njihovo pravilno skladištenje u proizvodna znanja nesumnjivo je velik i naporan posao koji je od ogromnog značaja i bez koga se ne bi mogao zamisliti rad sa složenim proizvodima.

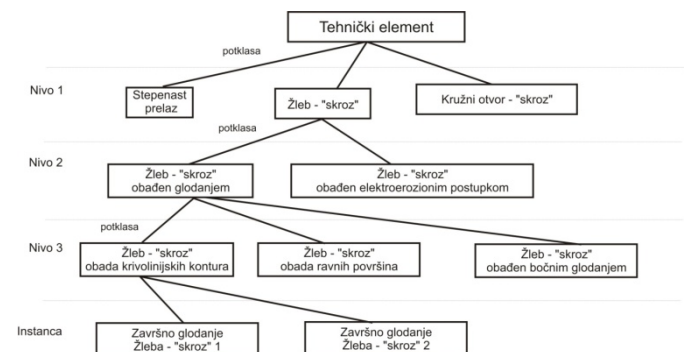
Planiranje procesa takođe uključuje odlučivanje o redosledu proizvodnih operacija za proizvodnju dela. Osnovne biblioteke tehničkih elemenata sadrže taksonomiju tehničkih elemenata (npr. podela na otvore i žlebove koji se dalje bliže određuju podelama prema obliku) povezanu sa taksonomijom procesa (bušenje, glodanje, struganje, ...) koja je dalje povezana sa kategorijama alata i mašina. Biblioteka tehničkih elemenata [9] može biti od koristi pri upravljanju znanjem osoba koje planiraju procese u većem stepenu nego što to mogu osnovne biblioteke tehničkih elemenata tako što:

- 1) obezbeđuju da proizvodni tehnički elementi budu direktno povezani sa redosledom proizvodnih procesa pri izradi oblika tehničkog elementa,
- 2) omogućavaju da se redosled proizvodnih procesa poveže sa proizvodnim resursima.

Znanjem planera procesa može se upravljati tako što se upravlja relacijama između proizvodnih tehničkih elemenata i redosleda proizvodnih procesa, i relacijama između redosleda proizvodnih procesa i proizvodnih resursa.

S obzirom na to da su proizvodni tehnički elementi povezani sa odgovarajućim redosledom procesa i drugim proizvodnim informacijama, postaje moguće dobijanje proizvodnih tehničkih elemenata sa njihovim odgovarajućim proizvodnim informacijama. Na taj način, biblioteka tehničkih elemenata može da upravlja znanjem planera procesa i takođe ima važnu ulogu u generisanju planova procesa.

Struktura biblioteka tehničkih elemenata [10] sastoji se od ontologije proizvodnih tehničkih elemenata i "kolekcije" redosleda procesa, materijala, mašina, alata, i sl. Kako bi stvorili biblioteku tehničkih elemenata, prvo mora da se kreira ontologija proizvodnih tehničkih elemenata relacijama između ontologije proizvodnih tehničkih elemenata i odgovarajućih proizvodnih informacija.

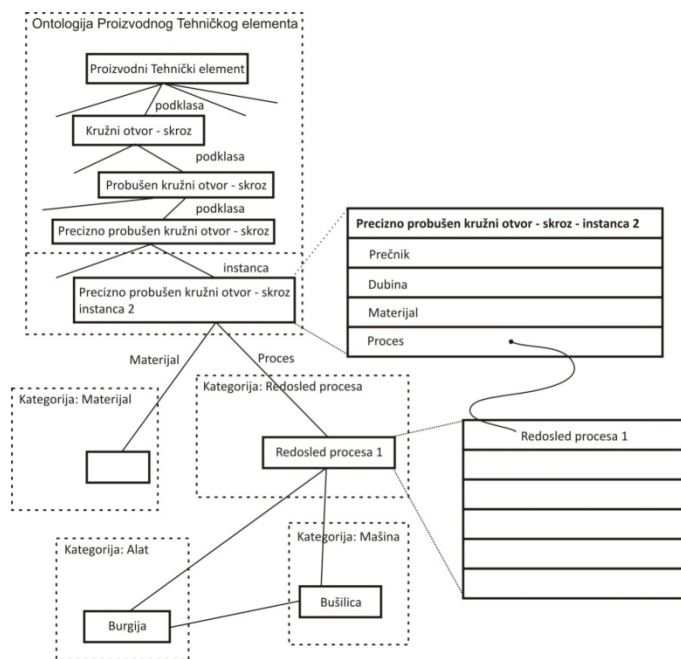


Slika 4. Ontologija proizvodnih tehničkih elemenata [10].

Slika 4 prikazuje ontologiju proizvodnih tehničkih elemenata. Ontologija proizvodnih tehničkih elemenata kreira se na sledeći način:

- 1) Nivo =: Ime ontologije
- 2) Nivo 1: Nabrojani su tehnički elementi, kao što je stepenasti prelaz, žleb, otvor i sl tehnički elementi.
- 3) Nivo 2: Potklase klasa proizvodnih tehničkih elemenata iz nivoa 1 kreirane su opisivanjem proizvodnih metoda za kreiranje oblika roditeljskih klasa. Žlebovi mogu se proizvesti glodanjem, elektroerozijom, i sl. Stoga, potklase žleba mogu da se zovu klasa glodanih žlebova, i klasa žlebova nastalih elektroerozionim postupkom, i sl.
- 4) Nivo 3: Ako proizvodna metoda opisana u Nivou 2 može dalje da se odredi, u nivou 2 se kreiraju potklase. Imena potklasa mogu da se odnose na određen tip alata koji se koristi. Na primer, potklasa klase glodanih žlebova može biti obrada krivolinijskih kontura i obrada ravnih površina tehničkih elemenata i sl. Neke klase tehničkih elemenata iz nivoa 2 nemaju svoje potklase.
- 5) Instance najnižeg nivoa klasa proizvodnih tehničkih elemenata kreiraju se na osnovu veličine oblika i tipova materijala.

Slika 5 prikazuje vezu između instance proizvodnih tehničkih elemenata i odgovarajućih proizvodnih informacija. Instanca ontologije proizvodnog tehničkog elementa povezana je sa podacima o materijalu i redosledom operacija za kreiranje oblika. Redosled operacija povezan je sa mašinama, alatima, i sl. tako što se eksplicitno opisuje redosled alata i mašina koji se koriste za kreiranje oblika. Mašine i alati su takode međusobno povezani. Ove relacije pokazuju koji alati se mogu dodati određenoj mašini.



Slika 5. Relacija između ontologije proizvodnog tehničkog elementa i odgovarajuće proizvodne informacije.

## 5. ZAKLJUČAK

Strukturisana biblioteka tehničkih elemenata je korisna za upravljanje znanjem osobama koje planiraju procese vezane za izradu oblika tehničkih elemenata, a korisna je i kao podrška za dobijanje proizvodnih tehničkih elemenata sa njihovim odgovarajućim redosledom procesa i drugim proizvodnim informacijama potrebnim za generisanje planova procesa. Stoga je razvijanje biblioteke veoma važan korak ka realizaciji sistema planiranja procesa zasnovanog na tehničkim elementima.

Ipak, potreban je rad kako bi se organizovalo znanje planera procesa. Pored toga, proizvodna tehnologija napreduje i oprema koja postoji u jednom proizvodnom pogonu može se razlikovati od one u drugim proizvodnim pogonima. Može biti potrebno da se i sama biblioteka tehničkih elemenata ažurira ili promeni, pa je naglašena potreba jasnog definisanja atributa i osobina tehničkog elementa. Zbog ovih razloga, razvijanje i upravljanje bibliotekom tehničkih elemenata zahteva lako prilagodljivu sredinu.

## LITERATURA

- [1] Sreevalsan P. C., Shah J. J., *Unification of Form Feature Definition Methods, Intelligent Computer Aided Design*, Browns, D. C., Waldron, M. and Yoshikawa, H. eds. 83-106., 1992.
- [2] Pratt M. J., Wilson P. R., *Requirements for Support of Form Features in a Solid Modeling System*, Final Report, CAM-I Report R-85-ASPP. -01, 1985.
- [3] G. Devedžić, *CAD/CAM tehnologije*, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 2006.
- [4] Dixon J., Cunningham J., *Design with Features: The Origin of Features*, Proc. ASME Computer in Engineering Conference, San Francisco, CA, 1988.
- [5] Lin A. C., Lin S., Lin Y., Cheng S. B., *Extraction of Manufacturing Features from A Feature-Based Design Model*, International Journal of Production Research, 35 (12), pp. 3249-3288., 1997.
- [6] M. Cederfeldt, *Planning design automation: A structured method and supporting tools*, Doctoral thesis, Chalmers, Goteborg, 2007.
- [7] Manić M., Miltenović V., Stojković M., Banić M., *Feature Models in Virtual Product Development*, Strojišni vestnik, 56 (3), 2010.
- [8] N. Pavković, *Objektno orijentisan pristup modeliranju procesa konstruiranja*, Doktorska disertacija, Fakultet Strojstva i Brodogradnje, Zagreb, 2000.
- [9] Muljadi H., Takeda H., Ando K., *A Feature Library as a Process Planers' Knowledge Management System*, IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, Vol. 7, No. 5, pp. 127-135., May 2007.
- [10] Dartigues C., Ghodous P., Gruninger M., Pallez D., Sriram R., *CAD/CAPP Integration using Feature Ontology*, Concurrent Engineering, 15 (2), pp. 237 - 249., 2007.