

UDK 62.002.2:681.32

Računalniško podprto konstrukcijski sistem

JOŽE DUHOVNIK

UVOD

Sistemi za računalniško podprto konstruiranje (CAD) ali celo za združeno izdelavo (CAD/CAM) so v razvojnem pomenu še na zelo nizki ravni. Povezava posameznih operacij je avtomatizirana in omogoča nižjo raven medsebojne povezave, vendar je obdelan navadno specifičen element ali tehnološki postopek. Splošne zakonitosti, ki določajo konstrukcijski proces, niso vgrajene v sisteme. Splošne zakonitosti, ki jih v teoriji konstruiranja poznamo, omogočajo dovolj široko uporabo [1], [2] in [3]. Teorija konstruiranja med drugim določa metodo dela oz. korake, ki jih moramo v procesu konstruiranja opraviti. Po vsakem koraku lahko opravimo analizo rezultatov. Pomembno je, da izdelku določimo delovanje in obliko, ki ju lahko gospodarno opredelimo [4]. Mnogo avtorjev dopolnjuje te tri parametre še s političnim in ekološkim vidikom. Menimo, da je določevanje delovanja poljubnega izdelka brez ekološkega vidika nemogoče ali še bolje, delovanje poljubnega izdelka mora biti skladno z naravnimi okoliščinami poljubnega sveta. Gospodarska ocena vključuje tudi politično ekonomijo.

Celovitost konstrukcijskega procesa se še poveča zaradi dela hevrstike* v procesu. Prav ta del je težko opredeliti, kljub čedalje večjemu poznavanju umetne inteligence in njenemu vključevanju v programski del. Zapišimo, da je množična domiselnost primerno dopolnilo domiselnosti v samem konstrukcijskem procesu. Izdelek, kot rezultat združenega izdelavnega procesa, pomeni pomembno tržno vrednost in je plod domislice istega procesa.

Oblikovna dopolnitev tega izdelka brez spremembe delovanja pa je domiselnost na bistveno nižji ravni in v širšem gospodarskem prostoru ne omogoča osnovne gospodarske uspešnosti. Oblika je opredeljena v delu [5]. Konstrukcijski proces, če je pravilno določen, daje prav zaradi zahtev po domiselnosti najboljše gospodarske rezultate.

Vsa neznana delovanja ali nove zahteve po obliki, ki jih ob analizi v konstrukcijskem procesu spoznamo, so pravzaprav spodbuda za specifično razvojno nalogo. Razvojne naloge pa pri neraziskanih pojavih lahko uspešno spodbujajo raziskovalne naloge. Pri tem nikakor ne mislimo na togo določenost pri izvajanju obeh delov, ampak na opredelitev cilja, ki pa z ustvarjalci daje nova in nova spoznanja.

Oris konstrukcijskega procesa smo napravili zato, da spoznamo, kako težko je govoriti na današnji

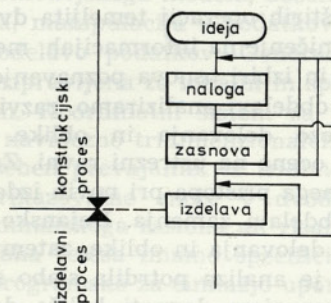
stopnji o sistemih CAD. Rečemo lahko, da so deli konstrukcijskega procesa že precej izdelani. O pravi uporabi oziroma o dejanski uporabnosti teh delov pa bomo govorili lahko šele takrat, ko bo proces bolj raziskan. Prav nepoznavanje dejavnosti v konstrukcijskem procesu je pripeljalo do tega, da informatiki govore o sistemih CAD in imajo v mislih računalniško podprto risanje (bolje kotiranje), geometrijsko modeliranje, metodo končnih elementov (MKE) s pred- in poprocesorji za grafični prikaz rezultatov ipd. Podobno se pojavljajo tudi programske rešitve posameznih organizacij združenega dela, zato so kupci, ki ne poznajo širše problematike, po pravilu razočarani.

Raziskovalna dejavnost na področju konstrukcijskega procesa se je na katedri za konstruiranje in delovne stroje najprej opirala na proces nepodprt s sodobno tehnologijo. V letih 1972 do 1980 je bilo izdelanih več del z uporabo računalnika. Po tem letu smo ob pomoči vodje projekta za konstruiranje in delovne stroje pri RSS prof. Hlebanje začeli intenzivnejše raziskovati proces sam. Izpeljanih je bilo več raziskav, overitev posameznih modelov, uveden podoktorski študij in pospešen podiplomski študij. Menimo, da bomo ob ustrezni podpori pri postavitvi strojne opreme in uspešnem sodelovanju industrije lahko celoviteje obvladovali konstrukcijski proces. Pri tem ni pomembno, da stečejo projekti, ampak da se vsak dan v konstrukcijskih birojih izkoristi do take mere, da hitro dobimo kakovosten izdelek, to je konstrukcijsko dokumentacijo.

Značilnosti posamezne faze in specifičnosti zaradi računalniške podpore si oglejmo na primeru širše zasnovanega programskega sistema za računalniško podprto konstruiranje.

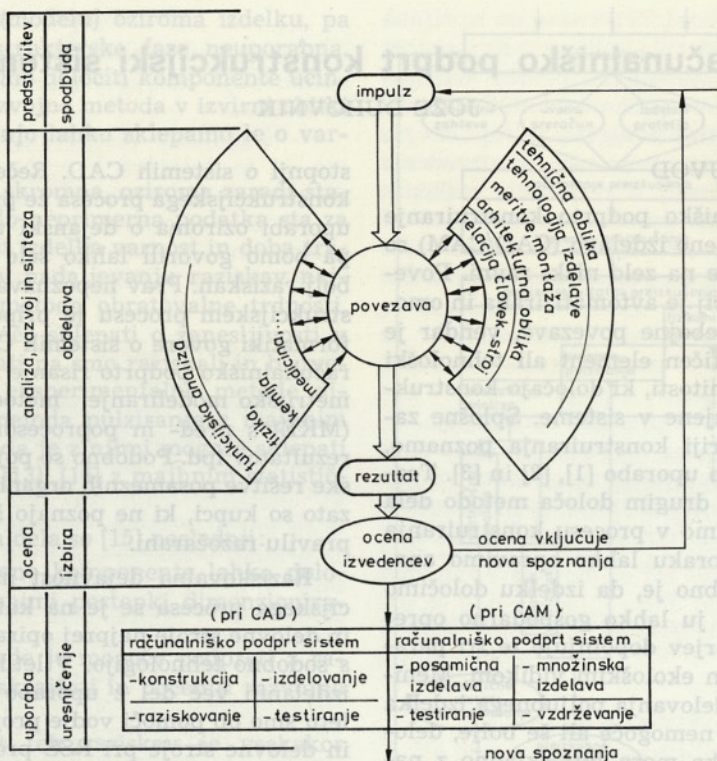
OSNOVNE FAZE IN AKTIVNOSTI MED FAZAMI

Iz analize konstrukcijskega procesa po [5] so definirane tri osnovne faze (sl. 1).



Sl. 1. Generaliziran konstrukcijski proces [5]

* Nauk o metodah raziskovanja (z uporabljanjem še nedokaznih trditev, hipotez itd.).



Sl. 2. Fazno opredeljen konstrukcijski proces [5]

V fazi *naloga* določamo cilje, ki jih želimo doseči z začetnimi aktivnostmi. Faza *zasnova* določi delovanje izdelka, ki ga moramo seveda najprej analizirati. V isti fazi opravimo tudi testiranje *delovanja*. Analiza delovanja določi npr. prenos sile, toplotnega toka ipd., medtem ko nam testiranje delovanja daje velikost posameznega elementa. Testiramo z analitičnimi ali numeričnimi metodami. V fazi *izdelava* izdelamo konstrukcijsko dokumentacijo, ki jo prevedemo v programsko opremo za numerično krmljenje strojev. Ko dobi izdelek materialno obliko na ravni prototipa, ga testiramo in rezultate testov upoštevamo pri ponovni zasnovi. Vezi med fazami morajo biti trdne, zato mora biti informacijski krog povezan, ne smejo se postavljati ravni pomembnosti. V posamezni osnovni fazi so štiri značilne operacije, ki si morajo po [5] slediti po vrsti: spodbuda, obdelava, izbira in uresničenje (sl. 2).

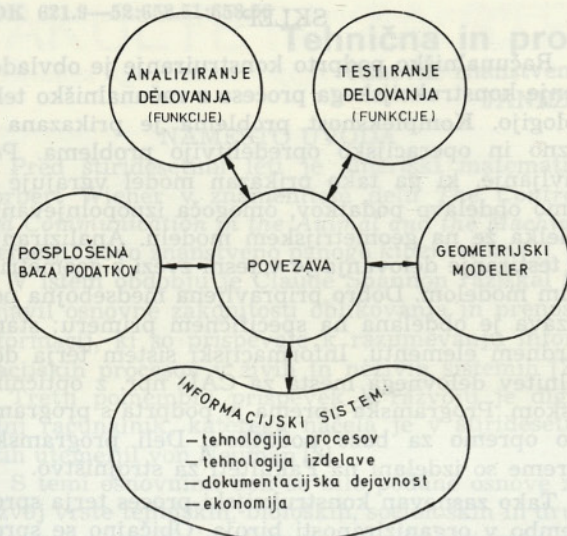
Od vseh štirih operacij temeljita dve, tj. spodbuda in uresničenje na informacijah, medtem ko je pri obdelavi in izbiri osnova poznavanje delovanja in oblike. V obdelavi analiziramo, razvijamo in izdelamo sintezo delovanja in oblike. Pri izbiri pričakujemo oceno na ustrezni ravni. Zaradi pogosto hevrističnega pristopa pri novih izdelkih se postopek pri obdelavi zamenja. Dejansko se najprej poda sinteza delovanja in oblike, zatem pa ju analiziramo. Če je analiza potrdila slabo sintezo, poskušamo z razvojem dognati boljše delovanje in obliko. Pomembno je, da v proces vgradimo zahtevo

po ponovljivosti obdelave podatkov. Tudi pri programski opremi je treba to zahtevo upoštevati. To pa pomeni, da programski paketi ob razvoju neposredno ne omogočajo uresničenja brez vnaprejšnje ocene, npr. konstrukcijske dokumentacije. Zahteva po ponavljanju posega tudi v organizacijo procesa, v tehnologijo konstrukcijskega procesa. Razumljivo je, da se lahko vgradi element izbire tudi v uveljavljen proces, kar v veliki večini tudi je, le da je uspešnost povezana s stopnjo čuta do soljudi.

Ponovljivost procesa je vgrajena v programski sklop za medsebojno povezavo posameznih faz in operacij. Povezava je izdelana na ravni naravnih jezikov. Črkovnoštevne podatke vnašamo s skiciranjem [14].

PROGRAMSKA PODPORA ZA RAČUNALNIŠKO PODPRT KONSTRUKCIJSKI SISTEM

Raziskave na področju konstrukcijskega procesa so po [1] in [3] dokazale, da je za analiziranje delovanja potreben ustrezen katalog prikazov delnega in skupnega delovanja. Na podlagi delnega delovanja in delovnega načela lahko predstavimo en ali več geometrijskih modelov. Ko imamo pred seboj geometrijski model, lahko začnemo testirati delovanje [5]. Iz opisanega izhaja, da potrebujemo za uspešno obdelavo podatkov dobro programsko opremo (sl. 3).



Sl. 3. Programska podpora za računalniško podprti konstrukcijski sistem [11]

Pri analiziranju in testiranju delovanja mora programska oprema vsebovati zadnje dosežke znanosti in mora uporabnike voditi pri analizi avtomatično ali z izborom rešitev. Taka programska oprema ima vgrajene ustrezne metode umetne inteligence. Na enak način je umetna inteligenca vtkana v izvedenske sisteme. Na primeru strojnega elementa ležaja [15] lahko prikažemo, da testiranje delovanja ni samo trdnostni preračun na časovno trdnost, ampak tudi določanje toplotne obremenitve, odstopkov ležajnega in osnega teka, natisne sile pri montaži, vrtilne hitrosti, mazanja ipd. Zato si moramo pri vsaki programski opremi prizadevati, da ne obdelamo samo enopomensko določena delovanja, ampak vseh, ki jim lahko določen element zadosti.

V konstrukcijskem procesu je pretok informacij zelo velik, od 50 do 60 %. Razumljivo je, da moramo zato imeti dober informacijski sistem. Pod tehnologijo procesov razumemo v splošni gradnji strojev npr. proces odkopavanja premoga, mešanja barv, galvanizacije ipd. Prav nepoznavanje tehnologije procesov lahko v osnovi onemogoči določitev pravega delovnega načela, s tem pa neprimerno oceno o delovanju izdelka. Informacijski podsistem o tehnologiji procesov ne sme izključevati v delovni skupini strokovnjakov — specialistov za določen proces. Za izdelavo stroja ali naprave moramo poznati tehnologijo izdelave, tehnološko bazo podatkov, ki pa vsebuje predvsem pomembne podatke za konstrukterje. Tehnologijo obdelave mora konstrukter poznati tako, da ve kakšne so možnosti, vpliv na osnovni material in mogoče oblikovne rešitve za izdelek. Tehnična oblika je odvisna od tehnologije obdelave, ne določa pa delovanja izdelka. Informacijski sistem mora vključevati tudi doku-

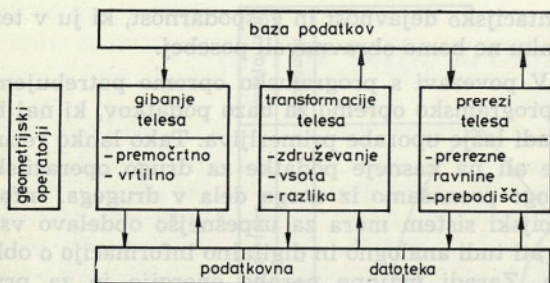
mentacijsko dejavnost in gospodarnost, ki ju v tem članku ne bomo obravnavali posebej.

V povezavi s programsko opremo potrebujemo še programsko opremo za bazo podatkov, ki naj bo zaradi lažje uporabe primerljiva. Tako lahko rezultate ali pa kasneje podatke za drugo operacijsko nalogo prenašamo iz enega dela v drugega. Informacijski sistem mora za uspešnejšo obdelavo vsebovati tudi analogno in digitalno informacijo o oblikah. Zaradi majhne porabe energije je za prvo pomoč zelo primerna analogna informacija (slika na televizijskem zaslonu). Če imamo nadgradnjo določenega geometrijskega prostora, je omejitev v prostoru podana z digitalno informacijo — geometrijskim modelerjem. Pri tem opisu pa moramo paziti na natančnost oblike oziroma moramo poznati dovoljene odstopke oblike. Obdelava dobljene digitalne informacije o obliki je lahko z ustreznim prevajalnikom ali brez njega. Prevajalnik imamo v tem primeru na ravni programske ali strojne opreme oz. obeh.

GEOMETRIJSKI MODELER Z INTERAKTIVNO PROGRAMSKO OPREMO

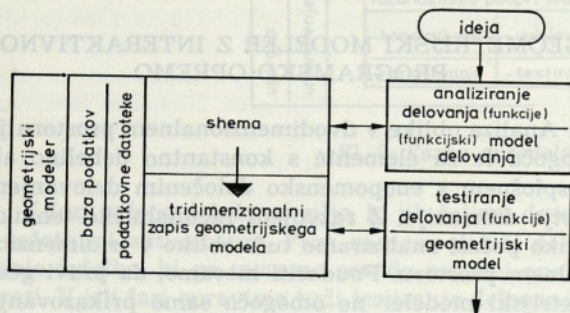
Analiza oblike v dvodimenzionalnem prostoru je mogoča le za elemente s konstantno debelino ali v splošnem z enopomensko določenim delovanjem tretje dimenzije. Z razvojem računalniške tehnike lahko počasi analiziramo tudi obliko v tridimenzionalnem prostoru. Poudariti moramo, da pravi geometrijski modeler ne omogoča samo prikazovanja oblike, ampak omogoča s pravilno oblikovano bazo podatkov prenos podatkov v druge dele programske opreme CAD. Definiranje oblike je lahko z vnašanjem dimenzij črkovnoštevnega zapisa ali pa s skico oblike [14]. Podobno je s popraviljanjem oblike. Od ravni razdelanosti strojne in programske opreme lahko aktiviramo geometrijski modeler.

Po [12] je splošna oblika geometrijskega modelerja sestavljena iz operacijskega modula in baze podatkov. Naloge operacijskega modula so naslednje: generacija prostora za prikazovalno enoto, generacija oblik teles (osnovnih ali posebnih) geometrijske operacije, prikazovanje, simuliranje, preoblikovanje geometrijskega modela, absolutna in relativna oblika, manipulacija s podatkovnimi datotekami in obdelavo podatkov. Generacija prostora mora biti pripravljena za lokalni in splošni koordinatni sistem. Koordinatni sistem za prikazovalno enoto je le navidezno tridimenzionalen, zato potrebujemo poseben prevajalnik iz tridimenzionalnega prostora prikazovalne enote v dvodimenzionalni prostor terminalskega zaslona ali risalnika. Osnovna in posebna telesa imamo specificirana in pripravljena programsko za čimlažjo uporabo. Geometrijski operatorji (sl. 4) so najpomembnejši (procesorski) del geometrijskega modelerja.



Sl. 4. Geometrijski operatorji v geometrijskem modelerju [12]

Prikazovani elementi so: lega očesa, svetlobe, ravni senčenja, skrite linije in rutine grafičnega zapisa. Simuliranja so v geometrijski modeler vgrajena zaradi kinematične analize in spremembe oblike zaradi napetostnega stanja. Preoblikovanje geometrijskega modela je lahko tudi iz sheme v geometrijski model ali obratno (sl. 5).



Sl. 5. Preoblikovanje geometrijskega modela v konstrukcijskem procesu [12]

Ker je funkcijsko soodvisno, je del obdelave podatkov zunaj geometrijskega modelerja. Zmanjševanje, ki je hkrati tudi poenostavljanje oblike in pripada ravni preoblikovanja, je geometrijska značilnost in je vgrajena v modeler ob povezavi s prikazovalnimi elementi. Absolutna in relativna oblika modela zajemata značilnosti toleranc ali oslojevanj površine. Če se ne omejimo samo na tridimenzionalni prostor, potem je v geometrijskem modelerju vgrajen tudi del za risanje v ortogonalni projekciji. Nadaljnja izdelava risbe teče do kompletne konstrukcijske dokumentacije. Prav ta naloga je zelo obsežna, zato je programska oprema dodana modelerju na ravni systemskega ukazovalnega prevajalnika.

Posebej skrbno mora biti izdelana baza podatkov. Baza podatkov je zgrajena specifično samo za geometrijski modeler. Vsebine baze sestavljajo: absoluten in relativen tridimenzionalni zapis telesa, topologija, zapisa specifičnih detajlov in tehnološki vplivi na obliko. Podroben sestav baze podatkov je za navedeno vsebino prikazan v [16].

SKLEP

Računalniško podprto konstruiranje je obvladovanje konstrukcijskega procesa z računalniško tehnologijo. Kompleksnost problema je prikazana s fazno in operacijsko opredelitvijo problema. Ponavljanje, ki ga tako prikazan model vgrajuje v samo obdelavo podatkov, omogoča izpopolnjevanje izdelka že na geometrijskem modelu. Analiziranje in testiranje delovanja je v tesni zvezi z geometrijskim modelom. Dobro pripravljena medsebojna povezava je obdelana na specifičnem primeru; standardnem elementu. Informacijski sistem terja dopolnitev delovnega mesta za CAD npr. z optičnim diskom. Programska oprema je podprta s programsko opremo za bazo podatkov. Deli programske opreme so izdelani na Fakulteti za strojništvo.

Tako zasnovan konstrukcijski proces terja spremembo v organiziranosti biroja. Običajno se spreminja strokovna sestava in potrebna je organiziranost po projektih pri uresničevanju novih izdelkov.

LITERATURA

- [1] VDI 2222, Entwurf, Bl. 1, Konstruktion Methodik, Konzipieren technischer Produkte.
- [2] Rodenacker, B.: Methodischer Konstruieren Springer-Verlag, Berlin (Heidelberg), New York II. Auflage 1976.
- [3] Hubka, E.: Theorie der Konstruktions Prozesse, Springer-Verlag, Heidelberg, 1975.
- [4] Duhovnik, J.: Računalniško podprto konstruiranje — Metodologija: Poročilo za RSS 03-2132-782/83, 1983, Ljubljana.
- [5] Duhovnik, J., Kimuna, F., Sata, T.: Contribution to Methodic in CAD, North Holland 1983, Eurographics Conference 1983.
- [6] Duhovnik, J.: Skiciranje v sodobnem konstrukcijskem procesu, Strojniški vestnik 1983/4—6, Ljubljana.
- [7] Choi, B. K., Banash, M. M.: STOPP: an approach to CAD CAM integration, CAD, Volume 17, No 4 may 1985.
- [8] Toms, P., Surtees, J. O.: Integrating member selection and structural appraisal in the design of Steelwork CAD, Volume 17, No 2, March 1985.
- [9] Winstanley, J. V., Carter, A. W. H., Brawn, R.: Design verification essential for CAD MAT/CIM implementation, CAD, Volume 17, No 3, April 1985.
- [10] Inglis, S., Medland, A. J., Carnal, C. A.: A companion of mades for using CAD, CAD, Volume 17, No 5, June 1985.
- [11] Duhovnik, J.: Računalniško podprto konstruiranje, Področje, stanje, trendi, 11. seminar LAKOSA, FS Ljubljana, 1985.
- [12] Duhovnik, J.: Geometrijski modelarji za CAD/CAM, CAD/CAM in metoda končnih elementov v strojništvu, TF Maribor, Maribor 1985.
- [13] Eglin, D.: A supermicro workstation for third generation CAE, CAD, Volume 17, No 3, April 1985.
- [14] Duhovnik, J.: Analiza skiciranja za računalniško podprto konstruiranje, Strojniški vestnik, letnik 31/4—6, 1985.
- [15] Duhovnik, J., Matičič, N.: Analitične metode v CAD, 11. seminar LAKOSA, FS, Ljubljana, 1985.
- [16] Duhovnik, J., Očepek, D.: Baza podatkov za geometrijski modeler, Poročilo za RSS, 1984, Ljubljana.

Avtorjev naslov: doc. dr. Jože Duhovnik, dipl. inž.
Fakulteta za strojništvo v Ljubljani