

Modelska standardizacija građevinske ponude metodom dinamičkog strukturnog programiranja

Mr.sc. **Vladimir Križaić**, prof.dr.sc. **Ivica Završki**²

¹Međimursko veleučilište Čakovec, vladimir.krizaic@gmail.com

²Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, zavrski@grad.hr

Sažetak

Informatizacijom izrade građevinske ponude izravnim prijenosom tablica iz postojećih normativa u one računalne nastavljen je problem preciznosti kalkulacije te je uočena poteškoća u povezivanju stavaka s normativima. Povezivanjem strukturnoga programiranja s dinamičkim programiranjem, poznatim iz operacijskih istraživanja, kreirana je metoda dinamičkoga strukturnog programiranja (DSP). Ona s modelskim normativima povećava preciznost u izradi kalkulacije i ponude te standardizira građevinsku organizacijsku komponentu.

Ključne riječi: softver-binarnе strukture, modelska standardizacija ponude, vektorska normizacija, dinamičko strukturno programiranje (DSP)

Construction bid model standardization through dynamic structures programming method

Abstract

The use of IT in making bids in the building industry via a mere load of norm data into software continued the problem of a lack of calculation preciseness and the difficulty in relating expense list items to the resource norms arose. Teaming the structural and the dynamic programming known from the operational research created the dynamic structural programming method (DSP). It uses model norms to increase the preciseness of calculations and bids and standardizes the organizational building industry component.

Key words: software-binary structures, model standardization bids, vector standardization, dynamic structural programming (DSP)

1 Uvod

S razvojem treće industrijske revolucije krajem prošloga stoljeća u RH, tada veliko i razvojno usmjereno poduzeće *Građevinski kombinat Međimurje* pristupilo je procesu informatizacije, i to u prvoj fazi računovodstva. Zatim je isprogramirana marketinška funkcija, a naposljetku pristupilo se informatizaciji građevinske proizvodnje. U tome se trenutku mislilo da je za razvoj svih navedenih procesa neophodna digitalizacija normativa radova. Digitalizaciji se pristupilo tako da su se podaci iz knjiga građevinskih normi [1, 2] izravno prenosili u slogovni računalni zapis. To je bio postupak velikih razmjera u kojemu se godinu dana radilo na prijepisu, a zatim se nekoliko sljedećih godina radilo na programiranju proizvodnoga i upravljačkoga sustava. Prvotno se programiralo u simboličkim jezicima *Cobolu* i *Fortranu*, a potom se, s pojavom jake relacijske baze Oracle i dizajnirane razvojne alatne tehnologije, programiralo u jezicima SQL te PL-SQL te se razvijala aplikacija Maris s modulima za pokrivanje svih područja poslovanja. Međutim, opisani koncept u svojoj biti nije promijenio pristup definiranju normi, a posljedično ni proces izrade ponude.

Danas sve znanstvene grane, pa i one organizacijske, proizvodne procese žele funkcijski povezati, modelirati te standardizirati [3]. Modelskom standardizacijom poslovnih procesa uklanjaju se problemi te nastoje optimizirati ekonomski i organizacijski elementi u poslovnome sustavu ili u njegovu dijelu. Taj proces približavanja organizacijskih rješenja tehnološkim dostignućima, kako bi se ukinuo njihov jaz, rezultira izradom modela sa *cyber*-fizičko-proizvodnim sustavom [4]. Kompanije, osobito one velike, konkurentne i globalne, već su za svoje potrebe stvorile vlastite standardne modele podataka i poslovnih pravila poput Inženjering-sustava temeljenog na modelima (engl. *Model Based Systems Engineering* – MBSE) [5].

Također, u cilju racionalizacije poslovanja i unaprjeđenja učinkovitosti graditeljstvu su na raspolaganju brojne metode, tehnike i prakse. Potrebno je spomenuti primjenu BIM-a [6] te Porterovoga modela [7], čija je svrha racionalizacija troškova i optimizacija cijene proizvoda, skupa metoda operacijskih istraživanja koje se bave pronalaženjem maksimuma ili minimuma funkcije cilja te metode masovnoga opsluživanja i asignaciju resursa [8].

Metoda dinamičkoga strukturnog programiranja [9] najbliža je algebarskim modelima koji se mogu definirati kao interakcijski strukturni modeli. Kompozicijom tih modela razvija se nova metoda dinamičkoga strukturnog programiranja (DSP) koja strukturno obrazlaže svaku troškovničku stavku, proizvod odnosno građevinsku ponudu.

U ovome se radu za grafički dizajn prikaza primjene DSP metode u izradi građevinske ponude koristi softver MindManager [10], na temelju čije je grafike vidljiva globalna struktura procesa. To, međutim, nije dovoljno, nego je težište potrebno proširiti na sustavne modelske jedinice koje se dedukcijom rastavljaju na komponente normi, stavaka, troškovnika i ponuda.

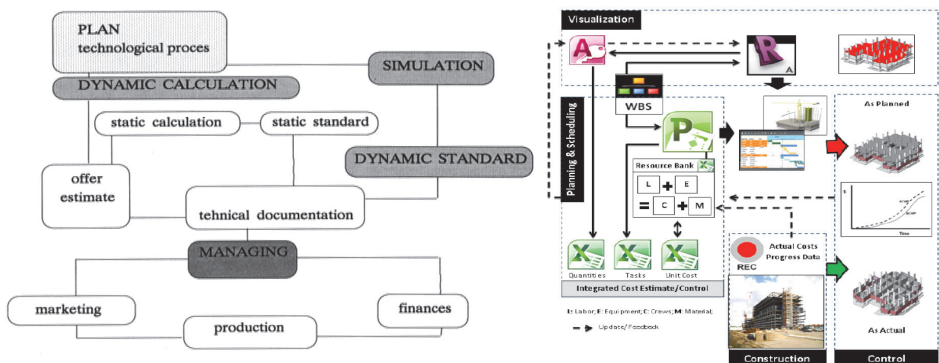
U ovome radu predložen je pristup modelskoj standardizaciji normativa vezanih uz stavke troškovnika na unificiran i modularan način s vezom na BIM komponente arhitektonskih i konstruktorskih modula u svim fazama projekta, i to od koncipiranja preko definiranja i provedbe do održavanja. Primjena DSP metode omogućuje cyber-fizikalno prikazivanje procesa, identifikaciju optimalne količine resursa za svaku troškovničku stavku te u konačnici izradu najpovoljnije ponude.

2 Stanje i metode modelske standardizacije

Modelska standardizacija u graditeljstvu odnosi se na standardizaciju u projektnome, tehnološkome, upravljačkome i kontrolnome smislu. U projektiranju postoji osnovni modularni sustav $1M = 10\text{ cm}$, odnosno $6M$, kao jedan od najčešće primjenjivanih modula. Informatičke softverske i CAD kuće pak modeliraju i programiraju BIM sustave. Također, u tehnološkome smislu poduzeća rade na standardizaciji i tipizaciji građevinske tehnologije i proizvoda preko inženjersko-modularnih sustava te na uvođenju 3D printera i ostalih brojnih elemenata automatizacije i robotizacije u proizvodnju. U upravljačkome smislu težište je na razvoju i primjeni softvera za integrirano poslovanje, na uvođenju i primjeni sustava upravljanja rizicima te na traženju optimuma u cjelokupnome poslovanju.

Kod standardizacije praćenja gradilišta te upravljanja projektima i poslovnim sustavima često se primjenjuje ISO standard, no on se odnosi samo na standardizaciju zapisa i distribucije podataka, a to omogućuje već i dobra priprema rada ozbiljnoga građevinskog poduzeća koje u sklopu pripreme izrađuje projekte organizacije građenja (POG). Informatizacija izrade POG-a i upravljanja poslovnim građevinskim sustavima danas se udomačila u većini poduzeća. Zapis građevinske ponude radi se prijenosom troškovnika iz projektne dokumentacije u *excel* datoteku ili se već dobiva u takvome obliku. U naprednijim građevinskim poduzećima u građevinsku ponudu unose se podaci automatski generirani iz BIM sustava. Pridruživanjem normativa svakoj troškovničkoj stavci provodi se glavni proces definiranja ponude za neki projekt. Dodaju se statičke diskretne vrijednosti iz tablica građevinskih normi, no one većinom zaostaju za suvremenom tehnologijom, što dovodi do rizičnog planiranja i provedbe te do općenito rizičnog poslovanja u građevinskim poduzećima. Informatizacijom poslovnoga sustava na prethodni način nije postignuto njegovo bitno unaprjeđenje te se nije dobilo na preciznosti u izračunu količina i troškova pa je u tome pogledu početno oduševljenje računalima nestalo. No, informacijska tehnologija i dalje se razvija neviđenom brzinom i sve teži prema modeliranju procesa BIM sustavima, odnosno dinamičkim ili automatskim prijenosom konstruktivnih jedinica mjera prema ponudbenoj dokumentaciji, te 3D prikazima u koncipiranju, definiranju, izvođenju, stručnome nadzoru te održavanju građevina.

Implementacija integriranih informatičkih sustava donosi veliku prednost u komunikaciji i racionalizaciji projekta u pogledu vremena, kvalitete i troškova, no u praksi se pokazalo to da još uvijek postoji veliki kalkulacijski faktor jer se operacije i postupci definiraju pregrubo. Postoje statička odnosno diskretna norma i troškovnik, a proizvodnja je dinamična odnosno varijabilna i funkcijski povezana. Dakle, teorija i praksa nisu usklađene, što dovodi do izostanka ispravnih činjenica. Dosadašnje BIM tehnologije rade se na makroprincipu, a na mikroplanu treba stvoriti nove modele. U skladu s time vektorski modeli normi u tehnologiji i organizaciji donose preciznije podatke, što je ekvivalentnije projektnim varijabilnim zahtjevima. I dinamički model projekta organizacije ima težinu u odnosu na statički model, no simulacije su se počele uvoditi u tehnologiju konstrukcije tek na mala vrata, a građevinska organizacija još uvijek zaostaje u njihovoj primjeni. Modelska standardizacija klasičnoga modela POG-a prvo se dotakla potrebe za brzim definiranjem ponuda. Svojstva staroga sustava normativa jesu linearnost, diskretnost i nestandardnost opisa procesa normativa i troškovnika. Njihova struktura definira 1:M odnos aktivnosti i resursa, odnosno opis rada i vrijednosti. Takav pristup zahtijeva velike kapacitete arhiviranja i velike baze podataka. Izrada softvera za izradu ponude kao djela POG-a prijenosom praktičnoga diskretnog operativnog načina na računalo pokazala se premalim doprinosom računalne tehnologije u toj domeni. Zastarjelost i neažurnost normativa udaljava od realnosti pa zbog brzoga razvoja tehnologije postoji organizacijski zaostatak. Zato se stvara potreba za dinamičkim modeliranjem građevinskoga projekta organizacije građenja [11, 12] (slika 1).



Slika 1. Statički te dinamički POG [12] i BIM [13]

Cilj je istraživanja zamjena statičkih podataka projekta organizacije građenja dinamičkim podacima nastalima dinamičkim programiranjem zapisa rekurentne jednadžbe, odnosno prikazati na koji način dinamički podatak ubrzava sve faze izrade i ažuriranja projekta organizacije građenja, što znači da je cilj istraživanja prikazati

mogućnosti ubrzavanja izrade i ažuriranja građevinske ponude kao osnovne podloge u građevinskom investicijskom ciklusu, povećanje preciznosti definiranja veličina investicija te podizanje kvalitete građevinskoga proizvoda modelskim standardiziranjem građevinskog procesa.

3 Dinamičko strukturno programiranje – dosadašnje istraživanje

Dinamičko programiranje iz operacijskih istraživanja kao mlade grane znanosti omogućuje optimalno upravljanje u smislu postizanja maksimuma ili minimuma danoga procesa zapisom rekurentne jednadžbe (1).

$$\mathbf{fn}(p)_j = \mathbf{G}(p) + \mathbf{fn} - 1(p)_{j,k} \quad (1)$$

Višeetapni procesi definirani su vektorskim stanjima kroz rekurentne jednadžbe. Zapis definira stanje procesa $\mathbf{fn}(p)_j$ u odnosu na početnu razinu $\mathbf{G}(p)$ i prethodno stanje procesa $\mathbf{fn} - 1(p)_{j,k}$. Tako su svi procesi funkcijski povezani, no pogodni za jednostavne i unificirane sustave.

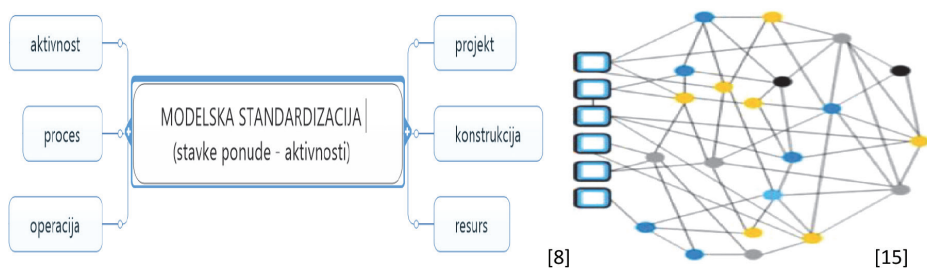
Moderno strukturno, odnosno strukturirano, a potom objektno programiranje ima korijen u drvetu logičnih mogućnosti. Tako programski jezik *Pascal* spada u strukturirane jezike, a *Delphi* u objektno jezike. Strukturno programiranje sa svojim konstrukcijama omogućuje programeru to da uvede određeni red (razinu) u sam program i lakše komunicira tijekom programiranja. Tako se napušta proceduralno programiranje i težište se stavlja na objekt odnosno na strukturu koja sadrži ili obrađuje podatak.

Povezivanjem strukture podataka u logičkome drvetu mogućnosti s razinama, odnosno nivoima, te stavljanjem jednadžbe dinamičkoga programiranja u strukturu logičkoga drveta nastaje metoda dinamičko-strukturnog programiranja. Ona pogoduje razradi raznovrsnih procesa, ali s određenom formom nastaje preduvjet standardizacije procesa.

3.1 DSP metoda građevinske ponude

U svim tehnološkim djelatnostima definiranju proizvodnje i proizvoda pristupa se korištenjem troškovnika. Kalkuliranjem stavki definira se vrijednost proizvoda, odnosno građevinska ponuda koja je funkcija normativa i cijene resursa iz normativa. Po uzoru na programerske sintakse, pogotovo najjednostavnije sintakse Pascal [14], definira se unificiran način zapisa teksta stavaka ponude (slika 2). Formira se zapis po razinama i raspodjeli od složenoga procesa do postupka, a kombinatorikom i povezivanjem tih zapisa modelira se zapis proizvodnje koji je danas popularno nazvan *cyber*-sustav. U softverskome paketu zapis se dijeli do 15 razina, a zapisuju se

svi procesni modeli organizacije građenja. Pojedina razina ima samo nekoliko slogova, a najveći par tisuću slogova, što i nekadašnjoj računalnoj tehnologiji nije bio nikakav problem. Model aktivnosti, odnosno opisa stavaka, definira konstrukciju na razini procesa, ali i operacijske organizacijske razine u funkciji resursa. Sortiranjem baze opisa aktivnosti odnosno ponuda *Građevnog kombinata Međimurje* utvrđeno je oko 5000 različitih riječi te oko 3000 resursa. Povoljnim povezivanjem danih struktura modularnim i varijantnim sastavnicama s malo baze mogu se simulirati svi praktični procesi i operacije do postupka.



Slika 2. Standardizacija aktivnosti – elemenata opisa - stavaka ponude

Variranjem i kombiniranjem standardnih modula grade se zapisi gotovo jednaki operativnim zahvatima, ali s diferencijalnim veličinama dimenzija konstrukcija i dimenzija resursa proizvodnje. To se postiže $M : M$ odnosom resursa i aktivnosti, odnosno relacijskim modeliranjem baze podataka [15, 16]. Zato je pretpostavka da se kompozicijom dinamičkoga programiranja i modernim strukturnim programiranjem te standardiziranjem elemenata građevinske ponude uklanja problematika POG-a te da se DSP metoda i sama ponuda mogu matematički definirati jednadžbom (2,3).

$$\text{Dinamičko strukturno programiranje} = \text{DSP metoda} = U[f_n(S_{i,j,k}) = f_{n+1}(S_{i+1,1+1,k+1})] \quad (2)$$

$$\text{Građevinska ponuda} = \text{GP} = U[f_n(T_n, O_n) = f_{n+1}(T_{n+1}, O_{n+1})] \quad (3)$$

Ovim zapisom građevinska ponuda dobiva vektorska strukturna stanja $f_n(S_{i,j,k})$, gdje je novo stanje $f_n(T_n, O_n)$ razine n u funkciji svih prethodnih stanja $f_{n+1}(T_{n+1}, O_{n+1})$ razine $n+1$. U skladu s time neophodna je nova definicija standardizacije građevinske ponude i svih njezinih sastavnih komponenti kako bi se elementi T_n, O_n (tehnologije, organizacije) mogli funkcijski povezati. Testiranja će biti provedena na projektu provedenome u praksi kako bi se kroz tehnologiju Min Jet usporedili sadašnjost i budućnost građevinske ponude i proizvodnje.

3.1.1 Analitika strukture norme

Daljnijim algebarskim i funkcijskim razbijanjem strukture T_n, O_n stvara se nova struktura normativa kao temelj novoga modeliranja jer sadašnja je sastavnica stavki ponude i komponenti resursa u normativu diskretnoga modela. Nemogućnost ispisa svih radova i aktivnosti te nefleksibilnost statičkoga zapisa stvara promjenu u strukturi i tijeku definiranja normativa, na temelju čega je nastao ciklični trodimenzionalni model standardizacije temeljnoga elementa POG-a (slika 3).



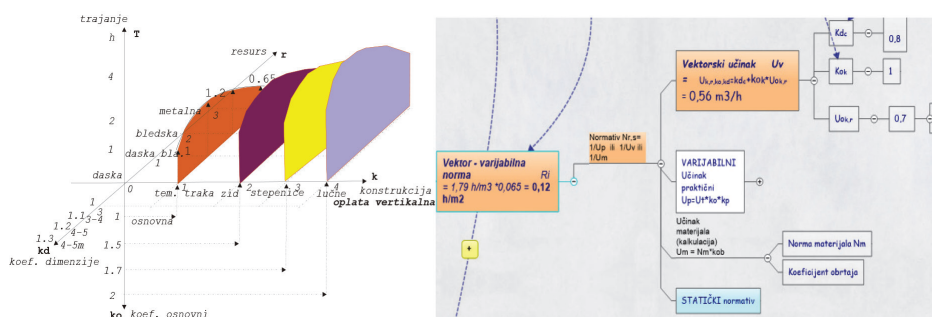
Slika 3. Trodimenzijski MSN

Teorijom sustava istražuju se veze između sustava i podsustava pa se kreiranjem normativa prema zanimanjima radnika optimizira tekst norme, odnosno opis rada stavke ponude. S razvojem funkcijskoga i strukturnoga modela sastavnica po uzoru na dinamičko programiranje stvara se softversko-algebarska procedura [17, 18]. Računala su pogodna za te višedimenzijske vektorske procese te računalno-matrično-vektorske kombinacije donose rezultate do kojih se dosadašnjom organizacijom nije moglo doći. Analitikom modela trodimenzionalne standardizacije dobiva se model s tri varijable za definiranje učinka resursa, odnosno normativa jednadžbi (4) kao recipročne vrijednosti.

$$N = 1/U = 1/U(f(x_k, y_r, z_o)) \quad (4)$$

Iz modela plana dobivaju se varijabla z_o , koja je karakteristika organizacije vidljiva iz sheme gradilišta projekta, te varijabla x_k kao karakteristika konstrukcije definirane u tehničkoj dokumentaciji odnosno troškovniku. Model resursa daje varijablu y_r , odnosno dimenziju karakteristike tehnike, odnosno resursa za proizvodnju. Takav zapis omogućuje zapis svih opisa normativa danom sintaksom modelske standardizacije normativa (MSN) i vektorskoga normativa (VN) koji se stvara iz mase diskretnih vrijednosti raznih normi uz pomoć Gaussove metode najmanjih kvadrata. Daljnjim modeliranjem dobiva se funkcijska povezanost resursa i vremena norme u odnosu

na dimenziju konstrukcije ili rada. Kod konstruktivnih elemenata utrošci materijala iskazuju se povezivanjem konstruktorskih jednažbi na učinke resursa svedenih na dimenzije projektne dokumentacije [19]. Standardiziranjem ponude otvara se novo područje modeliranja vektorskoga normativa [20] (slika 4) kao osnove za dinamičko kalkuliranje ponude i planiranje projekata.



Slika 4. Vektorski normativ (vertikalne oplata, ponude DSP metodom)

Funkcijskim povezivanjem normativa početne jedinice sustava kalkuliranja i proizvodnje stvara se osnova za jednažbe cijeloga sustava pa i podsustava građevinske ponude.

4 Zaključak

Dosadašnji rezultati DSP metode s vektorskim normama uz primjenu softvera Mind Jet pokazuju preciznije definiranje građevinske ponude te posljedično modelskom standardizacijom definiranje kvalitetnijega građevinskog proizvoda. Učinkovitost statističke distribucije za definiranje vektorskih normativa neće se moći ostvariti svugdje pa će dijelom ostati i stara, diskretna vrijednost sastavnice norme. Namjera je u građevinarstvu modeliranje provedbe projekta „točno na vrijeme“ te reguliranje sustava proizvodnje i čitavoga poslovnog sustava na način koji omogućuje dnevno praćenje i kontrolu projekta, odnosno „svakodnevno praćenje“. DSP metoda nadograđivanjem kibernetским i kombinatornim pristupom [21, 22] može doprinijeti racionalizaciji građevinske proizvodnje te se preporuča pokretanje novih istraživanja za identifikaciju i definiranje modela standardizacije tehnologije i organizacije. Dosadašnji rezultati vektorskoga modeliranja tehnologije i organizacije [23] osnova su za primjenu tehnologija četvrte industrijske revolucije koja u ovome stoljeću otvara nove mogućnosti u komunikaciji i upravljanju građevinskim i ostalim sustavima. Razvoj tih modela zahtijeva dug i neprekidan rad te suradnju znanosti i gospodarstva. Očekuje se to da modelska standardizacija zaživi u znanosti i gospodarstvu radi postizanja produktivnosti i ekonomičnosti građevinskih proizvodnih procesa te smanjenja jaza između tehnologije i organizacije.

Literatura

- [1] Normativi i standardi rada u građevinarstvu, IRO- Građevinska knjiga Beograd, 1981
- [2] Gradbene norme GIPOSS: GNG., GIPOSS, 1979
- [3] Markič N., Optimiziranje in standardizacija postupkov v proizvodnji, Markič N., 2016
- [4] Ruiz-Arenas S., Horváth I., Mejía-Gutiérrez R., Z. Opiyo E.: Towards the Maintenance Principles of Cyber-Physical Systems, Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering, 60(2014)12, 815-831
- [5] Christi A., Gau Pagnanelli B., Sheeley J., S. Carson R., Presented by Kevin Knudsen: Model-Based Systems Engineering in an Integrated Environment, http://www.itea.org/images/pdf/conferences/2013_SOS/Track_3_Knudsen_ModelbasedSystemsEngineeringinanIntegratedEnviroment.pdf
- [6] Elbeltagi E., Hosny O., Dawood M., Elhakeem A.: BIM-Based Cost Estimation/ Monitoring For Building Construction, Journal of Engineering Research and Applications www.ijera.com ISSN : 2248-9622, Vol. 4, Issue 7(Version 4), July 2014, pp.56-66
- [7] Hopkins H., (2008): "Applying Michael Porter's extended rivalry model to the robotics industry", Industrial Robot: An International Journal, Vol. 35 Issue: 5, pp.397-399
- [8] Galić M., Završki I., Dolaček-Alduk Z.: Scenarijski simulacijski model za optimalnu alokaciju građevinskih strojeva, Građevinar 68 (2016) 2, 105-112
- [9] Petrić, J., Operaciona istraživanja, Naučna knjiga Beograd, 1987
- [10] Mindjet softver, www.mindjet.com
- [11] Križaić V.: Model standardization, VI. Internacional symposium «BUILDING ECONOMICS» Zagreb 1996, pp.(609-614, knj. II)
- [12] Križaić V.: Organization limit - Modeling and simulation, International Conference : Investmen strategies and management of construction, 20-24.8.1994., Brijuni, Croatia, pp.345-349
- [13] Elbeltagi E., Hosny O., Dawood M., Elhakeem A. : BIM-Based Cost Estimation/ Monitoring For Building Construction, Int. Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 4, Issue 7(Version 4), July 2014, pp.56-66
- [14] Bukvić G.: Pascal, Školska knjiga Zagreb, 1995
- [15] Fallera C., Höftmanna : Service-oriented communication model for cyber-physical-production-systems, 11th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, Procedia CIRP 67, 2018, 156 – 161
- [16] IBM sustav, www.ibm.com/support/knowledgecenter/hr

- [17] Vranjković P.: Booleova algebra, Element, Zagreb, 1998
- [18] Radić M.: Algebra, Školska knjiga, Zagreb, 1989
- [19] Križaić V.: Proračun privremenih tesarских konstrukcija sveden na dimenzije projektne dokumentacije, Dubrovnik 1991, pp. 343-349
- [20] Križaić V.: Application of Norms Models with Vectoral System in Konstruktion Projects, Journal of Civil Engineering an Architecture, USA (2014), ISBN 1934-7359 str. 722-728
- [21] Veljan D.: Kombinatorika s teorijom grafova, Školska knjiga Zagreb, 1989
- [22] Križaić V., Hranj D., Rodrigger T.: Utjecaj softverske matematike na modeliranje u graditeljstvu, 5. međunarodna konferencija INOVACIJE, TEHNOLOGIJE, EDUKACIJA I MENADŽMENT 4. i 5. travnja 2018., Sveti Martin na Muri, Croatia
- [23] Križaić V.: System adjustments through vector organization and technology, Creative Construction Conference 2019, CCC 2019, 29 June - 2 July 2019, Budapest, Hungary, 42