

## IMPLEMENTACIJA SIMULACIJSKE RAČUNALNE TEHNOLOGIJE KROZ PROCESSE TISKA

### IMPLEMENTATION OF A SIMULATION INFORMATION TECHNOLOGY THROUGH PRINTING PROCESSES

*Petar Miljković, Jelena Vlašić, Krunoslav Hajdek*

Izvorni znanstveni članak

**Sažetak:** U radu je prikazano modeliranje i simuliranje tiskarskih proizvodnih procesa koje je računalno potpomognuto orijentiranim programskim jezikom. Prilagođeno je skupu definiranih konstantnih varijabli. Prikazan je i model Petri mreže, svojevrsni alat čija je primjena u izmjeni informacija prilagođena dinamičkim sustavima te podržava modeliranja i simuliranja. Realno su izvedeni primjeri iz grafičke produkcije, oblikujući tiskovne i doradne faze u jedinstvene rutinske cjeline. Rezultati istraživanja su radni procesi koji se primjenjuju u stvarnim proizvodnim sustavima i kao takvi rješavaju nerentabilnosti i proizvodne zastoje. Proučava se svaka individualna faza rada zasebno kao izvršni proizvodni čvor u standardiziranim uvjetima grafičke proizvodnje. Modeliranjem radnih tijekova grafičke reprodukcije stvaraju se novi relacijski odnosi unutar tehnološke pripreme rada i odjela tiska. Kombiniraju se radni procesi na instaliranim resursnim kapacitetima.

**Ključne riječi:** JDF, modeliranje, Petri mreža, radni tijek, simulacija, tiskarstvo

Original scientific paper

**Abstract:** The paper presents modelling and simulating of the printing processes, which are computer assisted by the oriented software language. They have been adjusted to the group of defined constant variables. The paper also presents the model of the Petri Network, which is a kind of a tool whose application in the exchange of information has been adjusted to the dynamic systems and it supports modelling and simulations. The examples have been obtained realistically from the graphic production, forming the printing and finalisation phases into the unique routine unities. The results of the research are the working processes which are applied in the real production systems and as such solve the problems of cost-ineffectiveness and production standstill. Each individual phase has been analysed separately as the executive production nodes under the standardized conditions of the graphic production. The modelling of the workflows of the graphic reproduction creates new relations within the technological preparation of the work and the printing department. The working processes are combined on the installed resource capacities.

**Key words:** JDF, modelling, Petri Network, workflow, simulation, printing

## 1. UVOD

Dinamika industrijske proizvodnje iziskuje učestala simulacijska ispitivanja na modelima grafičkih proizvoda.

Utjecaj na planiranje radnih tijekova (*workflow*) te izračuni iskoristivosti instaliranih proizvodnih resursa bilo bi otežano bez računalom potpomognutih simulacijskih procesa. Svako je eksperimentiranje na stvarnom sustavu nerentabilno, a takvim načinom ne stvara se baza tijekova, odnosno *mastera* izvedbenih procesa.

U članku je opisana metoda simuliranja i način primjene programskih usmjerenih aplikacija, čime se unaprjeđuju postupci automatiziranih radnih procesa. Provedena su mjerenja normativa tiska i grafičke dorade, a vrijednosti su unijete u bazu podataka radi daljnjih

analiza i validacija. Stvaraju se individualna rješenja za daljinsku proizvodnju grafičke industrije i relacijski odnosi utroška repromaterijala te vršna opterećenja proizvodnje. Simuliraju se optimalni uvjeti i proučavaju procesi eksperimentalnim metodama te se dobivaju saznanja o rentabilnijim modelima radnih hodograma. Izračunavaju se vrijednosti u graničnim područjima tiska koja u realnom tisku nisu moguća radi nerentabilnosti njih samih.

Na temelju dobivenih rezultata kroz simulacije radnih procesa, menadžment određuje daljnje tijekove tiska s obzirom na slobodne kapacitete i isplativost produkcije.

Eksperimentiranje i naknadna analiza dobivenih modela i rezultata unaprijedit će grafičku proizvodnju radi utvrđivanja ekonomičnosti radnih procesa. [1]

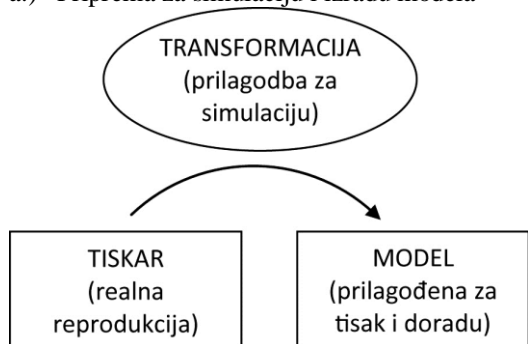
## 2. SIMULACIJSKI PROCESI I NJIHOVA PRIMJENA U TISKARSKOJ PRODUKCIJI

Specifičnost grafičke proizvodnje ogleda se u njejoj mogućnosti višestruke reprodukcije i različitosti izvedbe na istim strojevima tiska i dorade.

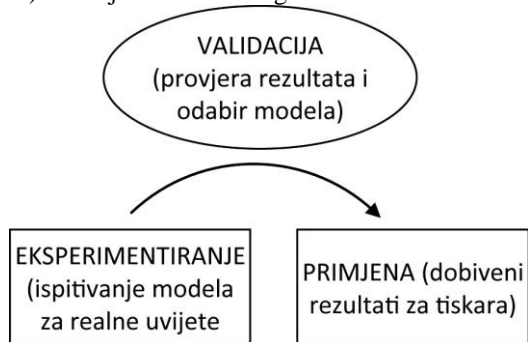
U baze podataka upisuju se poznate konstantne varijable tiskarskih strojeva (vrijeme pripreme stroja, opseg cilindra, broj boja za rotacijske strojeve, brzina otiskivanja, formati papira, širina papirne trake i dr.) kojima se pridružuju promjenjive (količina otisnutih araka radi promjenjivog opsega cilindra dviju rotacija, opseg tiskovnog arka, načini dorade tiskovine i dr.) te se matematičkim logaritima predlažu optimalna rješenja.

Razvoj simulacijskih programa i modela osigurava analizu i sintezu radnih protokola proizvodnje u procesu njezine realizacije. [2] Obuhvaćeni su različiti aspekti upravljanja s naglaskom na diferentnosti instaliranih proizvodnih resursa. Dobiveni algoritamski modeli integriraju radni tijek u konstrukcijske hodograme na računalnim programima više razine, čime je unaprijeđena iskoristivost tiskarskih i doradnih kapaciteta. Modularni programi koji simuliraju proizvodnju, definiraju nove protokole radi iskoristivosti vršnih opterećenja. Promjenjivost uvjeta realizacije te različitost aspekata njihove složenost iziskuje periodička simuliranja i pronalaženje mehanizama njihove isplativosti u uvjetima tržišne konkurencije. Algoritima računalnog programa dokazan je na kvantitativnim rezultatima grafičke simulacije novi model digitalnog upravljanja realnim procesima proizvodnje. Planiranje proizvodnje provodi se na razrađenim i dobivenim kalkulativnim predlošcima.

### a.) Priprema za simulaciju i izradu modela



### b.) Primjena simuliranog modela na realne sustave

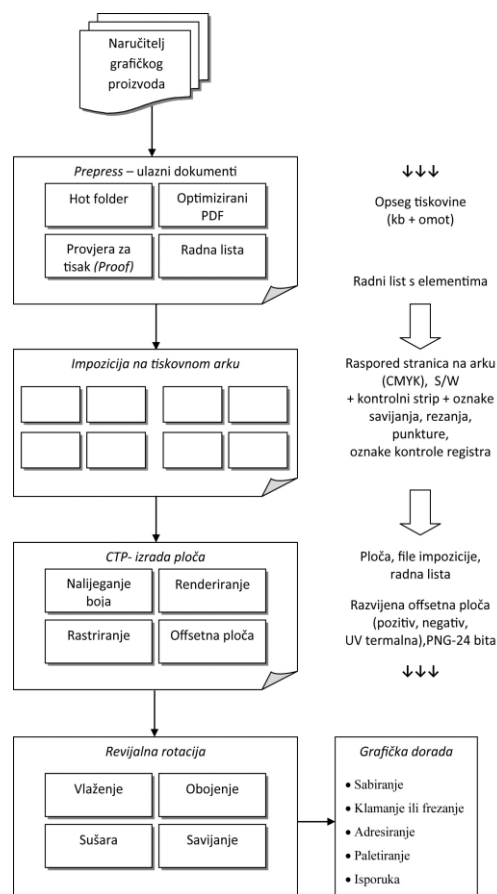
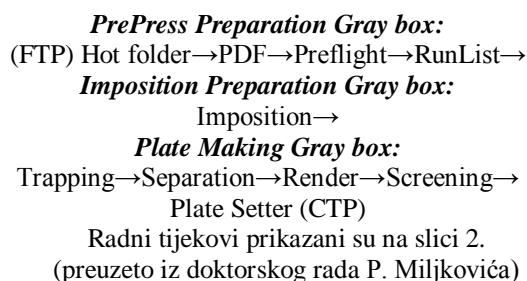


Slika 1. Proces izrade modela simulacijski orijentiranim programom

## 3. NORMIRANJE RADNIH PROCESA KROZ MODULE REALIZACIJE

Normativne vrijednosti tiskarske industrije osnova su svake simulacije te vrednovanje potencijala instaliranih proizvodnih resursa. Standardizacija radnih procesa iziskuje umjeravanje utroška repromaterijala koji se uvijek ne poklapa s proizvodno-tehničkim mogućnostima stroja, te ih je potrebno periodički redefinirati radi zamora materijala.

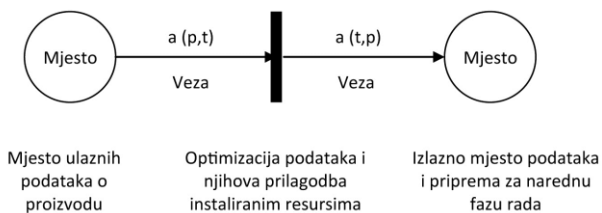
Procesni radni zglobovi integrirani kroz ulazne i izlazne jedinice grafičke pripreme organizirani su u *Gray box* sučeljima. [3] JDF radni čvorovi realizacije tvore minimalne faze koje realiziraju individualne izvršne procese. Njihovi su međusobni relacijski odnosi u nezavisnom odnosu, ali kao složena struktura istih projiciraju izvršnu varijablu grafičke pripreme. Specifičnost ulaznih informacija (PDF 1.3) implementira se kroz zasebne *Gray box* module kao nezavisni izvršni resursi prema sljedećim fazama reprodukcije:



Slika 2. Radni tijek grafičke produkcije kroz *Gray box* individualne module

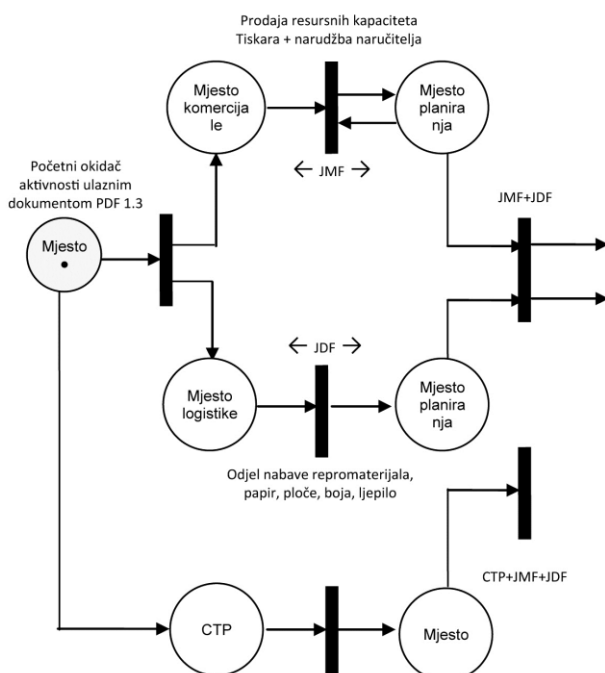
#### 4. EKSPERIMENTALNO MODELIRANJE SUSTAVA ZA NOVE MODELE RADNIH TIJEKOVA

Automatsko upravljanje grafičkom proizvodnjom iziskuje vođenje radnih procesa prema unaprijed definiranim uvjetima dobivenim iz brojnih simulacija na traženom modelu. Ponuđena rješenja na računalnom programskom simulatoru alat su za izračun norma sati i utroška repromaterijala na odabranom stroju za njegova vršna opterećenja. Platformi za komunikaciju unutar radnih odjela (CIP3/4) dinamičkih sustava pridružena je Petri mreža radi svoje specifične funkcije i sposobnosti promptnog praćenja u izmjeni hodograma. [4]



Slika 3. Distribucija podataka kroz sustav Petri mreže

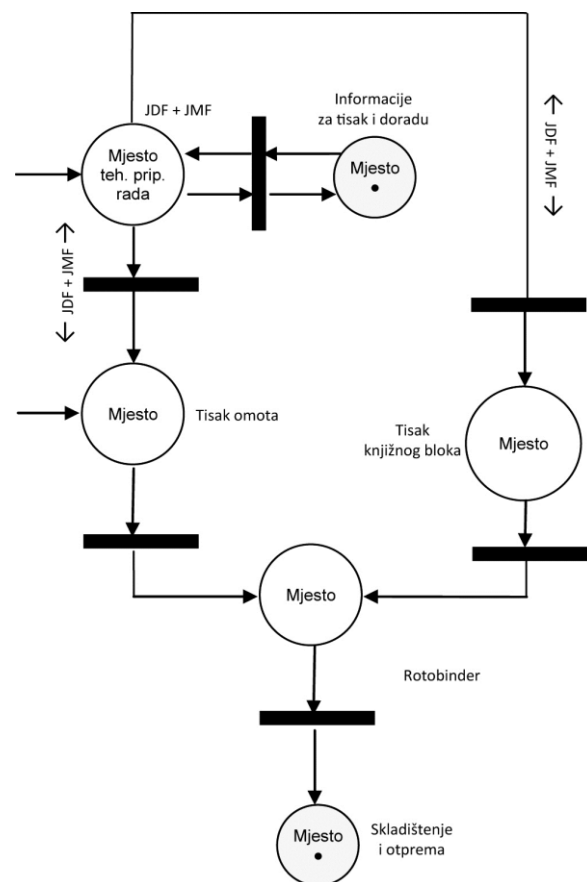
U relacijskim bazama podataka upisali smo parametre tiskarskih strojeva za koje se provodi eksperimentalno simuliranje radnog tijeka. Karakteristike tiska na traženom repromaterijalu generiraju se kroz poznate modele algoritama, čime se iskazuju novi izvedbeni modeli. Prethodno izvršena normiranja realne proizvodnje preduvjet su za iduća kalkulativna mjerenja na simulatoru tiskovnih procesa. Sustav ispravnosti odabira radnih tijekova tiska temelji se i na semantičkim mrežama radi odabira kategorija modela izvedbe kroz radne čvorove. JDF protokol specificira i određuje JMF i MIS modele izmjena informacija kroz HTTP mrežu na globalnom TCP/IP skupu protokola.



Slika 4. Prijedlog Petri mreže tehnološke pripreme rada

Postavljenom arhitekturom, prikazanom na slici 4., promijenili smo način upravljanja i vremena u izmjeni elemenata grafičkog proizvoda. Simuliranom prilagodbom instaliranih resursa i novim ustrojem hodograma postavljamo novu optimizaciju izvršnih odjela produkcije. Matematičkim modelima stvorili smo nove ulazno-izlazne čvorove, čime određujemo prioritete funkcije s prilagodbom za izdvojene procese. Konstruirali smo fleksibilniji ustroj upravljanja i odlučivanja. Često prisutnim vremenskim odmakom u ostvarenju grafičke pripreme koju radi naručitelj, novi modeli u planiranju proizvodnje optimiziraju pojedinačne pristupe tisku.

Simulacijskim eksperimentiranjem radnih tijekova na računalnom simulatoru, MIS/JDF protokoli implementirani su u kalkulativne mape i *Gray box* sustave. Ulazne su informacije distribuirane putem resursnih čvorova i optimizirane sustavu komunikacije.



Slika 5. Prijedlog Petri mreže odjela tiska i dorade

#### 5. MODELIRANJE DINAMIČKIH SUSTAVA PETRI MREŽOM

Predloženi modeli upravljanja prikazuju se Petri mrežom gdje se modeliraju i analiziraju informacijski, upravljački i automatski procesi. Provođi se i nadzor cjelokupnog sustava upravljanja. Informacijskim alatima izvedeno je dizajniranje radnih hodograma prema konceptualnoj razini kao osnovnoj logičkoj strukturi. Umjerenjem stanja sustava došli smo do matematičkih vrijednosti izvršnih procesa koji izravno utječu na događaje u čvorovima komunikacije, odnosno imaju

utjecaj na individualne radne procese. Definirali smo uvjete grafičke produkcije (instalirani resursni kapaciteti, uvjetovani repromaterijal, radni potencijal itd.) i slijedom mogućih faza rada (*prepress-press-postpress*) planiramo (realiziramo) tijekom izvedbenih procesa.

Za grafički prikaz budućih radnih hodograma i novih pozicija komunikacija odabrali smo simbole (autor C. A. Petri) koji opisuju situacije tiskarske produkcije. [5]

Strukturu Petri mreže uredili smo tipičnom uređenom četvorkom  $C = (P, T, I, O)$  prema funkcijama koje koristimo u sljedećim simulacijskim procesima:

- **Konačnom skupu mjesta (P)**

Pozicijom smo odredili početnu vrijednost ispitivanog modela koje se u proizvodnim fazama prikazuje kao početna (nulta) stanja resursnih kapaciteta. Osnovno stanje sustava određuje dizajn i smjer informacija (LAN) u JDF/MIS protokolu i konačnom skupu pozicija

$P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_n\}$  gdje je  $n \geq 0$ , odnosno konačni skup svih lokacija pozicija (*places*).

- **Skupu prijelaza (T)**

Tranzicijom (prijenosna integracija) odredili smo uvjete pod kojim se informacija o grafičkom proizvodu prenosi na sljedeću fazu rada prema tiskarskom stroju za predpodešavanje zona obojenja i vlaženja tiskovne forma. Iniciramo iduću poziciju distribucije podataka

$T = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$  gdje je  $m \geq 0$ , odnosno konačni skup svih prijenosnih integracija (*transmissions*).

- **Skupu funkcija ulaza informacija (I)**

Funkcijom ulaza preslikali smo informacije iz početnih prijelaznih pozicija u iduću skupine ulaznih mjesta kao multi-skup prijema podataka o grafičkom proizvodu (format, naklada, obojenje, vrsta uveza, isporuka...)

$I:T \rightarrow P$  gdje simuliramo ulazno mjesto informacija (PDF 1.3) i distribuirano prijelaznim mjestima kao umreženom podskupu pozicija.

- **Skupu funkcija izlaznih informacija (O)**

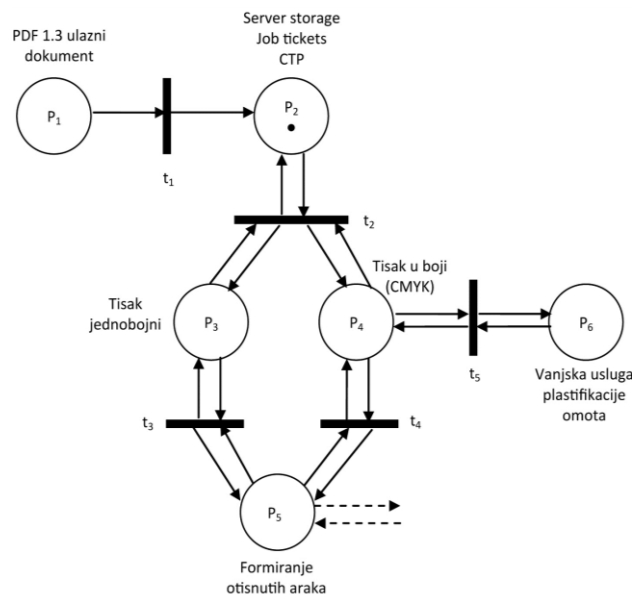
Funkcijom izlaza odredili smo preslikavanje iz prijelaznih mjesta u skupinu izlaznih informacija kojom opisujemo završne faze, a odnosi se na vrstu uveza, isporuku, personalizaciju i dr.

$O:T \rightarrow P$  - simuliramo informacije potrebne tisku ili grafičkoj doradi gdje se realizira grafički proizvod.[6]

Simulirali smo novi model grafičke komunikacije s mrežnim postavkama u čvorovima komunikacije. Predložen je hodogram tijekom JDF/JMF izmjena podataka podrškom odjela Tehnološke pripreme rada kao nositelja svih kalkulativnih i planskih upravljanja. Razlog odabira Petri mreže ogleda se u konstantnoj dinamici proizvodnje i u promjeni realizacije tiskovine (isti proizvod može se otiskivati i doradivati na različitim strojevima). Odredili smo smjer komunikacije kao i dualne komunikacijske povratne informacije koje se koriste za rekalkulaciju istih.

Odreden je smjer komunikacije kroz dualni komunikacijski protokol i u zavisnoj je relaciji naspram izvršnih proizvodnih procesa. Izvedbenim modelima određeni su čvorovi upravljivih resursa i skupa usmjerenih integriranih poveznica. Izvršne funkcije prikazane su kao četvorke skupa lokacija te su simuliranim metodama predložene izmjene podataka kroz poziciju u tisku i doradi.

Odredili smo mjesta prijelaza informacija na pozicijama veza između ulaznih mjesta podataka i pozicije informacija te njihove optimizacije prema izlaznim mjestima. Pridružili smo i funkcije okidanja koje u zadanom trenutku distribuiraju informacije ili preusmjeravaju prema slobodnim resursima radi zauzeća istih. Radni tijek informacija (PDF 1.3) u JDF protokolu simulirali smo kao bipartitni model komunikacije. Sublimacijom ulaznih elemenata grafičkog proizvoda pozicionirali smo ih u čvorove *mjesta ulaza* te su distribuirani mrežnim komunikacijom prema *prijelaznim skupovima*. [7] [8]



**Slika 6.** Shema Petri mreže s oznakama mjesta i tranzicija za tisak iz arka

Prikazom Petri mreže kao bipartitni graf (povezivanje čvorova istog tipa nije dopušteno) definiramo konačne skupove mjesta, tranzicija i prijelaza prema sljedećem:

*Konačni skup svih lokacija:*

$$P = (p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6)$$

*Konačni skup svih tranzicija:*

$$T = (t_1, t_2, t_3, t_4, t_5)$$

*Konačni skup svih funkcija prijelaza:*

$$I(t_1) = (p_1)$$

$$I(t_2) = (p_2, p_3, p_4)$$

$$I(t_3) = (p_3, p_5)$$

$$I(t_4) = (p_4, p_5)$$

$$I(t_5) = (p_4, p_6)$$

Definirali smo bitne *prijelazne* faze produkcije tiska i grafičke dorade. Svako okidanje aktivira sljedeću fazu rada pod utjecajem tranzicije odnosnih linkova prijenosa informacija. Optimizacija i prilagodba sustava za PDF protokole pozicionirani su *hot-folder* na serveru, te se tako uređeni prosljeđuju izlaznim čvorovima za komunikaciju prema CTP uređaju.

## 6. JDF/XML TEHNOLOGIJA KROZ TISAK

JDF protokol svojim automatiziranim radom eliminira kontrolne točke u komuniciranju kada je programsko rješenje nekompatibilno s instaliranim tiskovnim resursom. Optimiziran je za XML standarde i specifikacije. Osnova je u identifikaciji distribuirane informacije. XML tagovima, koji nisu unaprijed definirani, opisujemo elemente koji su potrebni za realizaciju tiskovine. Unos određuje tehnološka priprema rada, čime je umanjena mogućnost dupliciranja unosa podataka kao i pristup bazi podataka putem lozinke administriranja. XML zapisima opisani su elementi koji su simulacijskim eksperimentiranjem pokazatelj budućeg tijeka proizvodnje, uz prethodno izmjerene normativne vrijednosti. Pridružuju se varijablama koje opisuju taj proizvod. MIS poveznicama elementi grafičkog proizvoda distribuiraju se vertikalnim i horizontalnim komunikacijskim mrežama. [9]

## 7. ZAKLJUČAK

U članku je prikazana simulacija na modelu tiskovine prema uzoru na sustav Petri mreže koja svojom integracijom povezuje proizvodne odjele tiskara. Takvim modelima stvaraju se optimalna rješenja koja u stvarnim sustavima nisu izvediva zbog svoje nerentabilnosti ili zauzeća tiskarskog resursa. Složenijim simuliranjem modela predlažu se načini iskorištenja učinjenih opterećenja i funkcioniranje sustava u cjelini. Objektno orijentiranim programskim jezikom ispituju se konstantne i promjenjive varijable koje svojim modeliranjem anuliraju zagušenja proizvodnih radnih tijekova te ih preusmjeravaju na slobodne resurse. Izradom baze podataka modela radnih tijekova na XML tehnologiji uvodi se racionalizacija u procesima tiskarstva.

## 8. LITERATURA

- [1] Afrić Vjekoslav, Simulacijski modeli, Izvorni znanstveni rad, *Polemos* 2 (1999.) 1-2, str. 1-17.
- [2] Buckwalter Claes., „*Integrating Systems in the Print Production Workflow*“ master work, <http://iu.divaportal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:22773> (svibanj 2013.)
- [3] [http://www.cip4.org/documents/jdf\\_specifications/html/Building\\_a\\_System\\_Around\\_JDF.html](http://www.cip4.org/documents/jdf_specifications/html/Building_a_System_Around_JDF.html) (svibanj 2013.)
- [4] Ekkart Kindler, High-level Petri Nets – Transfer Format – *Working Draft of the International Standard ISO/IEC 15909 Part 2 –Version 0.5.0*, University of Paderborn, (2004.) 17-29
- [5] Gustavo A. Chaparro-Baquero, Nayda G. Santiago, Wilson Rivera, J. Fernando Vega-Riveros, *Measuring quantitative dependability attributes in Digital Publishing using Petri Net Workflow Modeling*, University of Puerto Rico, Mayagüez Campus Department of Electrical and Computer Engineering, 1-8.

- [6] H.M.W. Verbeek, A. Hirschall, W.M.P. van der Aalst, *XRL/Flower: Supporting Inter-organizational Workflows Using XML/Petri-Net Technology*, Faculty of Technology Management Eindhoven University of Technology, Netherlands, 96-99.
- [7] Luo Ru-bai, Zhou Shi-sheng, Gao Xiao-jing, Zhao Jin-juan, *JDF-based Integration Solution for Pressroom*, Xi'an University of Technology XAUT, Xi'an, China, International Conference on Computer Science and Software Engineering, pp. 1-5, 2008.
- [8] Rozália Szentgyörgyvölgyi, *Effect of the Digital Technology to the Print Production Processes*, Assistant, Institute of Media Technology, Rejtő Sándor Faculty of Light Industry and Environmental Engineering, Budapest Tech Doberdó út 6, H-1034 Budapest, Hungary, Acta Polytechnica Hungarica, 2008.
- [9] Simović, Vladimir, *Software Project Management: New Analysis of Specific Engineering and Management Processes in Modern Graphical Printing Industry Production*, Faculty of Teacher Education University of Zagreb, WSEAS TRANSACTIONS on COMPUTERS, 2008.

### Kontakt autora:

**Petar Miljković, dr.sc.**  
Medijsko sveučilište  
Trg bana Jelačića 6, 48000 Koprivnica  
[petar.miljkovic@medijsko-sveuciliste.hr](mailto:petar.miljkovic@medijsko-sveuciliste.hr)

**Jelena Vlašić, dipl.ing.**  
Veleučilište u Varaždinu  
J.Križanića 33, 42000 Varaždin  
[jelena.vlastic@velv.hr](mailto:jelena.vlastic@velv.hr)

**Krunoslav Hajdek, dipl.ing.**  
Veleučilište u Varaždinu  
J.Križanića 33, 42000 Varaždin  
[khajdek@velv.hr](mailto:khajdek@velv.hr)