

# POUZDANOST FUNKCIONISANJA ZNAČAJAN KRITERIJUM ZA IZBOR OPTIMALNIH TEHNOLOŠKIH I ORGANIZACIJSKIH SISTEMA

Slobodan Mirković<sup>1</sup>

## *Rezime,*

U radu se daje kratak opis tehnoloških i organizacijskih modela, kao osnove za istraživanje i iznalaženje optimalnih rešenja za kvalitetnu realizaciju pojedinih građevinskih radova ili faza kao sistema, čime se postiže da je gradjenje putnih saobraćajnica racionalno, kvalitetno i u predviđenim rokovima. Tehnološki i organizacioni modeli, kao složeni dinamički sistemi treba da poseduju preglednost i decidnost u pogledu broja elemenata, interaktivnih veza i konfiguracije strukturnih elemenata. Od njih se traži još da poseduju i visoki kvalitet oblikovanja baziran na analizi strukture primenjene u tehnici mrežnog planiranja, sa pefomansama koje pružaju brojne mogućnosti testiranja i simulacije. Pored toga tehnološki i organizacioni modeli u kombinaciji sa matematičkim modelima treba da omogućavaju brzo i kvalitetno iznalaženje optimalnih rešenja za izbor građevinske mehanizacije i načina za efikasnu realizaciju radova u saglasnosti sa ekonomskim i kriterijumima pouzdanosti funkcionisanja analiziranih elemenata građevinske proizvodnje.

*Ključne reči,* tehnološki i organizacioni modeli, pouzdanost funkcionisanja

## OPERATION RELIABILITY AS AN IMPORTANT CRITERION FOR THE CHOICE OF OPTIMAL TECHNOLOGICAL AND ORGANIZATIONAL SYSTEMS

### **Abstract,**

The paper presents a short description of technological and organizational models, as a basis for research and finding of optimum solutions for a good quality realization of certain civil engineering works or phases of a system, which accomplishes the cost-efficient, quality and timely construction of traffic roads. The technological and organizational models, as complex dynamic systems ought to possess clarity and definiteness as to the number of elements, interactive links and configuration of structural elements. They are also required to possess a high quality of formation based on the structural analysis applied in the net planning technique, with such performances giving numerous potential for testing and simulation. Apart from that the technological and organizational models in combination with mathematical models should facilitate a fast and quality acquisition of optimal solutions for selection of construction machinery and the methods for efficient completion of works conforming with the economic and reliability criteria of functioning of analyzed elements of building production.

**Key words:** technological and organizational modes, operation reliability

### **1. UVOD**

Prema dugoročnim planovima Republika Srbija treba da u periodu do 2030 godine investira oko 8 milijardi evra u gradjenju samo autoputeva na neizgradjenim potezima koridora utvrđenih prostornim planovima i prognozama stručnjaka koji brinu o sadašnjem i perspektivnom razvoju putne mreže.

Racionalni plasman ovih investicija traži primenu optimalnih rešenja u sferi projektovanja; tehnologije i u sferi gradjenja, pre svega uvođenjem savremenih radnih procesa sa snažnom logističkom, informacionom i komunikacionom podrškom.

Tehnološko–organizaciona istraživanja treba da omoguće iznalaženje: optimalnih tokova savremenih tehnoloških procesa; racionalnih metoda i savremenih mašina izvršenja građevinskih radova kao i

<sup>1</sup> dr Slobodan Mirković, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

optimalnih logističkih, informacionih, komunikacionih, materijalno-energetskih i ostalih pratećih elemenata od značaja za racionalno i kvalitetno gradjenje, rekonstrukciju i održavanje putnih saobraćajnica.

U današnjim uslovima iznalaženje optimalnih tehnoloških i organizacionih rešenja, a u tom kontekstu i optimalnog izbora mehanizacije je nezamislivo bez primene kvalitetnih tehnoloških i organizacionih modela oblikovanih na principima i savremenim znanjima teorije sistema, kibernetike i operacionih istraživanja i uz to snažno podržani matematičkim modelima baziranim na teoriji verovatnoće, stohastičkom i dinamičkom programiranju.

Dosadašnja iskustva u radu sa njima su pokazala da se oni podjednako dobro koriste za određivanje kako optimalnih tehnoloških, tako i i organizacijskih rešenja na makro, mezo ili mikronivou. Tehnološkim i organizacijskim modelima na makro nivou modeliraju se tokovi faza ili pojedinačnih grupnih procesa sa ciljem da se iznadju njihovi optimalni rasporedi imajući u vidu raspoložive kapacitete postrojenja (asfaltne i betonske baze i drobilane itd) na nivou izvodjačkog privrednog društva. Na ovom nivou se istražuju, analiziraju i iznalaze tehnološka i organizaciona rešenja realizacije faza gradjenja putnih saobraćajnica kao što su: obeležavanje i probijanje trase; izrada donjeg stroja; izrada objekata za odvodnjavanje; izrada gornjeg stroja; izrada kolovozne konstrukcije i izrada objekata horizontalne i vertikalne signalizacije i uredjenja putnog pojasa, kako bi se gradjenje putne saobraćajnice odvijalo bez zastoja sa visokim kvalitetom uz najmanje troškove gradjenja.

Tehnološkim i organizacionim modelima na mezo i mikro nivou modeliraju se kompleksni, jednostavni procesi i operacije imajući u vidu kapacitete, gabaritne i druge tehničke karakteristike mašina, ali prostornih i drugih uslova radnih tačaka, radnih mesta i deonica gde se ovakvi kompleksni i jednostavni procesi i operacije izvršavaju. Tako se na ovom nivou istražuju i iznalaze optimalna rešenja za kvalitetno odvijanje na primer operacija iz sastava jednostavnih procesa iskopa, transporta ili izrade nasipa.

## 2. TEHNOLOŠKI I ORGANIZACIJSKI MODELI

Sastavljanje i oblikovanje kvalitetnih tehnoloških i organizacijskih modela je praktično nemoguće bez dobrog poznavanja sistemnog prilaza, teorije sistema, kibernetike, operacionih istraživanja, tehnologije, organizacije i strukture gradjevinske proizvodnje strukture putne saobraćajnice koja se gradi.

Prilikom sastavljanja i oblikovanja tehnološko-organizacijskih modela treba voditi računa da oni svojim sastavnim elementima i interaktivnim vezama dovoljno dobro apstrahuju i oslikavaju stanje i moguće transformacije koje se javljaju tokom realizacije istraživanih procesa, odnosno funkcionisanje elementarnih ili kompleksnih sistema 'čovek-mašina' tokom realizacije istraživanih operacija, jednostavnih, kompleksnih i pojedinačnih grupnih procesa.

Postoje brojne metodologije koje se primenjuju kod oblikovanja tehnoloških i organizacijskih modela, ali najveću primenu su našle klasične metode sa koracima koji su vezani za: definisanje cilja istraživanja; sastavljanje i oblikovanje tehnoloških i organizacijskih modela; ocenu realnosti modela sa aspekta postavljenog cilja istraživanja tehnoloških i radnih procesa; definitivnu razradu usvojenih modela i odgovarajućih optimizirajućih modela shodno postavljenim kriterijumima optimizacije; specifikaciju optimalnih vrednosti vezano za izbor gradjevinske mehanizacije i resursa itd.

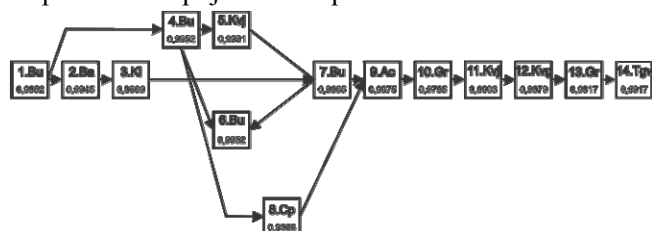
## 3. POUZDANOST TEHNOLOŠKIH I ORGANIZACIONIH SISTEMA

Savremeno poslovanje putarskih privrednih društava je pokazalo da se pitanjima pouzdanosti rada gradjevinske mehanizacije, uključene u procese gradjenja, rekonstrukcije ili održavanja putnih saobraćajnica, pridaje velika pažnju, iz razloga što se pouzdanost javlja kao značajan činilac u smanjenju troškova poslovanja, a najviše u troškovima mašine kao osnovnog sredstva.

Dosadašnja istraživanja primenjenih metodologija za određivanje pouzdanosti funkcionisanja

tehnoloških i proizvodnih sistema-gradjevinске proizvodnje i gradjevinске mehanizacije kao elementa takvih sistema tokom gradjenja putnih saobraćajnica, pokazala su, da najveću primenu imaju one koje se javljaju kao sprega oblikovanja tehnoloških i organizacionih sistema upotpunjene dodatnim korakom za odredjivanje sadašnje i perspektivne pouzdanosti sistema uz korišćenje navedenih modela kao funkciograma. U okviru ovog koraka poslovi na odredjivanju pouzdanosti sistema polaze od odredjivanja sopstvene pouzdanosti elemenata nekim od do sada primenjivanih načina, na primer načina rasporedjivanja pouzdanosti posredstvom 'težinskih' faktora, sračunatog intenziteta i srednjeg vremena otkaza. Posredstvom ovako odredjene sopstvene pouzdanosti u daljem toku odredjuje se pouzdanost celog tehnološkog ili proizvodnog sistema, a kasnije se posredstvom ovako dobijene pouzdanosti odredjuje efikasnost, raspoloživost, funkcionalna spremnosti i optimalni troškovi pouzdanosti.

Pod pouzdanošću sistema, uopšteno, podrazumeva se sposobnost ili svojstvo sistema i njegovih elemenata da uspešno funkcionišu i kvalitetno obavljaju predvidjene zadatke, pod odredjenim uslovima u odredjenom vremenskim intervalima. Pouzdanost nekih sistema u najvećem stepenu zavisi pojedinačne pouzdanosti

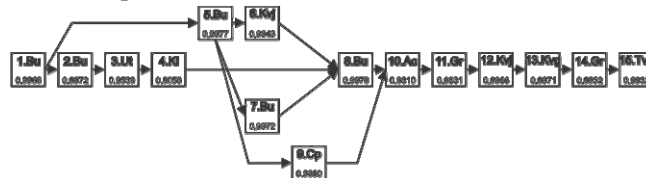


Slika 1 – Tehnološki model – funkciogram za izradu trupa saobraćajnica od zemljanog materijala (glavna vodeća mašina bager)

sastavnih elemenata takvog sistema, od broja i strukturnog (funkcionalnog) rasporeda elemenata, kao i od osetljivosti istraživanih sistema na pojavljene greške, zastoja i kvarove.

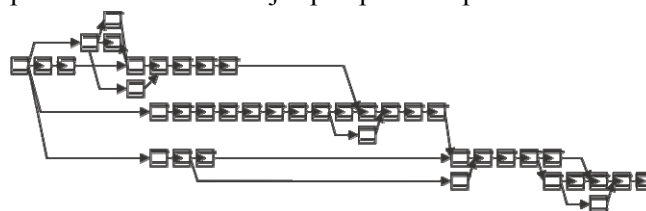
Sa aspekta pouzdanosti postoje brojne podele sistema od kojih su najvažnije podele prema: metodologiji odredjivanja nivoa pouzdanosti i laboratorijske mogućnosti testiranja, kada se razlikuju tehnički i organizaciono-tehnološki; prema osetljivosti

na pojavu grešaka, zastoja i kvarova, kada se javljaju sistemi bez i sa multipliciranim rezervama, kao i prema nivou njihove pouzdanosti, efikasnosti i raspoloživosti, kada se razlikuju sistemi male, srednje ili velike pouzdanosti.



Slika 2 – Tehnološki model – funkciogram za izradu trupa saobraćajnica od zemljanog materijala (glavna vodeća mašina buldozer)

Od svih metodologija koje se primenjuju za odredjivanje pouzdanosti sistema, najveću primenu su našle one koja se nadovezuju na metodologije koje su bile primenjene kod oblikovanja tehnoloških i organizacionih modela uz pridodavanje koraka kojim se utvrđuju i sistematizuju otkazi i uzroci njihove pojave; koraci kojima se vrše utvrđivanja statističke verovatnoće pojave otkaza i koraci za odredjivanje krivih njihove raspodele (tj. da li su normalne, lognormalne, eksponencijalna, beta ili gama raspodele itd); koracima za konstruisanje trostadijurnih krivih pojava zastoja i kvarova u početnom, tekućem i završnom periodu funkcionisanja elemenata sistema; odredjivanje pouzdanosti elemenata i sistema tehničkih i organizaciono-tehničkih sistema saglasno usvojenim funkciogramima i koraka odredjivanje efikasnosti, operativne gotovosti i raspoloživosti sistema, kao i za odredjivanje korisničkih troškova pouzdanosti za sadašnji i perspektivni period.



Slika 3 – Tehnološki model – funkciogram za izradu trupa saobraćajnica od stenskog materijala

Napominje se da postoje odredjene razlike u u matematičkim modelima za odredjivanja pouzdanosti tehničkih i tehnološko-organizacijskih i drugih resursnih sistema. Tehnološki, organizacioni, proizvodni i drugi modeli dozvoljavaju sastavljanje

prognoznih jednačina pouzdanosti ponašanja elemenata i sistema kroz vreme, na osnovu evidentiranog broja otkaza ili kvarova mašina u nekom posmatranom periodu. Tako se broj očekivanih zastoja ili kvarova na kraju prognoziranog perioda za neke određene vrste mašine može odrediti i preko formule:

$$N_t^* = N_t + N_t^* e^{\left(\frac{t_1 - t_2}{t_1 + t_2}\right)}$$

pri čemu je:

- $N_t$ -broj otkaza ili kvarova zabeleženih u istraživanom periodu do  $t_1$ -godina;
- $t_1$ -poslednja godina istraživanog perioda;
- $t_2$ -krajnja godina prognoznog perioda.

Na kraju se na osnovu sračunate verovatnoće pouzdanosti sistema može sračunati sadašnja i perspektivna efikasnost, raspoloživost i funkcionalna pogodnost posmatranog proizvodnog sistema, ali i optimalni troškovi pouzdanosti proizvodnih sistema korišćenjem postojećih matematičkih modela optimizacije korisničkih troškova pouzdanosti.

Putarska privredna društva, kao korisnici imaju nesumnivo, značajne ekonomske efekte korišćenjem mehanizacije sa visokom verovatnoćom pouzdanosti naročito u početnom periodu njene eksploatacije, jer tada znatno smanjuju potrebna godišnja izdvajanja za mašine kao osnovnih sredstava. Konkretno izraženo je smanjenje: administrativnim i transportnim troškovima nabavke novih mašina; troškovima radnih jedinica mehanizacije-baze; troškovima energije i energenata-troškova finansijskih usluga oko obezbeđenja kredita i ostalih plaćanja; troškova nastalim neradom mašina i nerealizovane proizvodnje (u vidu povećanih režijskih troškova, penala, izostanka premije, povećane inflacije, dodatnih troškova radne snage, povećanih troškova sladištenja zaliha i rezervnih delova); kao i troškova dodatne izgradnje privremenih objekata i konstrukcija za predviđene rezervne ili multiplicirane mašine.

## ZAKLJUČAK

Odredjivanje optimalnih tehnoloških i radnih procesa za potrebe gradjenja, rekonstrukcije i održavanja putnih saobraćajnica traži primenu

sistemnog prilaza i izradu kvalitetnih tehnoloških i organizacionih modela oblikovanih na principima i najnovijim znanjima teorije sistema, kibernetike i operacionih istraživanja.

Savremeni uslovi privredjivanja i gradjenja, rekonstrukcije i održavanja putnih saobraćajnica usloveli su potrebu da se u postupku sprovođenja optimalnog izbora mašine i mehanizacije pored tehnokonomskeg kriterijuma uvede i pouzdano-ekonomski kriterijum funkcionisanja kvalitetnog rada izabrane mašine ili sastava kompleksne mehanizacije.

## LITERATURA

- [1] *Organizacija i ekonomika gradjenja*, Mirković S., GAF, Niš, 1995.
- [2] *Zbirka zadataka iz organizacije gradjenja*, Mirković S, GAF, Niš, 2000.
- [3] *Gradjevinska mehanizacija*, Mirković S, Gradjevinska knjiga, Beograd, 2005.
- [4] *Neke nove tendencije u gradjenju gornjeg stroja pruga za brze vozove*, Mirković S, Nauka+praksa 8, 151-156, 2005.
- [5] *Pouzdanost sistema, elektronskih, telekomunikacionih i informacionih*, Ramović R, Katedra za mikroelektroniku i tehničku fiziku, Beograd 2005.