

## **PRILOG PROJEKTOVANJU SISTEMA ZA PRERADU POŠTANSKIH POŠILJAKA**

Milan Bukumirović, Aleksandar Čupić  
Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet

**Sadržaj:** *Projektovanje sistema za preradu (sortiranje) poštanskih pošiljaka predstavlja kompleksan zadatak čije se rešavanje mora zasnivati na poznavanju širokog spektra inženjerskih veština. U ovom radu biće dat pregled parametara koji su od uticaja na uspostavljanje prostorne konfiguracije novoprojektovanih ili redizajniranih poštanskih centara. Biće definisan osnovni pristup razmeštaju prostora i sredstava mehanizacije i automatizacije. Pored osnovnih principa oblikovanja prostornih struktura – Layout-a biće objašnjen postupak dobijanja alternativa realnih infrastruktura kao i izbor osnovnog – polaznog rešenja.*

**Ključne reči:** *Projektovanje, prostorna struktura – Layout, poštanski centri.*

### **1. Uvod**

Projektovanje sistema prerade u osnovi istovremeno obuhvata: definisanje tehnološkog procesa, izbor i projektovanje rasporeda tehnološko-transportne opreme (mašina i sredstava mehanizacije) i projektovanje kapaciteta sistema.

Projektovanje rasporeda opreme u poštanskim centrima (PC) uspostavlja prostornu konfiguraciju fizičkih elemenata sistema za preradu poštanskih pošiljaka, opreme, radnih mesta, postrojenja za obezbeđenje uslova rada i radne snage. Takođe, predviđa vremensku sinhronizaciju radnih aktivnosti u proizvodnom procesu, kao i uspostavljanje kriterijuma za vrednovanje strukture i procesa.

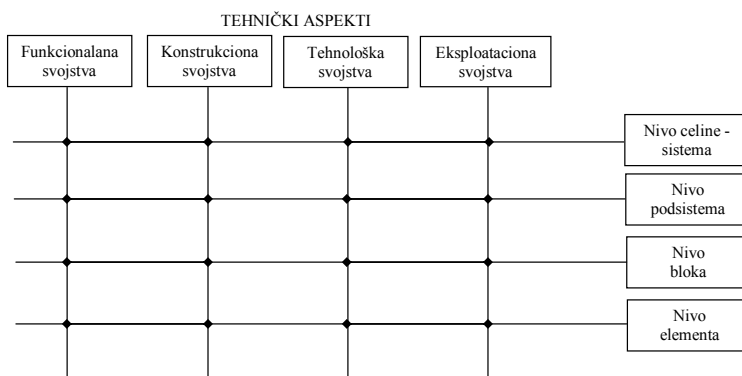
Poseban uticaj na formiranje dispozicije sektora prerade (layout) imaju :

- vrste poštanskih pošiljaka,
- izabrani tehnološki proces i
- očekivani nivo zahteva (obzirom na zastupljenost automatizacije)

Dispozicioni plan rasporeda proizvodne opreme za preradu pismonosnih pošiljaka, paketa i vreća odnosi se na projektovanje novih poštanskih centara, u kom slučaju njihovi rezultati utiču na konstrukciju građevinskog objekta ili na rekonstrukciju postojećih poštanskih centara u cilju racionalizacije procesa prerade, što podrazumeva korišćenje postojećeg građevinskog objekta (sa ili bez minimalnih izmena i investicionih ulaganja).

Glavni poštanski centri i uopšte jedinice poštanske mreže su složeni tehnički objekti – sistemi. Stoga se analiza vrši primenom sistemskog prilaza tj. prema tehničkim aspektima i hijerarhijskim nivoima (slika 1) u organizacionoj strukturi. Tehnički aspekti definišu

funkcionalna, projektna (konstrukcijska), tehnološka i eksploataciona svojstva tehničkih sredstava/objekata.



Slika 1. *Struktura procesa projektovanja*

Funkcionalna svojstva definišu proces rada tehničkih sredstava i sistema. Konstrukcioni aspekt definiše strukturu i Layout objekta. Tehnološki aspekt obuhvata tehnološke mogućnosti i stvarne procese prerade poštanskih pošiljaka. Ekonomska svojstva definišu ponašanje tehničkih sredstava i sistema u eksploataciji, uključujući i faktore pouzdanosti, kvaliteta rada i procesa zaštite životne sredine.

Projektovanje sistema prerade bazira se na poznavanju tehnološkog procesa prerade, kapaciteta i drugih karakteristika tehnološke opreme, osnovnoj teoriji proračuna transporterata i konvejera za poštanske terete i potrebe ostvarivanja protočnosti sistema.

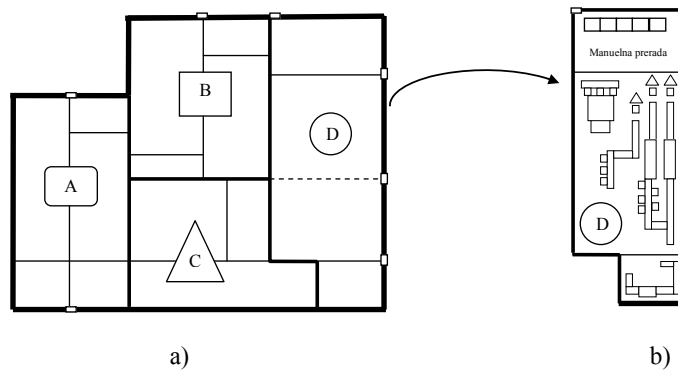
## 2. Osnovni pristup razmeštaju prostora i sredstava mehanizacije i automatizacije

Oblikovanje prostornih struktura u infrastrukturi PC-a prema zahtevima povišenog stepena fleksibilnosti i racionalne organizacije sistema, uslov su za ostvarenje izlaznih veličina u potrebnom i dovoljnom kvalitetu. Oblikovanje prostornih struktura u PC-u obuhvata razmeštaj:

- mašina i uređaja za preradu pošiljaka,
- radnih mesta i
- svih (ili većine) funkcionalnih površina i njihovih prostora.

Razmeštaj opreme i prostora može da bude definisan kao proces dobijanja optimalne dispozicije fizičkih sredstava jedne proizvodne jedinice PC-a. Pri tome, dispozicija fizičkih sredstava obuhvata formiranje sledećih prostornih struktura u više faza (slika 2):

- raspored sektora i odeljenja unutar jednog objekta PC-a (prva faza (slika 2a), sektori A, B, C i D) i
- raspored mašina, odnosno radnih mesta u okviru jednog odeljenja (druga faza (slika 2b), sektor D detaljno)



Slika 2. Formiranje prostornih struktura (G)PC-a

Dobijanje najboljeg mogućeg rasporeda proizvodnih sredstava mehanizacije za preradu i proizvodnog prostora optimizira relativnu lokaciju prema datim kriterijumima.

## 2.1. Formiranje prostorne strukture

Pri razmatranju problema razmeštaja proizvodnog i pomoćnog prostora, opreme i radnih mesta, uočava se da postoji veliki broj alternativa koje mogu da se realizuju. Problem se sastoji u tome da se iz skupa mogućih rešenja izabere ono koje najbolje ispunjava tehničke i ekonomske uslove date projektnim zadatkom.

U osnovi mogu da se razlikuju dva načina izbora prostorne strukture nekog sistema:

- prema intuiciji i
- prema formalnim pravilima rešavanja.

U prvom slučaju kriterijumi merodavni za izbor rešenja se dobijaju razmišljanjem jedne ili više osoba koje učestvuju u procesu odlučivanja. Rešenje zavisi od kompleksnosti problema, kvaliteta i iskustva učesnika u odlučivanju i može da se primeni uglavnom u jednostavnim situacijama.

U drugom slučaju se koriste razni modeli koji opisuju problem razmeštaja pomoću šema, dijagrama, karti tokova pošiljaka, matrica zavisnosti pojedinih lokacija ili računskih postupaka. Takvi modeli postoje u literaturi, tako da se postavlja problem njihovog izbora i primene, što zavisi od niza faktora koji su značajni za odlučivanje.

Pri izboru postupka za razmeštaj opreme i analizi pojedinih alternativa treba obratiti pažnju na sledeće:

- postupak razmeštaja treba da omogući selekciju pojedinih tipova rešenja,
- troškovi postupka (i izbora odgovarajućeg rešenja) moraju da budu u relaciji sa cenom izabranog rešenja i
- potrebno je naznačiti moguće subjektivne uticaje da bi se pokazalo kako utiču na konačan izbor rešenja.

Subjektivni uticaji mogu nastupiti kod sledećih koraka u postupku razmeštaja prostorija:

- izbora kriterijuma,
- određivanja težina kriterijuma,

- određivanja vrednosti predloženih rešenja u odnosu na kriterijum i
- klasifikacije vrednosti za nemerljive veličine.

Kod rešavanja svakog problema može se identifikovati različit broj i vrsta kriterijuma, zavisno od odgovarajućih zahteva i informacija koje stoje na raspolaganju pri čemu samo razmatranje svih relevantnih kriterijuma omogućava odgovarajući izbor. Osnovne grupe kriterijuma su:

- A. tehnički kriterijumi – intenzitet toka pošiljaka, dužina transportnog puta, transportni učinak, vreme potrebno za transport itd.,
- B. ekonomski kriterijumi – investicioni troškovi, eksploatacioni troškovi i sl.,
- C. kriterijumi uslovljeni sistemom – uslovi rada, vrsta energije, lični kontakt itd.

U osnovi razmeštaja opreme (sredstava mehanizacije i automatizacije), odnosno uređenja proizvodnog prostora može da se reši na dva načina. Prvi podrazumeva razmeštaj opreme prema vrsti procesa gde se sredstva i uređaji mehanizacije i automatizacije grupišu prema funkciji koje obavljaju, u specijalizovana odeljenja (slika 2). Drugi se odnosi na razmeštaj sredstava prema redosledu tehnoloških operacija gde se oprema postavlja u liniji.

Postupak razmeštaja pojedinih odeljenja na datoj lokaciji se izvodi tako što se najpre planira celokupni prostor PC-a kao celine da bi se potom pristupilo formiranju rasporeda opreme u okviru svakog odeljenja (slika 2b) dok je savremeni pristup obrnut.

### 3. Principi oblikovanja prostornih struktura – Layout-a infrastrukture poštanskih centara

Oblikovanje prostornih struktura – radnih mesta u sistemu prerade pošiljaka zavisi od više faktora:

- stepena tehnološke složenosti,
- tehnološkog procesa (redosleda operacija rada),
- stepena kontinuiteta toka,
- oblika tokova pošiljaka (pojedinačni ili grupni) i
- praktičnih ograničenja pri radu.

Takođe, oblikovanje prostornih struktura G(PC)-a podleže zadovoljenju principa postavljanja proizvodnih sistema i to:

1. **Princip minimalnih rastojanja**, koji obezbeđuje minimalna neophodna rastojanja radnih mesta – mašina u okviru prostornih struktura,
2. **Princip maksimalnog – punog intenziteta toka**, gde se određuju zahtevi ka stabilnosti protoka između radnih mesta u jedinici vremena,
3. **Princip održivog iskorišćenja prostornih struktura**, koji obezbeđuje maksimalni stepen iskorišćenja prostornih struktura u horizontalnoj i vertikalnoj ravni,
4. **Princip fleksibilnosti**, kojim se obezbeđuje stepen u kome je sistem u stanju da se prilagođava uslovima okoline,
5. **Princip sigurnosti i pouzdanosti rada**. Određuje zahtev za sigurnost od povreda na radu, kretanja na i između radnih mesta i zadovoljstvo u pogledu uslova rada.
6. **Princip integracije tokova**. Razmeštaj prostornih struktura može u znatnoj meri da obezbedi ostvarenje maksimuma izlaznih karakteristika sistema prerade u granicama dozvoljenih odstupanja. U savremenim poštanskim centrima neophodno je da se obezbedi integracija tokova prerade klasične pošte i pošiljaka hibridne pošte.

Na bazi primene navedenih principa proistekla su opredeljenja pri izboru tehnologije prerade poštanskih pošiljaka, izbora kao i razmeštaja opreme u novoizgrađenim prerađnim centrima.

### 3. Metodologija formiranja prostornih struktura

Kao rezultat preliminarnog određivanja tipa prostorne strukture, koje je bazirano na izboru toka procesa, formira se koncept ekonomičnog tipa strukture. Kod svih tipova prostornih struktura treba ostvariti silj da se mašine za preradu pošiljaka, odnosno grupe ovih mašina, međusobno i u odnosu na objekte koji se nalaze izvan jedinice (odeljenja za videokodiranje, računski centar i sl.) tako rasporede da su tim rasporedom uzrokovani transportni rad i sa njim direktno povezani transportni troškovi ali i uopšte troškovi minimalni.

Postavljeni zadatak može se formulisati na sledeći način:  $n$  mašina odnosno grupa mašina za preradu poštanskih pošiljaka treba rasporediti na „ $n$ ” mesta u odeljenjima za preradu, uz međusobno raspoređivanje  $k$  odeljenja infrastrukture, unutar građevinskog objekta koja opslužuju proizvodni podsistem prerade, na „ $k$ ” mesta tako da je suma transportnih radova (učinaka) u celom sistemu minimalna.

Ovaj problem raspoređivanja infrastrukture (mašina i odeljenja) može se prema karakteristikama međusobnih veza podeliti na dve grupe:

1. Mašine (grupe mašina) i odeljenja nisu u međusobnoj vezi već samo u vezi sa drugim objektima. Zbog toga raspored jedne mašine/grupe mašina, odnosno jednog odeljenja, na pojedinačno mesto zavisi isključivo od ove jedne veze.
2. Mašine (grupe mašina) ili odeljenja su u međusobnoj vezi i u vezi sa drugim mašinama i objektima. U ovom slučaju raspored jedne mašine/grupe mašina i odeljenja na mesto zavisi od svih međusobnih veza.

Nezavisno od karakteristika međusobnih veza u problemu razmeštaja  $n$  mašina na  $n$  mesta razmeštaja postoji  $n!$  Pripadajućih varijanti razmeštaja.

### 4. Alternative realnih infrastrukture (G)PC-a

Za (G)PC u kome se vrši automatska prerada mašinski obradivih pošiljaka, koji je definisan kao  $PS=(K,R)$ , sa više ( $n$ ) komponenata može da se postavi veći broj ( $n!$ ) alternativa.

U vektorskoj formi model realnog dizajniranja infrastrukture G(PC)-a može se iskazati na sledeći način:

$$PS = PS(N_m, N_{TS}(x, y), m_p, n_{il}, A_{op}, A_{tr}, t_{pr}, t_{tr}, T_p) \quad (1)$$

ako je

$$(N_m, N_{TS}, A_{op}, A_{tr}, t_{pr}, t_{tr}, T) \geq 0 \quad (2)$$

$$\sum t_i \leq T_p \quad (3)$$

$$xq_0 + yp_0 + mr_0 \leq Q_p \quad (4)$$

gde je:

$N_m$  – vektor - broj mašina (i pripadajućih prostora) raspoređenih u odeljenjima za preradu pošiljaka,

$N_{TS}$  – vektor - broj transportnih i manipulativnih sredstava (opterećenih (x) i praznih (y)) različitih tipova koja su angažovana u procesu prerade,

$m_p$  – broj posuda sa pošiljkama,

$n_{tl}$  – vektor - broj magistralnih transportnih saobraćajnica (sa smerovim kretanja) u PC-u

$A_{op}, A_{tr}$  – vektor - broj i vrednosti proizvodnih i transportnih površina,

$t_{pr}, t_{tr}$  – vektori – vremena trajanja operacija prerade i transporta,

$q_0, p_0, r_0$  – odgovarajuće srednje opterećenje transportnih sredstava,

$\sum t_i$  – vektor - vrednosti elementarnih vremena operacija u procesu prerade

( $\sum t_i = \sum t_o + \sum t_{tr} + \sum t_z + \sum t_{odr\check{z}}$ ),

$t_o, t_{tr}, t_z, t_{odr\check{z}}$  – vremena odgovarajućih pojedinačnih operacija: obrade ( $t_o$ ), transporta ( $t_{tr}$ ), zadržavanja i zastoja ( $t_z$ ), održavanja ( $t_{odr\check{z}}$ ),

$T_p$  – vreme trajanja ciklusa prerade (u toku dana).

Uslov (1) predstavlja opšti model sistema sa međuzavisnostima. Uslov (2) izražava ograničenja pri korišćenju odgovarajućih resursa. Ograničenje (3) iskazuje proizvodno transportnu sposobnost infrastrukture sistema da preradi prispele količine pošiljaka u koncentraciji dok uslov (4) obezbeđuje da kapacitet prerade bude dovoljan.

## 5. Izbor osnovnog rešenja

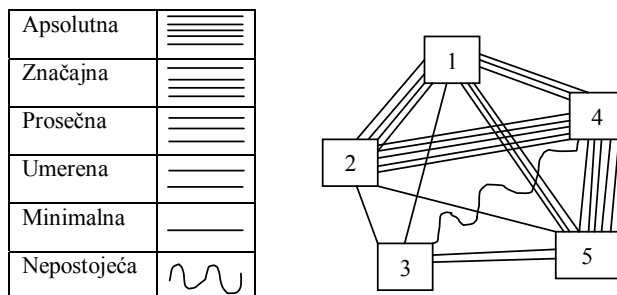
Osnovno, polazno rešenje pri oblikovanju prostornih struktura se dobija na bazi ranga intenziteta toka ili stepena međuzavisnosti para elemenata strukture pri čemu se postupak sastoji u sledećem:

1. Izrada karte intenziteta toka odnosno karte međuzavisnosti elemenata strukture,
2. Određivanje ranga intenziteta toka odnosno stepena međuzavisnosti para elemenata strukture. Rang intenziteta se dobija uređivanjem veličina  $q_{i,i+1}$  u opadajućem poretku od veličine  $(q_{i,i+1})_{\max}$  do veličine  $(q_{i,i+1})_{\min}$  (slika 3).
3. Izbor oblika toka i određivanje mesta ulaz – izlaz sistema, što daje mogućnost oblikovanja osnovnog, polaznog rešenja.
4. Posle izabranog (i nacrtanog) dijagrama toka pošiljaka dizajnira se blok šema površina (slika 4). U blok šemi se u razmeri unose pojedine grupe mašina (modula) sa njihovim prethodno izračunatim površinama.

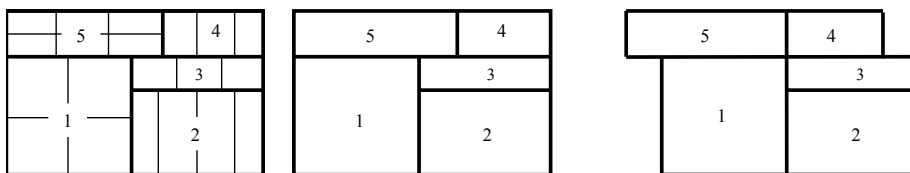
Uzrok međuzavisnosti može biti iskazan na više načina od kojih su najčešći: lični kontakt, redosled operacija rada, upotreba iste opreme, kontrola radnog mesta „i+1” od strane radnog mesta „i”, uslovi rada, sličnost radnih mesta.

Matrice (karte) međuzavisnosti vrednuju uslovljenost svakog para elemenata strukture određujući stepen i uzrok međuzavisnosti elemenata strukture. Za N elemenata u strukturi ukupan broj ocena međuzavisnosti veze iznosi:

$$M = \frac{N(N-1)}{2} \quad (5)$$



Slika 3. Dijagram međuzavisnosti elemenata strukture



Slika 4. Formiranje inicijalne blok šeme površina odeljenja a), b), c) – faze formiranja

Sa slike 3 vidi se da su veze 2 – 4 i 4 – 5 apsolutno potrebne (npr. prva zbog stalnog ličnog kontakta a druga zbog upotrebe iste opreme) dok je veza 2 – 5 zanemarljiva itd.

U postupku oblikovanja prostorne strukture bira se za osnovu par elemenata strukture između kojih je najveći intenzitet toka odnosno stepen međuzavisnosti. Ovom paru elemenata se pridružuje sledeći element najvećeg intenziteta između njega i prethodno postavljenog para. Elementi se u toku postupka postavljaju u temena trouglaste mreže. Po potrebi se blok šema prepravlja i ispravljaju se nepravilnosti njene konture (slika 4c) pri čemu važnu ulogu imaju transportne putanje i veze.

## 6. Zaključak

U radu je dato opšte uputstvo kako se na sistematski način pristupa projektovanju novog ili redizajniranju postojećeg centra za sortiranje poštanskih pošiljaka. Korišćena su pozitivna iskustva iz srodnih inženjerskih oblasti u kojima su zastupljeni kontinualni tokovi i procesi, intenzivni unutrašnji tokovi materijala, problemi usklađivanja kretanja ljudi i sredstava itd. što je odlika i poštanskih preradnih centara.

Primeri koji su dati predstavljaju hipotetičke situacije na osnovu kojih je moguće, uz poštovanje konkretnih ograničenja i uslovljenosti proisteklih iz prirode posmatranog sistema,

započeti proces planiranja razmeštaja fizičkih elemenata sistema za preradu poštanskih pošiljaka, opreme, radnih mesta, postrojenja za obezbeđenje uslova rada i radne snage itd.

### Literatura

- [1] Bukumirović M, „Reinženjering tehničkog sistema glavnog poštanskog centra”, PTT Saobraćaj, broj 4, Beograd, 2002.
- [2] Earl M, Sampler J, Short J, „Strategies for Business Process Reengineering”, Journal of Management Information Systems, 12(1), 1995, pp. 31-56.
- [3] Grover V, Jeong S, Kettinger W, Teng C, „The Implementation of Business Process Reengineering”, Journal of Management Information Systems, 12(1), 1995, pp. 109-144.
- [4] Bukumirović M, „Mehanizacija i automatizacija procesa prerade poštanskih pošiljaka”, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1997.
- [5] Bošnjak I, „Prilog modeliranju prometa u poštanskom sustavu”, Doktorska disertacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1998, pp. 103-110.
- [6] Bukumirović M, „Automatizacija procesa rada u poštanskim sistemima”, Monografija, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1999.
- [7] Bukumirović M, Čupić A, „Vrednovanje karakteristika infrastrukture poštanskih centara”, POSTEL 2005, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2005, pp. 315-324.
- [8] Bukumirović M, Čupić A, „Integralno projektovanje glavnog poštanskog centra”, POSTEL 2006, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2006, pp. 187-196.
- [9] „Idejni projekat tehnologije mehanizacije i automatizacije unutrašnjeg transporta novog glavnog poštanskog centra u Nišu (mehanički deo)”, Metalprim inženjering, 1990.

**Abstract:** *Designing systems for processing (sorting) postal items is a complex task whose solution must be based on extensive knowledge of engineering skills. This work provides an overview of parameters that are important for establishing the spatial configuration of the new designed or redesigned postal centers. It also defines the basic approach of disposition for the space and resources of mechanization and automation. Beside the basic principles of forming spatial structures – Layout, this work explains the procedure of getting alternative of real infrastructures and also making a choice of basic-starting solution.*

**Key words:** *Designing, Layout, postal centres.*

### APPENDIX TO DESIGNING OF PARCEL POST PROCESSING SYSTEMS

Milan Bukumirović, Aleksandar Čupić