

# DIZAJNIRANJE ORGANIZACIONE STRUKTURE UPRAVNIH ORGANA LOGISTIKE KORIŠĆENJEM FUZZY PRISTUPA

Pamućar S. *Dragan*, Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija, Dekanat, Beograd,  
Vasin T. *Ljubislav*, Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija, Katedra logistike, Beograd,  
Đorović D. *Boban*, Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija, Dekanat, Beograd,  
Lukovac M. *Vesko*, Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija, Katedra logistike, Beograd

DOI:10.5937/vojtehg1203143P

OBLAST: operaciona istraživanja  
VRSTA ČLANKA: stručni članak

## Sažetak:

*U radu je prikazan model za dizajniranje organizacione strukture upravnih organa logistike. Na osnovu primene datog modela predložene su varijante organizacione strukture s obzirom na činjenicu da upravni organi treba da budu dizajnirani i dimenzionisani tako da mogu da ispune svoje osnovne ciljeve i zadatke. Upravni organi treba svaki dobijeni zadatak kvalitetno i pouzdano da obave u svim uslovima okruženja. Pošto većinu prikupljenih podataka tokom proučavanja organizacione strukture karakteriše visok stepen neizvesnosti, subjektivnosti i neodređenosti, za prikaz opisanih neizvesnosti i neodređenosti korišćena je fuzzy logika. Fuzzy lingvističkim deskriptorima opisani su kriterijumi koji su korišćeni za vrednovanje predloženih alternativa. Na taj način, pomoću fuzzy logike, omogućena je eksploatacija tolerancije koja se javlja u slučaju nepreciznosti, nejasnoće i parcijalne istinitosti dobijenih rezultata istraživanja.*

Ključne reči: *dizajniranje organizacije, fuzzy logika, organizaciona struktura, višekriterijumsko odlučivanje.*

## Uvod

Odgovarajućim organizacionim rešenjima mogu da se ostvare uštede ili poveća efikasnost funkcionisanja sistema. Pod rganizacionim rešenjem nekog problema podrazumeva se čitava kompozicija rešenja sa aspekta brojnih struka i naučnih disciplina. Dinamičnost okruže-

nja dovela je do shvatanja da je organizacija, pored opreme, tehnologije i kadrova, značajan resurs jer objedinjava i čini svrsishodnim sve resurse. Dizajniranje organizacije, a posebno faza izrade modela organizacije, veoma je složen proces, u kojem treba ponuditi optimalna organizaciona rešenja. Zbog toga se za dizajniranje organizacije koristi veliki broj metoda. Najviše se primenjuju klasične metode, metode operacionih istraživanja, sistemska analiza, kompleksna analitička metoda, grafičko-matrična metoda i kompleksna matrična metoda.

Prilikom dizajniranja optimalnog rešenja organizacione strukture ne mogu se uvek uključiti svi bitni elementi u redosled koji ima kompleksnost i dobro strukturiran zadatak. Primenom sistemske analize posmatraju se svi elementi koji utiču na ponašanje sistema i u okviru nje se koriste metode operacionih istraživanja i druge nekvantitativne metode. Takav pristup korišćen je i u ovom radu, u kojem je prikazan model za dizajniranje organizacione strukture sa alokacijom resursa. U prikazanom modelu se podrazumeva proučavanje postojeće organizacione strukture logističkog bataljona, organizacionih postupaka i organizacionih sredstava i analiziranje prikupljenih podataka. Većinu prikupljenih podataka tokom proučavanja postojeće organizacione strukture karakteriše visok stepen neizvesnosti, subjektivnosti i neodređenosti, pa je za prikaz opisanih neizvesnosti i neodređenosti korišćena fuzzy logika.

U radu je, polazeći od relevantnih teorijskih pristupa i osnovnih postavki opšte teorije sistema, izvršeno istraživanje problema dizajniranja organizacionih struktura i razvijen model za izbor optimalne varijante organizacije koji je zasnovan na fuzzy logici. Izbor modela organizacije obavlja se primenom fuzzy višekriterijumskog odlučivanja i standardnih tehnika višekriterijumskog odlučivanja.

## Model dizajniranja organizacione strukture

Pod dizajniranjem organizacione strukture podrazumeva se definisanje modela za utvrđivanje broja izvršilaca po kvalifikacijama i modela za vrednovanje predloženih varijanata organizacione strukture.

### *Izrada modela za određivanje potrebnog broja izvršilaca*

Osnovne postavke ovog modela, polazeći od postavljenih ciljeva, čini definisanje kompleksa poslova koji se moraju obaviti na različitim nivoima organizacione strukture da bi se realizovali postavljeni ciljevi. Razra-

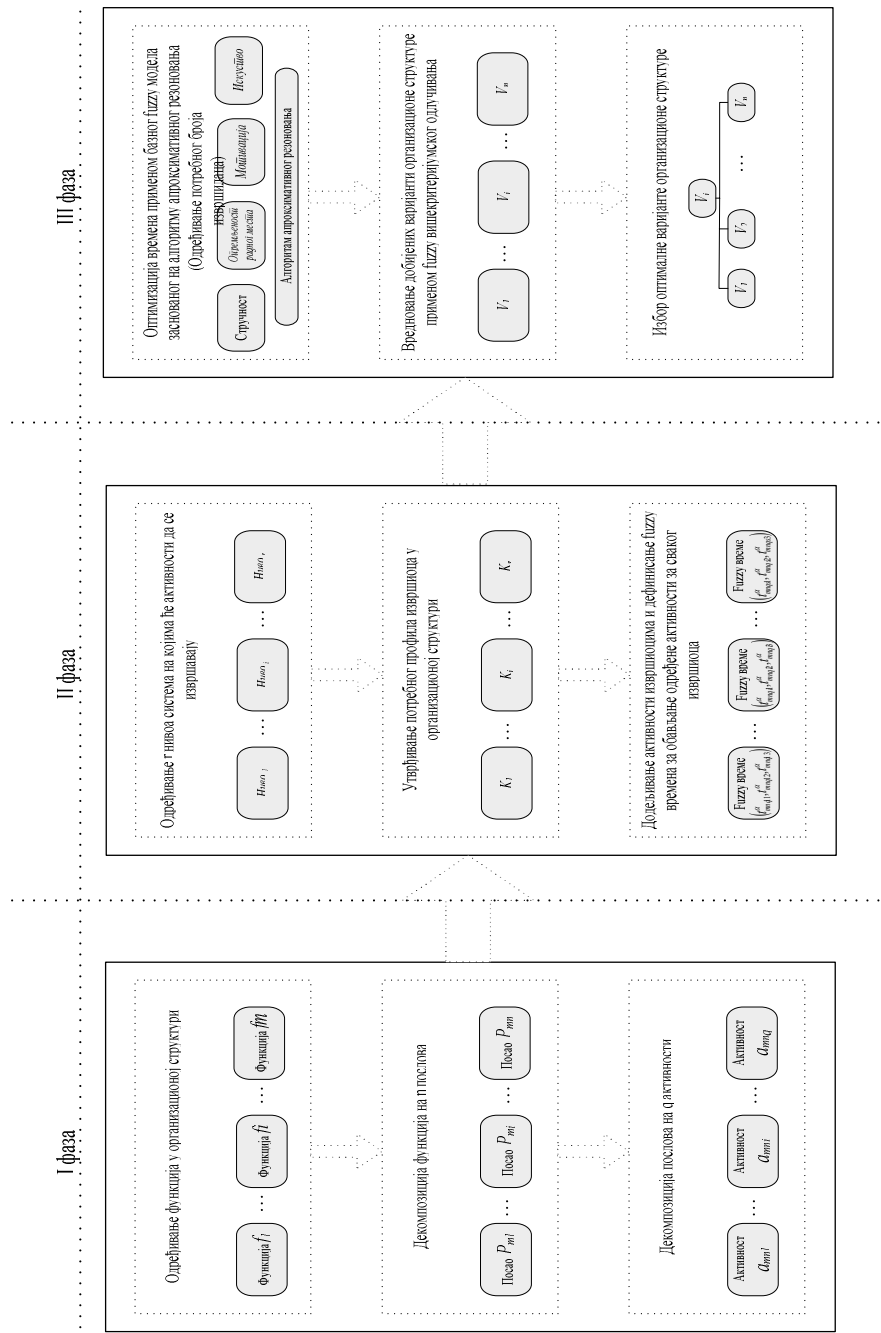
dom i analizom tih skupova poslova određuje se potrebno vreme za obavljanje određene aktivnosti. Postupak se odvija kroz sledeće faze:

- definisanje funkcija organizacione strukture,
- podelu funkcija na poslove,
- dekompoziciju poslova na aktivnosti, kao konkretne delatnosti neposrednih izvršilaca,
- definisanje potrebnih kvalifikacija izvršilaca i nivoa na kojima se poslovi izvršavaju,
- varijante utvrđivanja vremena za obavljanje aktivnosti po kvalifikacijama izvršilaca.

Namena, zadaci i cilj upotrebe organizacione strukture određuju strukturu funkcija, koje se kasnije razvrstavaju na poslove. Svaki posao sastoji se od većeg broja aktivnosti koje se neposrednim izvršiocima dodeljuju radi realizacije. Pripadnost posla određenoj funkciji definisana je njegovim karakterom, odnosno karakterom njegovih aktivnosti. Posao može da ima mešoviti karakter sa stanovišta pripadnosti funkciji. U takvom slučaju se pripadnost posla određuje prema tome kojoj funkciji pripada deo aktivnosti koje ga čine. U stvari, posao se dobija kao rezultat analize, tj. raščlanjivanja svake funkcije pojedinačno. Svaki posao dobija svoju oznaku, koja je tako kodirana da se iz nje može ustanoviti kojoj funkciji pripada.

Posebno su značajni dekompozicija poslova na parcijalne delatnosti, tj. aktivnosti, i definisanje izvršilaca i vremena za realizaciju svake od navedenih aktivnosti. Da bi se predvidele sve relevantne aktivnosti u okviru jednog posla, treba dobro poznavati tehnologiju njihovog obavljanja. Bez obzira na to da li je reč o reorganizaciji postojećih ili o formiranju nove organizacione strukture, pretpostavlja se da analitičari imaju mogućnost da, sami ili uz pomoć specijalista za pojedina područja, utvrde od kojih se aktivnosti sastoji posmatrani posao. Osim toga, za svaku aktivnost treba da se definiše ko će, odnosno ko može da je obavi (profili izvršilaca), na kom nivou i sa koliko angažovanih resursa (vreme, broj ljudi i slično).

Određivanje vremena potrebnog za obavljanje određenih aktivnosti zasniva se na sistemskom pristupu dizajniranju organizacionih struktura, u okviru kojeg će se utvrditi funkcije, poslovi i kvalifikacije organa organizacione strukture i definisati model za utvrđivanje vremena obavljanja aktivnosti. Za utvrđivanje vremena obavljanja aktivnosti koriste se prilaz procene i snimanja vremena rada u organizacionim strukturama. Koncept opisanog modela za dizajniranje organizacione strukture prikazan je na slici 1.



Slika 1 – Model za dizajniranje organizacione strukture [1]  
 Figure 1 – Model for designing organizational structures [1]

Dobijena vremena se u velikoj meri zasnivaju na iskustvu, intuiciji i subjektivnoj proceni. Budući da postoji određeni stepen neizvesnosti i rasplintosti dobijenih vremena, teorija fuzzy skupova najpogodniji je matematički aparat za tretiranje neizvesnosti, subjektivnosti i neodređenosti. Za optimizaciju vremena obavljanja aktivnosti definisana su četiri kriterijuma na osnovu kojih se preciznije određuju vrednosti vremena i koji mogu da doprinesu smanjenju ili povećanju ukupnog vremena obavljanja aktivnosti svake kvalifikacije. Ti kriterijumi su:

- stručnost izvršioca predviđenog za obavljanje određene aktivnosti,
- opremljenost radnog mesta neophodnom opremom,
- želja izvršioca aktivnosti da radi (motivacija),
- iskustvo koje izvršilac poseduje za obavljanje takvih ili sličnih aktivnosti.

*Stručnost za obavljanje zadatka.* Pod ocenom stručnosti podrazumeva se stepen stručne sprema koju poseduje izvršilac za obavljanje zadatka, tako da se ta ocena najviše zasniva na stručnosti pokazanoj u praksi, i to prvenstveno ako je izvršilac obavljao iste ili slične aktivnosti.

*Opremljenost radnog mesta.* Ta ocena se daje za opremu koja se nalazi na radnom mestu u odnosu na opremu koja bi se mogla u datim okolnostima nabaviti da bi se aktivnost brže i kvalitetnije obavljala.

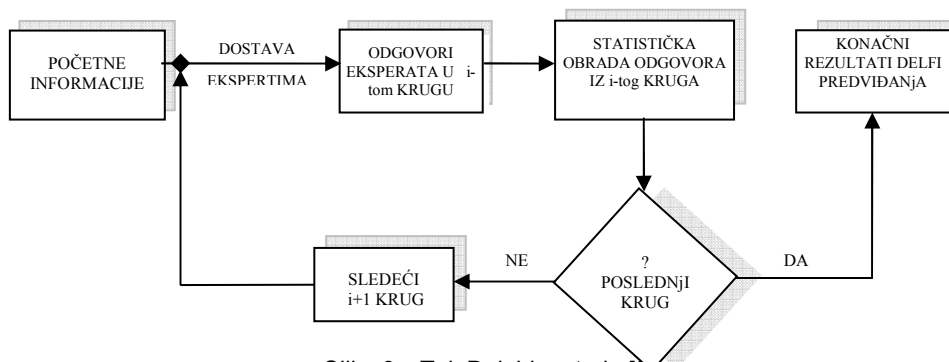
*Želja za radom (motivisanost).* Reč je o pokazanom angažovanju, ličnom zalaganju i unošenju ličnosti prilikom obavljanja svih zadataka koje je do tada obavljala, kao i o izjavi i zainteresovanosti za obavljanje posmatrane aktivnosti.

*Iskustvo izvršioca* uglavnom zavisi od broja godina radnog staža. Dužina radnog staža koja je neophodna da bi se imalo određeno iskustvo zavisi, pre svega, od kompleksnosti aktivnosti.

Navedeni kriterijumi direktno utiču na konačno vreme potrebno za obavljanje određenih aktivnosti, odnosno na njegovu optimizaciju. Kriterijumi se, određenim logičko-matematičkim transformacijama, pomoću algoritma aproksimativnog rezonovanja, dovode u vezu i daju rezultat izražen u časovima neophodnim za obavljanje aktivnosti. Struktura modela za optimizaciju vremena obavljanja aktivnosti i određivanje potrebnog broja izvršilaca prilikom dizajniranja organizacione strukture prikazana je u [1]. Za definisanje težina (značaja) prikazanih kriterijuma korišćena je Delphi metoda, a u narednom delu rada prikazan je jedan od pristupa fazifikacije te metode.

### *Fuzzy Delphi metoda*

Delphi metoda se smatra najvažnijom metodom intuitivnog predviđanja. Nastala je razvijanjem metode anketiranja i statističke metode radi usaglašavanja mišljenja eksperata. Postupak sprovođenja metode prikazan je na slici 2.



Slika 2 – Tok Delphi metode [2]  
Figure 2 – Delphi method procedure [2]

Metoda ima stohastički karakter i svodi se na sistemsku razmenu i kombinovanje individualnih mišljenja grupe eksperata o problemu istraživanja. Eksperti koji učestvuju u realizaciji metode oslanjaju se na svoje iskustvo, znanje i raspoložive materijale, prosuđuju o verovatnoći završetka nekog događaja u budućnosti, o uslovima i rokovima pojave događaja, redosledu budućih događaja, njihovom broju i kvalitativnom izrazu bez primene bilo kakvih matematičkih metoda. Zbog toga je u osnovi saznajni proces koji se odvija u čovekovom mozgu, pa je predviđanje pod uticajem niza objektivnih i subjektivnih faktora koji su određeni karakterom, odnosno načinom mišljenja i osobinama ličnosti eksperta. Metoda se zasniva na višekratnom ispitivanju visokokvalifikovanih stručnjaka u jednoj ili više oblasti, uz pomoć anketnih listova, radi prikupljanja informacija koje će se, tokom određene obrade, učiniti upotrebljivim za analizu ili prognozu.

Značajne karakteristike Delphi metode su:

- međusobna anonimnost eksperata (izbegnut je nepovoljan uticaj bilo kog eksperta na ostale);
- povratna sprega između dva uzastopna odgovora eksperta i između njegovog odgovora i pokazatelja odgovora svih eksperata (eliminirano je dejstvo autoriteta pojedinih eksperata, pritisak i slično);
- popustljivost eksperata naglašava se sa procesnim mišljenjem;
- odgovornost eksperata prema kvalitetu sopstvenog rada zbog međusobne anonimnosti nešto je manja nego kada se prognoza obavlja u prisustvu drugih eksperata.

Pošto većinu prikupljenih podataka primenom klasične Delphi metode karakteriše visok stepen neizvesnosti, subjektivnosti i neodređenosti, za prikaz opisanih neizvesnosti i neodređenosti korišćena je fuzzy logika.

U nastavku rada opisane su postavke fazifikovane Delphi metode. Fuzzy lingvističkim deskriptorima opisani su izlazni parametri te metode.

Na taj način, fuzzy logikom je omogućena eksploatacija tolerancije koja postoji pri nepreciznosti, nejasnoći i parcijalnoj istinitosti dobijenih rezultata istraživanja.

Prognoziranje pomoću fuzzy Delphi metode obavlja se na sledeći način:

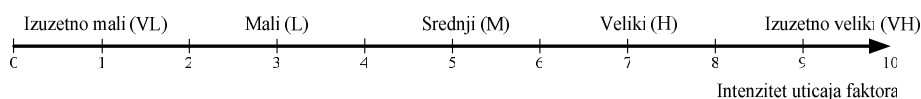
- eksperti se izaberu u zavisnosti od vrste prognoziranja, pri čemu se uzima u obzir njihovo iskustvo. Prema preporukama iz literature, obično je reč o 15–20 eksperata;

- eksperti se dele u tri klase prema stepenu obrazovanja i funkcionalnom položaju u sistemu odbrane, a svakom od njih dodeljen je određeni težinski koeficijent,  $w_i \in [0, 1]$ , koji je takav da je suma težinskih ko-

eficijenata svih eksperata jednaka jedinici:  $\sum_{i=1}^N w_i = 1$ , gde  $N$  predstavlja

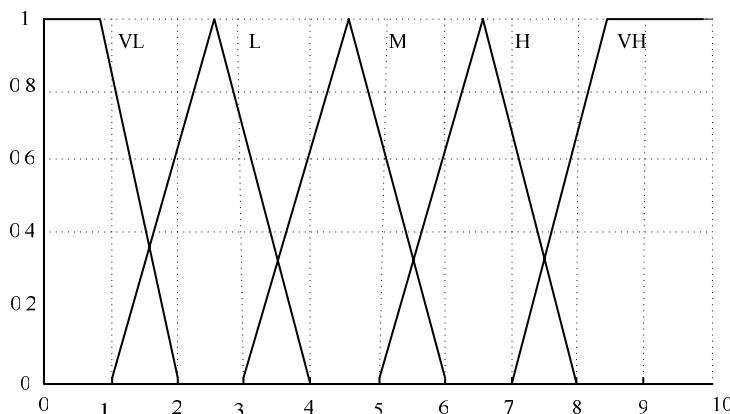
broj eksperata koji učestvuju u anketiranju;

- precizno i jasno se definišu pitanja na koje eksperti treba da odgovore. Njihov zadatak je da svoju procenu budućeg intenziteta uticaja konkretne grupe faktora predstave jednim od odgovora ponuđenih na skali lingvističkih izraza (slika 3);



Slika 3 – Skala lingvističkih izraza  
Figure 3 – Scale of linguistic descriptors

- odgovori eksperata na postavljeno pitanje fazifikuju se prema utvrđenoj skali za fazifikaciju lingvističkih izraza (slika 4);



Slika 4 – Skala za fazifikaciju lingvističkih izraza Delphi metode  
Figure 4 – Scale for the fuzzification of the Delphi method linguistic descriptors

– na osnovu odgovarajućih težinskih koeficijenata ( $w_i$ ) i fazifikovanih vrednosti odgovora ( $O_{i1} = (a_{i1}, b_{i1}, c_{i1}, d_{i1})$ ) utvrđuje se srednja vrednost odgovora grupe eksperata:  $O_{sr} = (a_{sr}^w, b_{sr}^w, c_{sr}^w, d_{sr}^w)$ , gde je:

$$a_{sr}^w = \sum_{i=1}^N w_i \cdot a_{i1}, b_{sr}^w = \sum_{i=1}^N w_i \cdot b_{i1}, c_{sr}^w = \sum_{i=1}^N w_i \cdot c_{i1}, d_{sr}^w = \sum_{i=1}^N w_i \cdot d_{i1}, N \text{ broj eksperata}$$

– utvrđuje se kvantitavna vrednost srednje procene grupe ( $O_{def}$ ) defazifikacijom srednjeg odgovora grupe eksperata:  $O_{sr} = (a_{sr}^w, b_{sr}^w, c_{sr}^w, d_{sr}^w)$ . Za defazifikaciju se koristi metode centra gravitacije (Centre of gravity);

– utvrđuje se lingvistički izraz srednje procene grupe analizom podudarnosti srednje vrednosti odgovora grupe ( $O_{sr} = (a_{sr}^w, b_{sr}^w, c_{sr}^w, d_{sr}^w)$ ) sa fuzzy brojevima iz skale za fazifikaciju lingvističkih izraza  $O_{VL}, O_L, O_M, O_H, O_{VH}$ . Za lingvistički izraz srednje vrednosti odgovora grupe eksperata prihvata se izraz čija se fuzzy vrednost u najvećoj meri podudara sa  $O_{sr}$ ;

– stepen podudarnosti utvrđuje se na osnovu visine preseka funkcija pripadnosti posmatranih fuzzy brojeva, a prihvata se lingvistički ekvivalent onog fuzzy broja ( $O'_{sr}$ ) koji ima najveću visinu utvrđenog preseka:

$$\max [\mu_{O'_{sr} \cap O_{sr}}], \text{ gde } O'_{sr} \in \{O_{VL}, O_L, O_M, O_H, O_{VH}\} \quad (1)$$

$$\max [\mu_{O'_{sr} \cap O_{sr}}] = \mu_{O_{VH} \cap O_{sr}} \quad (2)$$

– da bi se kao srednje mišljenje grupe eksperata, na primer, prihvatio izraz *izuzetno veliki* (Very high-VH), potrebno je da bude zadovoljen i kriterijum stabilnosti u mišljenjima eksperata, tj. da suma težinskih koeficijenata dodeljenih ekspertima koji su u poslednjem ciklusu ispitivanja promenili mišljenje, u odnosu na prethodni ciklus, bude manja od 0,2:

$$\Delta W = \sum w_i^* < 0,2, \text{ gde je } w_i^* = \begin{cases} w_i, & \forall O_{i1} \neq O_{i2} \\ 0, & \text{u ostalim slučajevima} \end{cases}$$

– kada je nakon drugog kruga ispitivanja  $O'_{sr} \Leftrightarrow O \in \{VL, L, M, H, VH\}$  i kada je zadovoljen kriterijum stabilnosti u



mišljenjima eksperata, tj.:  $\Delta W = \sum w_i^* < 0,2$ , tada se kao srednje mišljenje grupe eksperata može prihvatiti izraz  $O$ .

Posle dostavljenih prognoza podaci su statistički obrađeni i dobijeni su rezultati koji su prikazani u tabeli 1. U tabeli su predstavljene relativne važnosti kriterijuma  $w_k$ ,  $k = 1, \dots, K$  ( $K = 4$ ) i njihov stepen uticaja na vreme koje je potrebno za izvršenje aktivnosti. Relativne važnosti kriterijuma dobijene su normalizacijom težina na sledeći način [1]:

$$W_k = w_k / \sum_{k=1}^K w_k \quad (3)$$

Tabela 1

Stepen uticaja kriterijuma na vreme izvršenja aktivnosti [1]

Table 1

Degree of criteria influence on the activity execution time [1]

Kriterijumi koji utiču na vreme izvršenja aktivnosti	Značaj kriterijuma
Stručnost	0,40
Iskustvo	0,28
Motivacija	0,20
Opremljenost radnog mesta	0,12

Dobijeni rezultati su kasnije korišćeni za definisanje baze pravila u fuzzy logičkom modelu.

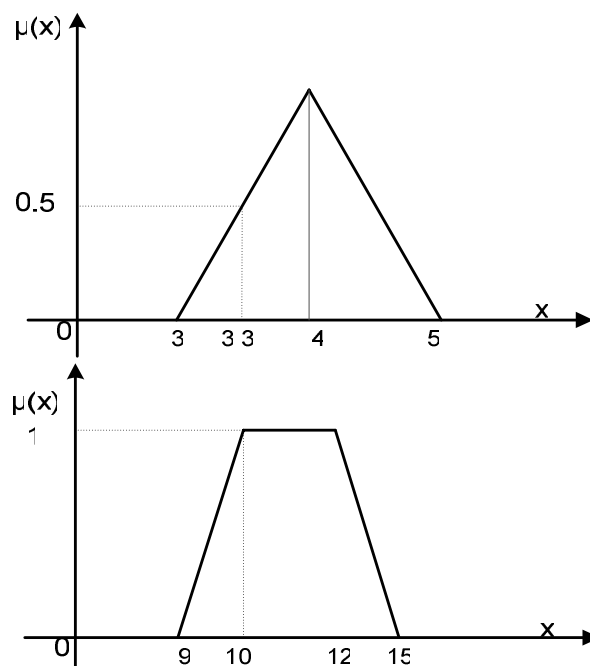
Pošto prilikom prikupljanja podataka pomoću bilo koje od navedenih metoda postoji određen stepen neizvesnosti i rasplnutosti dobijenih vremena, ona se posmatraju kao fuzzy brojevi.

Pri dizajniranju fuzzy skupova prvo se postavlja pitanje kako da se izabere određena funkcija pripadnosti, koja pokazuje koliko  $x \in X$  ispunjava uslov pripadnosti skupu  $A$  [13]. U klasičnoj teoriji ona može da ima jednu od dve vrednosti – 1 i 0, tj. element pripada ili ne pripada skupu  $A$ . U teoriji fuzzy skupova funkcija pripadnosti može da ima bilo koju vrednost između 0 i 1. Ukoliko je  $\mu_A(x)$  veće, utoliko ima više istine u tvrdnji da element  $x$  pripada skupu  $A$ , odnosno element  $x$  u većem stepenu ispunjava uslove pripadnosti skupu  $A$ . Za funkciju pripadnosti mora da važi  $0 \leq \mu_A(x) \leq 1$  za svako  $x \in A$ , tj.  $\mu_A : X \rightarrow [0,1]$ . Formalno, fuzzy skup  $A$  definiše se kao skup uređenih parova:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X, 0 \leq \mu_A(x) \leq 1\} \quad (4)$$

$X$  je univerzalni skup ili skup razmatranja na kome je definisan fuzzy skup  $A$ , a  $\mu_A(x)$  funkcija je pripadnosti elementa  $x$  skupu  $A$ . Svaki fuzzy skup je kompletno i jedinstveno određen svojom funkcijom pripadnosti [3].

Prema fuzzy teoriji, funkcija pripadnosti, tj. oblik funkcije i širina intervala poverenja, najčešće se bira na osnovu subjektivne procene ili iskustva. Na slici 5 prikazani su neki od oblika funkcija pripadnosti.



Slika 5 – Mogući oblici funkcije pripadnosti fuzzy skupu  
Figure 5 – Possible types of the fuzzy set membership function

U radu su za prikaz funkcija pripadnosti rasplnutih vremena korišćeni trouglasti fuzzy brojevi sa funkcijama pripadnosti prikazanim na slici 3.

## Fuzzy matematički model za dizajniranje organizacionih struktura

Vreme koje je potrebno za obavljanje određene aktivnosti posmatra se u većini modela koji su razvijeni za dizajniranje organizacionih struktura kao konstantna veličina koja je unapred poznata. S druge strane, zna-

čajno je da se za vrednost vremena koje je potrebno za obavljanje aktivnosti vezuje određena neizvesnost, koja je uslovljena iskustvom, motivacijom, opremljenošću radnog mesta neophodnim sredstvima za rad, stručnošću za obavljanje posla itd.

Prilikom utvrđivanja vremena potrebnog za obavljanje poslova i aktivnosti vezanih za organizacionu strukturu veoma često se čuje procena da aktivnost može da se obavi za „otprilike nekoliko minuta“. To znači da je, na primer, „otprilike tridesetak minuta“ najbliži ceo broj kojim se najlakše izražava približna vrednost vremena neophodnog za obavljanje aktivnosti.

Korišćenjem pravila fuzzy aritmetike razvijen je model za određivanje vremena neophodnog za obavljanje određene aktivnosti ili posla. Vremena obavljanja aktivnosti po kvalifikacijama biće predstavljena kao trouglasti fuzzy brojevi.

Za vreme koje se dobije snimanjem vezuje se veliki stepen neizvesnosti, ali smo sigurni da to vreme neće biti veće od  $t_1$  ni manje od  $t_2$ . Drugim rečima, sigurni smo da vreme obavljanja aktivnosti pripada zatvorenom intervalu  $[t_1, t_2]$ , koji se naziva interval poverenja i simbolički se označava kao  $T = [t_1, t_2]$ .

Fuzzy matematički model za dizajniranje organizacione strukture sa alokacijom resursa obuhvata sledeće korake:

– *Korak 1:* organizaciona struktura se analizira uz uslov da sistem ima  $m$  funkcija:

$$f_1, f_2, \dots, f_m.$$

– *Korak 2:* definišu se poslovi koje sistem treba da izvrši, odnosno obavlja se dekompozicija funkcija na  $n$  poslova:

$$P_{m1}, P_{m2}, \dots, P_{mn}.$$

– *Korak 3:* obavlja se dekompozicija poslova na aktivnosti tako da svaki posao može da ima  $q$  aktivnosti:

$$a_{m1}, a_{m2}, \dots, a_{mq}.$$

– *Korak 4:* određuje se  $r$  nivoa sistema na kojima će se obavljati aktivnosti:

$$Nivo_1, Nivo_2, \dots, Nivo_r.$$

– *Korak 5:* utvrđuje se potreban profil izvršilaca poslova u sistemu. Neka u sistemu ima  $s$  kvalifikacija:

$$K_1, K_2, \dots, K_s.$$

– *Korak 6:* dodeljuju se aktivnosti izvršiocima po nivoima i definiše vreme za obavljanje određene aktivnosti za svakog izvršioca:

$$\begin{array}{c}
 \text{Nivo}_r \\
 \left[ \begin{array}{ccc}
 K_1 & K_2 & \dots & K_s \\
 \begin{pmatrix} t_{11111}^\alpha, t_{11112}^\alpha, t_{11113}^\alpha \\ t_{11211}^\alpha, t_{11212}^\alpha, t_{11213}^\alpha \\ t_{11311}^\alpha, t_{11312}^\alpha, t_{11313}^\alpha \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} t_{11121}^\alpha, t_{11122}^\alpha, t_{11123}^\alpha \\ t_{11221}^\alpha, t_{11222}^\alpha, t_{11223}^\alpha \\ t_{11321}^\alpha, t_{11322}^\alpha, t_{11323}^\alpha \end{pmatrix} & \dots & \begin{pmatrix} t_{111s1}^\alpha, t_{111s2}^\alpha, t_{111s3}^\alpha \\ t_{112s1}^\alpha, t_{112s2}^\alpha, t_{112s3}^\alpha \\ t_{113s1}^\alpha, t_{113s2}^\alpha, t_{113s3}^\alpha \end{pmatrix} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \begin{pmatrix} t_{mnq11}^\alpha, t_{mnq12}^\alpha, t_{mnq13}^\alpha \\ t_{mnq21}^\alpha, t_{mnq22}^\alpha, t_{mnq23}^\alpha \\ t_{mnqs1}^\alpha, t_{mnqs2}^\alpha, t_{mnqs3}^\alpha \end{pmatrix} & \dots & \dots & \dots
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

gde je  $(t_{mnqs1}^\alpha, t_{mnqs2}^\alpha, t_{mnqs3}^\alpha)$  vreme koje provede s-ta kvalifikacija na realizaciji q-te aktivnosti n-tog posla m-te funkcije.

– **Korak 7:** sumiranje vremena prema kvalifikacijama ( $T_{ts}$ ) određuje se prema:

$$\sum T_{ts} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^q \sum_{l=1}^r (t_{sijkl1}^\alpha, t_{sijkl2}^\alpha, t_{sijkl3}^\alpha). \tag{5}$$

– **Korak 8:** određuje se potreban broj izvršilaca date kvalifikacije prema izrazu:

$$N_{ks} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^q \sum_{l=1}^r (t_{sijkl1}^\alpha, t_{sijkl2}^\alpha, t_{sijkl3}^\alpha)}{(T_1^\alpha, T_2^\alpha, T_3^\alpha)} \tag{6}$$

gde je:

$\sum T_{ts} = (T_{ts1}^\alpha, T_{ts2}^\alpha, T_{ts3}^\alpha)$  trouglasti fuzzy broj koji predstavlja ukupno vreme koje izvršilac s-te kvalifikacije provede na realizaciji svih aktivnosti koje su za nju predviđene u časovima za godinu. Nakon toga se vrši optimizacija navedenog vremena za svaku kvalifikaciju primenom fuzzy logičkog sistema koji je opisan u [1],

$(T_1^\alpha, T_2^\alpha, T_3^\alpha)$  trouglasti fuzzy broj koji predstavlja godišnje vreme u časovima koje osoba provede na radnom mestu, a koje se utvrđuje na osnovu procene,

$N_{ks} = [N_{ks1}^\alpha, N_{ks2}^\alpha]$  fuzzy broj koji predstavlja potreban broj ljudi s-te kvalifikacije za obavljanje svih aktivnosti predviđenih za tu kvalifikaciju.

– Korak 9: ukupan broj izvršilaca u jednom sistemu predstavlja fuzzy broj  $N=[N_1^\alpha, N_2^\alpha]$  i određuje se kao suma izvršilaca po nivoima.:

$$N=[N_{k11}^\alpha, N_{k12}^\alpha]+[N_{k21}^\alpha, N_{k22}^\alpha]+...+[N_{ks1}^\alpha, N_{ks2}^\alpha]. \quad (7)$$

Promenama u dodeli funkcija, poslova i aktivnosti po kvalifikacijama izvršilaca dobija se veći broj varijanata organizacionih struktura. Prednost tog modela je u tome što se može informatički podržati formiranjem odgovarajuće baze podataka, a time i jednostavno dizajnirati organizaciona struktura.

## Karakteristike višekriterijumskih metoda

Donošenje odluka najčešće znači vrednovanje skupa mogućih rešenja ili alternativa. Kada se vrednovanje vrši u odnosu na jedan kriterijum, određuje se rešenje (alternativa) koje čini ekstremnom ciljnu funkciju, a postupak se označava kao jednokriterijumska optimizacija ili samo kao optimizacija.

Situacija se komplikuje kada postoje dva ili više kriterijuma i kada treba naći najbolje rešenje. Svaki vid objedinjavanja kriterijuma u jedan (potpuna skalarizacija) i svođenje zadatka na jednokriterijumski zadatak izaziva nedostatke koji limitiraju domete analize i tačnost rezultata. Umesto potpune skalarizacije, višekriterijumski problem se najčešće tretira u originalnom obliku, a nivo skalarizacije ciljne funkcije kontroliše donosilac odluka ili analitičar. Drugim rečima, donosilac odluka najčešće međusobno vrednuje kriterijume ili im direktno daje rangove značajnosti, i tako oblikuje ciljnu funkciju po sopstvenim preferencijama.

Bez obzira na to da li to čini indirektno ili direktno, u datoj fazi procesa odlučivanja formira se matrica alternativa i kriterijuma koja se podvrgava analizi i obradi da bi se iz nje dobile težinske ocene alternativa na osnovu kojih se alternative rangiraju. Težinske ocene i rangovi mogu da se koriste pojedinačno ili integralno, zavisno od vrste problema. Ako se traži samo najbolja alternativa, obično je dovoljno samo rangiranje. Kada je reč o alokacionim problemima, težinske ocene mogu da označavaju proporcije alokacije resursa prema rangovima alternativa. Treći slučaj je da se žele identifikacija nekoliko prvih najboljih alternativa i stepen njihovog učešća u ukupnoj alokaciji resursa.

Višestruki kriterijumi i hijerarhijske strukture deo su složenog ambijenta sa kojim se analitičari susreću u tretiranju problema donošenja odluka i kreiranju kvalitetnih metoda za njihovo rešavanje u praksi. Postojanje različitih kriterijuma, od kojih neke treba maksimirati, a neke minimirati, znači da se odluke donose u konfliktnim uslovima i da se moraju primeniti instrumenti koji su fleksibilniji od strogo matematičkih tehnika vezanih za čistu optimizaciju.

Za takve zadatke razvijene su specijalne tehnike analize i rešavanja među kojima su najznačajnije *Promethee* [4], *Elektre* [5], *AHP* [6], *Topsis* [7] i *CP* [8]. Navedene tehnike spadaju u kategoriju metoda meke optimizacije pošto se u njima, pored matematičkih struktura i instrumenata, koriste heuristički parametri, mere rastojanja, skale vrednosti itd.

Svaka od navedenih metoda ima po nekoliko verzija (na primer, *Promethee* 1 i 2), sve imaju i prednosti i nedostatke, a primena u različitim oblastima ukazuju na to da sve više postaju nezamenljive kao podrška odgovornom odlučivanju. U poslednje vreme paralelno se koriste standardne i fuzzy verzije metoda da bi se obuhvatio kompleks problema povezanih sa ljudskom subjektivnošću, ekspertskim znanjem i sklonošću da se koriste, umesto brojčanih, verbalne ocena [5, 9].

Do primene fuzzy teorije i fuzzy skupova [3] u višekriterijumskom odlučivanju došlo je zato što donosilac odluka često postupa u uslovima neodređenosti ili tzv. parcijalnih istina. Fazifikacija standardnih višekriterijumskih metoda izvršena je tako što su za određivanje fuzzy težinskih vrednosti kriterijuma i alternativa korišćeni trougaoni fuzzy brojevi, jer su jednostavniji od trapeznih, a u celini je, naravno, korišćena fuzzy aritmetika. Izbor metoda vrednovanja zavisi od [10]:

- karaktera, odnosno značaja odluke koja se donosi na osnovu vrednovanja,
- mesta na kojima se donosi odluka,
- vrste odluke radi koje se vrši vrednovanje,
- načina finansiranja sprovođenja novog rešenja (konstrukcija finansiranja).

Za izbor optimalne varijante organizacione strukture pogodne su metode fuzzy višekriterijumskog odlučivanja i metoda vrednovanja predloženih varijanata primenom fuzzy lingvističkih deskriptora. Rešavanje problema višekriterijumskog odlučivanja primenom tih metoda omogućava da se iz skupa ponuđenih varijanata izabere ona koja je dominantna po više kriterijuma. Razlozi za izbor tih metoda su sledeći:

- jednostavnost,
- parametri koji se koriste imaju ekonomsko objašnjenje i značaj,
- atributi mogu da se posmatraju nezavisno,
- postojanje softvera koji je potvrđen u praksi rešavanja mnogih, pa i organizacionih problema.

Primena fuzzy višekriterijumskog odlučivanja u vrednovanju varijanata organizacione strukture

Problem izbora najbolje organizacione strukture konačnog broja alternativa pomoću sistema za podršku odlučivanja FMM (Fuzzy Multicriteria Methodology), može da se iskaže na sledeći način [1]: označe se sa  $V_1, \dots, V_i, \dots, V_l$  alternative koje čine konačni, diskretan skup  $I$ . Alternative se međusobno porede i rangiraju, pri čemu se uzima u obzir i  $K$  kriteri-

Elementi konačnog skupa kriterijuma  $K$  jesu  $F_1, \dots, F_k, \dots, F_K$ . Skup kriterijuma  $K$  sačinjavaju dva podskupa:

$K^+$  – podskup kriterijuma benefinog tipa (veći je bolji),

$K^-$  – podskup kriterijuma troškovnog tipa (manji je bolji).

Za datu alternativu  $V_i$  vrednost kriterijuma  $F_k$  je  $f_{ik}$ . Sve vrednosti kriterijuma su uređene u  $I \times K$  matrici  $D$ :

$$D = \begin{matrix} & F_1 & \dots & F_k & \dots & F_k \\ \begin{matrix} V_1 \\ \vdots \\ V_i \\ \vdots \\ V_l \end{matrix} & \left[ \begin{array}{cccccc} & & & \vdots & & \\ & & & \vdots & & \\ \dots & \dots & & f_{ik} & \dots & \dots \\ & & & \vdots & & \\ & & & \vdots & & \\ \dots & \dots & \max & \dots & \dots & \end{array} \right] \\ & & & (\min) & & \\ & w_1 & \dots & w_k & \dots & w_K \end{matrix}$$

Na dnu matrice  $D$  nalaze se dve pridodate vrste:

– maksimalna (minimalna) vrsta, koja označava prirodu kriterijuma, tj. da li su benefinog, odnosno troškovnog karaktera, respektivno,

– vrsta  $(w_1, \dots, w_k, \dots, w_K)$ , tj. težinski koeficijenti koji predstavljaju relativnu važnost kriterijuma.

Vrednosti  $f_{ik}$  i  $w_k$ ,  $i \in I$ ,  $k \in K$  mogu da budu zadate ili kao numeričke vrednosti ili kao lingvistički deskriptori definisani diskretnim fuzzy skupom. To znači da  $f_{ik}$  za neko  $k \in K$  i  $w_k$  za sve  $k \in K$  može da bude fuzzy veličina koja pripada ili jednom od tri osnovna fuzzy termina:

- „loš“ (low – L),
- „srednji“ (medium – M),
- „dobar“ (high – H),

ili jednom od dva pridodata fuzzy termina:

- „vrlo loš“ (very low – VL),
- „vrlo dobar“ (very high – VH).

Algoritam metode FMM objašnjava se kroz sledeće korake:

– *Korak 1*: normalizuju se sve numeričke vrednosti  $f_{ik}$  na skalu  $[0, 1]$  uz primenu sledećih transformacija:

$$r_{ik} = f_{ik} / f_k^{\max}, \quad f_k^{\max} = \max f_{ik}, \quad k \in K^+ \quad (8)$$

$$r_{ik} = f_k^{\min} / f_{ik}, \quad f_k^{\min} = \min f_{ik}, \quad k \in K^- \quad (9)$$

– *Korak 2:* primenom metode za poređenje diskretnih fuzzy skupova transformišu se lingvistički iskazane vrednosti kriterijuma  $f_{ik}$  u meru verovanja  $b_{ik}$ ,  $i \in I$ ,  $k \in K$ , tako da je:

- $f_{ik}$  veće ili jednako od svih ostalih  $f_{jk}$ ,  $j \in K$  (i za svako  $k \in K^+$ ),
  - $f_{ik}$  manje ili jednako od svih ostalih  $f_{jk}$ ,  $j \in K$  (i za svako  $k \in K^-$ ).
- *Korak 3:* normalizuju se sve  $b_{ik}$  primenom transformacija:

$$V_{ik} = b_{ik} / b_k^{\max}, \quad b_k^{\max} = \max b_{ik}, \quad k \in K.$$

– *Korak 4:* ako su relativne važnosti kriterijuma  $w_k$ ,  $k=1, \dots, K$  numeričke vrednosti, normalizuju se težine na sledeći način:

$$W_k = w_k / \sum_{k=1}^K w_k \quad (10)$$

tada je:

$$\sum_{k=1}^K w_k = 1 \quad (11)$$

Ako su relativne težine kriterijuma iskazane lingvističkim deskriptorima, treba ih transformisati u stepen verovanja  $B_k$ , tako da je kriterijum  $k \in K$  više ili jednako važan kao ostali kriterijumi u  $K$ . Zatim treba normalizovati  $B_k$  i normalizovane vrednosti označiti sa  $w_k$ .

– *Korak 5:* izračunaju se dve otežane  $I \times K$  matrice  $D = [d'_{ik}]$  i  $D = [d''_{ik}]$  sa elementima:

–  $d'_{ik} = w_k r_{ik}$ ;  $d''_{ik} = (r_{ik})^{kw_k}$  za svako  $k \in K$  čije su vrednosti numeričke,

–  $d'_{ik} = w_k V_{ik}$ ;  $d''_{ik} = (V_{ik})^{kw_k}$  za svako  $k \in K$  čije su vrednosti lingvistički deskriptori.

– *Korak 6:* izračunaju se vrednosti  $Z_i$ :

$$Z_i = \{\alpha \min d''_{ik} + (1 - \alpha) \max d'_{ik}\}, i = 1, \dots, I \quad (12)$$

Alternative iz skupa  $I$  rangirane su po preferentnosti u skladu sa vrednostima opadajućeg niza  $Z_i$ .

Na osnovu predloženog algoritma razvijen je sistem za podršku odlučivanju FMM koji rangira do 50 alternativa, pri čemu ne uzima u obzir više od 30 kriterijuma [17, 18]. Izlaz i FMM-a rangovi su alternativa u zavisnosti od različitih vrednosti indeksa pesimizam–optimizam ( $\alpha$ ), od najmanjeg do najvećeg nivoa optimizma.

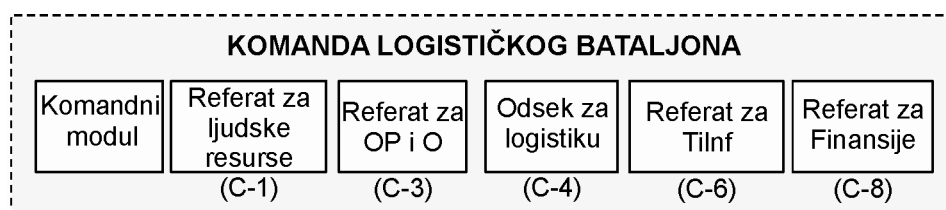


## Izbor organizacione strukture upravnih organa logističkog bataljona

Logistički bataljon je osnovna jedinica koja se nalazi u sastavu jedinica ranga brigade. Formiran je od jedinica logističkih službi i odgovarajućih rodova. Zadatke logističke podrške iz nadležnosti brigade obavljaju jedinice logističkih službi iz sastava logističkog bataljona. Jedinice u okviru logističkog bataljona izvršavaju poslove i zadatke za koje su namenjene i formacijski osposobljene. Logistički bataljon jedinica ranga brigade namenjen je za:

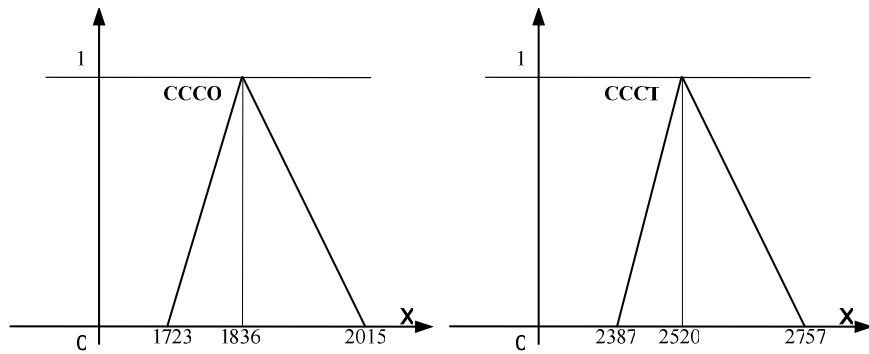
- snabdevanje MS,
- tehničko održavanje TMS,
- pripremanje hrane za jedinice van sastava bataljona/divizionu i komande brigade,
- obezbeđenje vodom,
- sprovođenje opštih mera preventivne medicinske zaštite,
- pružanje opšte specijalističke medicinske pomoći i evakuaciju p/o,
- veterinarsko-sanitarni nadzor nad namirnicama životinjskog porekla,
- protivpožarnu zaštitu,
- transport.

Na hipotetičkom primeru organizacione strukture logističkog bataljona prikazana je primena objašnjenog modela. Šema organizacione strukture logističkog bataljona u brigadi KoV prikazana je na slici 6.

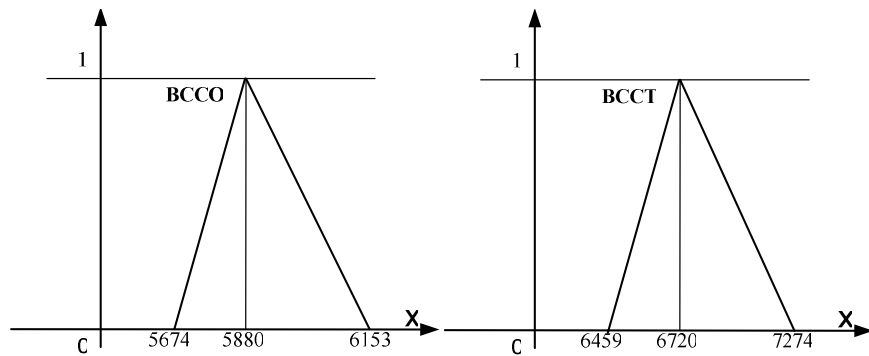


Slika 6 – Šema organizacione strukture logističkog bataljona u brKoV  
Figure 6 – Scheme of the organizational structure of a logistics battalion within a Ground Forces brigade

Nakon primene modela opisanog u prethodnoj tački i sumiranja vremena po kvalifikacijama vrši se optimizacija vremena pomoću fuzzy sistema za optimizaciju vremena obavljanja aktivnosti koji je opisan u [1,12]. Na slikama 7 i 8 prikazana su sumirana vremena obavljanja aktivnosti po kvalifikacijama;

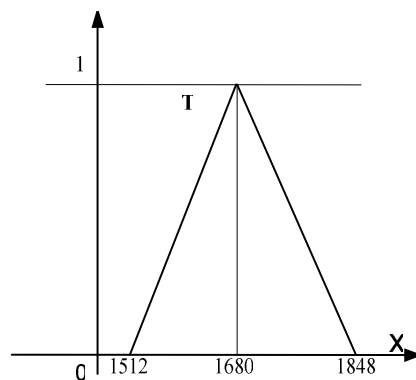


Slika 7 – Sumirana vremena po kvalifikacijama za srednju stručnu spremu izvršilaca  
 Figure 7 – Summed up times by qualifications for performers with secondary education



Slika 8 – Sumirana vremena po kvalifikacijama za visoku stručnu spremu izvršilaca  
 Figure 8 – Summed up times by qualifications for performers with higher education

**Korak 8** – nakon optimizacije vremena pristupa se određivanju potrebnog broja izvršilaca date kvalifikacije prema izrazu 9. Ukupno godišnje vreme prikazano je na slici 9.



Slika 9 – Ukupno godišnje vreme  
 Figure 9 – Overall annual time

Ukupno godišnje vreme koje jedan izvršilac provede na obavljanju radnih aktivnosti određeno je na osnovu 40-to časovnog radnog vremena za jednu sedmicu. U određivanju ukupnog godišnjeg radnog vremena za jednog izvršio- ca pošlo se od ukupnog broja sedmica u godini, i taj broj je umanjen za deset sedmica koje su predviđene za godišnje odmone, praznična odsustva, bolova- nja i druga odsustva sa radnog mesta. Tako se došlo do podatka da jedan iz- vršilac godišnje provede u obavljanju radnih aktivnosti oko 1.680 časova.

U komandi logističkog bataljona ukupan broj izvršilaca određuje se kao suma izvršilaca po nivoima. Promenama u dodeli funkcija, poslova i aktivnosti po kvalifikacijama i dopuštenim odstupanjima za vremena aktivnosti izvršio- ca dobija se više varijanata broja izvršilaca. U tabeli 2 prikazane su četiri varijante organizacione strukture komande logističkog bataljona.

Tabela 2

Potreban broj izvršilaca

Table 2

Required number of performers

Varijante	Stručna sprema				Ukupno
	VSSO	VSST	SSST	SSSO	
I Varijanta	4	4	-	2	10
II Varijanta	5	3	-	1	9
III Varijanta	3	4	1	1	9
IV Varijanta	2	5	2	1	10

Predloženo je osam kriterijuma za vrednovanje predloženih varijanata (ta- bela 3). Na osnovu podataka koji se prikupljaju putem istraživanja i anketnog upitnika dobijaju se vrednosti varijanata: I<sub>varijanta</sub>, II<sub>varijanta</sub>, III<sub>varijanta</sub> i IV<sub>varijanta</sub>, za da- te kriterijume, priroda kriterijuma i težinski koeficijenti kriterijuma (tabela 4).

Tabela 3

Kriterijumi vrednovanja varijanti po FMM

Table 3

Criteria of variant assessment according to FMM

Kriterijum	min	max	Numeričke	Lingvističke
K-1: Efikasnost funkcionisanja		x		x
K-2: Sposobnost prilagođavanja promenama		x		x
K-3: Optimalno korišćenje resursa		x		x
K-4: Mogućnost motivacije kadrova		x		x
K-5: Jednostavnost strukture		x		x
K-6: Troškovi	x			x
K-7: Broj veza u strukturi	x		x	
K-8: Sigurnost (mala verovatnoća otkaza funkcionisanja)		x		x













