

Dr Vasilije Mišković,
pukovnik, dipl. inž.

Mr Milić Milićević,
major, dipl. inž.

Dr Petar Stanojević,
major, dipl. inž.

Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

MODELI OCENJIVANJA I RANGIRANJA VARIJANTNIH REŠENJA ORGANIZACIONO-TEHNOLOŠKIH SISTEMA

UDC: 65.01.001.41

Rezime:

U ovom radu prikazana su dva modela ocenjivanja i rangiranja varijantnih rešenja organizaciono-tehnoloških sistema. Osnovna razlika između ova dva modela je da li su kriterijumi za ocenu i rangiranje varijanti unapred dati ili ne. Izbor modela ocenjivanja i rangiranja varijanti zavisi od cilja i namene ocenjivanja i rangiranja, ali i od svakog konkretnog slučaja.

Postupak ocenjivanja i rangiranja varijantnih rešenja organizaciono-tehnoloških sistema u fazi projektovanja ili reprojekovanja izuzetno je složen i nameće rešavanje niza specifičnih problema koji zavise od namene i cilja ocenjivanja. U radu je prikazan i način rešavanja specifičnih problema, kao što su: kako doći do kvantifikacije karakteristika sistema, problema velikog broja kriterijuma za ocenu, problema velikog broja varijanti, problema rangiranja (posebno višekriterijumskog rangiranja).

Ključne reči: ocena sistema, model, kriterijum, višekriterijumsko rangiranje.

MODELS FOR EVALUATING AND RANKING VARIANT SOLUTIONS OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Summary:

For evaluating and ranking variant solutions of organizational and technological systems, the paper presents two models of which the basic difference is whether criteria for variants evaluation and ranking are predetermined or not. The model choice depends on the evaluation and ranking purpose as well as on a particular case itself. The procedure of evaluating and ranking variant solutions in the phases of design and redesign is extremely complex and implies solving a sequence of specific problems depending on the evaluation purpose. The paper presents the solving of specific problems such as: reaching the system characteristics quantification, great number of evaluation criteria, great number of variants and ranking (especially multicriteria ranking).

Key words: system evaluation, model, criterion, multicriteria ranking.

Uvod

Ocenjivanje organizaciono-tehnoloških sistema (OTS) može imati različitu namenu i ciljeve. Najčešći slučajevi koji se pojavljuju su:

– ocena postojećeg organizaciono-tehnološkog sistema;

– rangiranje varijanti organizacije organizaciono-tehnološkog sistema u fazi njegovog projektovanja;

– rangiranje varijanti organizacije organizaciono-tehnološkog sistema u fazi njegovog reprojekovanja.

U slučaju ocenjivanja organizaciono-tehnoloških sistema, ocenjivanje pred-

stavlja upoređivanje njihove uspešnosti sa željenom ili projektovanom uspešnošću, pa je potrebno razlikovati projektovanu i željenu uspešnost OTS-a. Projektovana uspešnost sistema ne mora biti i željena uspešnost. Projektovanjem se teži da se dostigne željena uspešnost OTS. U slučaju kad OTS realno postoji i funkcioniše, na primer, zbog promene uslova, željena uspešnost može da se promeni. To nužno dovodi do odstupanja željenog od projektovanog stanja, i u tom slučaju se, kao neminovnost, pojavljuje potreba za reprojektovanjem OTS-a. Željena uspešnost OTS-a definiše se uspostavljanjem sistema načela, principa, kriterijuma i ograničenja kojima se opisuju željene karakteristike OTS-a.

U prvom slučaju, kada se ocenjuje postojeći sistem, najčešće se utvrđuje u kojoj meri je postojeći sistem dobro realizovan u odnosu na projektovani sistem. Tada se, u stvari, upoređuje uspešnost postojećeg OTS sa njegovom projektovanom uspešnošću. Ocenjivanje se obavlja merenjem karakteristika postojećeg OTS i njihovim upoređivanjem sa projektovanim karakteristikama. U zavisnosti od mere odstupanja tih karakteristika i uzroka tih odstupanja vrše se zahvati da se postojeći OTS uskladi sa projektovanim ili, ako je uzrok odstupanja u samom projektu OTS, pristupa se reprojektovanju OTS-a.

U drugom slučaju, ocenjivanje u fazi projektovanja OTS predstavlja, u stvari, upoređivanje varijanti organizacije OTS sa željenim stanjem i njihovo rangiranje. Problem koji se pojavljuje u ovom slučaju jeste kako odrediti vrednosti karakteristika varijanti kada one postoje samo kao projekat, a postoji nužnost njihovog ocenjivanja i rangiranja sa krajnjim ciljem da se izabere jedna varijanta i da se realizuje.

O posledicama pogrešnog izbora nije potrebno ni govoriti, posebno kada su u pitanju veliki i složeni OTS.

U trećem slučaju problem je isti kao i u drugom, s tim da, pošto se radi o reprojektovanju OTS-a, uvek se pri projektovanju i ocenjivanju i rangiranju mora uzimati u obzir i postojeći i projektovani OTS. Naime, reprojektovanje ne znači razaranje postojećeg sistema i gradnju novog, nego njegova dorada, poboljšanje, razvoj i promena u smislu evolucije, bez obzira na moguću skokovitost. To, praktično, znači da se reprojektovani sistem uvek bazira na već postojećem, inače se ne radi o reprojektovanju. U ovom slučaju definiše se novo željeno stanje, a ocenjivanje i rangiranje varijanti vrše se u odnosu na njega, a obavezno i u odnosu na postojeće stanje.

Cilj rada jeste da se prikažu neki mogući modeli ocene varijanti OTS u fazi projektovanja ili reprojektovanja sistema.

Pristup modelovanju ocenjivanja i rangiranja varijanti organizacionih rešenja OTS

Ocenjivanje i rangiranje varijanti OTS najčešće se zasniva na postavljanju (zadavanju) željenog stanja. Željeno stanje sistema odlikuje se karakterističnim vrednostima kriterijuma uspešnosti. U fazi projektovanja ili reprojektovanja OTS željeno stanje sistema je, u stvari, referentno stanje u odnosu na koje se ocenjuju varijante.

Karakteristike složenih OTS nameću potrebu za višedimenzionalnim pristupom posmatranja uspešnosti, što se najčešće očituje i iz određenih ciljeva i potciljeva OTS. Potrebno je naglasiti da i kada je osnovni cilj postizanje visoke

vrednosti uspešnosti funkcionisanja i efektivnosti, to treba uraditi uz najmanje moguće troškove. Jasno je da se ne može postići najviša vrednost uspešnosti funkcionisanja i efektivnosti a da troškovi istovremeno budu najmanji. U ovim slučajevima uvek se traži kompromisno rešenje. Prema tome, cilj je da se izabere takva varijanta strukture OTS koja će po dimenzionisanju elemenata koji je čine i prema karakterističnim potrebama dati najbolje vrednosti kriterijuma-parametara-mera uspešnosti u skladu sa postavljenim osnovnim ciljem.

Ne treba zaboraviti da je moguće i potrebno da se kriterijumi zadaju unapred u vidu ograničenja (minimalnih vrednosti postavljenih kriterijuma-ciljeva) koje treba postići projektovanjem ili u vidu intervala dozvoljenih odstupanja. Svaki od postavljenih kriterijuma može ujedno predstavljati i ograničenje. Na taj način se, u suštini, definiše „željeno stanje sistema“.

Određivanjem kriterijuma, njihovih minimalnih i (ili) maksimalnih vrednosti koje se moraju postići pri projektovanju, formira se funkcija cilja preko koje se vrednuju varijantna rešenja.

Da bi se proces modelovanja varijantnih rešenja u organizovanju OTS mogao uspešno realizovati potrebno je, pored ograničenja, odrediti i određene parametre pretpostavljenog funkcionisanja, kao što su, na primer, minimalni, poželjni i maksimalni raspon rukovođenja po nivoima u organizacionoj strukturi, pretpostavljeni nivo stručnosti pojedinih organa po pitanju rešavanja problema vezanih za funkcionisanje OTS, zahtevi za: vreme zastoja, verovatnoćom zadovoljenja zahteva u određenim periodima i po nivoima, verovatnoćom tačne dijagnostike, verovatnoćom kvalitetnog izvršenja tehnoloških zahteva, verovatnoćom tačnosti i gubitaka u procesu prenošenja informacija, itd.

U toku procesa modelovanja ocenjivanja i rangiranja varijanti organizovanja OTS-a javlja se i problem postavljanja opštih kriterijuma za ocenu valjanosti modela za ocenjivanje i rangiranje varijanti organizovanja OTS. Osnovni pristupi modelovanju procesa ocenjivanja i rangiranja varijantnih rešenja mogu se posmatrati u odnosu na način definisanja kriterijuma.

Prvi pristup se primenjuje kada se kriterijumi za ocenu i rangiranje varijanti definišu, formalizuju i strukturiraju unapred. U tom slučaju u procesu modelovanja ocene i rangiranja modela organizovanja OTS javlja se potreba za rešavanjem nekoliko vrsta konkretnih problema, kao što su:

- izbor karakterističnih kriterijuma za ocenu i rangiranje organizovanja OTS iz skupa mogućih i onih koji se danas koriste za ocenu sličnih sistema u svetu;
- određivanje dimenzija, značenja i metodologije dobijanja vrednosti pojedinih kriterijuma i ograničenja;
- izbor optimizacionog modela operacionih istraživanja (prvenstveno među modelima za višekriterijumsko rangiranje) za sprovođenje matematičke procedure rangiranja i ocene varijantnih rešenja organizovanja OTS i njegovih podistema;
- određivanje vrednosti težinskih pokazatelja (ponderisanje) vrednosti pojedinih kriterijuma u konkretnom slučaju.

Drugi pristup se zasniva, u suštini, na sličnim postavkama kao i prethodni. Varijante se ocenjuju i rangiraju po nekim kriterijumima. Osnovna razlika je u tome da se pri rangiranju, u ovom slučaju, ne određuju unapred jedinstveni kriterijumi,

a ocenjivanje i rangiranje se obavljaju ekspertski. U ovom slučaju svaki ekspert mora da formira sopstveni sistem kriterijuma na osnovu kojeg rangira varijante, pri čemu taj sistem kriterijuma ne mora biti ni formalizovan ni posebno predstavljen, ali u svakom slučaju postoji. U procesu realizacije ovog pristupa javlja se problem usklađivanja ocena i ranga koje daju eksperti.

Opšti kriterijumi valjanosti modela za ocenjivanje i rangiranje varijanti organizovanja OTS

Omogućavanje ocenjivanja postojećeg i(ili) projektovanog OTS zahteva da se uvek određuju iste mere uspešnosti, i to one koje sa najvećim obuhvatom opisuju realno i željeno stanje. Svako projektovanje upravo i započinje ocenom postojećeg stanja. Kada sistem ne postoji polazi se od sličnih sistema.

Da bi model ocenjivanja i rangiranja varijanti organizovanja OTS dao dobre rezultate, on mora zadovoljiti sledeće opšte kriterijume:

- da obuhvati pojave (promenljive) o kojima se mogu dobiti podaci korišćenjem simulacionih i drugih modela i ekspertskim ocenjivanjem;

- da omogući ocenjivanje (upoređivanje) novoprojektovanog, postojećeg OTS i među varijantama;

- da bude invarijantan u odnosu na specifičnosti pojedinih rešenja organizovanja;

- da zadovolji zahteve učesnika u upravljanju OTS;

- da obezbedi sagledavanje ostvarenja ciljeva i potciljeva OTS;

- da se zbog stohastičke suštine procesa zasniva, prvenstveno, na teoriji verovatnoće i da obuhvati veličine koje opi-

suju razne aspekte produktivnosti i troškova;

- da uzme u obzir kriterijume koji se već zahtevaju u karakterističnim standardima i drugim rešenjima u svetu;

- da omogući praćenje promena u vremenu;

- da je primenljiv kako za ceo OTS, tako i za njegove funkcije, nivoe i pojedinačne organizacione celine,

- da omogući uključivanje u neki od optimizacionih modela operacionih istraživanja (prvenstveno u modele višekriterijumskog rangiranja).

Problem velikog broja kriterijuma i velikog broja varijanti

U procesu projektovanja ili reprojektovanja složenih OTS često se javlja problem potrebe uspostavljanja velikog broja kriterijuma za ocenu i velikog broja varijanti. Broj karakteristika koje je potrebno ocenjivati kod složenih OTS je veliki, pa se otuda pojavljuje i veliki broj kriterijuma.

Pri uspostavljanju sistema kriterijuma javlja se nekoliko problema. Osnovni problemi su koje kriterijume treba izabrati za ocenu i koliki broj kriterijuma postaviti. Izbor kriterijuma zavisi od samog OTS-a i cilja ocenjivanja. Broj kriterijuma uslovljen je sa dva oprečna zahteva. Jedan je da broj kriterijuma bude što manji, a drugi da je najbolje, ako može, da kriterijumske vrednosti za varijante budu izražene u fizičkim veličinama. Izražavanjem kriterijumskih vrednosti u fizičkim veličinama izbegava se ocena kriterijumskih vrednosti, ali to nužno povećava broj kriterijuma. Veliki broj kriterijuma dovodi do toga da je u praktičnom postupku nemoguće uspostaviti njihovu relativnu važnost.

Prevazilaženje ovog problema u prvom pristupu modelovanja procesa ocene i rangiranja varijanti postiže se hijerarhijskim struktuiranjem kriterijuma, ali se time sužava broj metoda višekriterijumskog rangiranja koje se mogu primeniti. U drugom pristupu rešenje ovog problema prepušta se svakom ekspertu pojedinačno da sam bira koje su to ključne karakteristike po kojima će rangirati varijante.

Veliki broj varijanti koje se često pojavljuju posledica je različitih uzroka. To je, pre svega, složenost samog OTS, koji pruža mogućnost generisanja velikog broja varijanti, zatim raznolikost organizacionih rešenja u drugim srodnim OTS, pa se pojavljuje možda smisljeno, ali često i nekritično preslikavanje. Ako se uzmu u obzir i subjektivni uzroci, najčešće neiskustvo projekatara, jer se ipak retko pojavljuje prilika za projektovanjem ili reprojektovanjem velikih i složenih OTS, kao rezultat se dobija veliki broj generisanih varijanti rešenja.

Prevazilaženje ovog problema može se postići na nekoliko načina. Prvi način je da se sva varijantna rešenja sistema koja ne zadovoljavaju postavljena ograničenja eliminišu iz procesa ocenjivanja. Dalji proces ocenjivanja svodi se na rangiranje varijanti organizacionih rešenja među onima koja zadovoljavaju postavljena ograničenja, odnosno na rad na skupu dopuštenih rešenja.

Drugi način sastoji se u eliminisanju jednog broja varijanti logičkom analizom generisanih varijanti. Na taj način eliminišu se varijante za koje se logičkom analizom može utvrditi da su lošije od ostalih, zatim varijante za koje se utvrdi da, u odnosu na neke druge, nemaju suštinskih razlika i varijante za koje se utvrdi da bi u toku funkcionisanja ispolja-

vale značajne, sistemski ugrađene nedostatke.

Sledeći način je da se iz skupa mogućih, generisanih varijanti eliminišu one koje ne zadovoljavaju ograničenja, čime se dobija skup dopuštenih rešenja, iz kojeg se izdvajaju efikasna, nedominirana, varijantna rešenja. Na skupu efikasnih rešenja sprovodi se postupak rangiranja. Pojam efikasnih rešenja definisan je na sledeći način: varijanta a_s je dominantna (a_s dominira) nad ostalim varijantama (nad svakom) ako je ispunjeno: $f_j(a_s) \geq f_j(a_k)$, $j = 1, 2, \dots, n$; $i, k = 1, 2, \dots, m$; $s \neq k$; odnosno, varijanta a_s je bolja bar po jednom atributu, i ni po jednom atributu nije lošija od (svih) ostalih varijanata.

U opštem slučaju problemi ove vrste nemaju dominantnu varijantu, odnosno, i kada postoji dominantna varijanta može se postaviti zahtev za daljom i složenijom analizom. Može se dogoditi da neka varijanta dominira samo nad jednom ili nad više varijanti, ali ne nad svim varijantama iz skupa svih varijanti.

Varijanta a_q je efikasna ili nedominirana varijanta ako nad njom nije dominantna nijedna druga varijanta, tj. ako ne postoji neka druga varijanta a_v za koju je ispunjeno:

$$f_j(a_v) \geq f_j(a_q) \quad \forall j = 1, 2, \dots, n; \quad \forall v = 1, 2, \dots, m; \quad v \neq q$$

$$f_j(a_v) > f_j(a_q) \text{ za bar jedno } j$$

Varijante a_t i a_v su ekvivalentne ako imaju iste vrednosti za sve atribute: $f_j(a_t) = f_j(a_v)$, $j = 1, 2, \dots, n$.

Varijanta a_r je neefikasna (dominirana) ako nad njom dominira bar jedna iz skupa preostalih varijanti:

$$\begin{cases} f_j(a_v) \geq f_j(a_r) \quad j = 1, 2, \dots, n \\ f_j(a_v) > f_j(a_r) \quad \text{za bar jedno } j \end{cases}$$

Rešenje modela višeatributnog odlučivanja čini skup svih efikasnih varijanti.

Problemi velikog broja varijanti, odnosno svođenje broja varijanti na meru da se realno mogu uporediti, mogu se rešiti primenom jednog od pomenutih načina, ali i njihovim pogodnim kombinovanjem u zavisnosti od konkretnog slučaja.

Model ocenjivanja i rangiranja varijanti uz unapred zadate kriterijume

Nakon sprovedene logičke analize i formiranja skupa dopuštenih rešenja ili skupa efikasnih rešenja pristupa se formiranju modela za višekriterijumsku analizu.

Za rešavanje problema višeatributivnog odlučivanja, u kojima se žele rangirati varijante, razvijeno je više metoda, među kojima su najpoznatije: ELECTRE, PROMETHEE, VIKOR, MENOR, AHP i dr. Nezavisno od metode koja se koristi u rešavanju problema izbora varijante iz skupa ponuđenih varijanti, modele višekriterijumske analize karakterišu sledeća obeležja: kvantifikacija kvalitativnih atributa, modifikacija atributa istog kriterijuma, normalizacija i linearizacija atributa i definisanje težinskih koeficijenata kriterijuma. Pored ovih obeležja svaka od navedenih metoda ima svoje specifičnosti i određene zahteve u pogledu definisanja parametara modela.

Problemi u rešavanju izbora varijante iz skupa ponuđenih varijanti, modifikacija atributa istog kriterijuma i normalizacija i linearizacija atributa, uglavnom su rešeni kroz samu metodu na

različite načine, u zavisnosti od primenjene metode.

Najčešće je pravi problem u rešavanju izbora varijante iz skupa ponuđenih varijanti kvantifikacija kvalitativnih atributa (određivanje kriterijumskih vrednosti varijanti) i definisanje težinskih koeficijenata kriterijuma. Postoji težnja da se kriterijumske vrednosti varijanti izražavaju stvarnim, fizičkim veličinama. Određivanje ovih vrednosti pri projektovanju ili reprojektovanju OTS najčešće se vrši rešavanjem različitih oblika matematičkog opisa i formalizacije. Primena različitih kvantitativnih metoda daje u velikom broju slučajeva dobre rezultate. Međutim, potpuna matematička formalizacija tehničko-ekonomskih zadataka često je neostvariva usled njihove složenosti ili same prirode (u ovom slučaju kriterijuma). U tom slučaju vrši se ocena kriterijumskih vrednosti varijanti.

Problem definisanja (određivanja) težinskih koeficijenata kriterijuma skoro da je nemoguće formalizovati u matematičkom smislu, jer težinski koeficijenti po svojoj prirodi predstavljaju izraz donosioca odluke u smislu preferiranja, u nekoj meri, određenog kriterijuma. S jedne strane, težinski koeficijenti jesu izraz donosioca odluke, ali, s druge strane, postoji potreba da se taj relativni odnos objektivizira u meri u kojoj je to moguće. Radi toga sve se više koriste ekspertske metode, pod kojima se podrazumeva kompleks logičkih i matematičko-statističkih metoda i procedura, usmerenih ka dobijanju informacija od eksperata, neophodnih za pripremu i donošenje racionalnih odluka. Ekspertske metode mogu se okarakterisati kao načini donošenja odluka, ili priprema za donošenje odluka, koji se koriste znanjem i iskustvom stručnjaka.

Matematičke metode koje omogućavaju određivanje kriterijumskih vrednosti su manje-više poznate, pa će u ovom radu u najkraćem biti prikazane moguće ekspertske metode za ocenu kriterijumskih vrednosti i određivanje težinskih koeficijenata.

Ekspertske metode primenjuju se u situacijama kada se priprema odluka, izbor, obrazloženje i procena posledica odluka ne mogu ostvariti putem tačnih proračuna. Primena ekspertskih metoda obezbeđuje aktivno i svrsishodno učešće specijalista u svim etapama donošenja odluka, što omogućava bitno povećanje njihovog kvaliteta i efikasnosti.

Pri analizi metoda treba imati u vidu njihovu osnovnu podelu na one čiji temelj stvaraju pojedini eksperti, i na one koje pretpostavljaju iskorišćavanje grupe eksperata. Grupna ekspertska ocena pouzdanija je od individualne ako su ispunjeni određeni zahtevi, među kojima su najvažniji nezavisnost mišljenja eksperata i visoka korelacija ocena dve jednake grupe eksperata. Priroda razmatranog problema upućuje na primenu grupne ekspertize.

Pod grupnom ocenom podrazumeva se rezultat objedinjavanja individualnih mišljenja eksperata o poretku preferentnosti posmatranih objekata u jednu ocenu kolektivne preferentnosti. Pri tome se podrazumeva da primena logičkih procedura i matematičko-statističkog aparata za objedinjavanje mišljenja eksperata (izraženih kvantitativno), obezbeđuje dobijanje skladne grupne preferentnosti. Bitni problemi koji nastaju pri formiranju grupne ocene povezani su sa svodenjem ocena eksperata koji čine grupu na istu meru. Uslovi neophodni za formiranje korektnih ekspertskih ocena su:

- univerzalnost, u smislu postojanja dovoljnog broja mogućih varijanti, dovoljnog broja eksperata i mogućnost definisanja svih individualnih sistema preferentnosti;

- postojanje pozitivne povezanosti opštih i individualnih preferentnosti;
- nezavisnost nepovezanih varijanti;
- suverenost eksperata;
- nepostojanje diktatorstva.

Na rezultat ekspertize veliki uticaj imaju greške izazvane samom procedurom prikupljanja i analize mišljenja eksperata. Postoji i pokušaj da se izgradi univerzalni model ekspertize, a na osnovu navedene literature njene osnovne etape su:

- formiranje grupe specijalista - analitičara (organizatora ekspertize);

- definisanje cilja i zadataka ekspertize;

- izrada programa ekspertize (izbor oblika izražavanja individualnih mišljenja, izrada metoda dobijanja grupnih ocena);

- izbor i formiranje grupe eksperata zajedno sa ocenom njihove kompetentnosti;

- sprovođenje ispitivanja;

- obrada rezultata i dobijanje grupne ocene;

- prezentacija rezultata ekspertize u formi pogodnoj za donosioca odluke.

Cilj organizovanja i izvođenja grupne ekspertize jeste dobijanje kvantitativnih vrednosti varijanti za kriterijume - potkriterijume, koji se ne mogu dobiti na drugi način, i težinskih koeficijenata. Formalizovanim načinom izražavanja mišljenja stručnjaka i statističkom obradom rezultata nastoji se smanjiti subjektivnost i povećati verodostojnost ocene. Sprovođenjem grupne ekspertize realizuju se

zadaci dobijanja ocene vrednosti varijanti za određene kriterijume – potkriterijume, i određivanje težinskih koeficijenata kriterijuma – potkriterijuma.

Oblik izražavanja individualnih ocena eksperata

Od eksperta se zahteva da za određeni kriterijum – potkriterijum ocenu vrednosti varijante izvrši procenom stepena zadovoljenja kriterijuma – potkriterijuma za datu varijantu primenom predložene skale.

Težinski koeficijenti ocenjuju se posebno za potkriterijume po nivoima rangiranja i za kriterijume na nultom nivou rangiranja. Ekspert je dužan da proceni stepen značajnosti potkriterijuma u odnosu na kriterijum – potkriterijum na neposredno višem nivou rangiranja primenom predložene skale. Stepem značajnosti kriterijuma procenjuje se, takođe, primenom predložene skale. Uzimajući u obzir karakteristike problema, najprimerenije bi bilo da se u ekspertizi iskoriste anketa i diskusija kao oblici grupnog rada.

Metode dobijanja grupnih ocena

Grupna ocena dobija se statističkom obradom individualnih ocena eksperata uz proveru saglasnosti individualnih ekspertskih ocena iz ankete. U slučaju da ne postoji saglasnost individualnih ekspertskih ocena organizuje se diskusija. Ekspertima se predočava rezultat ekspertize po kojem ne postoji saglasnost i pruža im se mogućnost da prodiskutuju o problemu. Postupak se ponavlja do dobijanja saglasne ocene.

Izbor grupe eksperata

Organizatori ekspertize sačinjavaju objedinjenu listu eksperata, uz dobijanje saglasnosti eksperata za učešće u ekspertizi.

Određivanje koeficijenta kompetencije eksperata¹

Pod pojmom kompetencija podrazumeva se stepen kvalifikacije eksperata na određenom području koji se procenjuje uz pomoć određenih karakteristika. To su, u osnovi, sledeće karakteristike: profesionalna kompetencija, interes za rezultate ekspertize, lakoća kontaktiranja, objektivizam, originalnost mišljenja, stvaralačka mašta, konformizam, znanje, rešavanje stvaralačkih problema, elastičnost, mudrost, tvrdoglavost, urođena agresivnost, samokritičnost, poznavanje stranih jezika, itd.

Problem određivanja koeficijenta kompetencije sastoji se u neophodnosti merenja navedenih karakteristika, koje se može izvršiti putem sopstvene procene eksperata, uzajamne procene eksperata i primenom dokumentalnih metoda. Postoje različite forme, a ovde se predlaže da se koeficijent kompetencije eksperata K sastoji od sledećih elemenata: K_s – koeficijent sopstvene procene, K_u – koeficijent uzajamne procene, K_t – koeficijent poznavanja tematike i K_o – objektivni koeficijent.

U tom slučaju koeficijent kompetencije K bi se računao na sledeći način:

$$K = q_1 K_s + q_2 K_u + q_3 K_t + q_4 K_o$$

¹ Operacionalizacija načina određivanja koeficijenta kompetencije eksperata prikazanog u ovom radu data je u literaturi [7].

gde je q_i – težina koja određuje relativnu važnost parcijalnog koeficijenta.

Sopstvena procena obavlja se procenom stepena poznavanja problema dotičnog eksperta, koji je dužan da izvrši procenu sopstvene kompetencije u rasponu ocena od 1 do 10. Dobijena ocena se množi sa 0,1 i predstavlja koeficijent K_s .

Uzajamna procena označava procenu koju daju drugi eksperti o stepenu poznavanja problema dotičnog eksperta. Moguća varijanta, a za ovaj slučaj je primarena, jeste da se koeficijent uzajamne ocene kompetencije odredi na osnovu metode Jevlanova [5], koja se sastoji u sledećem:

- obavlja se ispitivanje eksperata o uključivanju, odnosno isključivanju ostalih eksperata iz grupe;

- dobija se tabela u kojoj su smeštene imena eksperata, sa elementima:

$x_{ij} = 1$, kada je j-ti ekspert uključio i-tog eksperta u grupu

$x_{ij} = 0$, kad je j-ti ekspert isključio i-tog eksperta iz grupe;

- svaki ekspert ima pravo da kaže da li će se uključiti u grupu eksperata;

- algoritam omogućava određivanje koeficijenta uzajamne procene h-tog reda, za svakog eksperta, na osnovu izraza:

$$K_j^h = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij} K_j^{h-1}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij} K_j^{h-1}}$$

gde je:

m – broj eksperata u grupi,

h – red koeficijenta uzajamne procene.

Stepen poznavanja tematike predstavlja stepen uticaja određenih izvora na mišljenje eksperata. Mogući način određivanja koeficijenta K_t jeste da ekspert određuje stepen uticaja (j) na sopstveno mišljenje sledećih šest (i) izvora: teoretska analiza koju treba da izvrši ekspert, praktično iskustvo eksperta, radovi domaćih autora, radovi stranih autora, autorovo poznavanje stepena razvoja radova u inostranstvu i ekspertove intuicije.

Koeficijent K_t se računa kao

$$K_t = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^3 l_{ij}$$

gde je:

i – indeks izvora,

j – indeks nivoa uticaja izvora,

l_{ij} – koeficijent izvora argumentacije koji pokazuje ekspert prema formalizovanoj tabeli koeficijenata.

Objektivni koeficijent kompetencije K_o dobija se uvažavanjem određenih objektivnih podataka. Najčešće se predlaže da se uzmu u obzir sledeće individualne karakteristike eksperata: C_1 – titula i naučni stepen, C_2 – završene škole, C_3 – radni staž, C_4 – aktuelni položaj, C_5 – dosadašnje dužnosti, C_6 – objavljeni radovi, C_7 – naučno-organizacioni rad, C_8 – stručna aktivnost izvan radnog mesta i C_9 dobijene nagrade.

Individualne crte eksperata C_i razlažu se na sastavne karakteristike kojima se dodeljuju određeni nivoi važnosti.

Objektivni koeficijent kompetencije računa se kao:

$$K_o = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 c_i t_i$$

gde je t_i – težina koja određuje relativnu važnost i-te crte eksperta. Uzima se da je $\sum t_i = 1$.

Ocena vrednosti varijanti po pojedinim kriterijumima – potkriterijumima

Pre pristupanja samoj ekspertizi eksperti bi bili upoznati sa problematikom (varijante i kriterijumi) koju ocenjuju. Za ocenu vrednosti varijanti po pojedinim kriterijumima – potkriterijumima eksperti daju ocenu vrednosti varijante za posmatrani kriterijum u skladu sa predloženom skalom [7].

Organizatori ekspertize statistički obrađuju anketne listove. Statistička obrada informacija, dobijenih od eksperata, mora da sadrži i ocenu usklađenosti mišljenja eksperata i da otkrije uzroke njihove raznolikosti. Pri tome se ocene dobijene od eksperata mogu posmatrati kao slučajno promenljive, čije raspodele verovatnoća odražavaju mišljenje eksperata o verovatnoćama pojedinih vrednosti varijanti. Za analizu rasturanja i saglasnosti ekspertskih ocena mogu se primeniti generalne statističke karakteristike – srednje vrednosti i mere rasturanja oko srednje vrednosti. Za svaku vrednost varijante po pojedinom kriterijumu – potkriterijumu računa se:

– srednja vrednost ocene vrednosti varijante:

$$\bar{x} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_j$$

– disperzija s^2 , standardno odstupanje s i koeficijent varijacije V ocene vrednosti varijante:

$$s^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (x_j - \bar{x})^2, \quad s = \sqrt{s^2}, \quad V = \frac{s}{\bar{x}}$$

Postupak se ponavlja do dobijanja saglasne ocene.

Ocena težinskih koeficijenata kriterijuma – potkriterijuma

Postupak ocene težinskih koeficijenata kriterijuma – potkriterijuma razlikuje se od prethodno opisanog postupka, jer je kod ocene težina kriterijuma – potkriterijuma, pored vrednosti bitan i rang potkriterijuma u okviru kriterijuma, odnosno rang kriterijuma na nultom nivou. Zbog toga je nužno ocenu težinskih koeficijenata podeliti u dve faze.

U prvoj fazi rangiraju se potkriterijumi u okviru kriterijuma, odnosno rangiraju se kriterijumi na nultom nivou. Statistička obrada rezultata sastoji se u proračunu koeficijenta konkordacije (opšteg koeficijenta korelacije rangova), potkriterijuma, odnosno kriterijuma. Način određivanja koeficijenta konkordacije prikazan je u drugom modelu za ocenu i rangiranje varijanti.

U drugoj fazi eksperti daju ocenu težine posmatranog kriterijuma – potkriterijuma u skladu sa predočenom skalom, vodeći računa o rangu potkriterijuma – kriterijuma. Statistička obrada rezultata sastoji se u proračunu srednje vrednosti ocena vrednosti težinskog koeficijenta, disperzije, standardnog odstupanja i koeficijenta varijacije ocene vrednosti težinskog koeficijenta i ocene protivrečnosti ekstremne ekspertске ocene vrednosti težinskog koeficijenta. Postupak se ponavlja do dobijanja saglasne ocene.

Model ocenjivanja i rangiranja varijanti metodom sume rangova

Osnovna karakteristika ovog modela jeste da se ne definišu jedinstveni kriterijumi. Svaki ekspert uspostavlja rang varijanti prema sopstvenom sistemu kriterijuma.

Eksperti se u toku pripreme ekspertize upoznaju sa projektovanim varijantnim rešenjima, a zatim na osnovu svog sistema kriterijuma daju rang za svaku varijantu. Pri tome postoji mogućnost dodeljivanja istog ranga za dve ili više varijanti. Obrada rezultata rangiranja sastoji se u određivanju koeficijenta konkordacije, a ukoliko on nije zadovoljavajući pristupa se diskusiji. Postupak se ponavlja do dobijanja zadovoljavajuće vrednosti koeficijenta konkordacije.

Da bi se izračunao koeficijent konkordacije za grupu od m eksperata prvo se nalazi suma ocena (rangova) varijanti, dobijena od svih eksperata, a zatim se izračunava razlika između te sume i srednje sume rangova:

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}}{n}$$

gde je a_{ij} srednja vrednost zbirnih rangova $a_{ij} = 0,5m(n + 1)$.

Zatim se izračunava suma kvadrata odstupanja S po formuli:

$$S = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} m (n + 1) \right]^2$$

Veličina S ima maksimalnu vrednost kada svi eksperti daju jednake ocene, odnosno $S_{\max} = 0,5nm^2 (n^2 - 1)$.

Koeficijent konkordacije [2] jednak je odnosu dobijene vrednosti S i njene maksimalne vrednosti S_{\max} za datu grupu eksperata m i broj varijanti n , odnosno:

$$W = \frac{S}{S_{\max}}$$

Koeficijent konkordacije menja se u granicama od 0 do 1, pri čemu vrednost

1 znači da su svi eksperti dali iste ocene, a vrednost 0 znači da ne postoji veza između ekspertskih ocena.

U slučaju pojave istih rangova za različite varijante, koeficijent konkordacije jednak je:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \left[m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m (t_j^3 - t_j) \right]}$$

gde je t_j broj jednakih rangova u j -tom redu.

Pri izračunavanju koeficijenta konkordacije moguće je uzeti u obzir težine eksperata K_j , uz uslov da je $\sum K_j = 1$. Koeficijent konkordacije računa se na sledeći način:

$$W = \frac{S}{\left[\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j \right] \left[\frac{\sum_{j=1}^m K_j}{m} \right]}$$

gde je:

$$T_j = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^n t_{ij} (t_{ij}^2 - 1)$$

t_{ij} broj podudarnih ocena j -tog eksperta.

U slučajevima u kojima vrednost koeficijenta konkordacije nije zadovoljavajuća, pristupa se diskusiji. Postupak se nastavlja do dobijanja saglasnosti o redosledu varijanti. Zatim se određuje konačni rang varijantnih rešenja na sledeći način:

– za svaku varijantu računa se vrednost:

$$x_i = \sum_{j=1}^m r_{ij} K_j, \quad i = 1, \dots, n$$

gde je:

r_{ij} – rang dodeljen i-toj varijanti od j-tog eksperta,

m – broj eksperata,

n – broj varijanti,

K_j – koeficijent kompetencije j-tog eksperta,

– varijante se rangiraju dodeljivanjem najvišeg ranga varijanti sa minimalnom vrednošću x_i .

Rezultati ekspertize sređuju se i u vidu tabela prezentuju naručiocima ekspertize.

Zaključak

Postupak ocenjivanja i rangiranja varijantnih rešenja organizaciono-tehnoloških sistema u fazi projektovanja ili reprojekovanja izuzetno je složen. Ovaj postupak nameće rešavanje niza specifičnih problema koji zavise od namene i cilja ocenjivanja. Kao prvo, nameće se problem izbora modela ocenjivanja i rangiranja varijanti, a u zavisnosti od izabranog modela pojavljuju se specifični problemi, kao što su: po kojim karakteristikama sistema ga treba ocenjivati i rangirati i kako doći do kvantifikacije karakteristika sistema (kriterijuma) i do samog problema rangiranja.

Izbor modela ocenjivanja i rangiranja varijanti zavisi od cilja i namene ocenjivanja i rangiranja, ali i od svakog konkretnog slučaja. Bilo koji model da je izabran, svaki ima svoje prednosti i nedostatke. Valjanost ocene zavisi od samog modela, ali i od svesti o njegovim prednostima i nedostacima.

U ovom radu prikazana su dva modela ocenjivanja i rangiranja varijantnih rešenja organizaciono-tehnoloških sistema. Prvi model, kada se kriterijumi za ocenu unapred zadaju – nameću, znatno je komplikovaniji. U njegovom sprovođe-

nju skoro u celosti je sadržan drugi model, osim samog postupka rangiranja. Sam postupak ocenjivanja i rangiranja predstavlja svojevrsnu kvantitativnu analizu svake varijante. Ovaj model daje jasniju ocenu, jer se precizno zna po čemu su, po kojim kriterijumima, odnosno karakteristikama, varijante ocenjivane i rangirane. Pouzdanost i preciznost ovog modela je relativno velika, ali je njegova primena dugotrajna, komplikovana i zahteva angažovanje velikih resursa, kako ljudskih tako i materijalnih.

Drugi model je znatno jednostavniji, kraći i lakši za sprovođenje. Međutim, njegova pouzdanost i preciznost znatno su manji. Ipak, ako je rešenje potrebno dobiti relativno brzo, onda je ovaj model pogodniji.

Prikazani modeli su veoma uopšteni. U stvari, uobičajen je izraz „izbor modela ocenjivanja i rangiranja“, a stvarno se radi o tome da se u svakom konkretnom slučaju model kreira. Sigurno je da kreiranje modela najčešće znači kombinaciju već gotovih elemenata, a ne potpuno nove postupke.

Literatura:

- [1] Anders, A. A. i dr.: Projektirovanije zavodov, Mašinstrojenije, Moskva, 1982.
- [2] Belišev, S. D.; Gurvič, F. G.: Matematičko-statističeskie metodi ekspertnih ocenok. Statistika, Moskva, 1980.
- [3] Starowicz, W.; Kolarić, N.: Prognoziranje i planiranje transporta metodama eksperata, deo I – opšte karakteristike metoda, članak, *Železnica* 5/86.
- [4] Starowicz, W.; Kolarić, N.: Prognoziranje i planiranje transporta metodama eksperata, deo II – osnovni metodološki proces prognoze, članak, *Železnica* 7/86.
- [5] Starowicz, W.; Kolarić, N.: Prognoziranje i planiranje transporta metodama eksperata, deo III – izbor eksperata i procena njihove kompetencije, članak, *Železnica* 12/86.
- [6] Starowicz, W.; Koralić, N.: Prognoziranje i planiranje transporta metodama eksperata, deo IV – formalizacija i analiza informacija dobijenih od eksperata, članak, časopis *Železnica*.
- [7] Kodžopeljić, J.; Mišković V.; Stanojević, P.; Milićević, M.: Metodologija ocene i rangiranja sredstava naoružanja i vojne opreme u procesu opremanja Vojske Jugoslavije sredstvima naoružanja i vojne opreme, studija, TU GŠ VJ, Beograd, 1998.