

Upravljanje downside rizikom u poštanskom sektoru

VLADIMIR D. SIMIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

BRANKA S. DIMITRIJEVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

Stručni rad

UDC: 656.8:005.334

DOI: 10.5937/tehnika1904559S

U radu je predstavljen model mešovito celobrojnog intervalnog dvofaznog stohastičkog programiranja sa „downside“ rizikom za alokaciju artikala poštanskim operatorima. Predloženi model može da: (1) generiše optimalne dugoročne planove alokacije artikala poštanskim operatorima za različite vrednosti ciljanog profita, kontrolnog faktora za ograničavanje rizika i realizacije neizvesnih događaja; (2) izračuna optimalne alokacione kvote između dobavljača i poštansko-logističkih centara za različite vrednosti parametara rizika; (3) postigne kompromis između očekivanog profita i sistemskog rizika; (4) meri varijabilnost troškova sprovođenja korektivnih akcija; (5) efikasno reflektuje neizvesnosti izražene u formi raspodela verovatnoća i numeričkih intervala; i (6) generiše robusnija rešenja od onih koja se mogu dobiti primenom dostupnih optimizacionih modela za rešavanje problema u poštanskom sektoru. Dat je numerički primer da bi se verifikovala efektivnost prezentovanog modela. Nekoliko važnih preporuka o budućem istraživanju je istaknuto i prodiskutovano.

Ključne reči: poštanski sektor, downside rizik, intervalno programiranje, dvofazno stohastičko programiranje, celobrojno programiranje, neizvesnost

1. UVOD

U ovom radu razmatra se problem alokacije artikala (na primer, telekomunikacioni proizvodi, kućni poštanski sandučići, knjige, kancelarijski materijal, paketska ambalaža, igračke, suveniri, i sl.) poštansko-logističkim centrima (PLC) za koju su odgovorni dobavljači poštanskih operatora (DPO). U fokusu je određivanje: (1) optimalnih dugoročnih planova alokacije artikala poštanskim operatorima (PO); i (2) optimalnih alokacionih kvota između DPO i PLC.

Dostupne količine artikala kod DPO su po pravilu nepouzdanе, a nedostatak artikala i/ili nestabilnost njihovih količina predstavljaju značajne izvore rizika pri poslovanju PO. Pored toga, rizik je povezan i sa neizvesnošću u pogledu vrednosti ekonomskih parametara. Optimizacioni modeli koji ne uključuju mogućnost upravljanja rizikom prilikom alokacije artikala PO mogu generisati nepouzdanе i inferiorne alokacione šeme. Kako bi se izbeglo donošenje pogrešnih odluka neophodno je integrisati neku od raspoloživih me-

metoda za merenje rizika u metodološki okvir za alokaciju artikala PO.

Metoda „downside“ rizika (DR) [1] jedna je od metoda koja može efikasno oponašati percepciju rizika. Ova metoda za procenu i upravljanje rizikom do sada je primenjena u mnogim oblastima, kao što su: upravljanje investicijama [2], upravljanje vodnim resursima [3-6], upravljanje tržištem električne energije [7-11], poljoprivreda [12], medicina [13], logistika [14], itd. Ova metoda meri rizik ispod određene tačke [6]; tj. predstavlja očekivani podbačaj profita za zadati ciljani profit [8]. Metoda DR može precizno reprezentovati preferencije donosioca odluka [12]. Ovo je kontinualna linearna mera [7], što je vrlo poželjno svojstvo za uključivanje u optimizacione modele. Metoda DR može generisati čitav spektar rešenja [5] i time pružiti mogućnost donosiocima odluka (DO) da prave kompromise između profitabilnosti i stabilnosti sistema [6]. Takođe, ova metoda za upravljanje rizikom može precizno meriti varijabilnost sistema za alokaciju artikala PO za slučaj kada DO karakteriše averzija prema riziku.

Celobrojni intervalni dvofazni stohastički programi (CIDSP) bazirani na downside riziku do sada su bili primenjeni za upravljanje vodosnabdevanjem [5-7] i planiranje energetske sistema [11]. Pregled raspoložive naučne literature ukazuje da metoda downside

Adresa autora: Vladimir Simić, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305

e-mail: v.sima@sf.bg.ac.rs

Rad primljen: 29.05.2019.

Rad prihvaćen: 06.08.2019.

rizika, intervalno, dvofazno stohastičko i celobrojno programiranje nisu do sada bili integrisani u jedinstvenu metodološku celinu za rešavanje problema u poštanskom sektoru. Ova činjenica podstakla je autore rada da razviju model mešovitog celobrojnog intervalnog dvofaznog stohastičkog programiranja (MCIDSP) sa DR za alokaciju artikala PLC koji čine važan segment poslovanja PO. U radu je priložen inumerički primer kako bi se verifikovala efektivnost formulisanog modela za upravljanje DR u poštanskom sektoru.

Rad je organizovan na sledeći način. U narednom poglavlju prezentovan je predloženi model. U trećem poglavlju priložen je numerički primer, prikazani su i prodiskutovani dobijeni rezultati. Na kraju rada data su zaključna razmatranja.

2. FORMULACIJA MODELA

U nastavku je prikazan model MCIDSP sa DR za alokaciju artikala PO:

$$\begin{aligned} \text{Max } f^\pm &= D^\pm \sum_{c \in C} [Z_c^- + \gamma_c(Z_c^+ - Z_c^-)] \\ &- \sum_{a \in A} \text{prob}_a \sum_{c \in C} T_c^\pm A_{ca}^\pm \\ &- \sum_{a \in A} \text{prob}_a \sum_{c \in C} K_c^\pm M_{ca}^\pm \\ &- \lambda \cdot (EDR^\pm) \Omega^\pm, \end{aligned} \quad (1a)$$

pri ograničenjima:

Ograničenja dostupnosti artikla kod DPO:

$$\sum_{c \in C} [Z_c^- + \gamma_c(Z_c^+ - Z_c^-) - M_{ca}^\pm] \leq Q_a^\pm, \quad \forall a \in A, \quad (1b)$$

Ograničenja „downside“ rizika:

$$\begin{aligned} \Pi_a^\pm &= D^\pm \sum_{c \in C} [Z_c^- + \gamma_c(Z_c^+ - Z_c^-)] - \sum_{c \in C} T_c^\pm A_{ca}^\pm \\ &- \sum_{c \in C} K_c^\pm M_{ca}^\pm, \quad \forall a \in A, \end{aligned} \quad (1c)$$

$$(DR_a^\pm) \Omega^\pm = \begin{cases} \Omega^\pm - \Pi_a^\pm, & \text{ako je } \Pi_a^\pm \leq \Omega^\pm \\ 0, & \text{u ostalim sluč.} \end{cases}, \quad \forall a \in A, \quad (1d)$$

$$(EDR^\pm) \Omega^\pm = \sum_{a \in A} \text{prob}_a (DR_a^\pm) \Omega^\pm, \quad (1e)$$

Ograničenja alokacije artikala:

$$\begin{aligned} A_{ca}^\pm &= Z_c^- + \gamma_c(Z_c^+ - Z_c^-) - M_{ca}^\pm, \\ &\forall c \in C; \forall a \in A, \end{aligned} \quad (1f)$$

Tehnička ograničenja:

$$0 \leq \gamma_c \leq 1, \quad \forall c \in C, \quad (1g)$$

$$M_{ca}^\pm \in \{0, 1, 2, \dots\}, \quad \forall c \in C; \forall a \in A, \quad (1h)$$

$$A_{ca}^\pm \in \{0, 1, 2, \dots\}, \quad \forall c \in C; \forall a \in A, \quad (1i)$$

$$M_{ca}^\pm \leq Z_c^- + \gamma_c(Z_c^+ - Z_c^-), \quad \forall c \in C; \forall a \in A, \quad (1j)$$

gde: A predstavlja skup nivoa dostupnosti artikla kod DPO; a je indeks nivoa dostupnosti artikla kod DPO, $a \in \{1, \dots, |A|\}$; C je skup PLC; c je indeks PLC, $c \in \{1, \dots, |C|\}$; f^\pm je očekivani profit DPO; Ω^\pm je ciljani profit; λ je vrednost kontrolnog faktora za ograničavanje sistemskog rizika; $\text{prob}_a, a \in A$ ($\text{prob}_a > 0, \forall a$; $\sum_{a \in A} \text{prob}_a = 1$) je verovatnoća realizacije scenarija a;

D^\pm je prihod DPO po komadu određenog artikla alociranoj nekom PLC; $K_c^\pm, c \in C$ ($K_c^\pm > D^\pm, \forall c$) je iznos penala za DPO po komadu neisporučenog artikla c-tom PLC; $Z_c^\pm, c \in C$, je fiksna alokaciona kvota c-tog PLC (promenljiva odlučivanja prve faze); $\gamma_c, c \in C$ ($\gamma_c \in [0, 1], \forall c$), je promenljiva odlučivanja prve faze koja se koristi za identifikaciju optimalnog skupa alokacionih kvota; $T_c^\pm, c \in C$, je cena transporta po komadu artikla od DPO do c-tog PLC; $A_{ca}^\pm, c \in C, a \in A$, je alocirana količina artikla c-tom PLC u slučaju nivoa dostupnosti a kod DPO (promenljiva odlučivanja druge faze); $M_{ca}^\pm, c \in C, a \in A$, je manjak alocirane količine artikla c-tom PLC u slučaju nivoa dostupnosti a kod DPO (promenljiva odlučivanja druge faze); $(EDR^\pm) \Omega^\pm$ je očekivani DR; $\Pi_a^\pm, a \in A$, je profit sistema u slučaju nivoa dostupnosti a kod dobavljača PO; $(DR_a^\pm) \Omega^\pm, a \in A$, je pozitivno odstupanje profita sistema Π_a^\pm od ciljanog profita Ω^\pm u slučaju nivoa dostupnosti a kod DPO; $Q_a^\pm, a \in A$, je raspoloživa količina artikla kod DPO u slučaju nivoa dostupnosti a.

U modelu, kriterijumska funkcija (1a) teži da maksimizira očekivani profit sistema za alokaciju artikala PO tokom planskog horizonta. U ovoj kriterijumskoj funkciji, prvi deo računa prihod DPO od alokacije artikala PLC kada su zadovoljene alokacione kvote. Drugi deo kriterijumske funkcije izračunava očekivane troškove transporta artikala od DPO do

PLC. Treći deo kriterijumske funkcije predstavlja ukupne izdatke DPO za plaćanje penala PO zbog nepoštovanja ugovorenih alokacionih kvota. Konačno, četvrti deo kriterijumske funkcije računa vrednost DR za kontrolni faktor λ .

Ograničenja (1b) obezbeđuju da u slučaju bilo kog nivoa dostupnosti artikla kod DPO ukupna količina koja je alocirana svim PLC ne bude veća od količine kojom DPO raspolaže. Ograničenja (1c)-(1e) su ograničenja DR. Ograničenja (1f) definišu količinu artikala koja je alocirana od DPO ka PLC, kao razliku fiksne alokacione kvote i neisporučene količine.

Ograničenja (1g) definišu domene vrednosti promenljivih odlučivanja prve faze, koje se koriste za identifikovanje optimalnog skupa alokacionih kvota. Ograničenja (1h) osiguravaju da neisporučena količina ne može biti veća od fiksne alokacione kvote, koja je ranije ugovorena između PO i DPO. Ograničenja (1i)-(1j) definišu domene vrednosti promenljivih odlučivanja druge faze.

Primalna rešenja modela (1) su:

$$(f_{opt}^{\pm})^{\lambda, \Omega^{\pm}} = [f_{opt}^{-}, f_{opt}^{+}]^{\lambda, \Omega^{\pm}}, \quad (2a)$$

$$(M_{ca\ opt}^{\pm})^{\lambda, \Omega^{\pm}} = [M_{ca\ opt}^{-}, M_{ca\ opt}^{+}]^{\lambda, \Omega^{\pm}}, \quad \forall c \in C; \forall a \in A, \quad (2b)$$

$$(A_{ca\ opt}^{\pm})^{\lambda, \Omega^{\pm}} = [A_{ca\ opt}^{-}, A_{ca\ opt}^{+}]^{\lambda, \Omega^{\pm}}, \quad \forall c \in C; \forall a \in A. \quad (2c)$$

3. REZULTATI I DISKUSIJA

U ovom poglavlju data je ilustracija primene prethodno prezentovanog modela za slučaj kada PO poseduje 10 PLC. Dostupne količine artikala kod DPO su neizvesne i predstavljene kroz 20 nezavisnih scenarija (tabela 1), gde je scenario 1 najpesimističniji, a scenario 20 najoptimističniji, i koje karakterišu „izuzetno niska“ i „izuzetno visoka“ dostupna količina artikala, respektivno.

Testirane su različite vrednosti kontrolnog faktora za ograničavanje sistemskog rizika λ . Uočeno je da je vrednost ciljanog profita od 10^7 RSD reprezentativna za reflektovanje kompromisa između očekivanog profita i sistemskog rizika. Dalje, neka se projektovani prihod DPO po komadu isporučenog artikla do bilo kog PLC kreće u intervalu [700, 715] RSD i neka se vrednost jediničnog penala koji DPO mora da plati PO zbog neispunjavanja ugovornih obaveza kreće u intervalu [730, 760] RSD.

Konačno, pošto obim tražnje za artiklom zavisi od dostavnog područja koje pokriva PLC, PO ugovara

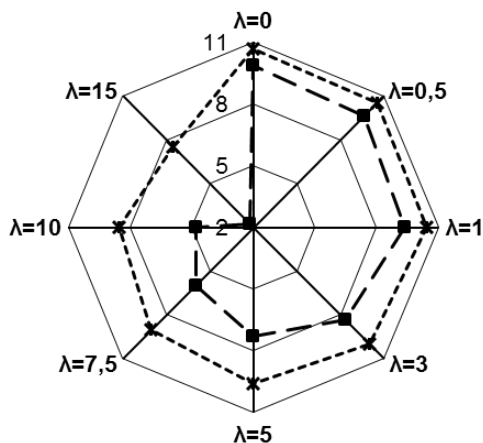
različite preliminarne alokacione kvote sa DPO (tabela 2). Neka je planski horizont jedna kalendarska godina.

Tabela 1. Dostupne količine artikala kod DPO

Scenario	Verovatnoća	Dostupna količina [komad]
1	0,005	[10.050, 10.545]
2	0,006	[10.545, 11.040]
3	0,008	[11.040, 11.535]
4	0,013	[11.535, 12.030]
5	0,031	[12.030, 12.525]
6	0,049	[12.525, 13.020]
7	0,072	[13.020, 13.515]
8	0,077	[13.515, 14.010]
9	0,109	[14.010, 14.505]
10	0,124	[14.505, 15.000]
11	0,121	[15.000, 15.495]
12	0,114	[15.495, 15.990]
13	0,086	[15.990, 16.485]
14	0,066	[16.485, 16.980]
15	0,049	[16.980, 17.475]
16	0,027	[17.475, 17.970]
17	0,020	[17.970, 18.465]
18	0,010	[18.465, 18.960]
19	0,007	[18.960, 19.455]
20	0,006	[19.455, 19.950]

Optimizacioni programi su napisani i izvršeni u solveru LINGO 18.0. Brojevi svih promenljivih, celobrojnih promenljivih, ograničenja i nenultih elemenata iznose oko 457, 400, 478 i 2970, respektivno. Vremena rada računara za različite vrednosti parametara rizika uvek su bila manja od nekoliko sekundi.

Različiti DO mogu se različito odnositi prema riziku, pa je jedna od funkcija kontrolnog faktora λ da reflektuje preferenciju DO. DO sklon riziku bira male vrednosti λ ; tj. DO koji svesno ulazi u rizik najčešće bira vrednost parametra λ manju od jedan. Ako DO ima averziju prema riziku, tada bira velike vrednosti λ . Donja granica vrednosti parametra rizika u slučaju obazrivog DO zavisi od konkretnog problema koji se istražuje, ali često se kreće oko vrednosti pet ili 10. Konačno, vrednosti kontrolnog faktora λ od jedan do pet ili 10 karakterišu DO koji je neutralan u odnosu na rizik.

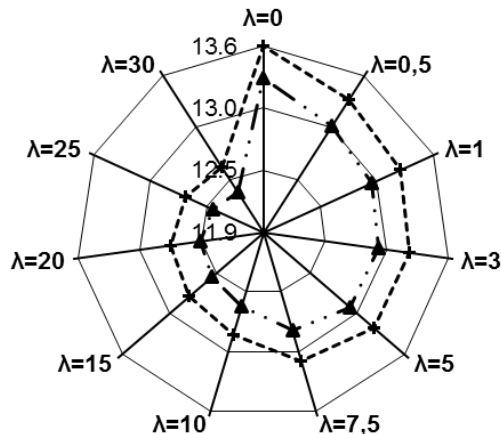


Slika 1 – Funkcija cilja za različite vrednosti λ [10^6 RSD]

Na slici 1 prikazan je očekivani profit sistema za alokaciju artikala PO za različite vrednosti λ tokom jednogodišnjeg planskog horizonta. Relacija između očekivanog profita sistema i težinskog faktora DR demonstrira kompromis između vrednosti funkcije cilja i sistemskog rizika. Donja granica vrednosti kriterijumske funkcije dobijena je za slučaj pesimističkih sistemskih uslova; tj. manja raspoloživa količina artikala kod DPO, niži jedinični prihod, viši jedinični penali i viši troškovi transporta. Sa druge strane, gornja granica vrednosti kriterijumske funkcije dobijena je za slučaj optimističkih sistemskih uslova; tj. veća raspoloživa količina artikala, viši jedinični prihod, niži troškovi transporta i niži jedinični penali. Vrednost kriterijumske funkcije opada sa porastom λ . Na primer, kada vrednosti λ iznose 0,5, 5 i 15, tada očekivani profit iznosi $[9,63, 10,54] \times 10^6$ RSD, $[7,26, 9,59] \times 10^6$ RSD i $[2,25, 7,5] \times 10^6$ RSD, respektivno. Izborom vrednosti λ DO pravi kompromis između (maksimizacije) očekivanog profita i (minimizacije) rizika. Povećanjem vrednosti λ raste relativni značaj rizika u procesu donošenja odluka u sistemu za alokaciju artikala PO, pa se generišu manje rizična i manje profitabilna rešenja.

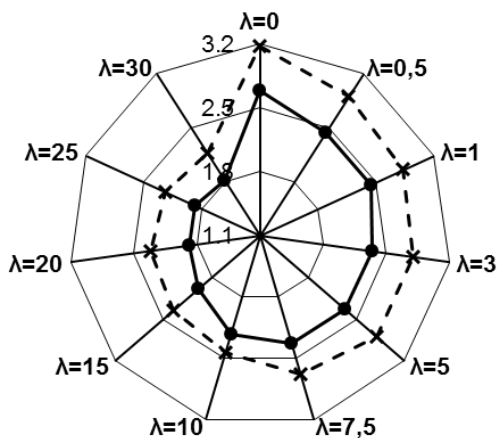
Tabela 2. Alokacione kvote i jedinični troškovi transporta

PLC	Ugovorena alokaciona kvota [komad/godina]	Cena transporta [RSD/komad]
1	[3900, 4550]	[6,9, 7,2]
2	[3300, 3650]	[17,9, 18,8]
3	[2400, 2750]	[37,9, 39,8]
4	[900, 1050]	[17,8, 18,7]
5	[1150, 1250]	[13,8, 14,5]
6	[850, 950]	[15,3, 16,1]
7	[800, 900]	[28,6, 30,2]
8	[1100, 1250]	[7,2, 7,5]
9	[1750, 1900]	[21,2, 22,1]
10	[650, 700]	[24,2, 25,4]



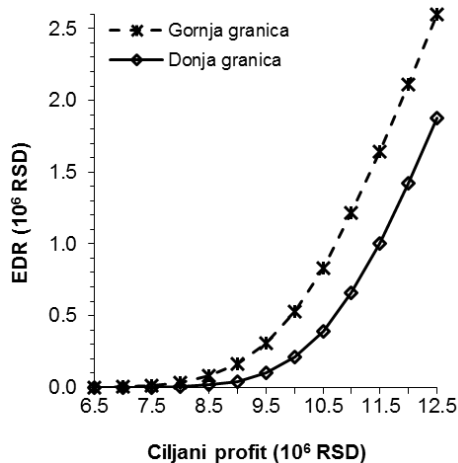
Slika 2 - Prihod za različite vrednosti λ [10^6 RSD]

Na slici 2 prikazan je prihod dobavljača od alokacije artikala PLC za različite vrednosti λ tokom planskog horizonta. Povećanje vrednosti λ utiče da se prihod analiziranog sistema smanji i obratno (slika 2). Na primer, kada vrednosti λ iznose 1, 10 i 30, tada prihod DPO iznosi $[12,95, 13,23] \times 10^6$ RSD, $[12,58, 12,85] \times 10^6$ RSD i $[12,32, 12,58] \times 10^6$ RSD, respektivno. Sa druge strane, rešenje tradicionalnog MCIDSP obezbeđuje prihod DPO od $[13,27, 13,55] \times 10^6$ RSD. Treba istaći da bez obzira na odabrane vrednosti ciljanog profita Ω i kontrolnog faktora λ predloženi model uvek generiše manji prihod od MCIDSP modela. Pored toga, rešenje MCIDSP modela reflektuje isključivo preferenciju DO sklonog ekstremnom riziku. Takođe, ovo rešenje predstavlja samo specijalan slučaj formulisanog modela za alokaciju artikala PO kada je $\lambda=0$. Važno je naglasiti da je tradicionalni model nerealistična prezentacija razmatranog sistema za alokaciju artikala PO. Konačno, MCIDSP model generiše šemu alokacije koja je nepouzdana u praksi, jer se njime maksimizira samo očekivani profit razmatranog sistema bez bilo kakvog razmatranja rizika dopustivosti i pouzdanosti.



Slika 3 - Očekivani troškovi korektivnih akcija za različite vrednosti λ [10^6 RSD]

Na slici 3 prezentovan je trend promene očekivanih troškova korektivnih akcija za različite vrednosti λ . Smanjenje vrednosti λ utiče da se očekivani troškovi korektivnih akcija povećaju. Na primer, kada vrednosti λ iznose 0,5, 5 i 25, tada očekivani troškovi korektivnih akcija iznose $[2,44, 2,91] \times 10^6$ RSD, $[2,34, 2,79] \times 10^6$ RSD i $[1,88, 2,24] \times 10^6$ RSD, respektivno. Gornja i donja granica vrednosti očekivanih troškova korektivnih akcija generisane su rešavanjem pesimističkog i optimističkog podmodela. Realizacija pesimističkih sistemskih uslova donosi veće očekivane rekursivne troškove, jer to praktično znači manju raspoloživu količinu artikala kod DPO i intenzivnije plaćanje penala. Ako DO ima veću averziju prema riziku, tada se defanzivno pristupa procesu ugovaranja alokacionih kvota. U ovom slučaju, u fokusu DPO je varijabilnost raspoložive količine artikala, a cilj je minimiziranje nepotrebnih izdataka za plaćanje penala PO. Prema tome, u strahu od realizacije ekstremno nepovoljnih nivoa dostupnosti artikala, koji mogu proizvesti ogroman manjak alocirane količine PLC, pravi se kompromis kojim se postiže veća stabilnost sistema i svesno prihvata manja vrednost očekivanog profita.



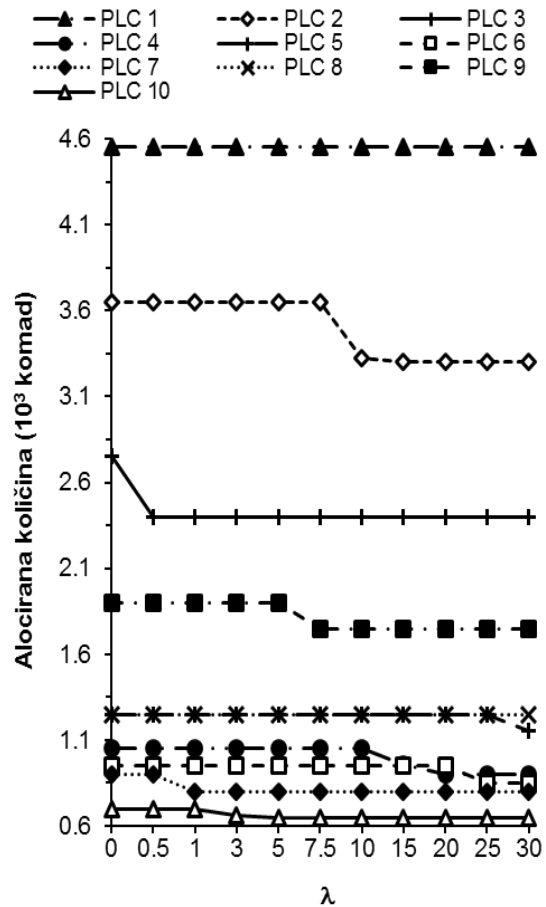
Slika 4 - Očekivani „downside“ rizik za različite vrednosti ciljanog profita Ω u slučaju kada je $\lambda=1$

Da bi se što bolje ilustrovali potencijali i primenljivost razvijenog modela analizirane su različite vrednosti ciljanog profita Ω . Na slici 4 prezentovan je trend promene očekivanog DR (EDR) za različite vrednosti ciljanog profita Ω u slučaju kada je vrednost kontrolnog faktora $\lambda=1$. Donja i gornja granica vrednosti očekivanog DR generisane su rešavanjem optimističkog i pesimističkog podmodela.

U opštem slučaju, veći ciljani profit znači i veći očekivani DR. Prema tome, ako je DO sklon riziku, tada je očekivani DR visok. Na primer, kada je vrednost λ fiksirana i iznosi 1, tada su očekivani DR jednaki $[0,42, 1,63] \times 10^5$ RSD, $[3,87, 8,34] \times 10^5$ RSD i $[14,19, 21,13] \times 10^5$ RSD za vrednosti ciljanog profita Ω od 9×10^6 RSD, $10,5 \times 10^6$ RSD i 12×10^6 RSD,

respektivno. Sa druge strane, povećanje vrednosti λ utiče da se očekivani DR smanji i obratno. Prema tome, ako DO ima averziju prema riziku, tada je očekivani DR nizak.

Na slici 5 prikazane su optimalne alokacione kvote pojedinih PLC za različite vrednosti λ . Optimalne alokacione kvote predstavljaju kompromis manjka resursa u uslovima kada je raspoloživa količina resursa slučajna promenljiva. Manje alokacione kvote donose manji prihod sistemu za alokaciju artikala PO i manje očekivane troškove korektivnih akcija. DO sklon riziku obećava PO više artikala sa ciljem da maksimizira prihod od prodaje. Sa druge strane, DO koji ima averziju prema riziku ugovara sa PO manje artikala u nameri da minimizira rizik i očekivane troškove korektivnih akcija. Na primer, kada je izabran kontrolni faktor $\lambda=0,5$, koji reflektuje preferenciju DO sklonog riziku, tada je samo alokaciona kvota do najudaljenijeg PLC jednaka donjoj granici vrednosti odgovarajuće fiksne alokacione kvote; tj. alokaciona kvota trećeg PLC iznosi 2400 komada po godini. Može se zaključiti da pravljenje kompromisa između očekivanog profita i sistemskog rizika direktno utiče na odluke o alokaciji artikala.



Slika 5 - Optimalne alokacione kvote PLC za različite vrednosti λ

Rešavanjem tradicionalnog CIDSP modela, koji reflektuje preferenciju DO sklonog ekstremnom riziku, za sve PLC dobijaju se optimalne alokacione kvote koje su jednake gornjim granicama vrednosti fiksnih alokacionih kvota (slika 5). Prema tome, kada je $\lambda=0$, tada sve promenljive odlučivanja prve faze koje se koriste za identifikaciju optimalnog skupa alokacionih kvota imaju vrednost 1 (tabela 3). Sa druge strane, kada DO karakteriše ekstremna averzija prema riziku, tada su optimalne alokacione kvote skoro svih PLC jednake donjoj granici vrednosti fiksnih alokacionih kvota. Povećanjem vrednosti λ alokacione kvote se smanjuju osim u slučaju PLC jedan i osam, koji su najbliži (tabela 3). Upravo ova dva PLC obezbeđuju najveći profit DPO kada je njihova tražnja u potpunosti zadovoljena. Na primer, optimalna alokaciona kvota za četvrti PLC iznosi 1, 0,4 i 0 za vrednosti λ od 0,5, 15 i 30, respektivno. Prema tome, povećanjem vrednosti λ alokacione kvote se postepeno smanjuju, pri čemu redosled smanjivanja odgovara opadajućem redosledu cene transporta.

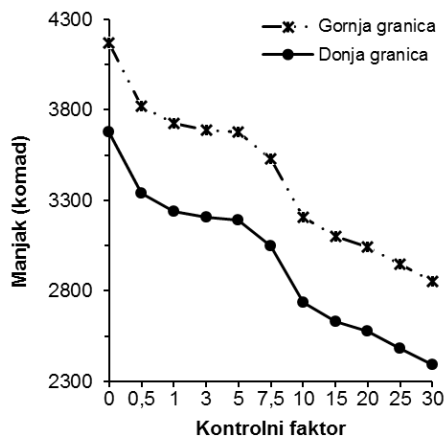
Tabela 3. Promenljive odlučivanja prve faze za različite vrednosti λ

λ	Poštansko-logistički centar									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,5	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
3	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0,3
5	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0
7,5	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0
10	1	0,05714	0	1	1	1	0	1	0	0
15	1	0	0	0,4	1	1	0	1	0	0
20	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0
25	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
30	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Manjak alocirane količine artikla nastaje ako je raspoloživa količina artikla kod DPO manja od optimalnih alokacionih kvota. Na slici 6 prikazan je trend promene očekivanog manjka alocirane količine artikla svim PLC za različite vrednosti λ . Donja i gornja granica vrednosti ukupnog očekivanog manjka alocirane količine artikla dobijene su rešavanjem optimističkog i pesimističkog podmodela.

U opštem slučaju, povećanje vrednosti λ smanjuje manjak alocirane količine. Različite vrednosti λ , koje reprezentuju različite preferencije DO, variraju optimalnu šemu alokacije artikala i time posredno menjaju manjkove alocirane količine PLC. Na primer, ako vrednosti λ iznose 0,5, 3 i 10, koje reprezentuju

DO sklonog riziku, DO koji je neutralan u odnosu na rizik i DO koji ima averziju prema riziku, respektivno, tada ukupan očekivani manjak alocirane količine artikla tokom jednogodišnjeg planskog horizonta iznosi [3339, 3824], [3207, 3690] i [2733, 3207] komada, respektivno.



Slika 6 – Očekivani manjak alocirane količine artikla svim poštansko-logističkim centrima za različite vrednosti

4. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen model MCIDSP sa DR za alokaciju artikala PO. Predloženi model primenjen je na rešavanje hipotetičke studije slučaja kojom su: (1) ilustrovani potencijali i primenljivost modela upravljanja DR u poštanskom sektoru; (2) omogućen uvid u efekte intervalnih i slučajnih promenljivih na rešenja razvijenog modela; i (3) analizirani uticaji ciljanog profita i kontrolnog faktora na ekonomsku efikasnost i rizičnost poslovanja sistema za alokaciju artikala PO.

Iako su parametri formulisanog modela predstavljeni kao intervalni brojevi i raspodele verovatnoća, dobijena rešenja, koja su kombinacija determinističkih i intervalnih vrednosti, ne komplikuju proces alokacije artikala PLC.

Postoji značajan prostor za dalje unapređenje predloženog modela. Jedan od pravaca daljeg istraživanja predstavlja uvođenje pristupa višefaznog stohastičkog programiranja u metodološki okvir za alokaciju artikala PO, kako bi za izražavanje neizvesnosti moglo biti upotrebjeno višeslojno stablo odlučivanja. Pri rešavanju realnih problema mogu se javiti kompleksne neizvesnosti u pogledu vrednosti ekonomskih parametara. Njihovo zanemarivanje može dovesti do generisanja rešenja koja su optimalna samo u okviru jedinstvenog scenarija koji reflektuje specifičan trenutak. Na primer, na cenu transporta do PLC utiču mnogobrojni eksterni faktori. Cena goriva i plate u sektoru transporta imaju najznačajniji uticaj na vrednost ovog ekonomskog parametra. Zbog toga, cenu transporta ima smisla predstaviti kao funkcionalni interval dva

pomenuta uticajna faktora. Polu-beskonačno programiranje može uspešno reflektovati dinamičke karakteristike ekonomskih parametara modela koji su pri formulaciji funkcije cilja predstavljeni kao funkcionalni intervali. Integracija polu-beskonačnog programiranja i razmatranog metodološkog okvira za upravljanje „downside“ rizikom može predstavljati još jedan pravac daljeg istraživanja.

5. ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, kroz projekat TR 36006, za period 2011–2019.

LITERATURA

- [1] Eppen G. D, Martin R. K, Schrage L, A scenario approach to capacity planning, *Operation Research*, Vol. 37, No. 4, pp. 517-527, 1989.
- [2] Cumova D, Nawrocki D, Portfolio optimization in an upside potential and downside risk framework, *Journal of Economics and Bus.*, Vol. 71, pp. 68-89, 2014.
- [3] Koppol A. P. R, Bagajewicz M. J, Financial risk management in the design of water utilization systems in process plants, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Vol. 42, No. 21, pp. 5249-5255, 2004.
- [4] Xie Y. L, Huang G. H, Development of an inexact two-stage stochastic model with downside risk control for water quality management and decision analysis, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, Vol. 28, No. 6, pp. 1555-1575, 2014.
- [5] Xie Y, Huang G, Li W, Li Y, Cui J, Sun X. A risk-based balance inexact optimization model for water quality management with sustainable wetland system development—a case study of North China, *Wetlands*, Vol. 36 (Suppl 1), pp. S205-S222, 2016.
- [6] Xie Y. L, Xia D. H, Huang G. H, Ji L, Inexact stochastic optimization model for industrial water resources allocation under considering pollution charges and revenue-risk control, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 203, pp. 109-124, 2018.
- [7] Aseeri A, Bagajewicz M. J, New measures and procedures to manage financial risk with applications to the planning of gas commercialization in Asia, *Computers and Chemical Engineering*, Vol. 28, No. 12, pp. 2791-2821, 2004.
- [8] Ghadikolaie H. M, Ahmadi A, Aghaei J, Najafi M, Risk constrained self-scheduling of hydro/wind units for short term electricity markets considering intermittency and uncertainty, *Renewable and Sust. Energy Reviews*, Vol. 16, No. 7, pp. 4734-4743, 2012.
- [9] Ahmadi A, Charwand M, Aghaei J, Risk-constrained optimal strategy for retailer forward contract portfolio, *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 53, pp. 704-713, 2013.
- [10] Ji L, Niu D. X, Huang G. H, Li W, Liu Z. P. Environmental and economic optimization model for electric system planning in Ningxia, China - An inexact stochastic risk-aversion programming approach, *Mathematical Problems in Eng.*, Article ID 236958, 2015.
- [11] Nezhad AE, Ahmadi A, Javadi M. S, Janghorbani M, Multi-objective decision-making framework for an electricity retailer in energy markets using lexicographic optimization and augmented epsilon-constraint, *International Transactions on Electrical Energy Systems*, Vol. 25, No. 12, pp. 3660-3680, 2015.
- [12] Yeager E. A, Langemeier MR. Economic efficiency and downside risk, *Applied Ec.*, Vol. 45, No. 36, pp. 5012-5020, 2013.
- [13] Tsang K. H, Samsatli NJ, Shah N. Capacity investment planning for multiple vaccines under uncertainty: 2: financial risk analysis, *Food and Bioprocesses Processing*, Vol. 85, No. 2, pp. 129-140, 2007.
- [14] Guillen G, Mele E, Bagajewicz MJ, Espuna A, Puigjaner L. Multiobjective supply chain under demand uncertainty, *Chemical Eng. Science*, Vol. 60, No. 6, pp. 1535-1553.

SUMMARY

DOWNSIDE RISK MANAGEMENT IN THE POSTAL SECTOR

This paper proposes a mixed-integer interval-parameter two-stage stochastic programming model with downside risk control for items allocation to postal operators. The proposed model is able to: (1) generate optimal long-term items allocation plans for postal operators under different target profits, control factor for limiting system risk and uncertain events realization; (2) calculate optimal allocation targets between supplier and postal-logistics centers under different risk attributes; (3) reach the trade-offs between the expected profit and system risk; (4) measure the recourse cost variability; (5) efficiently reflect the uncertainties expressed as probability distribution functions and interval values; and (6) generate more robust solutions, compared to the available optimization models for solving problems in the postal sector. A numerical example is provided to verify the effectiveness of the presented model. Several important recommendations for future research are highlighted and discussed.

Key words: postal sector, downside risk, interval programming, two-stage stochastic programming, integer programming, uncertainty