

UPRAVLJANJE RIZIKOM ALOKACIJE ARTIKALA POST SHOP PRODAVNICAMA

Branka Dimitrijević, Vladimir Simić
Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet
brankad@sf.bg.ac.rs, vsima@sf.bg.ac.rs

Sadržaj: *U radu je prezentovan model averzije prema riziku alokacije artikala Post Shop prodavnicama. Metoda uslovne vrednosti pri riziku inkorporirana je u model mešovitog celobrojnog intervalnog dvofaznog stohastičkog programiranja da bi se ograničio rizik neuspeha od dostizanja planirane vrednosti profita i reflektovala preferencija donosioca odluka. Prezentovani model efikasno odražava neizvesnosti izražene u formi raspodela verovatnoća i numeričkih intervala. Takođe, model pruža mogućnost izbora željene alokacione strategije pravljenjem kompromisa između maksimizacije profita i minimizacije rizika na bazi zadavanja nivoa averzije prema riziku čime se postiže sveobuhvatan uvid u efekte neizvesnosti. Priložen je numerički primer kako bi se ilustrovala primenljivost predloženog modela.*

Ključne reči: *Poštanski sektor; Uslovna vrednost pri riziku; Intervalno programiranje; Dvofazno stohastičko programiranje; Neizvesnost.*

1. Uvod

Javno preduzeće „Pošta Srbije“ (u daljem tekstu JPPS), u saradnji sa velikim brojem dobavljača, korisnicima pruža mogućnost kupovine preko 2000 artikala u 31 specijalizovanoj Post Shop prodavnici [1]. Asortiman Post Shop prodavnica čine: koverte, paketska ambalaža, marke, čestitke i razglednice, kućni poštanski sandučići, telekomunikacioni proizvodi, školski program i kancelarijski materijal, knjige i edukativne brošure, igračke, pokloni i suveniri, UNICEF program i drugi artikli [2].

U ovom radu razmatra se problem alokacije artikala specijalizovanim Post Shop prodavnicama kako su odgovorni dobavljači JPPS-a. Nivoi dostupnosti artikala kod dobavljača su slučajne promenljive. JPPS blagovremeno kreira svoje prodajne planove ugovarajućima dobavljačima alokacione kvote. Kada nivoi dostupnosti artikala kod dobavljača budu poznati, u drugoj fazi, donose se odluke kojima se korijuju alokacione kvote i minimiziraju rekurzivni troškovi (tj. troškovi sprovođenja korektivnih akcija). Pristup dvofaznog stohastičkog programiranja može se primeniti za prethodno naznačen proces dvofaznog donošenja odluka u prisustvu neizvesnosti izraženoj u formi raspodele verovatnoća. U razmatranom problemu alokacije artikala specijalizovanim Post Shop prodavnicama neizvesnost postoji i u pogledu vrednosti ekonomskih parametara koja se može interpretirati intervalima mogućih vrednosti. Intervalnim linearnim

programiranje efikasno se modeliraju nezvesnosti predstavljene numeričkim intervalima [3-4]. U tom smislu, za potrebe rešavanja opisanog problema alokacije artikala predložene model intervalnog dvofaznog stohastičkog programiranja. Međutim, ovakav model ne može na adekvatan način upravljati rizikom alokacije artikala Post Shop prodavnicama pri ekstremno promenljivim i/ili nepovoljnim nivoima dostupnosti. Primena njegovih rešenja u procesu donošenja odluka može dovesti do značajnih finansijskih gubitaka. Da bi se izbeglo donošenje pogrešnih odluka neophodno je pri kreiranju metodološkog okvira u obzir uzeti i neku od mera za procenu rizika. Metoda uslovne vrednosti pri riziku (CVaR¹) [5-8] jedna je od metoda koja može otkloniti uočene nedostatke i efikasno prezentovati percepciju rizika. Ona predstavlja relativno novu metodu za procenu rizika. Uslovna vrednost pri riziku bazira se na raspodelama verovatnoća slučajnih promenljivih i može efikasno da reprezentuje rizik u stohastičkim programima [9-10]. Ova metoda za merenje rizika je koherentna [11-12] i konzistentna sa drugostepenom stohastičkom dominacijom [13]. Nabrojane osobine metode uslovne vrednosti pri riziku, kao i mogućnost njenog inkorporiranja u raznovrsne optimizacione modele [9, 14-15], predstavljaju važne preduslove za uspešnu primenu u rešavanju složenih problema iz oblasti poštanskog sektora.

Intervalni dvofazni stohastički programi bazirani na uslovnoj vrednosti pri riziku do sada su bili primenjeni za upravljanje vodosnabdevanjem [16-21], planiranje energetskih sistema [22], upravljanje gradskim otpadom [23] i upravljanje kvalitetom vazduha [10]. Pregled raspoložive naučne literature ukazuje da metoda uslovne vrednosti pri riziku, intervalno programiranje i dvofazno stohastičko 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 averzije prema riziku alokacije artikala specijalizovanim Post Shop prodavnicama koje čine jedan od segmenata poslovanja JPPS. Pored toga, u radu je priložen numerički primer da bi se ilustrovali potencijali i primenljivost razvijenog modela.

Rad je organizovan na sledeći način. U narednom poglavlju prezentovan je model averzije prema riziku alokacije artikala Post Shop prodavnicama i pristup za njegovo rešavanje. U trećem poglavlju priložen je numerički primer, i prikazani su i prodiskutovani dobijeni rezultati. Na kraju rada data su zaključna razmatranja.

2. Metodologija

2.1. Formulacija modela

Na bazi metode uslovne vrednosti pri riziku, intervalnog programiranja i dvofaznog stohastičkog programiranja, model averzije prema riziku alokacije artikala Post Shop prodavnicama formulisan je na sledeći način:

$$\begin{aligned} \text{Max } f^{\pm} = & D^{\pm} \sum_{c \in C} [Z_c^- + \gamma_c (Z_c^+ - Z_c^-)] - \sum_{a \in A} p_a \sum_{c \in C} T_c^{\pm} A_{ca} - \sum_{a \in A} p_a \sum_{c \in C} K_c^{\pm} M_{ca} \\ & - \lambda (\eta^{\pm} + \frac{1}{1-\alpha} \sum_{a \in A} p_a \zeta_a^{\pm}) \end{aligned} \quad (1)$$

pri ograničenjima:

¹CVaR – *engl.* Conditional Value-at-Risk.

$$\zeta_a^\pm \geq -\eta^\pm + \sum_{c \in C} (T_c^\pm A_{ca} + K_c^\pm M_{ca}), \quad \forall a \in A \quad (2)$$

$$\sum_{c \in C} [Z_c^- + \gamma_c (Z_c^+ - Z_c^-) - M_{ca}] \leq Q_a^\pm, \quad \forall a \in A \quad (3)$$

$$A_{ca} = Z_c^- + \gamma_c (Z_c^+ - Z_c^-) - M_{ca}, \quad \forall c \in C; \forall a \in A \quad (4)$$

$$Z_c^- + \gamma_c (Z_c^+ - Z_c^-) \geq M_{ca}, \quad \forall c \in C; \forall a \in A \quad (5)$$

$$0 \leq \gamma_c \leq 1, \quad \forall c \in C \quad (6)$$

$$M_{ca} \in \{0, 1, 2, \dots\}, \quad \forall c \in C; \forall a \in A \quad (7)$$

$$A_{ca} \in \{0, 1, 2, \dots\}, \quad \forall c \in C; \forall a \in A \quad (8)$$

$$\zeta_a^\pm \geq 0, \quad \forall a \in A \quad (9)$$

$$\eta^\pm \geq 0 \quad (10)$$

gde f^\pm predstavlja očekivani profit dobavljača JPPS-a; D^\pm je prihod dobavljača JPPS-a po komadu određenog proizvoda alociranog nekoj od specijalizovanih Post Shop prodavnica; C je skup specijalizovanih Post Shop prodavnica; $Z_c^\pm, c \in C$, je promenljiva odlučivanja prve faze i predstavlja fiksnu količinu određenog proizvoda koju treba alocirati c -toj specijalizovanoj Post Shop prodavnici (tzv. fiksna alokaciona kvota); $\gamma_c, c \in C$ ($\gamma_c \in [0, 1], \forall c$), je promenljiva odlučivanja prve faze, koja se koristi za identifikaciju optimalnog skupa alokacionih kvota; A je skup nivoa dostupnosti kod dobavljača određenog proizvoda koji se prodaje u specijalizovanim Post Shop prodavnicama; $p_a, a \in A$ ($p_a > 0, \forall a \in A; \sum_{a \in A} p_a = 1$), je verovatnoća količine određenog proizvoda u slučaju nivoa

dostupnosti a kod dobavljača; $T_c^\pm, c \in C$, je cena transporta po komadu određenog proizvoda od dobavljača JPPS-a do c -te specijalizovane Post Shop prodavnice; $A_{ca}, c \in C, a \in A$, je alocirana količina određenog proizvoda c -toj specijalizovanoj Post Shop prodavnici u slučaju nivoa dostupnosti a kod dobavljača (promenljiva odlučivanja druge faze); $K_c^\pm, c \in C$, je iznos penala za dobavljača JPPS-a po komadu neisporučenog proizvodac-toj specijalizovanoj Post Shop prodavnici, pri čemu mora biti ispunjeno da je $K_c^\pm > D^\pm$, za svako $c \in C$; $M_{ca}, c \in C, a \in A$, je manjak alocirane količine određenog proizvoda c -toj specijalizovanoj Post Shop prodavnici u slučaju nivoa dostupnosti a kod dobavljača (promenljiva odlučivanja druge faze); λ je nivo averzije prema riziku, tj. težinski koeficijent specifikiran od strane donosioca odluka, kojim se pravi kompromis između (maksimizacije) očekivanog profita i (minimizacije) rizika; α je nivo poverenja; η^\pm je vrednost pri riziku kada je nivo poverenja jednak α ; $\zeta_a^\pm, a \in A$, je pomoćna promenljiva

za izračunavanje uslovne vrednosti pri riziku; Q_a^\pm , $a \in A$, je raspoloživa količina određenog proizvoda u slučaju nivoa dostupnosti a kod dobavljača.

U modelu, kriterijumska funkcija (1) teži da maksimizira očekivani profit dobavljača JPPS-a. U ovoj kriterijumskoj funkciji, prvi deo računa prihod dobavljača JPPS-a od alokacije određenih proizvoda specijalizovanim Post Shop prodavnicama kada su zadovoljene alokacione kvote. Drugi deo kriterijumske funkcije izračunava očekivane troškove transporta određenog proizvoda od dobavljača JPPS-a do specijalizovanih Post Shop prodavnica. Treći deo kriterijumske funkcije predstavlja ukupni gubitak (tj. ukupne izdatke na plaćanje penala) dobavljača JPPS-a zbog nepoštovanja ugovorenih alokacionih kvota. Konačno, četvrti deo kriterijumske funkcije računa uslovnu vrednost pri riziku za vrednosti parametara rizika α i λ .

Ograničenja averzije prema riziku (2) su neophodna zbog postojanja pomoćnih promenljivih za izračunavanje uslovne vrednosti pri riziku. Ograničenja (3) obezbeđuju da, u slučaju bilo kog nivoa dostupnosti određenog proizvoda, ukupna količina koja je alocirana ka svim specijalizovanim Post Shop prodavnicama ne bude veća od količine kojom dobavljač JPPS-a raspolaze. Ograničenja (4) definišu alociranu količinu određenog proizvoda kao razliku fiksne alokacione kvote i neisporučene količine. Ograničenja (5) osiguravaju da neisporučena količina ne može biti veća od fiksne alokacione kvote, koja je ranije dogovorena sa dobavljačem JPPS-a. Ograničenja (6) definišu domene vrednosti promenljivih odlučivanja prve faze, koje se koriste za identifikovanje optimalnog skupa alokacionih kvota. Ograničenja (7)–(10) definišu domene vrednosti promenljivih odlučivanja.

2.2. Algoritam za rešavanje

Da bi se procedura za rešavanje razvijenog modela averzije prema riziku alokacije pošiljaka u poštanskom saobraćaju učinila što jasnijom, detaljna algoritamska procedura predstavljena je u pseudokod formatu:

- *Korak 1* – Formulirati model.
- *Korak 2* – U skladu sa preferencijom donosioca odluka, izabrati nivo averzije prema riziku λ .
- *Korak 3* – Definisati nivo poverenja α .
- *Korak 4* – Primeniti metod „Najbolji najlošiji slučaj“ za razlaganje modela dobijenog u koraku 1 na optimistički podmodel, koji korespondira gornjoj granici vrednosti kriterijumske funkcije $(f^+)^{\alpha, \lambda}$, i pesimistički podmodel, koji korespondira donjoj granici vrednosti kriterijumske funkcije $(f^-)^{\alpha, \lambda}$.
- *Korak 5* – Rešiti optimistički podmodel i generisati skup rešenja promenljivih odlučivanja $(f_{opt}^+)^{\alpha, \lambda}$.
- *Korak 6* – Izračunati optimalan skup alokacionih kvota na sledeći način:

$$Z_c^{\alpha, \lambda} = Z_c^- + \gamma_c^{\alpha, \lambda} (Z_c^+ - Z_c^-), \forall c \in C.$$
- *Korak 7* – Upotrebiti optimalan skup alokacionih kvota dobijen u koraku 6 za rešavanje pesimističkog podmodela i generisati skup rešenja promenljivih odlučivanja $(f_{opt}^-)^{\alpha, \lambda}$.

- *Korak 8* – Formirati finalno rešenje modela kombinovanjem rešenja dobijenih u koracima 5 i 7.
- *Korak 9* – Ako je donosilac odluke zadovoljan dobijenim očekivanim profitom $(f_{opt}^{\pm})^{\alpha, \lambda} = [f_{opt}^-, f_{opt}^+]^{\alpha, \lambda}$, preći na naredni korak. U suprotnom, preći na korak 3.
- *Korak 10* – Stop.

3. Rezultati i diskusija

U ovom poglavlju data je ilustracija primene prethodno predstavljenog modela kroz numerički primer u kojem JPPS, u saradnji sa određenim dobavljačem, korisnicima pruža mogućnost kupovine određenog artikla u 31 specijalizovanoj Post Shop prodavnici. Neka se projektovani prihod dobavljača po komadu isporučenog artikla bilo kojoj od specijalizovanih Post Shop prodavnica vrednost koja se kreće u intervalu [670,0, 690,10] RSD. Sa druge strane, neka se vrednost jediničnog penala koji dobavljač mora da plati JPPS-u zbog neispunjavanja ugovornih obaveza (tj. gubitak dobavljača po komadu neisporučenog artikla) kreće u intervalu [790,0, 813,70] RSD. U ovom numeričkom primeru analizirani su nizak, srednji i visok nivo dostupnosti artikla kod dobavljača (tabela 1).

Tabela 1. Raspoložive količine artikla u slučaju različitih nivoa dostupnosti kod dobavljača

Nivo dostupnosti	Verovatnoća	Raspoloživa količina [komad]
Nizak	0,05	[19.500, 20.800]
Srednji	0,5	[30.100, 32.950]
Visok	0,45	[47.100, 49.350]

Pošto obim tražnje za artiklom nije isti u svim Post Shop prodavnicama, JPPS ugovara različite preliminarne alokacione kvote sa dobavljačem (tabela 2). Neka je planski horizont jedna kalendarska godina.

Optimizacioni programi su napisani i izvršeni u solveru LINGO. Brojevi promenljivih, ograničenja i nenulatih elemenata iznose oko 215, 220 i 1350, respektivno. Vremena rada računara za različite vrednosti parametara rizika uvek su bila manja od jedne sekunde.

Kada nivo averzije prema riziku λ ima vrednost od 0,01 do 0,2, tada su optimalne alokacione kvote za sve Post Shop prodavnice jednake gornjim granicama vrednosti ugovorenih alokacionih kvota (tabela 2). Prema tome, kada donosilac odluka nema averziju prema riziku alokacije artikala u Post Shop prodavnicama, tada će alokacione kvote za sve Post Shop prodavnice biti maksimizirane bez obzira na vrednosti nivoa poverenja α . Kada je nivo averzije prema riziku λ jednak 0,3, tada su optimalne alokacione kvote za Post Shop prodavnice locirane u Leskovcu i Vranju jednake donjoj granici vrednosti ugovorenih alokacionih kvota, odnosno, one iznose 1523 i 913 komada po godini, respektivno (tabela 2). Optimalne alokacione kvote za preostalih 29 specijalizovanih poštanskih prodavnica jednake su gornjim granicama vrednosti ugovorenih alokacionih kvota. Kada nivo averzije prema riziku λ ima vrednost od 0,4 do 1, tada su optimalne alokacione kvote za sve Post Shop prodavnice jednake donjim granicama vrednosti alokacionih kvota ugovorenih između JPPS-a i dobavljača (tabela 2). Prema tome, kada je donosilac odluka neutralan (tj. kada težinski koeficijent ima vrednost od 0,4 do 0,6) ili ima averziju prema riziku, tada će

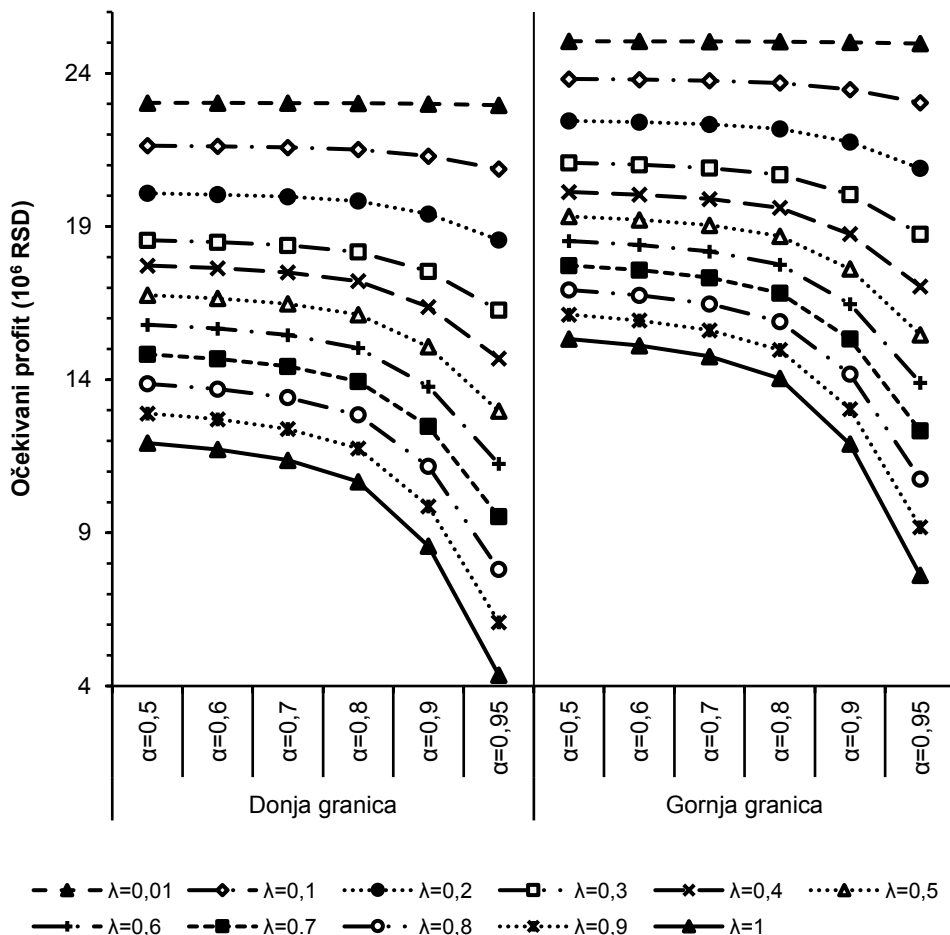
alokacione kvote za sve Post Shop prodavnice biti minimizirane bez obzira na vrednost nivoa poverenja α .

Tabela 2. Lista Post Shop prodavnica, alokacione kvote i jedinični troškovi transporta

R. br.	Post Shop prodavnica	Ugovorena alokaciona kvota [komad/godina]	Cena transporta [RDS/komad]	R. br.	Post Shop prodavnica	Ugovorena alokaciona kvota [komad/godina]	Cena transporta [RDS/komad]
1	Beograd 1	[2265, 2673]	[1,62, 1,7]	17	Pančevo	[1249, 1474]	[7,19, 7,54]
2	Beograd 2	[2491, 2939]	[0,71, 0,75]	18	Paraćin	[561, 662]	[27,39, 28,76]
3	Beograd 3	[2114, 2495]	[2,20, 2,31]	19	Požarevac	[751, 886]	[17,4, 18,27]
4	Beograd 4	[2717, 3206]	[4,15, 4,36]	20	Smederevo	[1144, 1350]	[13,85, 14,54]
5	Beograd 5	[2882, 3401]	[3,61, 3,79]	21	Sokobanja	[170, 201]	[37,37, 39,23]
6	Beograd 6	[2346, 2768]	[6,91, 7,25]	22	Sr. Mitr.	[821, 969]	[15,31, 16,08]
7	Beograd 7	[1717, 2026]	[3,75, 3,94]	23	Sombor	[907, 1070]	[28,59, 30,02]
8	Gornji Mil.	[455, 537]	[21, 22,05]	24	Sremčica	[206, 243]	[8,01, 8,41]
9	Jagodina	[741, 874]	[24,22, 25,43]	25	Subotica	[1460, 1723]	[30,73, 32,26]
10	Kragujevac	[1882, 2221]	[24,32, 25,53]	26	Šabac	[1178, 1390]	[16,73, 17,57]
11	Kruševac	[1338, 1579]	[31,78, 33,37]	27	Valjevo	[927, 1094]	[17,82, 18,71]
12	Leskovac	[1523, 1797]	[45,37, 47,64]	28	Vranje	[913, 1077]	[52,50, 55,12]
13	Niš	[2597, 3064]	[37,93, 39,83]	29	Vrnj. Banja	[295, 348]	[32,56, 34,19]
14	Novi Sad 1	[1771, 2090]	[17,85, 18,75]	30	Zaječar	[610, 720]	[38,71, 40,65]
15	Novi Sad 2	[1509, 1781]	[18,02, 18,92]	31	Zlatibor	[273, 322]	[35,02, 36,77]
16	Obrenovac	[745, 879]	[12,64, 13,28]				

Na slici 1 prikazan je očekivani (godišnji) profit alokacije analiziranog artikla Post Shop prodavnicama za različite vrednosti nivoa poverenja α i nivoa averzije prema riziku λ . Dornja granica vrednosti kriterijumske funkcije je dobijena za slučaj nepovoljnih sistemskih uslova; tj. manja raspoloživa količina analiziranog artikla, niži jedinični prihod, viši jedinični penali i viši troškovi transporta. Sa druge strane, gornja granica vrednosti kriterijumske funkcije je dobijena za slučaj povoljnih sistemskih uslova; tj. veća raspoloživa količina analiziranog artikla, viši jedinični prihod, niži jedinični penali i niži troškovi transporta.

Povećanje vrednosti parametra rizika α ili λ utiče na smanjenje očekivanog profita i obratno. Na primer, kada je nivo averzije prema riziku λ fiksiran i iznosi 0,8, tada su očekivani profiti jednaki [13,9, 16,9]×10⁶ RSD, [12,9, 15,9]×10⁶ RSD i [7,8, 10,8]×10⁶ RSD za vrednosti nivoa poverenja α od 0,5, 0,8 i 0,95, respektivno. U opštem slučaju, veća vrednost nivoa poverenja α reprezentuje veći značaj nepovoljnog (tj. niskog) nivoa dostupnosti artikla, pa je generisanje pesimističkih rešenja očekivano. U skladu sa tim, veća vrednost nivoa poverenja α donosi ne samo manji rizik, već i manji očekivani profit. Sa druge strane, nivo averzije prema riziku λ reflektuje preferenciju donosioca odluka. Izborom vrednosti težinskog faktora λ , donosilac odluke može praviti kompromis između (maksimizacije) očekivanog profita i (minimizacije) rizika. Na primer, kada je parametar rizika α fiksiran i iznosi 0,9, tada su očekivani profiti jednaki [23, 25]×10⁶ RSD, [15,1, 17,6]×10⁶ RSD i [8,6, 11,9]×10⁶ RSD za vrednosti nivoa averzije prema riziku λ od 0,01, 0,5 i 1, respektivno. U opštem slučaju, manja vrednost težinskog faktora λ donosi ne samo veći rizik, nego i veći očekivani profit.

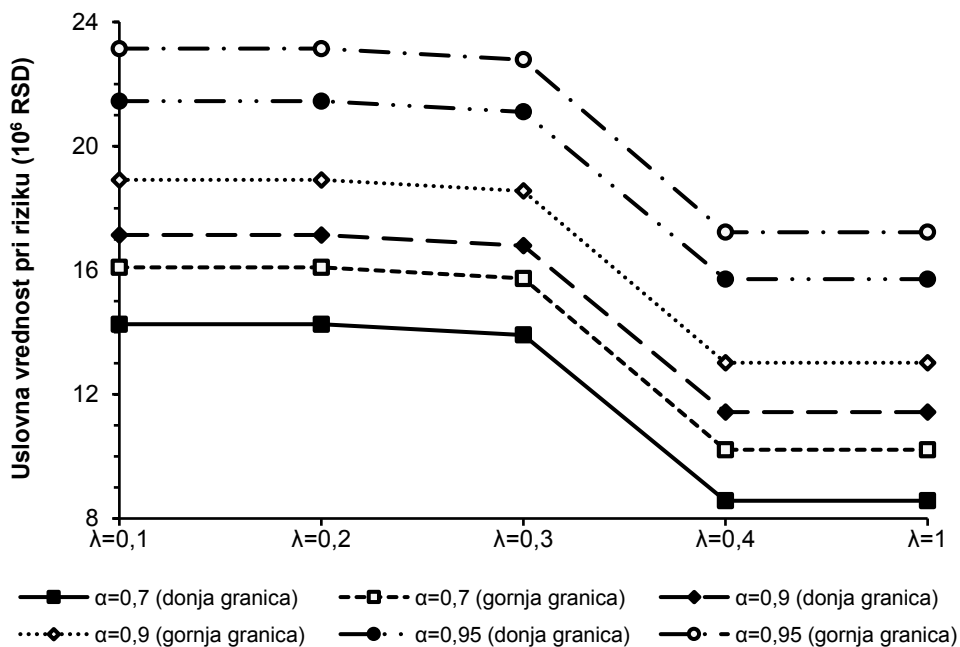


Slika 1. Očekivani profit za različite vrednosti parametara rizika α i λ .

Sa slike 1 može se uočiti da parametri rizika α ili λ imaju različite stepene osetljivosti. U opštem slučaju, uticaj nivoa poverenja α na rezultate koji se dobijaju povećava se sa porastom nivoa averzije prema riziku λ . Na primer, ako donosilac odluka pokuša da u potpunosti isključi rizik iz procesa odlučivanja ($\lambda=0,01$), tada će efekat promene nivoa poverenja α na rezultate biti gotovo zanemarljiv (slika 1).

Na slici 2 prezentovan je trend promene uslovne vrednosti pri riziku za različite vrednosti nivoa poverenja α i nivoa averzije prema riziku λ . Smanjenje nivoa poverenja α utiče da se uslovna vrednost pri riziku smanji i obratno. Na primer, kada je nivo averzije prema riziku λ fiksiran i iznosi 0,1, tada su uslovne vrednosti pri riziku jednake $[14,3, 16,1] \times 10^6$ RSD, $[17,1, 18,9] \times 10^6$ RSD i $[21,5, 23,1] \times 10^6$ RSD za vrednosti nivoa poverenja α od 0,7, 0,9 i 0,95, respektivno. Sa druge strane, povećanje nivoa averzije prema riziku λ utiče da se uslovna vrednost pri riziku smanji i obratno. Na primer, kada je nivo poverenja α fiksiran i iznosi 0,9, tada su uslovne vrednosti pri riziku jednake $[17,1, 18,9] \times 10^6$ RSD,

[16,8, 18,6]×10⁶ RSD i [11,4, 13,0]×10⁶ RSD za vrednosti nivoa averzije prema riziku λ od 0,2, 0,3 i 0,4, respektivno. U opštem slučaju, smanjenje uslovne vrednosti pri riziku utiče da se smanje i očekivani profit i rizik.



Slika 2. Uslovna vrednost pri riziku za različite vrednosti parametara rizika α i λ .

4. Zaključak

U radu je prezentovan model averzije prema riziku alokacije artikala specijalizovanim Post Shop prodavnicama. Metodološki okvir razvijenog modela kreiran je integracijom sledećih pristupa: metoda uslovne vrednosti pri riziku, intervalno programiranje i dvofazno stohastičko programiranje.

Prednosti formulisano modela su: (1) mogućnost izbora željene alokacione strategije pravljenjem kompromisa između maksimizacije profita i minimizacije rizika; (2) sposobnost upravljanja rizikom pri ekstremno nepovoljnim nivoima dostupnosti artikala; (3) mogućnost generisanja optimalnih rešenja za različite vrednosti nivoa poverenja i nivoa averzije prema riziku; (4) sposobnost određivanja optimalnih dugoročnih alokacionih kvota u poštanskom saobraćaju; i (5) pružanje sveobuhvatnog uvida u efekte neizvesnosti. Predloženi algoritam za rešavanje je jednostavan za primenu i ne zahteva generisanje komplikovanih podmodela. Zbog svega navedenog, razvijen model averzije prema riziku alokacije artikala specijalizovanim Post Shop prodavnicama može imati značajnu praktičnu primenu.

Ovaj rad je delimično podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, kroz projekat TR 36006, za period 2011–2018.

Literatura

- [1] V. Simić, “Primena intervalnog stohastičkog programiranja u poštanskom saobraćaju”, *Zbornik radova PosTel 2017*, XXXV Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju, Beograd, Srbija, decembar 5-6, str. 49-58, 2017.
- [2] Javno preduzeće „Pošta Srbije“, Funkcija usluga, Sektor za logističke usluge i trgovinu, “Katalog Post Shop prodavnica”, 2018. Dostupno na: <http://www.posta.rs/dokumenta/lat/prodaja/Katalog-Post-Shop.pdf> [27.10.2018]
- [3] V. Simic, “A two-stage interval-stochastic programming model for planning end-of-life vehicles allocation under uncertainty”, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 98, pp. 19-29, 2015.
- [4] V. Simic, “A multi-stage interval-stochastic programming model for planning end-of-life vehicles allocation”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 115, pp. 366-381, 2016.
- [5] R.T. Rockafellar, S. Uryasev, “Optimization of conditional value-at-risk”, *Journal of Risk*, vol. 2, no. 3, pp. 21-41, 2000.
- [6] R.T. Rockafellar, S. Uryasev, “Conditional value-at-risk for general loss distributions”, *Journal of Banking and Finance*, vol. 26, no. 7, pp. 1443-1471, 2002.
- [7] S. Uryasev, “Conditional Value-at-Risk: optimization algorithms and applications”, *Financial Engineering News*, vol. 14, pp. 1-5, 2000.
- [8] S. Uryasev, R.T. Rockafellar, “Conditional value-at-risk: optimization approach”, in: S. Uryasev, P.M. Pardalos, (eds.): *Stochastic optimization: algorithms and applications*, pp. 119-128, 2001. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- [9] G.M. Yamout, K. Hatfield, H.E. Romeijn, “Comparison of new conditional value-at-risk-based management models for optimal allocation of uncertain water supplies”, *Water Resources Research*, vol. 43, no. 7, W07430, 2007.
- [10] C. Dai, W. Sun, Q. Tan, Y. Liu, W.T. Lu, H.C. Guo, “Risk management for sulfur dioxide abatement under multiple uncertainties”, *Frontiers of Earth Science*, vol. 10, no. 1, pp. 87-107, 2016.
- [11] P. Artzner, F. Delbaen, J.M. Eber, D. Heath, “Coherent measures of risk”, *Mathematical Finance*, vol. 9, no. 3, pp. 203-228, 1999.
- [12] G. Pflug, “Some remarks on the value-at-risk and the conditional value-at-risk”, in: S. Uryasev, (ed.): *Probabilistic constrained optimization: methodology and applications*, pp. 272-281, 2000. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- [13] W. Ogryczak, A. Ruszczyński, “Dual stochastic dominance and related mean-risk models”, *SIAM Journal on Optimization*, vol. 13, no. 1, pp. 60-78, 2002.
- [14] F. Andersson, H. Mausser, D. Rosen, S. Uryasev, “Credit risk optimization with Conditional Value-at-Risk criterion”, *Mathematical Programming*, vol. 89, no. 2, pp. 273-291, 2001.
- [15] I.G. Moghaddam, M. Nick, F. Fallahi, M. Sanei, S. Mortazzai, “Risk-averse profit-based optimal operation strategy of a combined wind farm-cascade hydro system in an electricity market”, *Renew Energy*, vol. 55, pp. 252-259, 2013.
- [16] L.G. Shao, X.S. Qin, Y. Xu, “A Conditional value-at-risk based inexact water allocation model”, *Water Resources Management*, vol. 25, no. 9, pp. 2125-2145, 2011.
- [17] Y.L. Xie, G.H. Huang, “An optimization model for water resources allocation risk analysis under uncertainty”, *Journal of Hydroinformatics*, vol. 16, no. 1, pp. 144-164, 2014.
- [18] W. Li, B. Wang, Y.L. Xie, G.H. Huang, L. Liu, “An inexact mixed risk-aversion two-stage stochastic programming model for water resources management under uncertainty”, *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 22, no. 4, pp. 2964-2975, 2015.
- [19] W. Li, C. Feng, C. Dai, Y. Li, C. Li, M. Liu, “An inexact risk management model for agricultural land-use planning under water shortage”, *Frontiers of Earth Science*, vol. 10, no. 3, pp. 419-431, 2016.

- [20] Y.Y. Wang, G.H. Huang, S. Wang, "CVaR-based factorial stochastic optimization of water resources systems with correlated uncertainties", *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, vol. 31, no. 6, pp. 1543-1553, 2017.
- [21] C. Zhang, P. Guo, "An inexact CVaR two-stage mixed-integer linear programming approach for agricultural water management under uncertainty considering ecological water requirement", *Ecological Indicators*, vol. 92, pp. 342-353, 2018.
- [22] L. Ji, X.P. Zhang, G.H. Huang, J.G. Yin, "Development of an inexact risk-aversion optimization model for regional carbon constrained electricity system planning under uncertainty", *Energy Conversion and Management*, vol. 94, pp. 353-364, 2015.
- [23] C. Dai, X.H. Cai, Y.P. Cai, Q. Huo, Y. Lv, G.H. Huang, "An interval-parameter mean-CVaR two-stage stochastic programming approach for waste management under uncertainty", *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, vol. 28, no. 2, pp. 167-187, 2014.

Abstract: *Risk aversion model in item allocation to Post Shoppstores is presented in this paper. Conditional Value-at-Risk method has been incorporated into the two-stage interval-stochastic programming model in order to reduce the risk of failing to attain the planned profit value and to reflect decision maker's preference. The model efficiently indicates uncertainties by probability distributions and numerical intervals. It also gives the opportunity to select preferred allocation strategy making a compromise between profit maximization and risk minimization by setting the level of risk aversion, which allows a comprehensive insight into the effects of uncertainty. A numerical example is given to illustrate the applicability of the model.*

Keywords: *Postal sector; Conditional value-at-risk; Interval programming; Two-stage stochastic programming; Uncertainty.*

RISK MANAGEMENT IN ITEMS ALLOCATION TO POST SHOP STORES

Branka Dimitrijević, Vladimir Simić