ŽELJKO STEVIĆ[1], MARKO VASILJEVIĆ[2], GORDAN STOJIĆ[3], ILIJA TANACKOV[4]

INTEGRISANI FAZI MODEL ZA REŠAVANJE LOKACIJSKOG PROBLEMA

INTEGRATED FUZZY MODEL FOR SOLVING LOCATION PROBLEM

Datum prijema rada: 6.7.2016. god.
UDK: 658.72:78:510.64

REZIME

Rezime – Lokacijski problemi danas predstavljaju široko polje interesovanja, stoga metode koje doprinose njihovom rešavanju našle su svakodnevnu primenu. Cilj rada je stvaranje modela koji podrazumeva integraciju Fuzzy Analitičko Hijerarhijskog Procesa (FAHP) i ARAS metode, pomoću kojeg se obavlja rangiranje tri potencijalne lokacije za izgradnju logističkog centra na teritoriji Republike Srpske. Izbor lokacije logističkog centra zasniva se na integrisanim odlukama koje predstavljaju veoma bitnu stavku pri izboru najpovoljnije lokacije. Rangiranje se obavlja na osnovu šest kvalitativnih i kvantitativnih kriterijuma koji se međusobno porede na osnovu fuzzy trougaonih brojeva (TFN) i primenom Čengove proširene analize dobijaju se vrednosti značaja svakog kriterijuma koji umnogome utiču na konačan rang alternativa.

Ključne reči: višekriterijumska analiza, fazi AHP, ARAS, logistički centar, lokacija

SUMMARY

Problems related to locations nowadays represent the wide field of interest, so methods contributing to their solving are already in day-to-day use. The aim of this paper is to create the model that mean the integration of fuzzy AHP and ARAS methods which enables us to estimate and valuate three potential locations for logistics center construction in the territory of Republic of Srpska. The choice of the logistics center location is based on an integrated decisions and risk methodology for the selection of the best locations. Valuating is done on the base of six qualitative and quantitative criteria compared between each other based on fuzzy triangular numbers (TFN) and by applying Chang's extent analysis, what gives us high valued values for each criteria, that greatly influence final rank of alternatives. The choice of the logistics center location is based on an integrated decisions and risk methodology for the selection of the best locations.

Key words:, multi-criteria analysis, fuzzy AHP, ARAS, logistics center, location

1. UVOD

Danas u poslovanju bilo kog sistema logistika je itekako prisutna i logistički troškovi imaju znatan udeo u ukupnim troškovima poslovanja. Stoga racionalizacijom logističkih sistema, aktivnosti i procesa omogućava se smanjenje troškova, povećanje kvaliteta i smanjenje vremena trajanja isporuke robe ili vremena trajanja neke od logističkih operacija i sl. što u suštini predstavlja logistički trougao. Zadovoljenje i ispunjenje ovih zahteva može se postići razvojem i izgradnjom logističkih centara na povoljnim lokacijama koje su podobne i sa aspekta saobraćajne povezanosti i sa aspekta korisnika. Formiranjem logističkog centra vrši se konsolidacija robnih tokova, a funkcionisanje logističkog sistema bez toga je danas neshvatljivo, neprihvatljivo i potpuno neracionalno, posebno ako se uzme u obzir količina robnih tokova koja se uvozi iz raznih zemalja Evrope i sveta. Način racionalizacije troškova jeste

1 Željko Stević, dipl. inž. saob, Univerzitet u Istočnom Sarajevu - Saobraćajni fakultet Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj, zeljkostevic88@yahoo.com
2 Prof. dr Marko Vasiljević, dipl. inž. saob, Univerzitet u Istočnom Sarajevu - Saobraćajni fakultet Doboj, Vojvode Mišića 52, Doboj, drmarkovasiljevic@gmail.com
3 Prof. dr Gordan Stojić, dipl. inž. saob, Univerzitet u Novom Sadu - Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, gordan.stojic@gmail.com
4 Prof. dr Ilija Tanackov, dipl. inž. saob, Univerzitet u Novom Sadu - Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, ilijat@uns.ac.rs

kontejnerizovanje robe i primena intermodalnog transporta, a opet to zahteva postojanje logističkog centra sa svim pratećim podsistemima.

Posmatrajući logistiku Republike Srpske i logistiku okruženja ili samo zemalja sa kojima se naša država graniči, nemoguće je ne primetiti veliki zaostatak u razvoju logističke mreže, deficit logističkih kompanija, nepostojanje logističkih centara, veliki deo neracionalnog obima transporta i sl. Sve je to posledica nedovoljne logistike, odnosno nedostatak infrastrukture. Na primer Srbija uveliko radi na izgradnji logistiĉkih centara, odnosno stvaranju mreže logističkih centara, što i jeste poenta same logistike. Primeri su logistički centri Batajnica, Apatin, Šabac i sl. Takođe, Hrvatska je dobar primer razumevanja neophodnosti postojanja logističkog/ih centra/ara i pokušaju praćenja evropskih trendova, primer logistički centar u Zagrebu. Stoga poseban akcenat se stavlja na teritoriju Republike Srpske kao područje koje ne poseduje logistički centar, a koje ima povoljan geografski položaj tj. povoljne predispozicije za izgradnju modernog logističkog centra koji bi umnogome koristio celokupnoj privredi. Zahtevi za transportom se modifikuju vremenom, tako da kada su u pitanju robni tokovi i isporuke trend je da su iste sve manje, a frenkventnije tj. sve manje količine robe se prevozi u jednom dostavnom transportnom sredstvu, a sve češće. To je još jedan od razloga za postojanjem odnosno izgradnjom logistiĉkog centra koji bi izvršio konsolidaciju robnih tokova i tako racionalizovao transport.

Razvoj lokacijske teorije u literaturi se uglavnom vezuje za agronomiju i geografiju, pa se kao začetnici ove oblasti najčešće navode nemački agroekonomista Johann Thunen, [1] odnosno Alfred Weber [2] koji razmatra industrijsku proizvodnju. Tako se Thunenu pripisuje prva od lokacijskih teorija bazirana na razmatranju troškova i rastojanja, gde se za pogone poljoprivredne proizvodnje kaže da se u odnosu na tržište prodaje moraju locirati tako da minimiziraju transportne troškove. Weber prepoznaje značaj sirovina u odvijanju proizvodnih procesa i u tome uticaj lokacije. Ipak, posmatrano sa aspekta matematičke formulacije, smatra se da je čuveni Ferma početkom XVII veka započeo razmatranje lokacijskih problema ukazujući na sledeći problem „Za zadate tri tačke u ravni pronaći četvrtu, tako da zbir rastojanja između četvrte tačke i zadate tri, bude minimalan". Detaljnije o lokacijskim problemima u [3].

Do sada, brojne metode višekriterijumske analize se primenjuju u istraživanju pri izboru najpogodnije lokacije logističkog centra. U [4] je korišćen fazi klaster analiza za utvrđivanje lokacije LC-a. Li i dr. u [5] su primenili *axiomatic fuzzy* set i metodologiju Topsis metode da reše lokacijski problem logističkog centra. Fazi AHP i Topsis u [6] je korišćen za proučavanje evaluacije o izboru lokacije logističkog centra. Erkaiman [7] uz pomoć fazi Topsis pristupa razvio je model za izbor LC lokacije. U [8] se primenjuje faza ARAS za određivanje najbolje lokacije logističkog centra.

2. POSTAVKA PROBLEMA I METODOLOGIJA

Izbor lokacije logističkog centra zasniva se na integrisanim odlukama koje predstavljaju veoma bitnu stavku pri izboru najpovoljnije lokacije. Proces integracija podrazumeva opšte korake kao što je navedeno u nastavku:

- Početni korak formira skup rasporeda i prihvatljivih prostornih alternativa.
- Korak 1 definiše set kriterijuma za donošenje odluka.
- Korak 2 identifikuje početne težine relevantnih kriterijuma koristeći FAHP metodu kao jednu od tehnika za višekriterijumsko odlučivanje (Multi Criteria Decision Making (MCDM)).
- Korak 4 obrazuje rang listu alternativa, koristeći ARAS metodu
- Završni korak bira najpogodniju alternativu.

2.1. Lokacijske alternative logističkih centara

Definisanje više lokacijskih alternativa logističkih centara je neophodno da bi se sagledale različite tehničko-tehnološke strane problema i obavilo njihovo poređenje. Alternative su prvo definisane na značajnim čvorištima saobraćajnih i robnih tokova (makro i mikro nivo). Dakle, inicijalno je formiran prihvatljivi skup lokacijskih alternativa da bi se izabrala optimalna alternativa u sledećim koracima. Za bolje poređenje dozvoljenih alternativa neophodno je definisati i kvantifikovati prostorne, saobraćajne i geografske parametre i kriterijume.

2.2. Relevantni kriterijumi i njihove težinske vrednosti

Postoji veliki broj kriterijuma koji se može proučavati u vezi izbora ili rangiranja alternativa. U cilju definisanja relevantnih kriterijuma ustanovljene su hijerarhijske strukture, definisanjem grupnih kriterijuma na visokom nivou i kriterijumima na nižem nivou. Hijerarhijska struktura kriterijuma korišćenih u ovom radu za izbor lokacije logističkog centra sastoji od tri grupna kriterijuma i šest kriterijuma (Tabela 1). Kriterijumi su izabrani u skladu sa standardima definisanja skupa kriterijuma koji se koriste pri rešavanju ovakvih problema.

Tabela 1. Hijerarhijska struktura relevantnih kriterijuma

Grupni kriterijumi	Nivo kriterijuma	Tip
Prostorni	raspoloživa površina	Numerički
	cena zemljišta	
Geografski	geografski položaj	Lingvistički
	makro-mikro nivo lokacije	
Saobraćajni	pripadnost vidu transporta	Numerički
	pristupačnost prilaza transportnih sredstava	Lingvistički

Jedna od glavnih i najvažnijih karakteristika više-kriterijumskog odlučivanja je da kriterijumi ne mogu imati jednaku važnost. Da bi se izbegao subjektivitet u procesu određivanja relativnih težina kriterijuma standardizacija je, za potrebe ovog rada, izvršena ekspertskom procenom koja se koristi za identifikaciju početne težine relevantnih kriterijuma.

Istraživanje je obuhvatilo saobraćajne, građevinske inženjere i prostorne planere. Dva pristupa su korišćena u ovom procesu: Eksperti za oblast i svi stručnjaci za sve oblasti. Slučaj Ekspert za oblast je jednostavniji jer stručnjaci procenjuju kriterijume iz svojih stručnih oblasti. Drugi model je složeniji jer je grupa eksperata heterogena . Ovde se utvrđivanje vrednosti kriterijuma vrši uzimajući u obzir interese sukobljenih, a to bliže odgovara realnim uslovima. Određivanje relativne težine kriterijuma je veoma važno za konačne rezultate procesa.

3. METODE

3.1. Klasična AHP metoda

Tvorac analitičko hijerarhijskog procesa je Tomas Saaty [9] i prema istom autoru AHP je teorija merenja kroz poređenje parova i oslanja se na mišljenje stručnjaka za izvođenje prioritetnih skala. Sa AHP metodom, prema istom autoru [9], moguće je izvršiti identifikaciju relevantnih činjenica i povezanosti koje postoje među njima. Ova metoda se sastoji iz dekompozicije problema, gde se cilj nalazi na vrhu, zatim kriterijumi i podkriterijumi i na kraju hijerarhije su potencijalna rešenja.

Definisana su četiri aksioma na kojima se AHP zasniva: Aksiom recipročnosti. Ako je element A n puta značajniji od elementa B, tada je element B 1/n puta značajniji od elementa A. Aksiom homogenosti. Poređenje ima smisla jedino ako su elementi uporedivi npr. ne može se porediti težina komarca i težina slona. Aksiom zavisnosti. Dozvoljava se poređenje među grupom elemenata jednog nivoa u odnosu na element višeg nivoa, tj. poređenja na nižem nivou zavise od elementa višeg nivoa. Aksiom očekivanja. Svaka promena u strukturi hijerarhije zahteva ponovno računanje prioriteta u novoj hijerarhiji.

Neki ključni i osnovni koraci u metodologiji AHP prema [10] su: definisati problem, proširiti problem uzimajući u obzir sve aktere, cilj i ishod, identifikacija kriterijuma koji utiču na ishod, struktuirati problem u već objašnjenu hijerarhiju, porediti svaki element sa svakim na odgovarajućem nivou, pri čemu je ukupno potrebno nx(n-1)/2 poređenja, proračunati maksimalnu vrednost sopstvenog vektora, indeks konzistentnosti i stepen konzistentnosti.

AHP na određen način rešava problem subjektivnog uticaja donosioca odluke tako što meri stepen konzistentnosti (CR) i o tome obaveštava donosioca odluka.

Ukoliko je stepen konzistentnosti u opsegu do 0,10 rezultati se smatraju se validnim, neki autori uzimaju čak i veći stepen konzistentnosti kao validan što naravno nije preporučljivo. U zavisnosti od veličine matrica preporučuje se vrednost ovog koeficijenta, pa se u [11, 12] može naći da je maksimalni dozvoljeni stepen konzistentnosti za matrice 3x3 0,05, za matrice 4x4 0,08, a za veće matrice 0,1. Ukoliko izračunati CR nije zadovoljavajuće vrednosti, potrebno je ponovo izvršiti poređenje da bi isti bio u željenom opsegu.

3.2. Fazi AHP metoda

Teoriju fazi skupova prvi je predstavio Zadeh, [13], čijom primenom je omogućeno donosiocima odluka da na efikasan način izađu na kraj sa neizvesnostima. Fazi skupovi generalno koriste trouglaste, trapezoidne i Gausove fazi brojeve, koji konvertuju neizvesne brojeve u fazi brojeve. Fazi skup je prema [14] klasa objekata okarakterisana funkcijom pripadnosti, u kome se svakom objektu dodeljuje stepen pripadnosti na intervalu (0,1). Trouglasti fazi brojevi (TFN) koji se u ovom radu i koriste se označavaju kao (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}). Parametri (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) predstavljaju najmanju moguću vrednost, najperspektivniju vrednost i najveću moguću vrednost koja opisuje neki fazi događaj, respektivno.

Trouglasti fazi brojevi se takođe dosta primenjuju u sledećim okolnostima [15]:

- kada postoji veća kompleksnost izračunavanja kao posledica složenosti funkcija,
- kada se pojednostavljuju fazi matematičke operacije usled korišćenja trouglastih fazi brojeva;
- kada se teže definišu funkcije pripadnosti kao posledica složenosti fazi brojeva;
- kada trouglasti fazi brojevi efikasno reprezentuju procene koje su donete od strane većeg broja donosilaca odluka.

Operacioni zakoni dva trougaona fazi broja $\check{A}_1 = (l_1,m_1,u_1)$ i $\check{A}_2 = (l_2,m_2,u_2)$ definisani su na sledeći način [16]:

Sabiranje fazi brojeva:

$$\check{A}_1+\check{A}_2 = (l_1,m_1,u_1)+(l_2,m_2,u_2) = (l_1+l_2,m_1+m_2,u_1+u_2) \quad (1)$$

Množenje:

$$\check{A}_1 x \check{A}_2=(l_1,m_1,u_1)x(l_2,m_2,u_2) = (l_1 l_2,m_1 m_2,u_1 u_2)$$
$$\text{za } l_1 l_2>0;\ m_1 m_2>0;\ u_1 u_2>0 \quad (2)$$

Oduzimanje:

$$\check{A}_1-\check{A}_2 = (l_1,m_1,u_1)-(l_2,m_2,u_2) = (l_1-u_2,m_1-m_2,u_1-l_2) \quad (3)$$

Deljenje:

$$\frac{\check{A}_1}{\check{A}_2} = \frac{(l_1,m_1,u_1)}{(l_2,m_2,u_2)} = \left(\frac{l_1}{u_2},\frac{m_1}{m_2},\frac{u_1}{l_2}\right) \text{ za } l_1 l_2>0;$$
$$m_1 m_2>0;\ u_1 u_2>0 \quad (4)$$

Recipročna vrednost fazi broja:

$$\check{A}^{-1}=(l_1,m_1,u_1)^{-1} = \left(\frac{1}{u_1},\frac{1}{m_1},\frac{1}{l_1}\right),$$
$$\text{za } l_1 l_2>0;\ m_1 m_2>0;\ u_1 u_2>0 \quad (5)$$

Chang-ova proširena analiza se široko primenjuje u različitim oblastima za donošenje odluka. Kao jedan od nedostataka ove proširene AHP analize smatra se prema [14], neuzimanje u obzir stepena konzistentnosti odnosno neračunanje njegove vrednosti, međutim postoje pristupi koji omogućavaju proračun konzistentosti ove metode.

Neka je X={x1, x2,...,xn} skup objekata, a U={u1, u2,...,um} skup ciljeva. Prema metodologiji proširene analize koju je postavio Čeng [17] za svaki uzeti objekat vrši se proširena analiza cilja uj. Vrednosti proširene analize m za svaki objekat mogu biti predstavljene na sledeći način:

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, M_{gi}^m, \quad i=1,2,\ldots n., \quad (6)$$

gde su $M_{g}^j,\ j = 1,2, \ldots m$, fazi trougaoni brojevi.

Chang-ova proširena analiza sadrži sledeće korake:

Korak 1: Vrednosti fazi proširenja za i-ti objekat date su jednačinom:

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^j \times \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^j\right]^{-1} \quad (7)$$

Da bi se dobilo izraz:

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^j\right]^{-1} \quad (8)$$

potrebno je izvšiti dodatne fuzzy operacije sa m vrednostima proširene analize, što je predstavljeno sledećim izrazima:

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^{m} l_j, \sum_{j=1}^{m} m_j, \sum_{j=1}^{m} u_j\right) \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^j = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i\right) \quad (10)$$

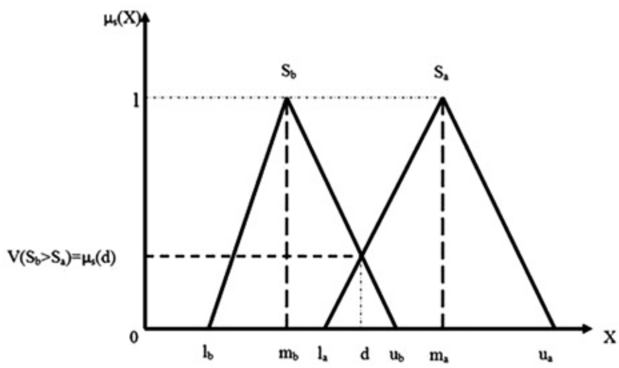
Zatim je potrebno izračunati inverzni vektor:

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^j\right]^{-1} = \left[\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right] \quad (11)$$

Korak 2: Stepen mogućnosti Sb>Sa je definisan:

$$V(S_b \geq S_a) = \begin{cases} 1, & ako\ je\ m_b \geq m_a \\ 0, & ako\ je\ \ l_a \geq u_b \\ \dfrac{l_a - u_b}{(m_b - u_b) - (m_a - l_a)}, & ostalo \end{cases} \quad (12)$$

gde je d ordinata najvećeg preseka u tački D između µsa i µsb kao što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Presek između Sa i Sb

Za poređenje S_1 i S_2, potrebne su obe vrednosti

$V(S_1 \geq S_2)$ i $V(S_2 \geq S_1)$.

Korak 3: Stepen mogućnosti da konveksni fuzzy broj bude veći od k konveksnog broja *Si (i =1,2,...,k)* može se definisati izrazom:

$$V(S_i \geq S_1, S_2,\ldots,S_k) = \min V(S_i \geq S_k), = w'(S_i) \quad (13)$$

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k),\ k \neq i,\ k=1,2,\ldots,n \quad (14)$$

Težinski vektor je dat sledećim izrazom:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2),\ldots, d'(A_n))^T, \quad (15)$$

Korak 4: Putem normalizacije, težinski vektor se svodi na izraz:

$$W = (d(A_1), d(A_2),\ldots,d(A_n))^T, \quad (16)$$

gde W ne predstavlja fazi broj.

3.3 ARAS metoda

ARAS (Additive Ratio Assessment) metoda je razvijena od strane grupe autora 2010. godine [18]. Iste godine je razvijen i fazi oblik ove metode [8].

Prema [18] prva faza ove metode je formiranje početne matrice odlučivanja. U diskretnoj optimizaciji u oblasti višekriterijumskog odlučivanja svaki problem se može predstaviti preko početne matrice odlučivanja, gde su preferencije za m alternativa (redovi) procenjeni na osnovu n kriterijuma (kolone):

$$X = \begin{bmatrix} x_{01} & \cdots & x_{0j} & \cdots & x_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}; i = \overline{0,m};\ j = \overline{1,n} \quad (17)$$

gde je m – broj alternativa, n – broj kriterijuma koji opisuju svaku alternativu, x_{ij} – vrednost koja predstavlja karakterističnu vrednost alternative u uslovima j kriterijuma, x_{0j} – optimalna vrednost j kriterijuma. Ako je optimalna vrednost kriterijuma nepoznata onda:

$$x_{0j} = \max_i x_{ij}, \text{ ako se } \max_i x_{ij}, \text{ preferira}$$

$$x_{0j} = \min_i x_{ij}^* \text{ ,ako se } \min_i x_{ij}^* \text{ ,preferira} \quad (18)$$

U drugoj fazi početne vrednosti za sve kriterijume su normalizovani – definisane vrednosti $\overline{x_{ij}}$ normalizovane matrice odlučivanja $\bar{X}$:

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \overline{x_{01}} & \cdots & \overline{x_{0j}} & \cdots & \overline{x_{0n}} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \overline{x_{i1}} & \cdots & \overline{x_{ij}} & \cdots & \overline{x_{in}} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \overline{x_{m1}} & \cdots & \overline{x_{mj}} & \cdots & \overline{x_{mn}} \end{bmatrix}; i = \overline{0,m};\ j = \overline{1,n} \quad (19)$$

Kriterijumi koji preferiraju maksimalne vrednosti su normalizovani na sledeći način:

$$\overline{x_{ij}} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^{m} x_{ij}} \quad (20)$$

Kriterijumi koji preferiraju minimalne vrednosti su normalizovani primenjujući dvofaznu proceduru:

$$x_{ij} = \frac{1}{x_{ij}^*};\ \overline{x_{ij}} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^{m} x_{ij}} \quad (21)$$

Treća faza u ovoj metodi je definisanje otežane normalizovane matrice – $\check{X}$. Moguće je vrednovati kriterijume sa težinama $0 < w_j < 1$. Samo dobro osnovane težine treba koristiti, jer težine su uvek subjektivne i utiču na rešenje. Vrednosti težine w_j se obično određuju metodom ekspertske procene. Zbir pondera w_j su ograničene kao što sledi:

$$\sum_{j=1}^{n} w_j = 1 \quad (22)$$

$$X = \begin{bmatrix} \widehat{x_{01}} & \cdots & \widehat{x_{0j}} & \cdots & \widehat{x_{0n}} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \widehat{x_{i1}} & \cdots & \widehat{x_{ij}} & \cdots & \widehat{x_{in}} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \widehat{x_{m1}} & \cdots & \widehat{x_{mj}} & \cdots & \widehat{x_{mn}} \end{bmatrix}; i = \widehat{0,m};\ j = \widehat{1,n} \quad (23)$$

Vrednosti otežane normalizovane matrice za sve kriterijume se računaju na sledeći način:

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} w_j;\ i = \overline{0,m}, \quad (24)$$

gde je w_j težina (značaj) za j kriterijum i $\overline{x_{ij}}$ je normalizovana procena za j kriterijum. Sledeći zadatak je utvrđivanje funkcije optimalnosti i to na sledeći način:

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} \hat{x}_{ij};\ i = \overline{0,m}, \quad (25)$$

gde je S_i vrednost optimalne funkcije za i alternative.

Najveća vrednost je najbolja, dok najmanja predstavlja najlošije rešenje. Uzimajući u obzir celokupni proces proračuna, funkcija optimalnosti Si ima direktnu i proporcionalnu vezu sa vrednostima xij i težinama wj istraživanih kriterijuma i njihovog relativnog uticaja na konačan rezultat. Stoga veća vrednost optimalnosti funkcije Si je efikasnija alternativa. Prioriteti alternativa mogu se odrediti upravo prema vrednosti Si. Zbog toga je pogodno da se izvrši vrednovanje i rangiranje alternativa kada se koristi ova metoda.

Stepen korisnosti alternativa se računa poređenjem varijanti koje su analizirane sa idealnom koja se označava S0. Jednačina koja se koristi za proračun stepen korisnosti za alternative data je u nastavku.

$$K_i = \frac{S_i}{S_o};\ i = \overline{0,m}, \quad (26)$$

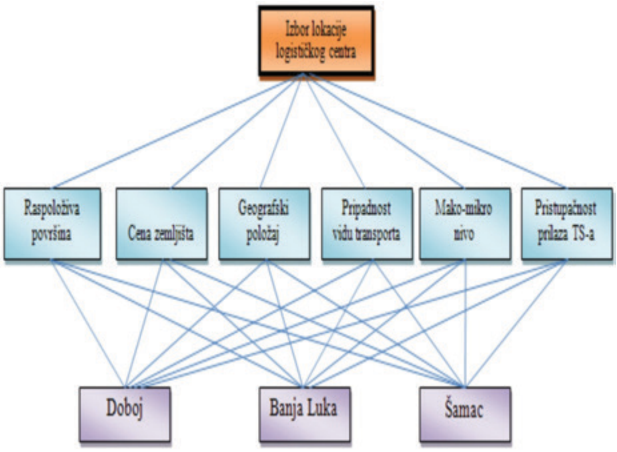
gde su S_i i S_0 vrednosti kriterijuma i optimalna vrednost kriterijuma respektivno, proračunate na osnovu jednačine (25).

Jasno je, da se proračunate vrednosti K_i kreću u interval [0, 1] i mogu se poredati prema rastućem nizu, što je željeni red prioriteta.

4. PRAKTIČAN PRIMER

Danas je veoma bitno sučeljavanje vidova transporta tj. mesta na kojima će dolaziti do konverzije jednog vida transporta u drugi. Zbog toga se u svetu ali i u okruženju, logistički centri grade uz luke kako bi jednostavno mogli koristiti i rečni transport. Upravo iz toga razloga u radu se posmatra i potencijalna lokacija luke Šamac koja predstavlja neiskorišćeni resurs, jer transport putem reke Save nije iskorišćen ni približno u meri njenih potencijala. Pored ove lokacije u radu se razmatraju još dve lokacije: Banja Luka kao glavni grad republike i lokacija Doboj kao pogodno drumsko-železničko čvorište. Definisani kriterijumi su naravno zajednički za sve tri lokacije kako bi se moglo izvršiti njihovo poređenje. Hijerarhijska postavka za dati lokacijski problem prikazana je na slici 2.

Hakon opisane metodologije za donošenje odluke primenom proširene AHP metode tj. fazi AHP da bi se dobili neophodni rezultati potrebno je izvršiti poređenje kriterijuma na bazi fazi trougaonih brojeva (*TFN*), što je prikazano u tabeli 3. Poređenje je izvršeno na osnovu skale prikazane u tabeli 2 definisane u [17].



Slika 2. Hijerarhijska postavka za dati lokacijski problem

Tabela 2. Trougaona fazi skala

Lingvistička skala	Trougaona fazi skala	Trougaona fazi recipročna skala
Samo jednako	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Jednak značaj	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
Malo važnije	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
Strogo važnije	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Veoma strogo važnije	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)
Apsolutno važnije	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)

Nakon poređenja kriterijuma međusobno, proračunate su njihove težinske vrednosti, što je prikazano u nastavku. Upravo te vrednosti igraju veoma važnu ulogu u budućoj implementaciji ARAS metode, jer se na osnovu njihovog značaja dobija rangiranje alternativa.

Tabela 3. Poređenja kriterijuma na bazi fazi trougaonih brojeva

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)
K2	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)
K3	(2/3,1,2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)
K4	(2/3,1,2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)
K5	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)
K6	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	(1,1,1)

Da bi se odredilo fazi proširenje kombinacija za svaki kriterijum, prvo je potrebno proračunati $\sum_{j=1}^{n} M_{gi}^{j}$ vrednosti za svaki red matrice.

C_1 = (1+1+1/2+1/2+1+3/2; 1+3/2+1+1+3/2+2; 1+2+3/2+3/2+2+5/2) = (5.5; 8; 10.5) itd.

$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} M_{gi}^{j}$ vrednosti su izračunate na sledeći način:

(5.5; 8; 10.5) + (4.333; 5.667; 8.5) + (4.667; 6.5; 9) + (4.667; 6.5; 9) + (4.333; 5.667; 8.5) + (3.533; 4.833; 7.667) = (27.033; 37.167; 53.167)

Onda, $S_i = \sum_{j=1}^{n} M_{gi}^{j} \times \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1}$:

S_1 = (5.5; 8; 10.5) x (1/53.167; 1/37.167; 1/27.033) = (0.103; 0.215; 0.388) itd.

Sada, vrednosti V (određivanje prioriteta) se izračunava pomoću sledećih vektora.

$V(S_1 \geq S_2) = 1$ $\quad V(S_1 \geq S_3) = 1$ $\quad V(S_1 \geq S_4) = 1$

$V(S_1 \geq S_5) = 1$ $\quad V(S_1 \geq S_6) = 1$

$$V(S_2 \geq S_1) = \frac{0.103 - 0.314}{(0.152 - 0.314) - (0.215 - 0.103)} = 0.770$$

$$V(S_2 \geq S_3) = \frac{0.088 - 0.314}{(0.152 - 0.314) - (0.175 - 0.088)} = 0.907$$

$$V(S_2 \geq S_4) = \frac{0.088 - 0.314}{(0.152 - 0.314) - (0.175 - 0.088)} = 0.907$$

$V(S_2 \geq S_5) = 1$ $\quad V(S_2 \geq S_6) = 1$ itd.

Težine prioriteta su izračunate:

d' = (C1) min (1; 1; 1; 1; 1) = 1

d' = (C2) min (0.770; 0.907; 0.907; 1; 1) = 0.770

d' = (C3) min (0.852; 1; 1; 1; 1) = 0.852

d' = (C4) min (0.852; 1; 1; 1; 1) = 0.852

d' = (C5) min (0.770; 0.907; 0.907; 1; 1) = 0.770

d' = (C6) min (0.680; 0.902; 0.813; 0.813; 0.902) = 0.680

Primenjujući jednačinu (15) dobijaju se težinske vrednosti, a iz jednačine (16) dobijaju se normalizovane težinske vrednosti kriterijuma:

W' = (1; 0.770; 0.852; 0.852; 0.770; 0.680)

W = (0.20; 0.16; 0.17; 0.17; 0.16; 0.14)

Nakon izvršenog proračuna jasno je da prvi kriterijum raspoloživa površina u datom primeru ima najveći prioritet i predstavlja najznačajniji kriterijum za vrednovanje potencijalnih lokacija.

Za procenu i rangiranje potencijalnih lokacija koristi se ARAS metoda, pa u tabeli 4 je prikazana početna matrica za donošenje odluka sa optimalnim vrednostima koje su dobijene na osnovu primene jednačine (18). U tabeli 5 su predstavljene normalizovane vrednosti dobijene primenom jednačina (20) i (21) u zavisnosti od orijentacije kriterijuma. Nakon proračuna normalizovanih vrednosti da bi se izračunala otežana normalizovana matrica potrebno je vrednosti iz tabele 5 pomnožiti sa težinama kriterijuma koje su dobijene primenom fazi AHP metode, što je prikazano u tabeli 6. Primenjujući jednačine (25) i (26) dobija se funkcija optimalnosti odnosno stepen korisnosti na osnovu kojih se vrši rangiranje što je prikazano u tabeli 7.

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
A_0	40	1	9	3	9	8
A_1	10	1	9	2	9	8
A_2	6	6	6	2	4	5
A_3	40	4	4	3	5	4
Optimization direction	max	min	max	max	max	max

Tabela 4. Početna matrica odlučivanja

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
A_0	0.417	0.414	0.321	0.300	0.333	0.320
A_1	0.104	0.414	0.321	0.200	0.333	0.320
A_2	0.063	0.069	0.214	0.200	0.148	0.200
A_3	0.417	0.103	0.143	0.300	0.185	0.160
w	0.20	0.16	0.17	0.17	0.16	0.14

Tabela 5. Normalizovana matrica

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
A_0	0.083	0.066	0.055	0.051	0.053	0.045
A_1	0.021	0.066	0.055	0.034	0.053	0.045
A_2	0.013	0.011	0.036	0.034	0.024	0.028
A_3	0.083	0.016	0.024	0.051	0.030	0.022

Tabela 6. Otežana normalizovana matrica

	S	K	Rang
A_0	0.353	1	
A_1	0.274	0.776	1
A_2	0.146	0.414	3
A_3	0.226	0.640	2

Tabela 7. Rezultati i rangiranje lokacija

U tabeli 7 su prikazani rezultati koji su dobijeni primenom dvofaznog pristupa višekriterijumske analize i prema istim najprihvatljivije rešenje prema definisanim kriterijumima i njihovim značajem je lokacija jedan.

Kada je u pitanju prvi kriterijum, odnosno raspoloživa površina logističkog centra onda najbolje vrednosti ima alternativa tri tj. lokacija Šamac, jer poseduje površinu od oko 40 ha, dok alternativa dva poseduje oko 6 ha odnosno alternativa jedan oko 10 ha.

Pri poređenju alternative u odnosu na drugi kriterijum tj. cenu zemljišta, najpovoljnija je lokacija jedan, zatim sledi lokacija tri i na kraju lokacija dva. Takav redosled rezultata posledica je i položaja samih lokacija, odnosno lokacija dva (Banja Luka) kao prestonica Republike Srpske naravno ima najveću cenu zemljišta što je posledica nešto većeg standarda nego u ostalim delovima entiteta. Kada je u pitanju lokacija tri cena zemljišta je skuplja za nijansu u odnosu na cenu zemljišta lokacije jedan, prvenstveno iz razlog, a jer je to zemljište uz reku Savu.

Kada je u pitanju i treći kriterijum alternativa jedan ima najbolji rezultat, a to je pre svega posledica ukrštanja saobraćajnica, što drumskih, to i železničkih.

Pripadnost vidu transporta predstavlja četvrti kriterijum datog lokacijskog problema i alternativa tri ima daleko najveći vektor prioriteta po ovom kriterijumu, jer radi se o lokaciji Luka Šamac koja ima pripadnost na tri vida transporta: drumski, železnički i rečni, dok preostale dve lokacije imaju pripadnost drumskom i železničkom transportu.

U odnosu na peti kriterijum lokacija jedan ima najveći vektor prioriteta, jer se u suštini radi o lokaciji koja ima takav geografski položaj da može sa velikim uspehom opsluživati kako mikro tako i makro okruženje.

5. ZAKLJUČAK

Železnica i drum Republike Srpske i BiH povezuju značajnije gradove i privredne kapacitete BiH i sučeljavaju se na severu sa dve rečne luke na Savi (Šamac i Brčko), na zapadu sa lukama Rijeka i Kopar i na jugu sa lukom (Ploče) na Jadranskom moru, ali nemaju logističkih centara kao generatora racionalnih tokova roba. Kroz ovaj rad je upravo cilj staviti akcenat na mogućnosti izgradnje logističkog centra i povoljnosti pojedinih lokacija za njihovu izgradnju.

Postojeći obim rada u intermodalnom režimu na Železnicama Republike Srpske je neznatan zbog zaostajanja razvoja logističkih centara, odnosno pretovarnih i skladišnih kapaciteta koji omogućavaju jeftino i brzo upravljanje tovarnim jedinicama.

Poboljšanja koja nastaju izgradnjom logistićkog centra su mnogobrojna i smanjuje se niz negativnih uticaja koji se pojavljuju u gradu. Smanjuje se broj teretnih dostavnih vozila koji ulaze u grad, samim tim smanjuje se buka, vibracije, emisija štetnih gasova, zakrčenje ulične mreže, duži je životni vek infrastrukture u gradu, manje se oštećuje asfaltna podloga i još niz raznih prednosti. Ostarivanjem ovih navedenih ušteda dolazi i do uštede samog novca, jer lokalne vlasti izdvajaju svaki određeni period određena novčana sredstva za održavanje gradske infrastrukture. Taj period održavanja bi se znatno produžio, odnosno ređe bi se izdvajala sredstva za to smanjenjem broja teretnih dostavnih vozila u gradu. Kompromisno rešenje je subvencija gradskih vlasti za izgradnju logističkog centra, što bi predstavljalo jedan vid finansija. Naravno potrebne su velike investicije, međutim postoji i određeni broj inostranih logističkih kompanija koje polako ulaze na transportno tržište Republike Srpske i one predstavljaju potencijalne investitore.

Buduća istraživanja vezana za ovaj rad mogu se odnositi na veći broj kriterijuma koji će se razmatrati i veći broj lokacija, gde bi poželjno bilo stvaranje mreže logističkih centara.

ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju svim osobama koje su doprinele svojim komentarima da ovaj rad dobije svoj konačan oblik.

LITERATURA

[1] Thunen J. H.: *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Land-wirtschaft und Nationalokonomie*, Berlin Schumacher-Zarchlin, 1875.

[2] Weber, A.: *Uber den Standort der Industrien*, University of Chicago, 1929.

[3] Vidović, M., Miljuš, *M. Lokacijski problemi-značaj, vrste i načini rešavanja*, Vojnotehnički glasnik, Vol. 52, No. 5, pp. 445-457, 2004.

[4] Ren, Yong-chang, Tao Xing, Qiang Quan, and Guo-qiang Zhao. "*Fuzzy cluster analysis of regional city multi-level logistics distribution center location plan*." In Quantitative Logic and Soft Computing 2010, pp. 499-508, Springer Berlin Heidelberg, 2010.

[5] Li, Ye, Xiaodong Liu, and Yan Chen. "*Selection of logistics center location using Axiomatic Fuzzy Set and TOPSIS methodology in logistics management.*" Expert Systems with Applications Vol. 38, No. 6, pp. 7901–7908, 2011.

[6] Wang, Shengyuan, and Peide Liu. "T*he evaluation study on location selection of logistics center based on fuzzy AHP and TOPSIS.*" In 2007 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, pp. 3779-3782. IEEE, 2007.

[7] Erkayman, Burak, et al. "*A fuzzy TOPSIS approach for logistics center location selection.*" Journal of Business Case Studies (JBCS) Vol. 7, No. 3, pp. 49-54, 2011.

[8] Turskis, Zenonas, and Edmundas Kazimieras Zavadskas. "*A new fuzzy additive ratio assessment method (ARAS-F). Case study: The analysis of fuzzy multiple criteria in order to select the logistic centers location.*" Transport Vol. 25, No. 4, pp. 423-432, 2010.

[9] Saaty, T. L. "*The Analytic Hierarchy Process*", Mc Graw-Hill, NewYork 1980.

[10] Vaidya, O. S. & Kumar S. "*Analytic hierarchy process: An overview of applications.*" European Journal of operational research Vol. 169, No. 1, pp. 1-29, 2006.

[11] Lee, A. HI, Chen W.C., Ching-J. C. "*A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan.*" Expert systems with applications Vol. 34, No. 1, pp. 96-107, 2008.

[12] Anagnostopoulos, K. P., Gratziou M., Vavatsikos A. P.. "*Using the fuzzy analytic hierarchy process for selecting wastewater facilities at prefecture level.*" European Water Vol. 19, No. 20, pp. 15-24, 2007.

[13] Zadeh, L.A., *Fuzzy sets.* Information and Control, Vol. 8, No. 3, pp. 338-353, 1965.

[14] Xu, Z., & Liao, H., *Intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process.* Fuzzy Systems, IEEE Transactions on, Vol. 22, No. 4, pp. 749-761, 2014.

[15] Mentes, A. & Helvacioglu, I.H. *Fuzzy decision support system for spread mooring system selection.* Expert systems with application, Vol. 39, No.3, pp. 3283-3297, 2012.

[16] A. Kaufmann, M.M. Gupta, *Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Applications*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1985.

[17] Chang, D. Y. *Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP*. European journal of operational research, Vol. 95, 3, pp. 649-655, 1996.

[18] Zavadskas, E. K. & Turskis Z. "*A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making.*" Technological and Economic Development of Economy Vol. 16, No. 2. pp. 159-172. 2010.