

Primljen / Received: 14.12.2016.

Ispravljen / Corrected: 29.6.2017.

Prihvaćen / Accepted: 4.8.2017.

Dostupno online / Available online: 10.12.2018.

Rangiranje idejnih lokacija za Park&Ride parkirališta pomoću EDAS metode

Autori:



Mr.sc. **Andrius Barauskas**, dipl.ing.građ.
Tehničko sveučilište Vilnius Gediminas, Litva
Prometni fakultet
andrius.barauskas@vgtu.lt



Prof.emer. **Konstantinas Jakovlevas-Mateckis**, dia
Tehničko sveučilište Vilnius Gediminas, Litva
Prometni fakultet
konstantinas.jakovlevas-mateckis@vgtu.lt



Izv.prof.dr.sc. **Vytautas Palevičius**, dipl.ing.građ.
Tehničko sveučilište Vilnius Gediminas, Litva
Prometni fakultet
vytautas.palevicius@vgtu.lt



Prof.dr.sc. **Jurgita Antucevičienė**, dipl.ing.građ.
Tehničko sveučilište Vilnius Gediminas, Litva
Fakultet za graditeljstvo i upravljanje
jurgita.antuceviciene@vgtu.lt

Prethodno priopćenje

Andrius Barauskas, Konstantinas Jakovlevas-Mateckis, Vytautas Palevičius, Jurgita Antucevičienė

Rangiranje idejnih lokacija za Park&Ride parkirališta pomoću EDAS metode

Prilikom planiranja lokacije za Park&Ride (skraćeno P&R) parkirališta treba istovremeno uzeti u obzir ekonomske, društvene, urbane, okolišne i druge čimbenike. Kako bi se navedena zadaća pojednostavnila, odabrane su tri idejne lokacije za P&R parkirališta u blizini zapadne obilaznice grada Vilnusa (Litva). Cilj je ovog rada odrediti ključne kriterije koji unapređuju uspješno funkcioniranje osobnog i javnog prijevoza te rangirati navedene idejne lokacije primjenom višekriterijske metode odlučivanja EDAS (engl. Evaluation based on Distance from Average Solution).

Ključne riječi:

gradska obilaznica, Park&Ride parkiralište, višekriterijsko odlučivanje, EDAS

Preliminary note

Andrius Barauskas, Konstantinas Jakovlevas-Mateckis, Vytautas Palevičius, Jurgita Antucevičienė

Ranking conceptual locations for a park-and-ride parking lot using EDAS method

The decision regarding the location of a Park-and-Ride (P&R) parking lot must be taken by simultaneously considering economic, social, urban, environmental, and other factors. This task is simplified by selection of three conceptual locations for P&R parking lots near the Vilnius western bypass. The aim of the paper is to identify key criteria that promote successful functioning of the private and public transport systems, and to rank these conceptual locations using the Evaluation based on Distance from Average Solution (EDAS) multiple-criteria decision-making method.

Key words:

city bypass, Park-and-Ride (P&R) parking lot, multiple-criteria decision, EDAS

Vorherige Mitteilung

Andrius Barauskas, Konstantinas Jakovlevas-Mateckis, Vytautas Palevičius, Jurgita Antucevičienė

Anordnung der Design-Standorte für Park&Ride Parkplätze mithilfe der EDAS-Methode

Bei der Planung des Standorts für Park&Ride-Parkplätze (kurz P&R) sollten gleichzeitig die wirtschaftlichen, sozialen, urbanen, ökologischen und andere Faktoren berücksichtigt werden. Um die genannte Aufgabe zu vereinfachen, wurden drei Design-Standorte für P&R-Parkplätze in der Nähe der westlichen Umgehung der Stadt Vilnius (Litauen) ausgesucht. Das Ziel dieser Abhandlung ist es, Schlüsselkriterien festzulegen, welche das erfolgreiche Funktionieren von Personen- und öffentlichen Verkehrsmitteln verbessern, wie auch um die erwähnten Design-Standorte durch Anwendung der Multi-Kriterien-Entscheidungsmethode EDAS (engl. Evaluation based on Distance from Average Solution) zu ordnen.

Schlüsselwörter:

Stadtumgehung, Park&Ride-Parkplätze, Multi-Kriterien-Entscheidung, EDAS

1. Uvod

U proteklom desetljeću znatno je porasla svijest o održivom prijevozu. S obzirom na to da su prometne gužve jedan od najvećih problema u velikim i srednje velikim gradovima [1], različiti načini masovnog prijevoza, a osobito Park&Ride sustav (skraćeno P&R), postali su traženi u smislu održivih rješenja za prijevoz. Park&Ride objekti nude mogućnost dolaska u središte grada javnim prijevozom (autobus, tramvaj ili podzemna željeznica). To je zapravo novi oblik prijevoza koji potiče vozače osobnih automobila da koriste javni prijevoz. P&R sustav jednostavno je objasniti: vozači koriste svoje osobne automobile od početne točke do Park&Ride objekta, tamo parkiraju, prelaze u javni prijevoz i voze se do svojeg krajnjeg odredišta. Takav sustav omogućuje korisnicima da izbjegnu prometne gužve u prenapučenim dijelovima grada, te da osobne automobile koriste samo u dijelovima grada s najmanjom gustoćom prometa, čime štede vrijeme i novac. Osim toga, gradovi postaju manje onečišćeni jer se češće koristi javni prijevoz. Na temelju rezultata istraživanja provedenog u 25 europskih gradova, nizozemski znanstvenici potvrdili su da primjena P&R rješenja smanjuje prometne gužve i onečišćenje zraka [2].

Određivanje lokacije Park&Ride objekata složen je zadatak koji uključuje različite čimbenike, kao što su karakteristike P&R objekata, razina usluge javnog prijevoza, očekivana potražnja i tržišni potencijal, utjecaj na okolno područje, prometna politika (cestarine, ograničena površina za osobne automobile itd.) te koristi i troškove za korisnike. Također, urbana područja imaju ograničen broj lokacija.

U ovom istraživanju primijenjen je stručni Kendallov model ocjenjivanja za odabir najvažnijih kriterija koji određuju Park&Ride lokaciju u blizini gradskih obilaznica, te višekriterijsko odlučivanje za prijedlog rangiranja potencijalnih lokacija za P&R parkiralište.

2. Pregled literature

Mnogi autori proučavali su metode odlučivanja za odabir Park&Ride lokacija te su utvrdili nekoliko mogućih pristupa. Horner i Grubesić [3] predlažu primjenu geografskog informacijskog sustava (engl. *Geographic Information System - GIS*), Faghri i suradnici [4] predlažu stručni sustav, Abdul Hamid i suradnici [5] koriste analizu potražnje, a Fahren i Murray [6] preporučuju primjenu formulacija optimizacije. Nadalje, Holguín-Veras i suradnici [7] primjenjuju maksimalizaciju potencijalne potražnje, Khakbaz i suradnici [8], Horner i Groves [9] ističu maksimalizaciju protoka, a Wang i suradnici [10] usredotočeni su na maksimalizaciju profita i minimalizaciju troškova. Međutim, jedan od najvažnijih zadataka pri određivanju P&R lokacija jest pronaći najracionalniji način za maksimalno povećanje potencijalnih koristi P&R sustava [11-13].

Park&Ride sustav pripada modelu odabira, a odnosi se na jedan od najsloženijih procesa donošenja odluka što se tiče

modeliranja potražnje, te ovisi o karakteristikama vozača, putovanja i svojstvima konkurentnih modela [14].

Postoji znatan broj smjernica za P&R lokacije, koje su definirane na temelju studija slučaja, ali njihovi su prijedlozi zbunjujući ili nedosljedni. Stoga i ne čudi činjenica da se većina Park&Ride objekata ne nalazi na odgovarajućim lokacijama [2].

Također, sve metode za odabir lokacija vode prema potencijalno velikom broju alternativnih lokacija. Budući da je u većini slučajeva ulaganje javnog sektora u P&R objekte relativno ograničeno, bolje je primjenjivati praktična pravila pri odabiru lokacija. Pokazalo se da je stručna metoda najprikladnija jer je relativno brza i pouzdana u odnosu na neke druge metode. Farhan i Murray [6] ističu tri važne stavke: pristupačnost korisnicima, utjecaj postojećih objekata i blizinu glavnih prometnica. Na temelju kriterija lokacije, Mingardo [15] razlikuje tri kategorije P&R objekata:

- Udaljeni P&R objekt, kojemu je cilj preusmjeriti vozače na javni prijevoz na početku njihove vožnje, te se obično nalazi u prigradskim područjima u blizini domova korisnika.
- Periferni P&R objekt, kojemu je cilj preusmjeriti vozače na javni prijevoz neposredno prije njihova konačnog odredišta, a obično se nalaze na periferijama gradova. Ovaj model uobičajen je za Veliku Britaniju i SAD.
- Lokalni P&R objekt, kojemu je cilj preusmjeriti vozače na javni prijevoz tijekom njihova putovanja, te su oni obično smješteni uz glavne prometne rute.

Gradske obilaznice uobičajena su lokacija za Park&Ride objekte. Budući da su izvan grada te predstavljaju granicu između vrlo prometnih i manje prometnih prometnica, nalaze se na savršenoj lokaciji za preusmjeravanje vozača koji žele brzo i bez stresa ući u grad ili izaći iz njega.

Autori ovog istraživanja uzeli su u obzir najvažnije kriterije za određivanje lokacije P&R parkirališta u blizini gradskih obilaznica. U ovom je istraživanju skupina stručnjaka ocijenila sve kriterije, a rezultati su obrađeni i primijenjeni u višekriterijskom odlučivanju.

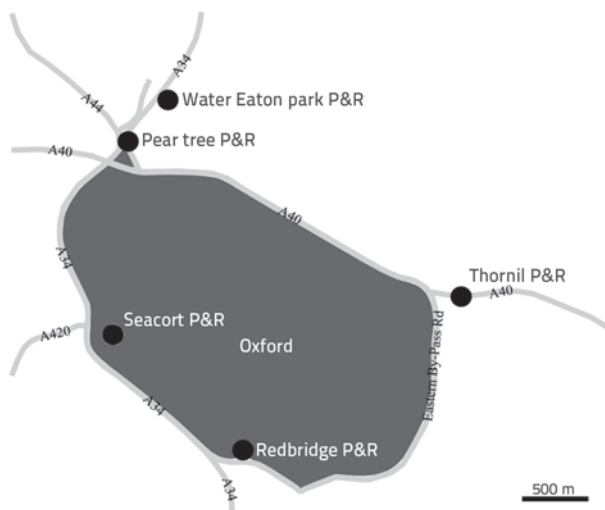
3. Pregled inozemne prakse

Velika Britanija je primjer dobre prakse, gdje se Park&Ride sustav koristi već više od pola stoljeća, a još uvijek se otvaraju nova P&R parkirališta. P&R rješenje tamo je prvi put primijenjeno prije otprilike 50 godina u malim povijesnim gradovima. Tada je znatno porastao broj P&R rješenja, a danas postoji više od 130 P&R objekata u više od 60 gradova diljem Velike Britanije. Sva P&R parkirališta imaju slične karakteristike, odnosno grade ih lokalne samouprave i smatraju se dijelom strategije razvoja javnog prijevoza. Zatim, izgrađena su u krugu od 4 km od gradskog središta, blizu glavnih pristupnih prometnica. Parkirališta su projektirana na način da privuku vozače ugodnom okolinom i sadržajima, poput čekaonica. Visokokvalitetni autobusi prometuju u čestim razmacima, uglavnom svakih 8 do 15 minuta u periodu najgušćeg prometa. Kako bi se smanjilo vrijeme putovanja linije imaju samo jednu do dvije stanice [16].

Velika Britanija počela je eksperimentirati s P&R parkiralištima još u 1960-ima. Većinu shema za P&R parkirališta trebalo je prilagođavati. Takva su se parkirališta pokazala uspješnima uglavnom u povijesnim gradovima poput Batha, Chestera, Shrewsburya i Oxforda, koji su zbog svojih karakteristika imali ograničene mogućnosti za uspjeh i razvoj pristupnih prometnica i parkirališta u gradskim središtima [17]. Parkirališta su se uglavnom nalazila na periferijama gradova, te pripadaju Mingardovoj drugoj kategoriji P&R lokacija.

U Oxfordu postoji šest P&R objekata: četiri su smještena oko obilaznice, jedan je smješten blizu gradskog središta, a najudaljeniji je smješten daleko od obilaznice, blizu naselja Bicester Shopping Village, te on nije uključen u ovo istraživanje koje obuhvaća P&R objekte u blizini obilaznica. Lokacije ostalih P&R parkirališta prikazane su na slici 1.

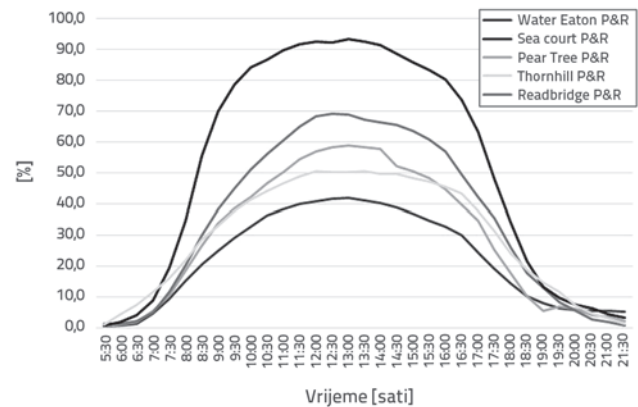
P&R objekt Thornhill nalazi se u blizini prometnica A40 i M40, istočno od Oxforda, udaljen otprilike 15 minuta od gradskog središta Oxforda. P&R objekt RedBridge nalazi se na jugu, blizu prometnice A34, udaljen desetak minuta od središta grada. P&R objekt Seacourt nalazi se u blizini prometnice A420 koja vodi od Swindona do Batha, zapadno od Oxforda na prometnici Botley Road. P&R objekt Pear Tree nalazi se na sjeveru Oxforda, povezan je pristupnim prometnicama A40, A4260, A34 i M40, te je 12 minuta udaljen od gradskog središta. P&R objekt Water Eaton također je na sjeveru Oxforda, ima pristup s prometnicama A40, A34 i A4260, te je 12 minuta udaljen od grada. P&R objekti pružaju redovit prijevoz autobusom do središta grada, a neki od njih imaju i autobusne linije prema bolnicama.



Slika 1. Lokacije Park&Ride objekata u Oxfordu

Internetska stranica gradskog vijeća Oxfordshirea [18] prikazuje zauzetost P&R parkirališta u Oxfordu u realnom vremenu.

Na temelju tih informacija prikupljeni su podaci za izradu dijagrama dnevne upotrebe P&R parkirališta radnim danima. Popunjenost P&R parkirališta zabilježena je 7. lipnja 2016. u razdoblju od 5:30 h do 21:30 h, a podaci su prikazani na slici 2.



Slika 2. Prosječna popunjenost parkirališta tijekom radnih dana

Najuspješnije P&R parkiralište je Sea Court, sa stopom popunjenosti kapaciteta od 93 %. Više je čimbenika pomoću kojih se može objasniti navedeni dobar rezultat, od kojih je jedan činjenica da P&R parkirališta koja se nalaze unutar gradskog prstena obično postižu bolje rezultate od drugih jer predstavljaju prijelomne točke isplativosti. Na tim prijelomnim točkama, osobni automobili gube prednosti u odnosu na javni prijevoz, jer se smanjuje brzina putovanja u usporedbi s brzinom javnog prijevoza, a osim toga postoji i problem manjka parkirnih mjesta. Istraživanjem je utvrđeno da P&R parkirališta smještena u blizini gradskih prstenova ili obilaznica sigurno postižu dobre rezultate što se tiče popunjenosti kapaciteta.

4. Procjena razvoja Park&Ride parkirališta u blizini gradske obilaznice: metoda višekriterijskog odlučivanja

Metoda višekriterijskog odlučivanja primjenjuje se za složene radnje. Takve metode korisne su kad je potrebno kombinirati objektivne informacije sa subjektivnim preferencijama, te kada je uključeno više donositelja odluka.

Metode procjene dijele se na kvantitativne i kvalitativne. Kvantitativne metode analize zahtijevaju veliku količinu pouzdanih podataka koje je, u većini slučajeva, teško ili gotovo nemoguće prikupiti zbog različitih razloga. Kvalitativna analiza temelji se na stručnoj procjeni. U Vilniusu je zahtjevno prikupiti velike količine podataka, a i broj mogućih rješenja je ograničen. U tom slučaju najbolje je primijeniti višekriterijsku metodu.

Višekriterijski problemi mogu se riješiti primjenom različitih pojedinačnih metoda odlučivanja, bilo da se radi o "izrazitim" (*crisp*) ili "neizrazitim" (*fuzzy*) vrijednostima [19-21], kao i kombinacijom nekoliko metoda [22] ili hibridnih metoda [23]. Jedna od najčešće korištenih metoda za složeno odlučivanje je analitički hijerarhijski proces (engl. *Analytic Hierarchy Process - AHP*). Tu su metodu u istraživanju o planiranju Park&Ride objekata koristili Lanović i Krasić [24]. U ovom istraživanju autori primjenjuju novu metodu, koju su u svom radu predstavili Keshavarz Ghorabae i suradnici 2015. godine, pod nazivom "Procjena na temelju udaljenosti od prosječnog rješenja" (engl.

Evaluation based on Distance from Average Solution - EDAS [25]. EDAS metoda koristi prosječno rješenje za procjenu alternativnih rješenja, s obzirom na pozitivnu udaljenost od prosjeka i negativnu udaljenost od prosjeka. Ova metoda vrlo je korisna kad se u obzir trebaju uzeti konfliktni kriteriji. Kao što su zaključili autori [25], metoda EDAS je stabilna kad se ponderiraju različiti kriteriji, te je konzistentna s drugim metodama. Nadalje, prednosti metode su i jednostavnost i brz izračun, posebice utoliko što te prednosti ne utječu na točnost izračuna. Koraci za primjenu metode su sljedeći [25]:

KORAK 1: Izrada matrice za odlučivanje (X). Primjenom metode ocjenjuje se matrica za odlučivanje X , koja se odnosi na n mogućnosti i m kriterija:

$$X = [X_{ij}]_{n \times m} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

gdje je X_{ij} učinkovitost i -te alternative s obzirom na j -ti kriterij.

KORAK 2: Određivanje prosječnog rješenja na temelju svih kriterija:

$$AV = [AV_j]_{1 \times m} \quad (2)$$

gdje je

$$AV_j = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij}}{n} \quad (3)$$

KORAK 3: Izračun pozitivne udaljenosti od prosjeka (eng. *Positive distance from the average* - PDA) i negativne udaljenosti od prosjeka (eng. *Negative distance from the average* - NDA):

$$PDA = [PDA_{ij}]_{n \times m} \quad (4)$$

$$NDA = [NDA_{ij}]_{n \times m} \quad (5)$$

Ako je j -ti kriterij koristan:

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, (X_{ij} - AV_j))}{AV_j} \quad (6)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - X_{ij}))}{AV_j} \quad (7)$$

Ako j -ti kriterij nije koristan:

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - X_{ij}))}{AV_j} \quad (8)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (X_{ij} - AV_j))}{AV_j} \quad (9)$$

KORAK 4: Određivanje ponderiranog iznosa PDA i NDA:

$$SP_i = \sum_{j=1}^m w_j PDA_{ij} \quad (10)$$

$$SN_i = \sum_{j=1}^m w_j NDA_{ij} \quad (11)$$

gdje je w_j ponderacija j -tog kriterija.

KORAK 5: Normalizacija SP i SN:

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max_i(SP_i)} \quad (12)$$

$$NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{\max_i(SN_i)} \quad (13)$$

KORAK 6: Izračun ocjenjivanja (AS):

$$AS_i = \frac{1}{2}(NSP_i + NSN_i) \quad (14)$$

gdje je $0 \leq AS_i \leq 1$.

Tablica 1. Kriteriji za uspješno funkcioniranje javnog i privatnog prijevoza u blizini gradske obilaznice

Kriterij	Opis kriterija
x_1	Cijena P&R parkirališta (zgrade, parkiralište, infrastruktura itd.) uklj. cijenu zemljišta
x_2	Učestalost javnog prijevoza na P&R parkiralištu
x_3	Gustoća prometa na obilaznici u blizini P&R parkirališta
x_4	Udaljenost P&R parkirališta od središta grada
x_5	Ukupna cijena korištenja P&R parkirališta u kombinaciji s javnim prijevozom
x_6	Privatna ulaganja u P&R parkirališta (trgovački centri, sadržaji itd.)
x_7	Promocija javnih ustanova za uporabu P&R parkirališta tijekom međugradskih putovanja
x_8	Prednosti korištenja javnog prijevoza u odnosu na osobne automobile (brže, ugodnije, nema potrebe za traženjem slobodnih parkirnih mjesta itd.)
x_9	Informacijski sustav na P&R parkiralištu (broj slobodnih mjesta, raspored javnog prijevoza, ostale informacije).
x_{10}	Slobodna parkirališna mjesta u središtu grada

KORAK 7: Rangiranje mogućih rješenja silazno prema vrijednosti ocjenjivanja (*engl. appraisal score - AS*).

Alternativno rješenje s najvišom ocjenom je najbolji izbor. Radnje potrebne za primjenu višekriterijske metode odlučivanja EDAS dovršene su u sljedećem poglavlju, a rezultati ocjenjivanja prikazani su u zadnjem odlomku.

5. Višekriterijsko ocjenjivanje

5.1. Kriteriji uzorkovanja za odabir lokacije P&R parkirališta u blizini gradskih obilaznica

U prvoj fazi određeno je nekoliko ključnih kriterija za određivanje lokacije P&R parkirališta u blizini gradskih obilaznica. U obzir su uzeti razni kriteriji, kao što su ekonomičnost, prostorno planiranje, društveni, okolišni i drugi aspekti. Konačnu listu kriterija izradila je skupina od tri stručnjaka u suradnji sa zainteresiranom javnošću i nadležnim tijelima. Kriteriji su prikazani u tablici 1. Od navedenih deset kriterija, šest je kvantitativno (x_{1-5} , x_{10}), a preostala četiri su kvalitativni (x_{6-9}). Kvalitativni kriteriji procijenjeni su primjenom Likertove ljestvice (tablica 2.). Detaljne informacije o kriterijima:

- x_1 : cijena zemljišta (EUR/1000 m²) i troškovi izgradnje (EUR/1000 m²) [u tisućama eura], prosječne cijene 2016. godine, uzete u obzir za idejne lokacije P&R parkirališta
- x_2 : broj linija javnog prijevoza u blizini P&R parkirališta tijekom vršnog sata (broj linija/ vršni sat)
- x_3 : gustoća prometa na obilaznici uz P&R parkirališta (u ovom trenutku neki dijelovi zapadne obilaznice oko Vilniusa nisu dovršeni, pa su primijenjeni modelirani podaci o gustoći prometa) (vozilo/vršni sat)
- x_4 : udaljenost od gradskog središta (centralna pošta) do P&R parkirališta [km]
- x_5 : ukupna cijena uporabe P&R parkirališta u kombinaciji s javnim prijevozom [EUR], pod pretpostavkom da je cijena parkiranja automobila na P&R parkiralištu 2 EUR za 11 sati, a karta za javni prijevoz 1 EUR.

U prvom i drugom idejnom rješenju P&R parkirališta se smatraju besplatnima, te se plaća samo karta za javni prijevoz. U trećem idejnom rješenju parkiranje se naplaćuje 2 EUR, a karta za javni prijevoz 1 EUR (ova cjenovna politika obrnuto je proporcionalna cijeni svakog idejnog rješenja P&R parkirališta, uključujući cijenu zemljišta).

- x_6 : potencijalna privatna ulaganja u P&R parkirališta (trgovački centri, sadržaji itd.), razine atraktivnosti prema Generalnom urbanističkom planu grada Vilniusa [1 - vrlo neatraktivno, 2 - neatraktivno, 3 - neutralno, 4 - atraktivno, 5 - vrlo atraktivno];
- x_7 : promocija javnih ustanova za uporabu P&R parkirališta tijekom međugradskih putovanja iz najvećih litavskih gradova

na temelju glavne i najkraće rute [1 – vrlo slaba, 2 – slaba, 3 – srednja, 4 – jaka, 5 – vrlo jaka], uz pretpostavku da će idejna P&R parkirališta locirana u blizini glavnih prometnica koje povezuju veće litavske gradove biti atraktivnija korisnicima koji dolaze iz drugih većih gradova (treće idejno rješenje P&R parkirališta je atraktivnije jer se nalazi u blizini prometnica koje povezuju velike gradove u Litvi, kao što su: Klaipėda, Kaunas i Vilnius; prvo idejno rješenje je manje atraktivno od trećeg jer povezuje Šiauliai, Panevėžys i Vilnius; dok drugo idejno rješenje ne povezuje veće gradove, stoga se ne smatra atraktivnim)

- x_8 : prednosti javnog prijevoza u odnosu na osobne automobile (brži, ugodniji, nema potrebe za traženjem slobodnog parkirališnog mjesta itd.) [1 – vrlo slabe, 2 – slabe, 3 – srednje, 4 – jake, 5 – vrlo jake], pod pretpostavkom da se najbolji rezultati postižu na najbržim glavnim linijama javnog prijevoza – prvo i drugo idejno rješenje za lokaciju P&R parkirališta smješteno je na najbržim glavnim linijama javnog prijevoza, a treće idejno rješenje na liniji prosječne brzine prometa
- x_9 : informacijski sustav P&R parkirališta, te atraktivnost lokacije iz perspektive vidljivosti s obilaznice i/ili glavne ceste [1 - vrlo neatraktivno, 2 - neatraktivno, 3 - neutralno, 4 - atraktivno, 5 - vrlo atraktivno]
- x_{10} : slobodna parkirna mjesta na putu prema središtu grada [broj], uz pretpostavku da će nedostatak tih slobodnih mjesta navesti korisnike da koriste P&R parkirališta.

Tablica 2. Likertova ljestvica

Ljestvica	Kriterij	
	x_7	x_8, x_9, x_9
1	Vrlo slabo	Vrlo neatraktivno
2	Slabo	Neatraktivno
3	Srednje	Neutralno
4	Jako	Atraktivno
5	Vrlo jako	Vrlo atraktivno

5.2. Određivanje značajnosti kriterija za odabir lokacije P&R parkirališta u blizini gradske obilaznice

Konačnih deset kriterija predstavljeno je stručnoj skupini koja je imala 21 stručnjaka, od kojih je šest iz Slovenije, a ostali su iz Litve. Skupina uključuje znanstvenike i specijaliste: građevinske inženjere, inženjere prometa, inženjere energetike i okoliša. Stručnjaci su odabrani na temelju radnog iskustva (najmanje deset godina), funkcije na radnom mjestu (srednja i viša funkcija) i razine obrazovanja (minimalno VSS). Ti su stručnjaci osmislili niz metoda za ocjenjivanje. Metoda rangiranja kriterija, koju je predložio Kendall [26], jedna je od najpopularnijih. Rangiranje je postupak u kojem stručnjak najvažniji kriterij stavlja na prvo

mjesto (rang) i daje mu ocjenu 1, drugi kriterij prema značajnosti dobiva ocjenu 2, treći ocjenu 3 itd. Ta metoda je vrlo jednostavna i lako primjenjiva u praktičnim izračunima [27].

Prema Kendallu, koeficijent konkordancije povezan je s rangiranjem svih ispitanika ili stručnjaka za kriterije u odnosu na:

$$R_j = \sum_{i=1}^n R_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (15)$$

a prosjek kriterija za \bar{R}_j dobiven je dijeljenjem zbroja svih ocjena prema broju kriterija, izraz (16):

$$\bar{R}_j = \frac{R_j}{m} \quad (16)$$

gdje je R_{ij} -ti stručnjak za ocjenu j -tog kriterija, n -broj stručnjaka ($i = 1, 2, \dots, n$), m – broj kriterija ($j = 1, 2, \dots, m$).

Relativna značajnost kriterija izračunana je kako slijedi, izraz (17):

$$w_j = \frac{\bar{R}_j}{\sum_{j=1}^m \bar{R}_j} \quad (17)$$

Koeficijent konkordancije W izračunan je prema izrazu (18):

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)} \quad (18)$$

Zbroj kvadrata R_j odstupanja od ukupnog prosjeka \bar{R}_j vrijednosti S definiran je izrazom (19):

$$S = \sum_{i=1}^m (R_j - \bar{R}_j)^2 \quad (19)$$

Značajnost koeficijenta konkordancije i kompatibilnost skupine kriterija stručnim ocjenjivanjem određeni su pomoću χ^2 :

$$\chi^2 = \frac{12S}{nm(m+1)} \quad (20)$$

Kriterij	Opis kriterija
x_1	Cijena PA&R parkirališta uklj. cijenu zemljišta
x_2	Učestalost javnog prijevoza na P&R parkiralištu
x_3	Gustoća prometa na obilaznici u blizini P&R parkirališta
x_4	Udaljenost P&R parkirališta od središta grada
x_5	Ukupna cijena korištenja P&R parkirališta u kombinaciji s javnim prijevozom
x_6	Privatna ulaganja u P&R parkirališta
x_7	Promocija javnih ustanova za uporabu P&R parkirališta tijekom međugradskih putovanja
x_8	Prednosti korištenja javnog prijevoza u odnosu na osobne automobile
x_9	Informacijski sustav na P&R parkiralištu
x_{10}	Slobodna parkirališna mjesta u središtu grada

Slika 3. Značajnost kriterija za razvoj P&R parkirališta u blizini gradskih obilaznica

Minimalna vrijednost koeficijenta konkordancije W_{min} izračunana je primjenom izraza (21):

$$W_{min} = \frac{\chi_{v,\alpha}^2}{n(m-1)} \quad (21)$$

gdje je $\chi_{v,\alpha}^2$ kritična Pearsonova statistička vrijednost, koja je dana u tablici [26], uzimajući u obzir stupanj slobode $v = m - 1$ i razinu značajnosti α .

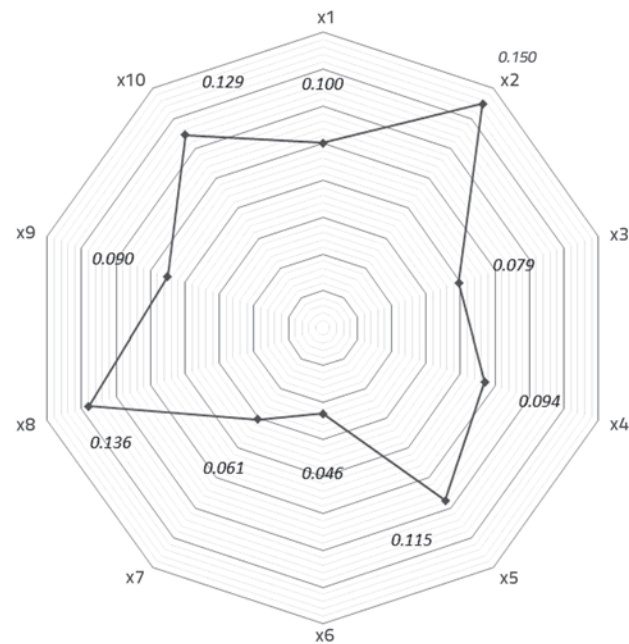
Izračunani koeficijent konkordancije iznosi $W=0,404$. Na temelju izraza [20], izračunana vrijednost $\chi^2 = 90,81$ prelazi kritičnu vrijednost $\chi_{v,\alpha}^2$ s razinom značajnosti $\alpha = 0,05$. Rezultati dobiveni izračunom dokazuju da su procjene stručnjaka bile pouzdane.

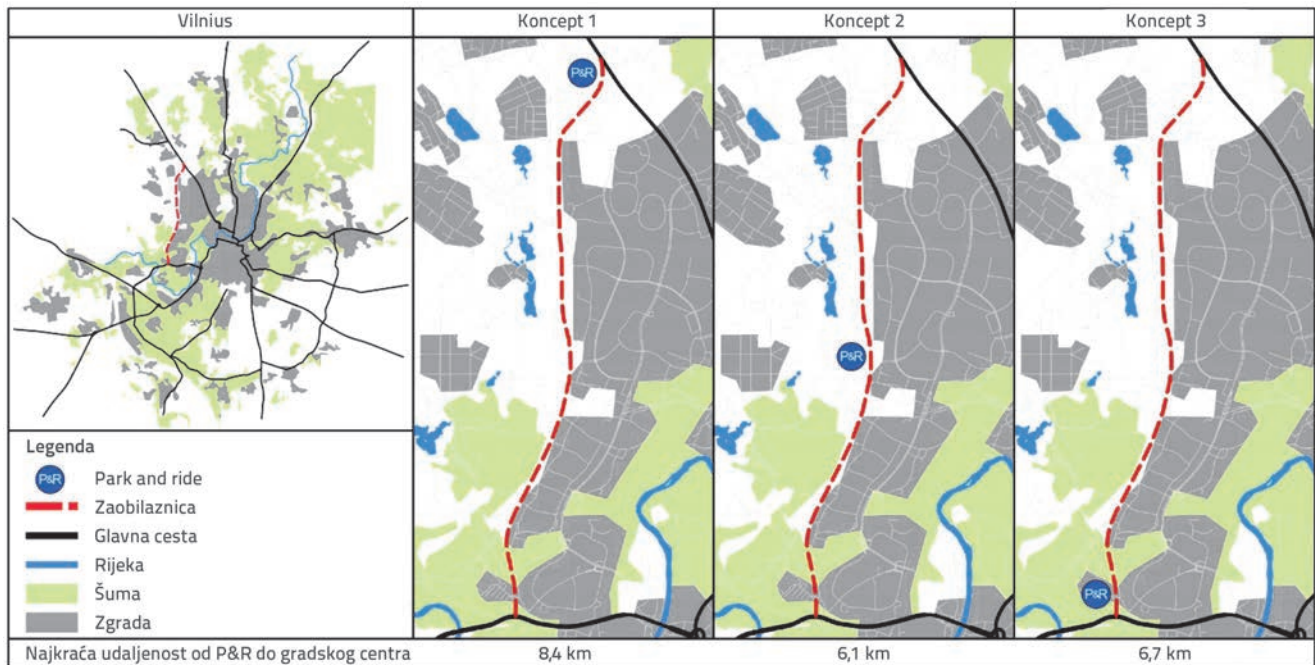
Analiza stručnog istraživanja pokazala je da je prvi kriterij (kriterij od najveće značajnosti) "učestalost javnog prijevoza na P&R parkiralištu" (0,150). Drugi kriterij je "prednosti javnog prijevoza u odnosu na osobne automobile (brži, ugodniji, nema potrebe za traženjem slobodnog parkirnog mjesta itd.)" (0,136), a treći "slobodna parkirališna mjesta u središtu grada" (0,129).

Kriterij od najmanje značajnosti je "privatna ulaganja u P&R parkirališta (trgovački centri, sadržaji itd.)" (0,046) i "promocija javnih ustanova za upotrebu P&R parkirališta tijekom međugradskih putovanja" (0,061). Ponderiranje svih kriterija prikazano je na slici 3.

5.3. Moguća rješenja i kriteriji za rješavanje problema P&R lokacija u blizini gradskih obilaznica

Odabrana su četiri moguća idejna rješenja za lokaciju P&R parkirališta u blizini zapadne obilaznice Vilniusa (slika 4.). Prva idejna lokacija nalazi se uz glavnu cestu A2 (ulica Ukmergės) i na kraju zapadne obilaznice. Druga idejna lokacija je križanje avenije Pilaitės i zapadne obilaznice, a treća je križanje ulice Oslo





Slika 4. Idejne lokacije za P&R parkirališta u blizini zapadne obilaznice Vilnusa

Tablica 3. Kriteriji usporedbe mogućih rješenja za P&R parkiralište

Kriterij	MJ	Optimum	Moguća rješenja za P&R parkirališta u blizini gradskih obilaznica			
			Idejno rješenje 1 – α_1	Idejno rješenje 2 – α_2	Idejno rješenje 3 – α_3	
x_1	Cijena P&R parkirališta (zgrade, parkiralište, infrastruktura itd.) uklj. cijenu zemljišta	tisuće EUR	min	2175	2399	3351
x_2	Učestalost javnog prijevoza na P&R parkiralištu	broj ruta/vršni sat	max	14	9	8
x_3	Gustoća prometa na obilaznici u blizini P&R parkirališta	vozilo/vršni sat	max	1200	2250	2200
x_4	Udaljenost P&R parkirališta od središta grada	km	min	8,4	6,1	6,7
x_5	Ukupna cijena korištenja P&R parkirališta u kombinaciji s javnim prijevozom	EUR	min	1	1	3
x_6	Privatna ulaganja u P&R parkiralište (trgovački centri, sadržaji itd.)	bodovi	max	2	3	3
x_7	Promocija javnih ustanova za uporabu P&R parkirališta tijekom međugradskih putovanja	bodovi	max	4	1	5
x_8	Prednosti korištenja javnog prijevoza u odnosu na osobne automobile (brže, ugodnije, nema potrebe za traženjem parkirališta itd.)	bodovi	max	5	5	3
x_9	Informacijski sustav na P&R parkiralištu (broj slobodnih mjesta, raspored javnog prijevoza, ostale informacije)	bodovi	max	5	5	5
x_{10}	Slobodna parkirališna mjesta u središtu grada	broj	min	1648	200	50

i početka zapadne obilaznice. Te su lokacije uzete u obzir kao najprikladnije za P&R parkirališta u blizini gradskih obilaznica. Kriteriji su ocijenjeni primjenom kvantitativnih (x_1 , x_2 , x_3 , x_4 ,

x_5 , x_{10}) i kvalitativnih (x_6 , x_7 , x_8 , x_9) mjera. Kvalitativne mjere ocijenjene su primjenom Likertove ljestvice s pet razina. Kriteriji i vrijednosti prikazani su u tablici 3.

Tablica 4. Rezultati metode EDAS (prvi dio)

	AV	PDA α_1	PDA α_2	PDA α_3	NDA α_1	NDA α_2	NDA α_3	w	SP α_1	SP α_2	SP α_3	SN α_1	SN α_2	SN α_3
x_1	2641,667	0,177	0,092	0,000	0,000	0,000	0,269	0,100	0,018	0,009	0,000	0,000	0,000	0,027
x_2	10,333	0,355	0,000	0,000	0,000	0,129	0,226	0,150	0,053	0,000	0,000	0,000	0,019	0,034
x_3	1883,333	0,000	0,195	0,168	0,363	0,000	0,000	0,079	0,000	0,015	0,013	0,029	0,000	0,000
x_4	7,067	0,000	0,137	0,052	0,189	0,000	0,000	0,094	0,000	0,013	0,005	0,018	0,000	0,000
x_5	1,667	0,400	0,400	0,000	0,000	0,000	0,800	0,115	0,046	0,046	0,000	0,000	0,000	0,092
x_6	2,667	0,000	0,125	0,125	0,250	0,000	0,000	0,046	0,000	0,006	0,006	0,012	0,000	0,000
x_7	3,333	0,200	0,000	0,500	0,000	0,700	0,000	0,061	0,012	0,000	0,031	0,000	0,043	0,000
x_8	4,333	0,154	0,154	0,000	0,000	0,000	0,308	0,136	0,021	0,021	0,000	0,000	0,000	0,042
x_9	5,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
x_{10}	632,667	0,000	0,684	0,921	1,605	0,000	0,000	0,129	0,000	0,088	0,119	0,207	0,000	0,000

Tablica 5. Rezultati metode EDAS (drugi dio)

Moguća rješenja za P&R parkiralište	SP	NSP	SN	NSN	AS	Rangiranje
α_1	0,150	0,756	0,265	0	0,378	3
α_2	0,198	1	0,062	0,766	0,883	1
α_3	0,173	0,873	0,195	0,266	0,569	2

5.4. Rezultati izračuna

Prema rezultatima izračuna dobivenim primjenom metode EDAS (izraz 1–14), idejna moguća rješenja za P&R parkirališta rangirana su kako slijedi: α_2 prvo mjesto, α_3 drugo mjesto, i α_1 treće mjesto (tablice 4. i 5.).

U ovoj studiji slučaja najbolje moguće rješenje je drugo rješenje (idejna lokacija P&R parkirališta na križanju avenije Pilaitės i zapadne obilaznice), a najmanje prikladno je prvo rješenje (idejna lokacija P&R parkirališta u blizini glavne ceste A2 (ulica Ukmergės) i na kraju zapadne obilaznice). Najbolje moguće rješenje je daleko ispred druge dvije idejne lokacije P&R parkirališta, jer su rezultati ocjenjivanja bili $0,833 > 0,569 > 0,378$.

6. Zaključak

Analiza stručne literature pokazala je da ima mnogo različitih pristupa određivanju najprikladnije lokacije P&R parkirališta, međutim većina njih može dovesti do potencijalno velikog broja mogućih lokacija. Za donošenje brze odluke o lokaciji P&R parkirališta mogu se primjenjivati praktična pravila, radni primjeri P&R parkirališta, iskustvo i znanje stručnjaka te višekriterijski pristup.

U ovom radu primijenjena je metoda višekriterijskog odlučivanja EDAS za ocjenjivanje problema vezanih uz lokaciju P&R parkirališta te su idejne lokacije P&R parkirališta rangirane prema prijedlozima stručnjaka. Rezultati su pokazali da je navedena metoda za razvoj P&R parkirališta jednostavna za primjenu, ne zahtijeva velike količine podataka koje je teško dobiti, te se može lako primijeniti i u drugim gradovima unatoč razlikama u veličini, širini, populaciji ili transportnim sustavima. Najvažnije

smjernice za primjenu ove metode uključuju uporabu praktičnih pravila za odabir lokacija P&R parkirališta, prikupljanje glavnih kriterija za navedene idejne lokacije te obradu svih podataka pomoću višekriterijskog pristupa.

Analiza stručnog istraživanja pokazala je da je najvažniji kriterij "učestalost javnog prijevoza na Park&Ride parkiralištu" (0,150). Drugi kriterij po značajnosti je "prednosti javnog prijevoza u odnosu na osobne automobile (brži, ugodniji, nema potrebe za traženjem slobodnog parkirališnog mjesta itd.)" (0,136), a treći je "slobodna parkirališna mjesta u središtu grada" (0,129). Kako bi bio atraktivan korisnicima, javni prijevoz mora nuditi bolju kvalitetu od prijevoza osobnim automobilom, a gradsko središte mora biti neatraktivno za osobne automobile. Navedeni glavni kriteriji moraju se uzeti u obzir prilikom razvijanja gradskog prijevoznog sustava, počevši od političke razine do inženjerskih rješenja, kako bi se povećala modalna raspodjela tranzitnog sustava.

U studiji slučaja, idejne lokacije/moguća rješenja za P&R parkiralište rangirana su kako slijedi (počevši od najprikladnijeg): drugo idejno rješenje (na križanju avenije Pilaitės i zapadne obilaznice), treće idejno rješenje (na križanju ulice Oslo i početka zapadne obilaznice), prvo idejno rješenje (pored glavne prometnice A2 (ulica Ukmergės) i na kraju zapadne obilaznice). Ocjene su bile sljedeće: 0,883 (drugo moguće rješenje), 0,569 (treće moguće rješenje) i 0,378 (prvo moguće rješenje). Velike razlike u ocjenama pokazuju da je višekriterijski pristup mnogo pouzdaniji od mišljenja stručnjaka koje je najprije ustanovljeno kako bi se izvršio odabir između jednako mogućih idejnih mogućih rješenja za P&R parkirališta u blizini gradske obilaznice. Ista metoda odlučivanja o lokaciji može se primijeniti za rješavanje drugih problema vezanih uz prostorno planiranje ili transportni sustav, a koji uključuju odlučivanje o lokaciji.

LITERATURA

- [1] OECD: Managing Urban Traffic Congestion, OECD Publications, Paris, 2007.
- [2] Dickens, I.S.J.: Park and ride facilities on light rail transit systems, *Transportation*, 18 (1991), pp. 23-36, <http://dx.doi.org/10.1007/bf00150557>
- [3] Horner, M., Grubestic, T.: A GIS-based planning approach to locating urban rail terminals, *Transportation*, 28 (2001), pp. 55-77, <http://dx.doi.org/10.1023/A:1005204010958>
- [4] Faghri, A., Lang, A., Hamad, K., Heck, H.: Integrated knowledge-based geographic information system for determining optimal location of park-and-ride facilities, *Journal of Urban Planning and Development*, 128 (2002), pp. 18-41, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9488\(2002\)128:1\(18\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9488(2002)128:1(18))
- [5] Abdul Hamid, N., Mohamad, J., Karim, M.R.: Parking duration of fringe Park-and-Ride users and delineation of stations catchment area: case of the Kuala Lumpur, *Journal of the Eastern Asia Society for Transport Studies*, 7 (2007), pp. 1296-1310, <http://doi.org/10.11175/easts.7.1296>
- [6] Farhan, B., Murray, A.: Siting Park-and-Ride facilities using a multi-objective spatial optimization model, *Computers & Operations Research*, 35 (2008), pp. 445-456, <https://doi.org/10.1016/j.cor.2006.03.009>
- [7] Holguín-Veras, J., Yushimito, W.F., Aros-Vera, F., Reilly, J.J.: User rationality and optimal park-and-ride location under potential demand maximization, *Transport Research Part B: Methodological*, 46 (2012), pp. 949-970, <http://dx.doi.org/10.1016/j.trb.2012.02.011>
- [8] Khakbaz, A., Nookabadi, A.S., Shetab-bushehri, S.N.: A Model for locating Park-and-Ride facilities on urban networks based on maximizing flow capture: a case study of Isfahan, Iran, *Networks Spatial Economics*, 13 (2013), pp. 43-66, <http://dx.doi.org/10.1007/s11067-012-9172-4>
- [9] Horner, M., Groves, S.: Network flow-based strategies for identifying rail park- and-ride facility locations, *Socio-Economic Planning Sciences*, 41 (2007), pp. 255-268, <https://doi.org/10.1016/j.seps.2006.04.001>
- [10] Wang, J., Yang, H., Lindsey, R.: Locating and pricing park-and-ride facilities in a linear monocentric city with deterministic mode choice, *Transportation Research Part B: Methodological*, 38 (2004), pp. 709-731, <https://doi.org/10.1016/j.trb.2003.10.002>
- [11] Clayton, W., Ben-Elia, E., Parkhurst, G., Ricci, M.: Where to park? A behavioural comparison of bus Park and Ride and city centre car park usage in Bath, UK, *Journal of Transport Geography*, 36 (2014), pp. 124-133, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.03.011>
- [12] Du, B., Wang, D.Z.W.: Continuum modeling of park-and-ride services considering travel time reliability and heterogeneous commuters – A linear complementarity system approach, *Transport Research Part E: Logistics and Transportation*, 71 (2014), pp. 58-81, <http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2014.08.008>
- [13] Liu, Z., Meng, Q.: Bus-based park-and-ride system: a stochastic model on multimodal network with congestion pricing schemes, *International Journal of Systems Science*, 7721 (2012), pp. 1-13, <http://dx.doi.org/10.1080/00207721.2012.743617>
- [14] Ortúzar, J.D., Willumsen, L.G.: *Modelling Transport*, Fourth edition, John Wiley and Sons, New York, 2011.
- [15] Mingardo, G.: Transport and environmental effects of rail-based Park and Ride: Evidence from the Netherlands, *Journal of Transport Geography*, 30 (2013), pp. 7-16, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.02.004>
- [16] Meek, S., Enoch, M., Ison, S.: Advancing the concept of car-bus interchange in the UK, 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC, paper 09-0609, 2009.
- [17] Meek, S., Ison, S., Enoch, M.: UK local authority attitudes to Park and Ride, *Journal of Transport Geography*, 18 (2010), pp. 372-381, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2009.09.005>
- [18] Oxfordshire county council. Park and ride car parks, <http://voyager.oxfordshire.gov.uk/Carpark.aspx>, 07.06.2016.
- [19] Mardani, A., Jusoh, A., Nor, K. M. D., Zakwan, N., Valipour, A.: Multiple criteria decision-making techniques and their applications – a review of the literature from 2000 to 2014, *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja*, 28 (2015), pp. 516-571, <http://dx.doi.org/10.1080/1331677X.2015.1075139>
- [20] Mardani, A., Jusoh, A., Zavadskas, E.K.: Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications – two decades review from 1994 to 2014, *Expert Systems with Applications*, 42 (2015), pp. 4126-4148, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2015.01.003>
- [21] Antucheviciene, J., Kala, Z., Marzouk, M., Vaidogas, E.R.: Solving civil engineering problems by means of fuzzy and stochastic MCDM methods: current state and future research, *Mathematical Problems in Engineering*, 2015, Article ID 362579, 16 pages, 2015., <http://dx.doi.org/10.1155/2015/362579>
- [22] Lazauskas, M., Kutut, V., Zavadskas, E.K.: Multicriteria assessment of unfinished construction projects, *Građevinar*, 67 (2015), pp. 319-328, <http://dx.doi.org/10.14256/JCE.1179.2014>
- [23] Zavadskas, E.K., Antucheviciene, J., Turskis, Z., Adeli, H.: Hybrid multiple-criteria decision-making methods: a review of applications in engineering, *Scientia Iranica*, 23 (2016), pp. 1-20.
- [24] Lanovič, Z., Krasić, D.: Park & Ride facility planning, *GRAĐEVINAR*, 65 (2013) 2, pp. 111-121.
- [25] Keshavarz Ghorabae, K., Zavadskas, E.K., Olfat, L., Turskis, Z.: Multi-criteria inventory classification using a new method of Evaluation based on Distance from Average Solution (EDAS), *Informatica*, 26 (2015), pp. 435-451, <http://dx.doi.org/10.15388/Informatica.2015.57>
- [26] Kendall, M.: *Rank Correlation Methods*, Fourth edition, Griffin, London, 1970.
- [27] Montgomery, C.D.: *Statistical Quality Control: A Modern Introduction*. International Student Version, Wiley, Hoboken, 2008.