

UDK: 656.13:711.4:519.816(560)
doi: 10.5379/urbani-izziv-2025-36-02-02

Prejeto: 4. 7. 2025
Sprejeto: 5. 11. 2025

Sümeyye KAHRAMAN
Burak KORKMAZYUREK
Erkan POLAT

Izbor lokacije avtobusne postaje na podlagi hibridnega modela večkriterijskega odločanja v Uşaku v Turčiji

Lokacije avtobusnih postaj so ključne za učinkovito storitev potniškega prometa in trajnostno mobilnost v mestih. Določajo možnost dostopa obiskovalcev do mesta ter varnost, dostopnost in ekonomičnost javnega prevoza. Poleg tega vplivajo na dostop prebivalcev do delovnih mest, šol, zdravstvenih in drugih osnovnih storitev ter posledično na splošno družbenogospodarsko blaginjo mesta. V članku je določena optimalna lokacija nove avtobusne postaje v turškem mestu Uşak, za kar so avtorji uporabili hibridni model večkriterijskega odločanja, ki vključuje presojo dvajsetih kriterijev in celovito analizo dostopnosti lokacij

na podlagi mnenj strokovnjakov ter upošteva raznovrstne potrebe prebivalcev in lokalnih oblasti. S postopkom analitične hierarhije so merilom pripisali uteži, na podlagi česar so nato z metodami MOOSRA, ARAS in VIKOR sedem možnih lokacij razvrstili po primernosti. Izsledki so pokazali, katera lokacija bi bila najprimernejša, hkrati pa so potrdili robustnost uporabljenega modela in njegovo uporabnost v urbanističnem načrtovanju.

Ključne besede: avtobusna postaja, večkriterijska analiza, izbor lokacije, MOOSRA, ARAS, VIKOR

1 Uvod

Avtobusne postaje so ključne prvine državnega, regionalnega in lokalnega sistema potniškega prometa, na katerih lahko potniki prestopajo med avtobusnimi linijami (Rodrigue, 2024). Pri načrtovanju postaj je treba upoštevati njihovo ključno vlogo v prometnem omrežju in njihov pomen z vidika povezanosti območij z javnim prevozom ter dodano vrednost, ki jo ustvarjajo kot dinamični javni prostori. Avtobusne postaje so torej veliko več kot zgolj postajališča v sistemu mestnega potniškega prometa (Sun idr., 2017).

Ti objekti so ključne točke, na katerih potniki prestopajo med vrstami avtobusnih linij (Curzel idr., 2019). So pomembna vozlišča mobilnosti, kjer je dostop za vozila, pešce in kolesarje ključen za učinkovito delovanje javnega prometnega omrežja (Munir idr., 2024). Poleg tega kot sestavni del mestnega okolja vplivajo na ureditev prostora in družbeno interakcijo. Ob tem prispevajo k oblikovanju kraja in mestnega tkiva (Vigneau, 2019).

V današnjih mestih, ki se hitro širijo, so politike potniškega prometa in mobilnosti skupaj z vrstami prostorske rabe, kot so stanovanja, poslovne stavbe, izobraževalne ustanove in javna infrastruktura, postale neločljiv del urbanističnega načrtovanja. Izbira lokacij avtobusnih postaj je zato pomembna načrtovalska odločitev, ki vpliva na delovanje in učinkovitost prometnega omrežja in splošno dinamiko razvoja mest (Ayuningtyas idr., 2019).

Izbor primerne lokacije avtobusne postaje je zapletena in pomembna naloga. V ta namen so bili že predlagani raznovrstni pristopi, metode večkriterijskega odločanja pa se še vedno razmeroma redko uporabljajo. To je pomembna vrzel, saj so te metode primerne še zlasti za odločanje, ki vključuje več, pogosto nasprotujočih si kriterijev. Kot ugotavlja Nedeljković (2023), na izbor lokacije vplivajo tako kvantitativni podatki kot kvalitativni dejavniki, ki jih lahko metode večkriterijskega odločanja učinkovito združujejo. Podobno tudi Chakraborty idr. (2013) poudarjajo, da metoda večkriterijskega odločanja zagotavlja trden okvir za reševanje zapletenih težav, povezanih z lokacijami objektov, pri čemer je treba uravnotežiti številne prednostne naloge.

Za klasične metode večkriterijskega odločanja so značilne omejitve pri obravnavi zapletenih in medsebojno povezanih kriterijev odločanja, ki pogosto krnijo točnost in robustnost rezultatov. Hibridni model večkriterijskega odločanja združuje dve ali več takih metod, s čimer presežemo omejitve ene metode ter izboljšamo točnost, robustnost in interpretativnost rezultatov (Poklepović in Babić, 2014). Uporaba hibridnega

okvira metod večkriterijskega odločanja zagotavlja celovitejšo in zanesljivejšo podlago za presojo možnih lokacij avtobusnih postaj. Sistemska vključitev kvantitativnih podatkov in kvalitativnih presoj zagotavlja, da vrednotenje temelji na podatkih, upošteva kontekst in je analitično uravnoteženo, kar omogoča natančnejše uteževanje kriterijev in razvrščanje alternativ v večdimenzionalnem kontekstu (Xu idr., 2024).

Raziskava, predstavljena v tem članku, je bila izvedena v okviru projekta izbora lokacije za avtobusno postajo v mestu Uşak v sodelovanju z upravo okrožja Uşak. V njej so avtorji z metodami večkriterijskega odločanja proučili več lokacij in določili najprimernejšo. Predpostavili so, da bodo z uporabo hibridnega modela večkriterijskega odločanja povečali analitično robustnost in metodološko zanesljivost raziskave, na podlagi česar bodo lažje določili optimalno lokacijo avtobusne postaje.

Določanje najprimernejše lokacije tako pomembne infrastrukturne naložbe, kot je avtobusna postaja, skupaj s presojo njene povezanosti z glavnimi prometnimi osmi v mestu, je zelo zapletena naloga. Take odločitve ni mogoče sprejeti zgolj z zanašanjem na enega posameznika, odločevalca ali na eno metodo. Avtorji so v raziskavi zato uporabili tri nove metode, ki zagotavljajo kompromisno rešitev.

Hibridne metode večkriterijskega odločanja so se izkazale za učinkovite pri reševanju raznovrstnih odločitvenih problemov, pri tem pa je opravljenih le malo raziskav, ki bi nadgradile ali združevale razne tehnike. V članku je predstavljen izpopolnjen metodološki okvir, ki nadgrajuje uveljavljene metode večkriterijskega odločanja in jih združuje v koherenten hibridni model. Okvir je bil preizkušen na primeru izbora lokacije avtobusne postaje, pri čemer je bila ponazorjena njegova uporabnost v praksi. Raziskava je pomembna z dveh vidikov: metodološko nadgrajuje uveljavljene metode in jih povezuje v nov hibridni model, hkrati pa empirično prikaže, kako se lahko ta novi pristop uporabi v praksi. Vključuje torej prizadevanje za razširitev razpoložljivih metodoloških orodij in študijo primera, s katero je prikazana učinkovitost uporabe hibridnih metod večkriterijskega odločanja.

Avtorji so analizirali sedem možnih lokacij avtobusne postaje v središču Uşaka in izbrali najboljšo na podlagi primerjave rezultatov, ki so jih pridobili s tremi metodami. Uprava okrožja Uşak je nato pregledala in upoštevala njihove izsledke ter začela graditi postajo. Raziskava je torej pomembna in izvirna tudi zato, ker presega teoretično analizo in omogoča praktično izvedbo rezultatov.

Mesta so sistemi, sestavljeni iz številnih podsistemov. Skoraj vsi podsistemi (npr. poslovni, trgovski, izobraževalni, zdravstveni, rekreacijski, upravni, industrijski in stanovanjski) so

med seboj povezani. Njihova mešana prostorska raba ustvarja večdimenzionalno in zapleteno urbano strukturo, na katero vplivajo demografske, socialne, gospodarske, upravne, naravne in prostorske spremembe. Povezovanje teh podsistemov je močno odvisno od mestnega prometnega omrežja, ki zagotavlja dostopnost. Ker sta raba prostora in prometni sistem medsebojno odvisna, vsaka raba prostora ustvarja specifične potovalne potrebe. Z izboljšanjem kakovosti in dostopnosti prevoza se povečuje vrednost prostora, kar povzroča spremembe v prostorski rabi. Navedeno sovplovanje poudarja potrebo po celostnem in strateškem prostorskem načrtovanju, ki omogoča doseganje usklajenega in trajnostnega urbanega razvoja (Oliveira in Hersperger, 2018; Hersperger idr., 2019).

Medkrajevni potniški promet povezuje mesta z drugimi kraji in krepí povezave med vrstami rabe prostora. Avtobusne postaje so ključni del tega sistema, saj opravljajo funkcijo vozlišč medkrajevnega in mestnega potniškega prometa. Morajo biti dostopne, varne, prilagodljive in učinkovite ter v idealnem primeru povezane z drugimi oblikami prevoza ali prometne infrastrukture (npr. letalskim in železniškim prometom, kolesarskimi potmi in pešpotmi) in zelenimi sistemi, kar zagotavlja celovito urbano mobilnost. Kot stičišča so ključne za učinkovito delovanje sistemov potniškega prometa (Arifa in Sholahuddin, 2022), kot pomembna vozlišča tranzitnih omrežij pa s svojo strateško lokacijo in zasnovo močno vplivajo na razvoj mest in gospodarsko rast okoliških območij (Memon, 2023; Abdullah idr., 2019).

Ker avtobusne postaje usmerjajo mestni in medkrajevni pretok ljudi, blaga in prometa, so zelo produktivne. Poleg omogočanja mobilnosti spodbujajo gospodarsko in prostorsko povezovanje, s čimer ustvarjajo nova delovna mesta (Mello in Silva, 2021). Njihove prostorske in funkcionalne značilnosti vplivajo na okoliško rabo prostora, pri čemer privlačijo ali odvrčajo dejavnosti, odvisno od njihove velikosti in zgradbe.

Na splošno morajo avtobusne postaje: 1. biti prostori gibanja, ki na podlagi učinkovitega načrtovanja in upravljanja omogočajo dostop do drugih območij mesta, 2. biti povezane z javnimi prostori, 3. med ljudmi veljati za dobre kraje, 4. biti prostori, kjer se ljudje zbirajo, stičišča javnega prevoza oziroma prostori srečevanja pešcev in vozil, 5. povezovati panoge, kot so industrija, trgovina in turizem, 6. biti povezane s stanovanjskimi območji, kolesarskimi potmi in območji za pešce, 7. biti povezane z drugimi oblikami prevoza, 8. biti čakalna in prestopna območja za pešce in vozila ter 9. biti varne in udobne.

Avtobusne postaje so torej ključne prvine urbane mobilnosti in prometne infrastrukture. So dinamična vozlišča, ki omogočajo povezave med raznimi oblikami prevoza ter pomembno

prispevajo k prostorski ureditvi in oblikovanju mestnih okolij (Zhang idr., 2022; Lindberg idr., 2021).

2 Gradiva in metode

Avtorji so oblikovali inovativni hibridni model večkriterijskega odločanja, ki združuje postopek analitične hierarhije, metodo večkriterijske optimizacije z analizo razmerij (ang. *multi-objective optimization by simple ratio analysis*, v nadaljevanju: MOOSRA), metodo aditivne ocene razmerij (ang. *additive ratio assessment*, v nadaljevanju: ARAS) ter metodo večkriterijske optimizacije in kompromisne rešitve (srb. *višekriterijska optimizacija i kompromisno rešenje*, v nadaljevanju: VIKOR), da bi določili najprimernejšo lokacijo avtobusne postaje v Uşaku. Njihova raziskava je inovativna tudi zato, ker je v literaturi le malo primerov, pri katerih bi bile podobne metode uporabljene skupaj. Namen hibridnega modela je bil torej določiti najboljšo lokacijo avtobusne postaje (slika 1), izbran pa je bil zaradi svojih prednosti in učinkovitega združevanja metod.

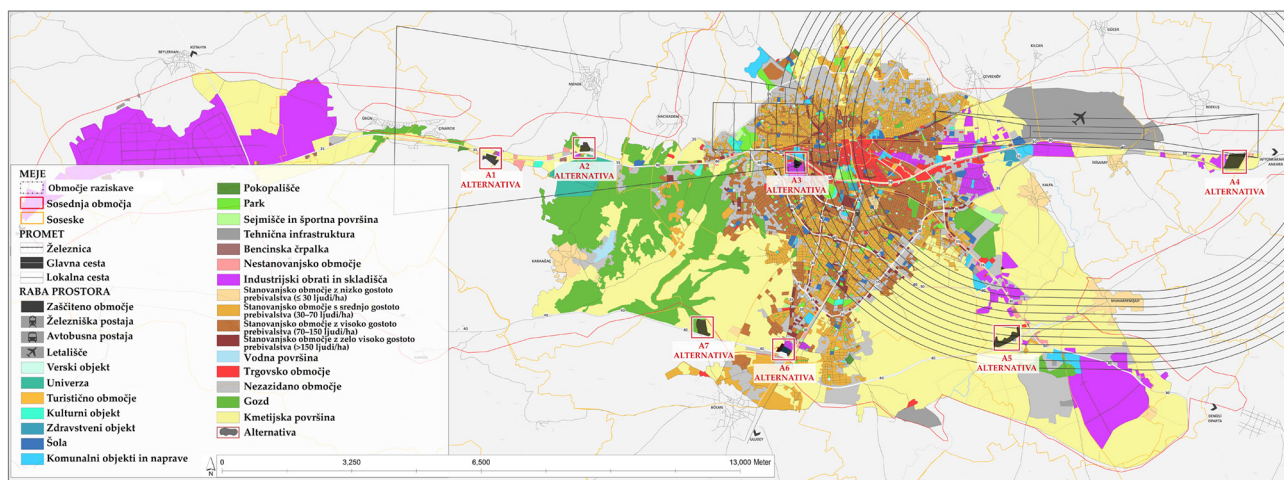
V prvi fazi modela so avtorji s postopkom analitične hierarhije parno primerjali kriterije in določili njihovo pomembnost, na podlagi česar so lahko nato logično določili njihove uteži (Is-wari idr., 2019; Nguyen, 2023). Združevanje postopka analitične hierarhije z drugimi metodami večkriterijskega odločanja izboljša zanesljivost teh metod, saj zagotavlja strukturiran pristop k določanju uteži. Pri vrednotenju primernosti prostora postopek analitične hierarhije omogoča natančne parne primerjave, ki zmanjšujejo pristranskost in povečujejo veljavnost rezultatov (Subiyanto idr., 2018). S pretvorbo kvalitativnih presoj v kvantitativne uteži poleg tega omogoča celovitejšo presojo alternativ (Yumoto, 2019). Uteži, ki odražajo relativno pomembnost posameznih kriterijev, so bili ključni vhodni podatki za uporabo metod MOOSRA, ARAS in VIKOR v postopku večkriterijskega odločanja, namenjenemu izboru optimalne lokacije avtobusne postaje.

Glavna značilnost metode MOOSRA je, da je mogoče z neposredno analizo razmerij obravnavati tako koristne kot nekoristne kriterije (Ulutaş idr., 2021). Tak pristop poenostavi odločanje in zmanjša vpliv negativnih vrednosti, ki lahko izkrivljajo rezultate pri drugih metodah večkriterijskega odločanja. Pri primerjavi z drugimi metodami večkriterijskega odločanja so bili z metodo MOOSRA pogosto doseženi podobni ali boljši rezultati pri razvrščanju alternativ (Jagadish, 2014).

Metoda ARAS omogoča izračun vrednosti funkcije koristnosti vsake alternative, ki se neposredno sklada z vrednostmi in utežmi kriterijev (Ecemiş in Coşkun, 2022). To je njena ključna prednost, saj poveča pomen funkcije koristnosti, hkrati pa



Slika 2: Lokacija Uşaka (vir: avtorji)



Slika 3: Raba prostora v Uşaku novembra 2023 in možne lokacije avtobusne postaje (ilustracija: avtorji, na podlagi podatkov GIS in aplikacije Google Maps)

2.2 Določitev alternativ

Mesto Uşak leži v zahodni Turčiji, med osrednjo Anatolijo in Egejsko pokrajino (slika 2). Provinca Uşak ima šest okrožij: Banaz, Eşme, Karahallı, Sivaslı, Ulubey in Uşak. Leta 2022 je v središču mesta živel 236.366 ljudi (Turški statistični urad, 2023).

Avtorji so s terenskimi raziskavami opredelili trenutno rabo prostora in prostorsko zgradbo Uşaka. Zbrane podatke so analizirali v geografskem informacijskem sistemu (GIS), na podlagi česar so nato novembra 2023 posodobili podatke o rabi

prostora (slika 3). Proučevano območje je veliko 11.132 ha, njegove meje pa so avtorji določili na podlagi veljavnih prostorskih načrtov. Kmetijske, vodne in gozdne površine skupaj pokrivajo 44,52 % območja, stanovanjskih površin je 14,41 %. Ceste pokrivajo približno 11,64 % območja. Površina trenutne avtobusne postaje znaša 2,32 ha. Bruto gostota prebivalstva v mestu je 60 do 70 ljudi na hektar, kar se nanaša na celotno pozidano območje.

Na podlagi prejšnjih vrednotenj uprave okrožja in presoj delovne skupine je bilo opredeljenih sedem možnih lokacij avtobusne postaje, ki so blizu središča mesta (slika 4).



Slika 4: Možne lokacije: a) univerza (alternativa 1), b) univerza (alternativa 2), c) sedanja avtobusna postaja (alternativa 3), d) letališče (alternativa 4), e) Most Çanlı (alternativa 5), f) Ulubeyska cesta (alternativa 6), g) območje zahodno od križišča z Ulubeysko cesto (alternativa 7) (ilustracija: avtorji, na podlagi aplikacije Google Maps)

Prva lokacija (slika 4a) je velika 5,6 ha in je od mestnega središča oddaljena 9,3 km. Leži ob cesti, ki pelje do univerze, od katere je oddaljena 2,5 km. Površina je v javni lasti, leži na podeželskem območju, obdanem s kmetijskimi zemljišči. Ni komunalno opremljena, a vključuje dele, primerne za gradnjo. Zagotavlja zgolj povezavo z mestnim središčem, trenutno pa je ni mogoče doseči z javnim prevozom.

Druga lokacija (slika 4b) je velika 4,9 ha, od mestnega središča je oddaljena 7,0 km. Je ob cesti neposredno nasproti univerzitetnega kampusa in ima ustrezno infrastrukturo. V bližini ni stanovanjskih območij, ob lokaciji pa so zazidljiva zemljišča. Je v zasebni lasti in ima dostop do linije javnega prevoza, ki vodi do univerzitetnega kampusa.

Lokacija trenutne avtobusne postaje (slika 4c) je velika 2,3 ha. Postaja je v središču mesta, kjer je gost promet, križišča pa niso učinkovito urejena. Je zastarela in premajhna, spopada se s precejšnjimi izzivi, povezanimi z notranjo prometno ureditvijo. Čeprav bi bila obnova postaje na isti lokaciji stroškovno ugodna, bi bilo treba rešiti večje infrastrukturne težave, preurediti ključne ceste in razlastiti lastnike bližnjih manjših industrijskih obratov, da bi lahko razširili območje. Velika pomanjkljivost je, da morajo na poti do nje avtobusi peljati skozi mestno središče, kar še dodatno povečuje promet v glavnih prometnih koridorjih in obremenjuje prometni sistem. Lokacija nima neposredne povezave z železniškim omrežjem, ostaja pa pomembno prometno vozlišče z dobrimi javnimi prometnimi povezavami. Je v javni lasti.

Lokacija ob letališču (slika 4d) je velika 14,6 ha in je od središča mesta oddaljena 9,4 km. V bližini so industrijski obrati in skladišča, ob lokaciji pa so zazidljiva zemljišča. Trenutno se uporablja kot kmetijsko zemljišče. Je ob Ankarski cesti, na križišču z južno mestno obvoznico, ki je še v gradnji. Območje, ki je tik ob železnici in letališču, je v prostorskih aktih opredeljeno kot območje gospodarskih dejavnosti, ki naj bi ga spremenili v industrijsko cono (Okrožje Uşak, 2021). Je v javni lasti in ni dostopno z javnim prevozom.

Lokacija pri mostu Çanlı (slika 4e) je velika 10,8 ha in od središča mesta oddaljena 7,1 km. Je nasproti mosta Çanlı, na križišču z Ulico Sivaslı. Območje ni pozidano, ob njem pa so kmetijska zemljišča. Je strateško pomembno prometno vozlišče na glavni prometni osi Isparta–Denizli in je tik ob južni mestni obvoznici. Zaradi nagnjenega terena bi bila gradnja avtobusne postaje razmeroma draga, saj bi bila potrebna dodatna izkopavanja, izravnava in stabilizacija. Območje je večinoma v javni lasti in dostopno z javnim prevozom.

Lokacija ob Ulubeyski cesti (slika 4f) je velika 4,9 ha in je 4,7 km oddaljena od središča mesta. Je tik ob križišču Ulubeyske ceste in priključka na južno obvoznico ter je pomembno prometno vozlišče z dostopom do mesta iz vseh smeri. Trenutno so na njem poslovni in komunalni objekti ter prazna zemljišča, ki pa se na vzhodu lahko zazidajo. Območje ima dobro razvito infrastrukturo ter je v prostorskem načrtu opredeljeno kot območje kulturnih in komunalnih objektov (Uşak District, 2021). Lokacija je blizu območij načrtovane goste stanovanjske zazidave na jugu in jugovzhodu. Je v javni lasti in dobro povezana z javnim prometnim omrežjem. Zaradi bližine železnice na vzhodni strani bi avtobusna postaja lahko delovala kot prestopna točka z dodatno železniško povezavo.

Lokacija zahodno od križišča Ulubeyske ceste z južno obvoznico (slika 4g) je velika 7,8 ha in od mestnega središča oddaljena 7,0 km. Je ob južni mestni obvoznici 2,5 km zahodno od omenjenega križišča. Je pomembno prometno vozlišče, ki bo z izgradnjo južne obvoznice omogočalo dostop do mesta iz vseh smeri. Trenutno se uporablja kot kmetijsko zemljišče, ki je na treh straneh nagnjeno. Če bi tu zgradili avtobusno postajo, bi bilo treba najprej urediti infrastrukturo, poleg tega bi bilo treba za njeno učinkovito delovanje zgraditi glavno cestno povezavo med avtocesto iz Ankare v İzmir na severu in južno mestno obvoznico na jugu. Območje je v delni lasti okrožja in nima dostopa z javnim prevozom.

2.3 Določitev kriterijev

Avtorji so na podlagi pregleda literature opredelili ustrezne kriterije za izbor lokacije avtobusne postaje. Njihovi izsledki so povzeti v nadaljevanju.

Eden ključnih kriterijev je bližina poselitvenih območij in druge prometne infrastrukture. Roquel idr. (2021) poudarjajo pomen vrednotenja razdalje med avtobusno postajo in območji z visoko stopnjo povpraševanja po prevoznih storitvah, kot so stanovanjska naselja, trgovska središča in prometni koridorji. Bližina potnikom olajša dostop in spodbuja uporabo javnega prevoza. Koblar in Mladenović (2020) opozarjata na pristope, ki spodbujajo gradnjo strnjenih urbanih območij z mešano rabo prostora ter izboljšajo učinkovitost in uporabniško izkušnjo. Avtobusne postaje morajo zagotavljati učinkovito multimodalno povezanost z železniškim omrežjem, območji za pešce in kolesarskimi potmi (Abdullah idr., 2019), ki krepi mobilnost in dostopnost (Taghavi idr., 2021).

Lokacija avtobusne postaje pomembno vpliva na rabo prostora in okolico. Vključevanje okoljske trajnosti v načrtovanje je postalo neločljiv del sodobnega urbanizma. Študije poudarjajo potrebo po upoštevanju tako ekoloških kot ekonomskih dejavnikov pri izbiri lokacije (Tuames in Widyastuti, 2020; Memon idr., 2023). Avtobusne postaje ne vplivajo samo na prevozni sektor, ampak so tudi pomembna gospodarska in družbena središča. S povezovanjem postaj s poslovnimi območji se poveča njihova vrednost v smislu trgovskih in turističnih vozlišč, hkrati pa se okoliški javni prostori preoblikujejo v dobre kraje za druženje (Abdullah idr., 2019). Avtobusnih postaj ne bi smeli obravnavati zgolj kot prometno infrastrukturo, ki omogoča mobilnost, temveč kot živahna urbana vozlišča, ki jih stalno uporabljajo množice ljudi, tj. kot ključne prvine prepletanja urbanih funkcij in ustvarjanja dobrih krajev.

Podobno kot v prejšnjih raziskavah, v katerih so bili sistematično analizirani najrazličnejši prostorski, okoljski, gospodarski in družbeni dejavniki, so tudi v tej raziskavi avtorji želeli oblikovati obsežen nabor kriterijev. Sprva so jih opredelili šestdeset, izmed katerih je nato delovna skupina s podrobno presojo določila dvajset najpomembnejših kriterijev za odločanje. S tovrstnim participativnim pristopom so povečali kontekstualno ustreznost kriterijev in praktično uporabnost metodologije.

Dvajset končnih kriterijev je bilo razvrščenih v tri glavne kategorije: 1. raba prostora in vpliv na okolje, 2. gospodarski in družbeni dejavniki ter 3. promet in mobilnost. Taka razvrstitev izraža teoretično podlago kriterijev in njihov praktični pomen.

Uporabljeni metodološki okvir je bil zasnovan kot večstopenjski postopek izločanja, ki ga je izvedla delovna skupina, ter je združeval pregled literature in strokovno presojo. Preglednica 1 vključuje podroben seznam kriterijev in uporabljenih podatkovnih virov.

Preglednica 1: Kriteriji za izbor lokacije

Kategorija, koda in kriterij	Metoda, vir podatkov
Raba prostora in vpliv na okolje	
K1: Skladnost s prostorskimi akti	Pregled prostorskih aktov (Okrožje Uşak, 2021)
K2: Uporabna površina	Analiza rabe prostora
K3: Oddaljenost od mestnega središča	Analiza točkovne gostote v GIS
K4: Topografija	Analiza naklona površja za oceno primernosti terena
K5: Tveganje za nastanek naravnih nesreč	Analiza na podlagi podatkov AFAD (2021)
Gospodarski in družbeni dejavniki	
K6: Stroški projekta in infrastrukturne omejitve	Ocena stroškov projekta (pridobitev zemljišč, tehnični/okoljski dejavniki)
K7: Potencial za privabljanje naložb	Pregled trenutnih/potencialnih naložb; intervjuji s predstavniki lokalne uprave
Promet in mobilnost	
K8: Širina cest	Analiza na podlagi podatkov o rabi prostora
K9: Dnevni obseg prometa na cestah, ki vodijo do lokacije	Štetje vseh vozil na izbranih točkah
K10: Dnevno število avtobusov na cestah, ki vodijo do lokacije	Štetje avtobusov in pregled razpoložljivih linij med trenutno avtobusno postajo in lokacijo
K11: Varnost cest v bližini	Analiza karte žarišč prometnih nesreč
K12: Oddaljenost od najbližjega križišča	Izmerjena z GIS na podlagi podatkov o rabi prostora
K13: Oddaljenost od najbližje železniške postaje	Izračun najkrajše poti v prometnem omrežju na podlagi podatkov o rabi prostora
K14: Oddaljenost od najbližje linije hitrega vlaka	Izračun najkrajše razdalje
K15: Oddaljenost od letališča	Izračun najkrajše poti v prometnem omrežju na podlagi podatkov o rabi prostora
K16: Oddaljenost od linij javnega prevoza	Analiza gostote linij javnega prevoza v GIS na podlagi podatkov okrožnega direktorata za prevozne storitve
K17: Dostop za pešce/kolesarje	Analiza podatkov o dostopnosti iz raziskav rabe prostora in prometa
K18: Oddaljenost od univerz	Analiza lokacij univerz na podlagi točkovne gostote v GIS
K19: Oddaljenost od industrijskih con	Izračun najkrajše poti v prometnem omrežju na podlagi podatkov o rabi prostora
K20: Oddaljenost od stanovanjskih območij	Analiza točkovne gostote v GIS

3 Rezultati

3.1 Uteževanje kriterijev s postopkom analitične hierarhije

Avtorji so s postopkom analitične hierarhije parno primerjali dvajset izbranih kriterijev po pomembnosti, na podlagi česar so oblikovali matriko primerjav. Nato so matriko normalizirali

in izračunali uteži posameznih kriterijev, ki izražajo splošno raven njihove pomembnosti. Za preverjanje zanesljivosti analize so nato izračunali konsistenčni količnik. Ta je bil nižji od 10 % (0,092377), s čimer so potrdili veljavnost in zanesljivost analize. V preglednici 2 so navedene uteži dvajsetih kriterijev, določene s postopkom analitične hierarhije, skupaj z vrednostmi, ki so jih avtorji nato uporabili v matrikah odločanja, ki so jih oblikovali z metodami ARAS, MOOSRA in VIKOR.

Preglednica 2: Uteži kriterijev, določene s postopkom analitične hierarhije, in matrika odločanja

Kategorija, koda in kriterij	Alternative							Utež
	1	2	3	4	5	6	7	
Raba prostora in vpliv na okolje								
K1: Skladnost s prostorskimi akti (po Likertovi lestvici)	2	3	5	2	3	3	1	0,035
K2: Uporabna površina (ha)	5,6	6,4	2,3	14,6	10,8	4,9	6,4	0,121
K3†: Oddaljenost od mestnega središča (km)	10,7	8,3	3,3	10,0	6,8	7,7	8,2	0,013
K4: Topografija (po Likertovi lestvici)	3	5	1	3	2	5	3	0,048
K5: Tveganje za nastanek naravnih nesreč (po Likertovi lestvici)	5	5	1	2	3	5	5	0,122
Gospodarski in družbeni dejavniki								
K6†: Stroški projekta in omejitve (po Likertovi lestvici)	5	3	3	5	3	2	5	0,106
K7: Potencial za privabljanje naložb (po Likertovi lestvici)	1	5	1	2	3	5	2	0,014
Promet in mobilnost								
K8: Širina cest (m)	35	35	50	30	40	30	40	0,027
K9†: Dnevni obseg prometa (št. vseh vozil)	30.568	30.568	33.176	17.667	2.052	16.146	3.250	0.041
K10: Dnevno število avtobusov	264	264	800	543	30	80	20	0,042
K11: Varnost cest (po Likertovi lestvici)	5	5	1	5	3	3	5	0,013
K12†: Oddaljenost od križišča (km)	4,6	2,3	0,1	2,8	0,5	0,2	2,0	0,031
K13†: Oddaljenost od železniške postaje (v km)	12,0	7,5	2,2	0,2	6,7	0,2	2,1	0,062
K14†: Oddaljenost od hitrega vlaka (v km)	22,0	17,4	14,0	17,0	11,0	8,0	9,5	0,044
K15†: Oddaljenost od letališča (v km)	16,0	13,6	8,4	3,6	10,0	11,0	13,3	0,015
K16†: Oddaljenost od javnega prevoza (v km)	9,5	7,1	2,9	9,4	7,1	4,7	7,7	0,080
K17: Dostop za pešce/kolesarje (po Likertovi lestvici)	1	2	5	1	2	3	1	0,053
K18†: Oddaljenost od univerz (v km)	5,1	0,5	6	17,5	18,7	10,2	8,6	0,011
K19†: Oddaljenost od industrijskih con (v km)	6,0	8,5	13,8	24,7	21,4	15,6	13,6	0,007
K20†: Oddaljenost od stanovanjskih območij (v km)	10,1	7,6	2,6	9,7	8,2	5,8	8,2	0,116

Opomba: Avtorji so za ocenjevanje uporabili petstopenjsko Likertovo lestvico (1 = zelo nizka vrednost, 5 = zelo visoka vrednost). Kriteriji, označeni z †, so bili uporabljeni v fazi analize stroškov, preostali pa v fazi analize koristi (pri določanju vrednosti Y_j).

Na podlagi določenih uteži je bila po pomembnosti na prvem mestu kategorija »promet in mobilnost« (0,542 točk), na drugem pa »raba prostora in vpliv na okolje« (0,339 točk). Kriteriji z najvišjimi vrednostmi uteži so bili tveganje za nastanek naravnih nesreč, uporabna površina, oddaljenost od stanovanjskih območij, stroški projekta in infrastrukturne omejitve ter oddaljenost od javnega prevoza. Ti so bili pri odločanju najpomembnejši.

3.2 Izbor lokacije z metodo MOOSRA

V okviru metode MOOSRA so avtorji najprej normalizirali podatke v preglednici 2, in sicer tako, da so sešteli kvadrate vrednosti v vsakem stolpcu, izračunali kvadratni koren te vsote za posamezni stolpec in nato vsako vrednost v stolpcu delili s tem kvadratnim korenom. Nato so uteži, izračunane s postopkom analitične hierarhije, pomnožili s temi normaliziranimi vrednostmi, na podlagi česar so oblikovali uteženo normalizirano matriko odločanja. Nato so ločili koristne in

Preglednica 3: Razvrstitev alternativ po metodi MOOSRA

Alternativa	Y_i	Mesto
1	0,533607	7
2	0,924436	3
3	1,079570	2
4	0,848516	5
5	0,922459	4
6	1,612323	1
7	0,810362	6

Preglednica 4: Vrednosti funkcije optimalnosti in razvrstitev alternativ

Alternativa	S_i	K_i	$\%K_i$
Optimalna vrednost	0,241804892		
1	0,080000154	0,330845888	33,08
2	0,093320829	0,385934414	38,59
3	0,133164547	0,550710725	55,07
4	0,096110390	0,397470827	39,75
5	0,100526268	0,415732980	41,57
6	0,168023970	0,694874154	69,49
7	0,08804895	0,36413221	36,41

nekoristne kriterije (nekoristni kriteriji so v preglednici 2 označeni z znakom †) ter izračunali njihove vsote. Tako so dobili rezultate, predstavljene v preglednici 3.

Na koncu so razvrstili alternative glede na njihove končne vrednosti Y_i , pri čemer so višje vrednosti pomenile večjo ustreznost lokacije. Za najprimernejšo se je izkazala alternativa 6 (Ulubeyska cesta), sledili sta alternativa 3 (trenutna avtobusna postaja, 1,07 točk) in alternativa 2 (lokacija nasproti univerzitetnega kampusa) (preglednica 3).

3.3 Izbor lokacije z metodo ARAS

V okviru analize po metodi ARAS so avtorji določili vrednosti alternativ na podlagi kriterijev. Optimalne vrednosti so izračunali tako, da so opredelili koristnost (tj. stroške in koristi) vsakega kriterija. Ob upoštevanju ugotovljenih stroškov in koristi kriterijev so nato podatke normalizirali, da bi zagotovili večjo primerljivost kriterijev in odpravili vplive merskih enot. S tem so oblikovali normalizirano matriko odločanja. Uteži, določene s postopkom analitične hierarhije, so nato pomnožili

Preglednica 5: Najvišja vrednost f_i^* in najnižja vrednost f_i^-

Koda	f_i^*	f_i^-
K1	5	1
K2	491	56
K3	10	107
K4	5	1
K5	5	1
K6	2	5
K7	5	1
K8	50	30
K9	2,052	33,176
K10	800	20
K11	5	1
K12	2	46
K13	2	75
K14	8	174
K15	10	136
K16	29	95
K17	5	1
K18	5	187
K19	6	247
K20	26	101

z normaliziranimi vrednostmi in ustvarili uteženo normalizirano matriko odločanja.

V naslednjem koraku so izračunali vrednosti funkcije optimalnosti za vsako alternativo in jih pretvorili v vrednosti S_i in K_i , ki so skupaj s končno razvrstitvijo alternativ predstavljene v preglednici 4. Rezultati analize po metodi ARAS so pokazali, da je za lokacijo nove avtobusne postaje najprimernejša alternativa 6 (Ulubeyska cesta), ki je bila najbližje optimalni vrednosti, sledili sta alternativni 3 (trenutna avtobusna postaja) in 5 (Most Çanlı).

3.4 Izbor lokacije z metodo VIKOR

Pri tej metodi so avtorji najprej normalizirali podatke v preglednici 2, da so zagotovili ustrezno primerljivost kriterijev, na podlagi česar so dobili uteženo normalizirano matriko odločanja. Za vsak kriterij so določili najvišjo vrednost f_i^* in najnižjo vrednost f_i^- (preglednica 5), nato pa so izračunali vrednosti S_i

in R_i za vsako alternativo. V tej fazi so uporabili uteži, predhodno izračunane s postopkom analitične hierarhije. Na koncu so izračunali še vrednosti Q_i . Vrednost v je znašala 0,5, tako kot v raziskavi, v kateri sta Opricović in Tzeng (2004) prvič predstavila to metodo. Pri razvrščanju alternativ po metodi VIKOR je najboljša alternativa tista, ki ima najnižjo vrednost. Končna razvrstitev na podlagi izračuna vrednosti S , R in Q je predstavljena v preglednici 6.

Potem ko so avtorji razvrstili alternative po primernosti, so preverili, ali izpolnjujejo pogoj 1 (sprejemljiva prednost) in pogoj 2 (sprejemljiva stabilnost pri odločanju), na podlagi česar so lahko določili kompromisno rešitev. Izpolnjevanje pogoja 1 so preverili z naslednjo enačbo: $Q(a'') - Q(a') \geq DQ$. Vrednost DQ je bila določena pri 0,16. Če je vrednost na levi strani enačbe večja od 0,16, to pomeni, da alternativa a' izpolnjuje pogoj 1. Pri preverjanju izpolnjevanja pogoja 2 pa je morala alternativa z najvišjo vrednostjo Q (v našem primeru alternativa 6) imeti tudi najvišji vrednosti R in S . Ker je bila alternativa 6 na prvem mestu tudi po omenjenih vrednostih, je torej izpolnjevala pogoj 2.

3.5 Primerjava rezultatov

Za bolj sistematični pregled so avtorji primerjali rezultate, dobljene z metodami MOOSRA, ARAS in VIKOR (preglednica 7).

Kot je razvidno iz preglednice 7, je bila pri vseh treh navedenih metodah alternativa 6 (Ulubeyska cesta) izbrana za najprimernejšo lokacijo. Navedeno močno ujemanje potrjuje robustnost hibridnega modela in njegovo zmožnost zagotavljanja zanesljivih in ponovljivih rezultatov. Poleg tega izid potrjujejo tudi dejanske okoliščine: alternativa 6 ima strateško pomembno lego ob južni mestni obvoznici in tik ob železniški progi, poleg tega se na njej ali v bližini stalno gradi nova infrastruktura, ki jo financira okrožje Uşak. Veljavnost izsledkov raziskave torej potrjujejo tako rezultate uporabljenega hibridnega modela kot dejanske prostorske okoliščine.

4 Razprava

Hibridni model večkriterijskega odločanja, predstavljen v tej raziskavi, zagotavlja sistematičen in analitičen okvir, ki odločevalcem pomaga pri reševanju zapletenih problemov v praksi. Z vključevanjem raznovrstnih pogledov deležnikov omogoča sprejemanje uravnoteženih in racionalnih odločitev. Njegova uporabnost je ponazorjena na primeru izbora lokacije avtobusne postaje, pri čemer je bila kot najprimernejša izbrana alternativa 6 (Ulubeyjeva cesta). Ta je v industrijski coni med železniško progo in načrtovano mestno obvoznico ter omogo-

Preglednica 6: Vrednosti S , R in Q ter končna razvrstitev alternativ

Alternativa	S_i	R_i	Q_i
6	0,212373937	0,049493333	0,000000000
3	0,443452258	0,122000000	0,737771710
5	0,585031914	0,106535632	0,776811340
2	0,574150026	0,118774713	0,850013938
7	0,621309110	0,118774713	0,898539027
4	0,698298696	0,109813333	0,915961751
1	0,686624490	0,121000000	0,981091723

Preglednica 7: Primerjava rezultatov, dobljenih z metodami MOOSRA, ARAS in VIKOR

Alternativa	MOOSRA	ARAS	VIKOR	Splošna razvrstitev
1	7	7	7	neprimerna
2	3	5	4	srednje primerna
3	2	2	2	zelo primerna
4	5	4	6	neprimerna
5	4	3	3	srednje primerna
6	1	1	1	najbolj primerna
7	6	6	5	neprimerna

ča povezavo z bližnjimi glavnimi cestami in križišči. Zemljišče trenutno ni v uporabi, njegova namembnost pa bi se lahko v prostorskih načrtih spremenila v skladu s prihodnjimi odločitvami o rabi prostora. V primerjavi z drugimi analiziranimi območji je izbrana lokacija najmanj problematična s socialnega in okoljskega vidika, poleg tega bi bili stroški gradnje na njej nižji kot drugje.

Uporabljeni hibridni model se je izkazal za učinkovitega pri odločanju o zapletenih vprašanjih, saj vključuje tako kvantitativne kot kvalitativne vidike. Alternativa 6 je pri vseh treh uporabljenih metodah dosegla najvišje vrednosti, kar je mogoče pripisati zlasti dobri dostopnosti lokacije, njeni združljivosti s trenutno in načrtovano prostorsko rabo ter dobrim možnostim povezave s prihodnjimi prometnimi koridorji.

Raziskava je potekala v okviru projekta izbora lokacije nove avtobusne postaje v Uşaku, pri katerem je sodelovala tudi uprava okrožja Uşak. Ob koncu projekta je bila na podlagi presoj uprave za najprimernejšo lokacijo izbrana alternativa 6, v skladu s to odločitvijo pa so novo avtobusno postajo začeli graditi leta 2024. Navedeno kaže, da raziskava ni bila samo teoretična, ampak so njeni izsledki uporabni tudi v praksi. Poleg tega to,

da se je projekt končal z dejansko izvedbo, potrjuje veljavnost in uporabnost modela, uporabljenega za izbor lokacije.

Raziskava je torej pomembna tako s teoretičnega kot praktičnega vidika. V teoretičnem smislu dopolnjuje literaturo s področja večkriterijskega odločanja, saj je bil v njej predstavljen hibridni model, ki združuje štiri metode. Postopek analitične hierarhije ter metode MOOSRA, ARAS in VIKOR se po navadi uporabljajo posamično, zato je njihova združitev v enoten okvir za izbiro lokacije avtobusne postaje metodološka novost. Raziskava je poleg tega empirično potrdila tezo, da hibridni modeli povečujejo robustnost odločitev v primerjavi s pristopi, ki temeljijo na samo eni metodi. S praktičnega vidika raziskava ponazarja uporabnost hibridnih orodij večkriterijskega odločanja v urbanistični praksi. To, da je uprava okrožja rezultate raziskave uporabila pri izvajanju politike, dokazuje, da se s tovrstnimi modeli lahko premostijo vrzeli med akademskimi analizami in mestnim upravljanjem.

Kljub vsemu ima raziskava nekatere omejitve. Analiza je bila omejena na sedem možnih lokacij in dvajset kriterijev, kar ni malo, a vseeno ni zajela kvalitativnih vidikov, kot so zadovoljstvo potnikov, sprejetost v skupnosti in uporabniške izkušnje. Raziskava je bila izvedena na podlagi prostorskih aktov, ki veljajo na nižji oziroma višji ravni, zaradi česar je bila analiza omejena na uveljavljeni prostorski in politični okvir mesta Uşak. Posledično dolgoročne demografske spremembe, prihodnja širitev mesta in tveganja, povezana s podnebnimi spremembami, niso bili izrecno vključeni v model, so pa bili posredno razvidni iz načrtovalskega okvira.

V prihodnjih raziskavah bi bilo mogoče navedene omejitve odpraviti z večjo vključenostjo deležnikov s strukturiranimi pristopi, kot so analize Delphi, SWOT, TOWS ali SOAR (Cole idr., 2022; Ju in Kim, 2023; Lee idr., 2025). Rezultate odločanja je mogoče izboljšati tudi z uporabo dinamičnih sistemov uteževanja, ki zajamejo spreminjajoči se vpliv raznovrstnih akterjev. Poleg tega bi lahko z združitvijo hibridnega modela večkriterijskega odločanja in drugih orodij (npr. simulacijsko modeliranje, mrežne analize in GIS) izboljšali njegovo zmožnost reševanja problemov razporeditve in optimizacije, ki vključujejo več intermodalnih avtobusnih postaj hkrati. S tovrstnimi metodološkimi razširitvami je mogoče povečati uporabnost modela in okrepiti njegov pomen za reševanje sodobnih vprašanj v načrtovanju prometa in mobilnosti, vključno z oblikovanjem intermodalnih omrežij, vrednotenjem tehnologij, upravljanjem storitev in oblikovanjem prometne politike.

5 Sklep

V raziskavi je bilo za najprimernejšo lokacijo nove avtobusne postaje v Uşaku izbrano območje ob Ulubeyski cesti. Raziskava je pomembna s teoretičnega vidika, saj nadgrajuje dosedanje hibridne modele večkriterijskega odločanja, in s praktičnega vidika, saj so njeni izsledki vplivali na odločitve mestne uprave. Z združevanjem empiričnih ugotovitev ter teoretičnih spoznanj in uporabnih vidikov dokazuje, da lahko hibridna orodja za podporo odločanju spodbujajo celostno, trajnostno in v prihodnost usmerjeno načrtovanje mestnega prometa.

Sümeyye Kahraman, Univerza Süleymana Demirela, Oddelek za mestno in regionalno načrtovanje, Isparta, Turčija
E-naslov: sumeyyekahraman1994@gmail.com

Burak Korkmazurek, Univerza Süleymana Demirela, Oddelek za mestno in regionalno načrtovanje, Isparta, Turčija
E-naslov: burak.korkmazurek13@gmail.com

Erkan Polat, Univerza Süleymana Demirela, Oddelek za mestno in regionalno načrtovanje, Isparta, Turčija
E-naslov: erkanpolat@sdu.edu.tr

Zahvala

Raziskava je bila izvedena leta 2023 in 2024 v sodelovanju z okrožjem Uşak v okviru projekta izbora lokacije nove avtobusne postaje v Uşaku. Avtorji se zahvaljujejo županu in osebju uprave okrožja za dragoceno pomoč.

Viri in literatura

- Abdullah, A., Yudono, A., Adisasmita, S., in Akil, A. (2019): Determination of transit service accessibility standard for intercity bus passengers. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, 7(2), 92–105. doi:10.14246/irspsd.7.2_92
- AFAD (2021): *Uşak provincial disaster risk reduction plan (IRAP) report*. Uşak.
- Arifa, N., in Sholahuddin, M. (2022): Consumer's perceptions of service quality in Surakarta's bus terminal during new normal era. *Journal of Business and Management Studies*, 4(4), 120–132. doi:10.32996/jbms.2022.4.4.12
- Ayuningtyas, K. N. S., Frazila, R. B., Wibowo, S. S., in Farda, M. (2019): Network analysis of intercity bus terminal and inner-city toll road development – The case of Bandung city. *International Journal of Sustainable Transportation Technology*, 2(1), 8–18. doi:10.31427/IJSTT.2019.2.1.2
- Chakraborty, R., Ray, A., in Dan, P. K. (2013): Multi criteria decision making methods for location selection of distribution centers. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 4(4), 491–504. doi:10.5267/j.ijiec.2013.06.006
- Cole, M. L., Stavros, J. M., Cox, J. D., in Stavros, A. (2022): Measuring strengths, opportunities, aspirations, and results: Psychometric properties of the 12-item soar scale. *Frontiers in Psychology*, 13, 854406. doi:10.3389/fpsyg.2022.854406

- Curzel, J. L., Luders, R., Fonseca, K. V. O., in Rosa, M. O. (2019): Temporal performance analysis of bus transportation using link streams. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019, 6139379. doi:10.1155/2019/6139379
- Ecemiş, O., in Coşkun, A. (2022): Comparison of individuals' computer skills with multi-criteria decision-making methods: Turkey–European countries. *The Eurasia Proceedings of Educational and Social Sciences*, 28, 62–68. doi:10.55549/epess.1223258
- Effatpanah, S. K., Ahmadi, M. H., Aungkulanon, P., Maleki, A., Sadeghzadeh, M., Sharifpur, M., idr. (2022): Comparative analysis of five widely-used multi-criteria decision-making methods to evaluate clean energy technologies: a case study. *Sustainability*, 14(3), 1403. doi:10.3390/su14031403
- Elsohty, A. M., Soliman, A. M. A., Adail, A. S., Eisa, A. A., in Othman, E. A. (2023): Comprehensive power quality performance assessment for electrical system of a nuclear research reactor. *Scientific Reports*, 13(1), 9915. doi:10.1038/s41598-023-36692-2
- Hersperger, A., Grădinaru, S., Oliveira, E., Pagliarin, S., in Palka, G. (2019): Understanding strategic spatial planning to effectively guide development of urban regions. *Cities*, 94, 96–105. doi:10.1016/j.cities.2019.05.032
- Iswari, V. D., Arini, F. Y., in Muslim, M. A. (2019): Decision support system for the selection of outstanding students using the AHP-TOPSIS combination method. *Lontar Komputer, Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 10(1), 40. doi:10.24843/LKJITI.2019.v10.i01.p05
- Jagadish, B., in Ray, A. (2014): Green cutting fluid selection using MOOSRA method. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(3), 559–563. doi:10.15623/ijret.2014.0315105
- Ju, J., in Kim, J. (2023): Applying the Delphi approach to incorporate voiceless stakeholders in community planning. *Land*, 12(10), 1941. doi:10.3390/land12101941
- Koblar, S., in Mladenovič, L. (2020): Calculating the speed of city bus trips: The case of Ljubljana, Slovenia. *Urbani izziv*, 31(1), 112–122. doi:10.5379/urbani-izziv-en-2020-31-01-005
- Lee, M., Anderson, L., Piltonen, E., Maheshwari, A., Griffin, J. L., in Vasan, S. S. (2025): Participatory development of innovation and implementation strategy – A practical approach. *bioRxiv*, 679982. doi:10.1101/2025.10.19.679982
- Liao, H., Wen, Z., in Liu, L. (2019): Integrating BWM and ARAS under hesitant linguistic environment for digital supply chain finance supplier section. *Technological and Economic Development of Economy*, 25(6), 1188–1212. doi:10.3846/tede.2019.10716
- Lindberg, T., Johansson, F., Peterson, A., in Tapani, A. (2021): Discrete event simulation of bus terminals: A modular approach with a high spatial resolution. *Journal of Advanced Transportation*, 2021, 8862893. doi:10.1155/2021/8862893
- Meidelfi, D., Idmayanti, R., Maulidani, F., Ilham, M., in Muhlis, F. (2022): Additive ratio assessment (ARAS) method in the selection of popular mobile games. *International Journal of Advanced Science Computing and Engineering*, 4(1), 56–66. doi:10.30630/ijasce.4.1.81
- Meikeerthy, S., in Ethiraj, N. (2024): Multi response optimization of friction stir welding in air and water by analytic hierarchy process and VIKOR method. *Scientia Iranica*, 31(4), 346–357.
- Mello, J. A., in Trindade da Silva, F. (2021): O papel dos terminais rodoviários na mobilidade urbana nos municípios em desenvolvimento: o caso de Anchieta no Espírito Santo. *Revista Científica Faesa*, 17(2), 165–177. doi:10.5008/1809.7367.205
- Memon, S. R., Talpur, M. A. H., in Arain, F. J. (2023): Site suitability for intercity bus terminal at Hyderabad, Pakistan: A citizen's perception. *Mehran University Research Journal of Engineering and Technology*, 42(4), 93. doi:10.22581/muet1982.2304.2870
- Munir, N. A. I. M., Lazi, M. K. A. M., Umar, A. M., Hassan, S. A., Hashim, H. I. C., Hasan, M. Z., idr. (2024): Influence of pedestrian attributes on walking speed at bottleneck of bus terminal walkway. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 36(3), 19–24. doi:10.11113/mjce.v36.22576
- Nedeljković, M., Bajagić, M., in Dimitrijević, L. (2023): Selection of the location of the distribution center for agricultural products. *Ekonomika Poljoprivrede*, 70(4), 1075–1087. doi:10.59267/ekoPolj23041075N
- Nguyen, A. (2023): The improved CURLI method for multi-criteria decision making. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 13(1), 10121–10127. doi:10.48084/etasr.5538
- Oliveira, E., in Hersperger, A. (2018): Disentangling the governance configurations of strategic spatial plan-making in European urban regions. *Planning Practice and Research*, 34(1), 47–61. doi:10.1080/02697459.2018.1548218
- Oprić, S., in Tzeng, G. H. (2004): Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445–455. doi:10.1016/S0377-2217(03)00020-1
- Öztürk, C., Yıldızbaşı, A., Yılmaz, I., in Arioz, H. (2021): Vaccine selection using interval-valued intuitionistic fuzzy VIKOR: A case study of Covid-19 pandemic. V. Kahraman, C., Cebi, S., Cevik Onar, S., Oztaysi, B., Tolga, A. C., in Sari, I. U. (ur.): *Intelligent and fuzzy techniques for emerging conditions and digital transformation*, 101–108. Cham, Springer. doi:10.1007/978-3-030-85577-2_12
- Poklepović, T., in Babić, Z. (2014): Stock selection using a hybrid MCDM approach. *Croatian Operational Research Review*, 5(2), 273–290. doi:10.17535/crorr.2014.0013
- Rao, C., Goh, M., Zhao, Y., in Zheng, J. (2015): Location selection of city logistics centers under sustainability. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 36, 29–44. doi:10.1016/j.trd.2015.02.008
- Rodrigue, J.-P. (2024): *The geography of transport systems* (6. izdaja). London, Routledge. doi:10.4324/9781003343196
- Roquel, K., Abad, R., in Fillone, A. (2021): Proximity indexing of public transport terminals in Metro Manila. *Sustainability*, 13(8), 4216. doi:10.3390/su13084216
- Subiyanto, S., Hermanto, A., Arief, U. M., in Nafi, A. (2018): An accurate assessment tool based on intelligent technique for suitability of soybean cropland: Case study in Kebumen regency, Indonesia. *Heliyon*, 4(7), e00684. doi:10.1016/j.heliyon.2018.e00684
- Sun, S., Her, J., Lee, S., in Lee, J. (2017): Meso-scale urban form elements for bus transit-oriented development: Evidence from Seoul, Republic of Korea. *Sustainability*, 9(9), 1516. doi:10.3390/su9091516
- Taghavi, A., Ghanbari, R., Ghorbani-Moghadam, K., Davoodi, A., in Emrouznejad, A. (2021): A genetic algorithm for solving bus terminal location problem using data envelopment analysis with multi-objective programming. *Annals of Operations Research*, 309(1), 259–276. doi:10.1007/s10479-021-04244-4
- Tuames, G. Y. K., in Widyastuti, H. (2020): Analisis probabilitas penumpang bus di dalam dan di luar terminal oebobo berbasis karakteristik sosial ekonomi dan aksesibilitas dengan metode revealed preference. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 18(1), 45. doi:10.12962/j2579-891X.v18i1.5413
- Turški statistični urad (2023): *Address-based population registration system*. Dostopno na: <https://nip.tuik.gov.tr/Home/Adnks> (sneto 21. 3. 2024).

Ulutaş, A., Stanujkić, D., Karabašević, D., Zavadskas, E., Smarandache, F., in Brauers, W. (2021): Developing of a novel integrated MCDM MULTI-MOOSRAL approach for supplier selection. *Informatica*, 32(1), 145–161. doi:10.15388/21-INFOR445

Uşak District (2021) *1/5000 scale master development plan of Uşak city*. Uşak.

Vigneau, G. (2019): *Intermodal transit terminal: Integrating the future of transit into the urban fabric*. Magistrsko delo. Amherst, University of Massachusetts Amherst.

Wu, Y., Chen, K., Zeng, B., Xu, H., in Yang, Y. (2016): Supplier selection in nuclear power industry with extended VIKOR method under linguistic information. *Applied Soft Computing*, 48, 444–457. doi:10.1016/j.asoc.2016.07.023

Xu, T., You, X., Yang, M., Shi, Y., in Mao, R. (2024): Data asset quality evaluation framework based on a hybrid multi criteria decision making method. *Quality and Reliability Engineering International*, 41(2), 801–820. doi:10.1002/qre.3692

Yumoto, M. (2019): Development of decision support system for product selection based on AHP, using the decision rule of rough set for qualitative evaluation. *IEEE Transactions on Electronics, Information and Systems*, 139(9), 1080–1091. doi:10.1541/ieejieiss.139.1080

Zavadskas, E. K., Vinogradova-Zinkevič, I., Juodagalvienė, B., Leščauskienė, I., in Keizikas, A. (2023): Comparison of safety and sustainability of U-shaped internal staircase projects via a combined MCDM approach CORST. *Applied Sciences*, 14(1), 158. doi:10.3390/app14010158

Zhang, T., Yan, Y., Chen, Q., in Liu, Z. (2022): Evaluation method of composite development bus terminal using multi-source data processing. *Land*, 11(10), 1757. doi:10.3390/land11101757

Priloga

Hibridni model večkriterijskega odločanja

a. Določitev uteži kriterijev s postopkom analitične hierarhije

V nadaljevanju so navedeni koraki postopka analitične hierarhije, povezani z določanjem uteži, in ustrezne formule (Saaty, 2008).

1. korak: opredelitev problema

Opredelita se problem in cilj.

2. korak: oblikovanje hierarhične strukture

Oblikuje se hierarhija, ki vključuje cilj odločanja, kriterije, podkriterije in alternative.

3. korak: oblikovanje matrik parnih primerjav

Za kriterije in alternative se oblikujejo matrike parnih primerjav velikosti $n \times n$.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ a_{12} & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

4. korak: izračun uteži

Matrika primerjav se normalizira in izračunajo se uteži kriterijev.

$$\text{Normalizacija: } a_{ij}^{\text{norm}} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad i, j = 1, 2 \dots n \quad \text{Uteži: } w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^{\text{norm}}}{n} \quad i, j = 1, 2 \dots n$$

5. korak: izračun konsistenčnega količnika

Z izračunom konsistenčnega količnika (CR) se preveri skladnost matrike. Če je konsistenčni količnik manjši od 0,1, je matrika skladna.

$$\text{Konsistenčni indeks (CI): } CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad \text{Konsistenčni količnik (CR): } CR = \frac{CI}{RI}$$

b. Metoda MOOSRA

V nadaljevanju so navedeni posamezni koraki metode MOOSRA (Jagadish, 2014).

1. korak: oblikovanje matrike odločanja

Vrednost alternativ glede na posamezni kriterij se določi z naslednjo enačbo:

$$X_{ij} \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

2. korak: normalizacija vrednosti matrike

Normalizacija je preračun vrednosti atributov v vrednosti od 0 do 1.

$$X_{ij}^* = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}}$$

X_{ij}^* je normalizirana vrednost i -te alternative glede na j -ti kriterij.

3. korak: določitev vrednosti alternativ

Vrednosti alternativ Y_i so izračunane tako, da se utežena vsota koristnih kriterijev deli z uteženo vsoto nekoristnih kriterijev, v skladu z naslednjo enačbo:

$$Y_i = \frac{\sum_{j=1}^g w_j X_{ij}^*}{\sum_{j=g+1}^n w_j X_{ij}^*}$$

pri čemer je g maksimizirana vrednost, $(n - g)$ je minimizirana vrednost in w_j je utež j -tega atributa.

4. korak: razvrščanje alternativ

Alternative se razvrstijo po vrednostih.

$$Y_i = \frac{\sum_{j=1}^g w_j X_{ij}^*}{\sum_{j=g+1}^n w_j X_{ij}^*}$$

c. Metoda ARAS

Metoda vključuje pet korakov, opisanih v nadaljevanju (Zavadskas idr., 2010).

1. korak: oblikovanje matrike odločanja

Odločevalec začetni matriki doda vrstico z optimalnimi vrednostmi vsakega kriterija.

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

Če optimalna vrednost kriterija v odločevalskem problemu ni znana, se izračuna glede na njegovo korist (višja je boljša) ali strošek (nižji je boljši).

$$\begin{aligned} \text{korist: } x_{0j} &= \max_i x_{ij} \\ \text{strošek: } x_{0j} &= \min_i x_{ij} \end{aligned}$$

2. korak: normalizacija vrednosti matrike

Oblikuje se normalizirana matrika odločanja $\bar{X}$ z vrednostmi $\bar{x}_{ij}$. Vrednosti $\bar{x}_{ij}$ se izračunajo na dva načina, odvisno od koristnosti kriterija. Če je za kriterije zaželeno, da imajo višje vrednosti (korist), se njihove začetne vrednosti normalizirajo po naslednji enačbi:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}}$$

Če pa je bolje, da imajo nižje vrednosti (strošek), se njihove vrednosti normalizirajo, kot sledi:

$$x_{ij} = \frac{1}{x_{ij}^*}; \quad \bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}}$$

Po izračunu normaliziranih vrednosti se te zapišejo v obliki matrike, s čimer dobimo normalizirano matriko odločanja $\bar{X}$.

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{01} & \cdots & \bar{x}_{0j} & \cdots & \bar{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{i1} & \cdots & \bar{x}_{ij} & \cdots & \bar{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & \cdots & \bar{x}_{mj} & \cdots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix}; \quad i = 0, 1 \dots m \quad j = 0, 1 \dots n$$

3. korak: oblikovanje utežene normalizirane matrike odločanja

Nato se na podlagi opredeljenih ravni pomembnosti kriterijev (uteži) w_j oblikuje utežena normalizirana matrika odločanja $\hat{X}$. Vrednosti uteži w_j morajo biti med 0 in 1, njihova vsota pa mora biti omejena, kot sledi:

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

Z naslednjo enačbo se izračunajo utežene normalizirane vrednosti vseh kriterijev:

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} w_j; \quad i = 0, 1 \dots m$$

Izračunane utežene normalizirane vrednosti x_{ij} se nato zapišejo v obliki matrike, pri čemer dobimo uteženo normalizirano matriko odločanja $\hat{X}$.

Kahraman idr.: Izbor lokacije avtobusne postaje na podlagi hibridnega modela večkriterijskega odločanja v Uşaku v Turčiji – priloga

$$\hat{X} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{01} & \cdots & \hat{x}_{0j} & \cdots & \hat{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{i1} & \cdots & \hat{x}_{ij} & \cdots & \hat{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{m1} & \cdots & \hat{x}_{mj} & \cdots & \hat{x}_{mn} \end{bmatrix}; i = 0, 1 \dots m \quad j = 0, 1 \dots n$$

4. korak: izračun vrednosti funkcije optimalnosti

V zadnjem koraku se z naslednjo enačbo izračuna vrednost funkcije optimalnosti za vsako alternativo:

$$S_i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij}, \quad i = 0, 1 \dots m,$$

pri čemer je S_i vrednost funkcije optimalnosti alternative i . Večja ko je vrednost S_i , bolj učinkovita je alternativa.

5. korak: izračun ravni koristi in razvrstitev alternativ

Ravni koristi alternativ K_i se izračunajo z naslednjo enačbo, pri kateri se vrednosti S_i delijo z idealno vrednostjo funkcije optimalnosti S_0 :

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}, \quad i = 0, 1 \dots m$$

Relativna učinkovitost alternativ se izračuna na podlagi vrednosti K_i , ki so v intervalu od 0 do 1 in jih je mogoče razvrstiti v naraščajočem zaporedju, kar je zeleno prednostno zaporedje. Kompleksno relativno učinkovitost izvedljive alternative je mogoče določiti v skladu z vrednostmi funkcije koristnosti.

d. Metoda VIKOR

Metoda VIKOR vključuje šest korakov (Opricovic in Tzeng, 2004).

1. korak: oblikovanje in normalizacija matrike odločanja

Določijo se vrednosti alternativ glede na posamezen kriterij. Kriteriji se normalizirajo (tj. zagotovi se ustrezna primerljivost kriterijev v različnih merskih enotah).

2. korak: določitev najvišjih vrednosti f_i^* in najnižjih vrednosti f_i^- za vse funkcije kriterijev

Če kriterij i pomeni korist (1) ali strošek (2), sta funkciji veljavni.

$$f_i^* = \max_i f_{ij} = f_i^- = \min_i f_{ij} \quad (1) \quad f_i^* = \min_i f_{ij} = f_i^- = \max_i f_{ij} \quad (2)$$

3. korak: izračun vrednosti S_i in R_i

Za vsako alternativo se izračuna skupno odstopanje S_i in maksimalno odstopanje R_i :

Kahraman idr.: Izbor lokacije avtobusne postaje na podlagi hibridnega modela večkriterijskega odločanja v Uşaku v Turčiji – priloga

$$S_i = \sum_{j=1}^n \left[\frac{w_j(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \right] \quad R_i = \max_j \sum_{j=1}^n \left[\frac{w_j(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \right],$$

pri čemer je w_i utež posameznega kriterija, ki izraža njegovo relativno pomembnost.

4. korak: izračun vrednosti Q_i

Izračuna se indeks kompromisne rešitve Q_i :

$$Q_i = \left[\frac{v(S_i - S^*)}{(S^- - S^*)} \right] + \left[\frac{(1 - v)(R_i - R^*)}{(R^- - R^*)} \right]$$

$$S^* = \min_i S_i \text{ ve } S^- = \max_i S_i$$

$$R^* = \min_i R_i \text{ ve } R^- = \max_i R_i$$

Vrednost v je utež največje skupne koristi, vrednost $(1 - v)$ pa je utež nasprotne strategije (najslabšega izida katerega koli kriterija).

5. korak: razvrščanje alternativ

Alternative se razvrstijo glede na vrednosti S , R in Q , in sicer od najvišje do najnižje.

6. korak: če sta izpolnjena naslednja pogoja, se alternativa a' , ki je razvrščena najboljše glede na (najnižjo) mero Q , predlaga kot kompromisna rešitev.

1. pogoj: sprejemljiva prednost:

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ,$$

pri čemer je a'' alternativa, ki je bila po vrednosti Q razvrščena na drugo mesto; $DQ = 1/(J - 1)$, pri čemer je J število alternativ. Izraža pomembno razliko med dvema najbližjima alternativama, pri čemer je izbrana alternativa a' (alternativa a'' pa je izbrana za drugo najboljšo).

2. pogoj: sprejemljiva stabilnost pri odločanju:

Alternativa a' mora biti najboljše razvrščena tudi glede na vrednost S in/ali R . Ta kompromisna rešitev je stabilna v postopku odločanja.

Če eden izmed zgornjih pogojev ni izpolnjen, se predlaga niz kompromisnih rešitev, ki vključuje alternativni a' in a'' , če ni izpolnjen drugi pogoj, in alternative a' , $a'' \dots a^{(M)}$, če ni izpolnjen prvi pogoj. Vrednost $a^{(M)}$ za najvišjo vrednost M se določi z naslednjem razmerjem:

$$Q(a^{(M)}) - Q(a') < DQ.$$

Alternative se v tem primeru razvrstijo po vrednosti Q . Najboljša je tista z najnižjo vrednostjo Q .

Viri in literatura

Jagadish, B., in Ray, A. (2014): Green cutting fluid selection using MOOSRA method. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(3), 559–563. doi:10.15623/ijret.2014.0315105

Opricovic, S., in Tzeng, G. H. (2004): Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445–455. doi:10.1016/S0377-2217(03)00020-1

Saaty, T. L. (2008): Decision making with analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98. doi:10.1504/IJSSCI.2008.017590

Zavadskas, E. K., Turskis, Z., in Vilutiene, T. (2010): Multiple criteria analysis of foundation instalment alternatives by applying additive ratio assessment (ARAS) method. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 10(3), 123–141. doi:10.1016/S1644-9665(12)60141-1