

METODE**MODELIRANJE PROSTORSKE DOSTOPNOSTI DO POSTAJALIŠČ JAVNEGA POTNIŠKEGA PROMETA V LJUBLJANI**

AVTOR

Jani Kozina

Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Gosposka ulica 13, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija
jani.kozina@zrc-sazu.si

UDK: 910.1:656.025.2(497.451.1)

COBISS: 1.01

IZVLEČEK

Modeliranje prostorske dostopnosti do postajališč javnega potniškega prometa v Ljubljani

Prispevek obravnava prostorsko dostopnost do postajališč javnega potniškega prometa v Ljubljani. V ta namen smo dostopnost določili s pomočjo dveh različnih metod (analiza vplivnih območij in analiza dejanske oddaljenosti), ki temeljita na uporabi geografskih informacijskih sistemov. V središču obravnave je primerjava uporabnosti in zanesljivosti obeh metod. Kot hitrejša in enostavnejša se je izkazala analiza vmesnih območij, kot zanesljivejša in natančnejša pa analiza dejanske oddaljenosti, po kateri v oddaljenosti 300 m, 400 m in 500 m od postajališč prebiva 59 %, 75 % oziroma 84 % prebivalcev mestne občine Ljubljana.

KLJUČNE BESEDE

prostorska dostopnost, postajališča, javni potniški promet, modeliranje, Ljubljana

ABSTRACT

Modelling spatial accessibility to public transport stops in Ljubljana

The article deals with spatial accessibility to public transport stops in Ljubljana. To this end, we determined accessibility through two different methods (buffer analysis and the actual distance analysis), based on the use of geographical information systems. A comparison of the usefulness and reliability of both methods lies at the heart of reading. Buffer analysis has proven to be a faster and simpler method, while actual distance analysis has shown a greater degree of reliability and accuracy. Within the actual distance of 300 m, 400 m and 500 m from bus stops resident 59%, 75% and 84% of the population of the city of Ljubljana according to the later method.

KEY WORDS

spatial accessibility, public transport stops, public passenger transport, modelling, Ljubljana

Uredništvo je prispevek prejelo 15. januarja 2010.

1 Uvod

Mestni promet je praviloma eden izmed največjih problemov sodobnih mest (Plut 2006). Med glavnimi razlogi za to se največkrat navaja povečano uporaba osebnega avtomobila in razpršeno poselitve. Tudi v Ljubljani so bistveni prometni problemi povezani z rastjo uporabe osebnega avtomobila, zato je treba nujno razmišljati o bolj trajnostni poselitvi, predvsem o povezovanju zgoščenih struktur urbane rasti z razvojem javnega potniškega prometa (Šašek Divjak 2004). Slednji je v kombinaciji z ostalimi nemotoriziranimi prevoznimi načini (kolesarjenje, hoja in podobno) osrednji nosilec trajnostne mobilnosti. Zgoščanje dejavnosti in stanovanjske gradnje ob njegovih linijah, lociranje prometno generativnih dejavnosti ob njegovih vozliščih in zagotavljanje primerne dostopnosti do postajališč so med ključnimi ukrepi integracije prostorskega in prometnega planiranja (Plevnik 1997).

Najpomembnejši prostorski dejavnik, ki vpliva na uporabo in razvoj javnega potniškega prometa, je dostopnost oziroma pokritost območja s postajališči. Raziskave so namreč pokazale, da se z oddaljenostjo prebivalstva od postajališč manjša verjetnost uporabe javnega prometa kot prevoznega načina (Bole 2003). Potniki večinoma dostopajo do postajališč peš (Paliska s sodelavci 2006). Poznavanje stanja peš dostopnosti do postajališč je zato eno od pomembnih izhodišč izboljševanja trajnostnega prometa. Pri tem si lahko veliko pomagamo z geografskimi informacijskimi sistemi, ki so v prvi vrsti orodje za zbiranje prostorskih podatkov, njihovo analizo in uporabo. Na tem mestu je treba posebej opozoriti, da lahko z izdelavo prostorskih modelov, zaradi strukture geografskih informacijskih sistemov vplivamo na izide modeliranja in seveda posledično na družbo (Vodeb 2006).

Namen prispevka je izdelava dveh modelov za določitev prostorske dostopnosti do postajališč mestnega javnega potniškega prometa za prebivalce Mestne občine Ljubljana, njuna medsebojna primerjava in analiza rezultatov s pomočjo tehnologije geografskih informacijskih sistemov. Modela sta izdelana na podlagi dveh različnih metod, ki sta podrobneje opisani v naslednjem poglavju. Postopek izdelave modelov je opredeljen v poglavju o metodologiji, kateremu sledi poglavje z rezultati, glavne izkušnje ob uporabi obeh metod in predlogi za nadaljnje delo pa so predstavljeni v sklepu.

2 Teoretično ozadje

V praksi obstajata dve glavni metodi modeliranja prostorske dostopnosti do postajališč javnega potniškega prometa. Prva se imenuje analiza vplivnih območij, ki je bolj znana pod angleškim izrazom *buffer analysis*. Ta metoda deluje tako, da se okoli postajališča zariše obroč z določenim polmerom, s čimer se določi servisno/vplivno območje znotraj posamezne zračne oddaljenosti od postajališča. Dostopnost se nato izračuna kot razmerje med številom prebivalcev znotraj dobljenega vmesnega območja in celotnim številom prebivalcev v izbrani prostorski enoti.

Drugo metodo bi lahko poimenovali analiza dejanske oddaljenosti od postajališč in izvira iz metode mrežnega razmerja (angleško *network ratio method*). Njena uporaba temelji na mrežnih analizah, kjer se izolirane enake prostorske ali časovne oddaljenosti namesto na podlagi zračne razdalje določijo na podlagi dejanske oddaljenosti od postajališča po ulični ali cestni mreži. Pri tej metodi se prostorska dostopnost izračuna kot razmerje med skupno dolžino ulic oddaljenih za določeno prostorsko razdaljo po mreži in celotno dolžino ulic v prostorski enoti. Namesto razmerja med dolžinami ulic se v metodi lahko uporabi tudi razmerje med številom centroidov stavb ali razmerje med številom prebivalcev (Horner in Murray 2004; Paliska s sodelavci 2004).

2.1 Analiza vplivnih območij

Analiza vplivnih območij je za ocenjevanje prostorske dostopnosti do postajališč zelo široko uporabljana, saj je enostavna in daje hitre rezultate. Zaradi tega jo pogosto uporabljajo zlasti v manjših urbanih

območjih z omejenimi finančnimi in človeškimi viri (Ho-Yin Lee 2005). Kljub temu pa so njeni rezultati dokaj grobi in nezanesljivi, saj temeljijo na precej trhljih predpostavkah. Temeljna predpostavka metode je, da se populacija porazdeljuje enakomerno v določeni prostorski enoti, kar drži le v redkih primerih, saj raba tal in gostota prebivalstva v prostorski enoti ponavadi nista uniformna (Paliska s sodelavci 2004).

Druga bistvena slabost analize vplivnih območij je predpostavka, da se pri izračunu prostorske dostopnosti upošteva pot dostopa potnikov do postajališč kot evklidsko oziroma kot zračno razdaljo, ki je v resnici zaradi konfiguracije cestnega omrežja in njegove različne povezanosti ponavadi precej daljša. Metoda tudi ne upošteva naravnih in umetnih ovir, kot so na primer reke, kanali, avtoceste, zidovi, ki preprečujejo neposreden prehod med dvema območjema. Posledica tega je, da se s to metodo največkrat preceni prostorsko dostopnost, predvsem na območjih s slabo zasnovano cestno oziroma ulično mrežo (Zhao s sodelavci 2003; Horner in Murray 2004).

2.2 Analiza dejanske oddaljenosti

Zaradi številnih pomanjkljivosti analize vplivnih območij so se z razvojem geografskih informacijskih sistemov na začetku devetdesetih let prejšnjega stoletja zelo okrepila prizadevanja za iskanje boljše metode. Temeljnega pomena je bila ugotovitev, da je za natančnejše določanje prometne dostopnosti do postajališč pomembnejša dejanska razdalja, ki jo potniki prehodijo po ulični ali cestni mreži, kot pa zračna. Ta način razmišljanja je skupaj z razvojem ustrezne tehnologije pripeljal do prvih podrobnejših mrežnih analiz. Strokovna literatura v številnih primerih navaja delo O'Neilla s sodelavci (1992) kot eno prvih pomembnejših aplikacij t. i. metode mrežnega razmerja (Gutiérrez in García-Palomares 2008; Ho-Yin Lee 2005; Zhao s sodelavci 2003; Paliska s sodelavci 2004). Ta je bila v primerjavi z analizo vplivnih območij precej bolj zanesljiva. Kljub temu pa zaradi pomanjkljivih podatkov o razporeditvi prebivalstva in ulični oziroma cestni mreži še vedno ni dala dovolj prepričljivih rezultatov. Metoda se je izkazala za uspešno pri uporabi na območjih z uniformno gostoto prebivalstva ter z malo naravnih in umetnih ovir za prehod pešcev.

Vsa nadaljnja prizadevanja po izboljšavi network ratio metode so bila nato večinoma usmerjena v izpopolnjevanje vhodnih podatkov o razporeditvi in gostoti prebivalstva ter poteku in značilnostih omrežja pešpoti. Slednje je nemalokrat predstavljalo največjo težavo, saj so za natančno modeliranje potrebni tudi natančni in ponavadi precej obsežni podatki. Njihovo pridobivanje pa zna biti v mnogih primerih finančno in časovno zelo zahtevno.

3 Metodologija

V nadaljevanju je predstavljena izdelava dveh modelov za določanje prostorske dostopnosti prebivalcev mestne občine Ljubljana do postajališč javnega potniškega prometa (slika 1). Z različnima načinoma modeliranja smo s programskim orodjem ArcGIS 9.3 določili in med seboj primerjali prostorsko dostopnost znotraj posamezne zračne in dejanske oddaljenosti. Ob tem smo naleteli na dilemo, kako veliko razdaljo uporabiti za izračun in primerjavo. Odločili smo se, da je najbolj smiselno vzeti oddaljenost, ki so jo peši še pripravljene prehoditi do postajališča. Pri tem se pojavljajo različne ocene. V praksi je najpogosteje uporabljena meja 500 m (Bole 2003; Paliska s sodelavci 2006), medtem ko nekateri zlasti za mestna območja zagovarjajo nižjo vrednost 400 m (Murray 2001) ali pa menijo, da naj bi bila oddaljenost 1000 m tista najdaljša možna oddaljenost, ki še omogoča uporabo javnega potniškega prometa (Gabrovec in Bole 2006). Zelo zanimiv je tudi primer iz kantona Zürich v Švici, kjer se v postopku pridobivanja gradbenega dovoljenja za večje generatorje prometa zahteva maksimalna oddaljenost 300 m od postajališča javnega prometa (medmrežje). V našem primeru smo se na koncu odločili, da bomo modelirali prostorsko dostopnost za razdalje 300, 400 in 500 m, ki se tudi sicer najpogosteje uporabljajo za analizo strnjenih mestnih in primestnih območij.

3.1 Model določanja prostorske dostopnosti postajališč z analizo vplivnih območij

Prvi model temelji na analizi vplivnih območij (slika 1, a). Njegova izdelava je bila hitra in enostavna. Tabelarične podatke z Gauß-Krügerjevimi koordinatami postajališč (Postajališča javnega potniškega prometa 2009) smo prenesli v geografski informacijski sistem in okoli njih z ukazom »buffer« zarisali obroče s polmeri 300, 400 in 500 m. Dobljene obroče okoli postajališč smo nato združili po posamezni razdalji in tako dobili območja 300, 400 in 500 m zračne oddaljenosti od postajališč JPP. Nato smo s temi območji prekrili podatkovni sloj Evidence hišnih števil (EHIŠ 2005), ki je že vseboval podatke o številu prebivalcev na posameznem hišnem naslovu, in tako dobili število centroidov stavb ter število prebivalcev, ki ležijo znotraj določene zračne oddaljenosti od postajališč. Prostorsko dostopnost do postajališč smo nato izračunali kot razmerje med številom prebivalcev, ki ležijo znotraj posamezne zračne oddaljenosti od postajališč, in številom vseh prebivalcev v občini. Zanimivost ob uporabi te metode je, da jo je na primeru Ljubljane povsem identično že uporabila Hočevarjeva s sodelavci (1998). Skupaj so uporabili podatke o številu prebivalcev iz leta 1995 in izračunali delež prebivalcev občine, ki prebivajo v zračni oddaljenosti 500 m od postajališč. Primerjava teženj tega pojava bo ob uporabi iste metode po desetih letih v interpretaciji rezultatov zaradi tega še posebnega pomena.

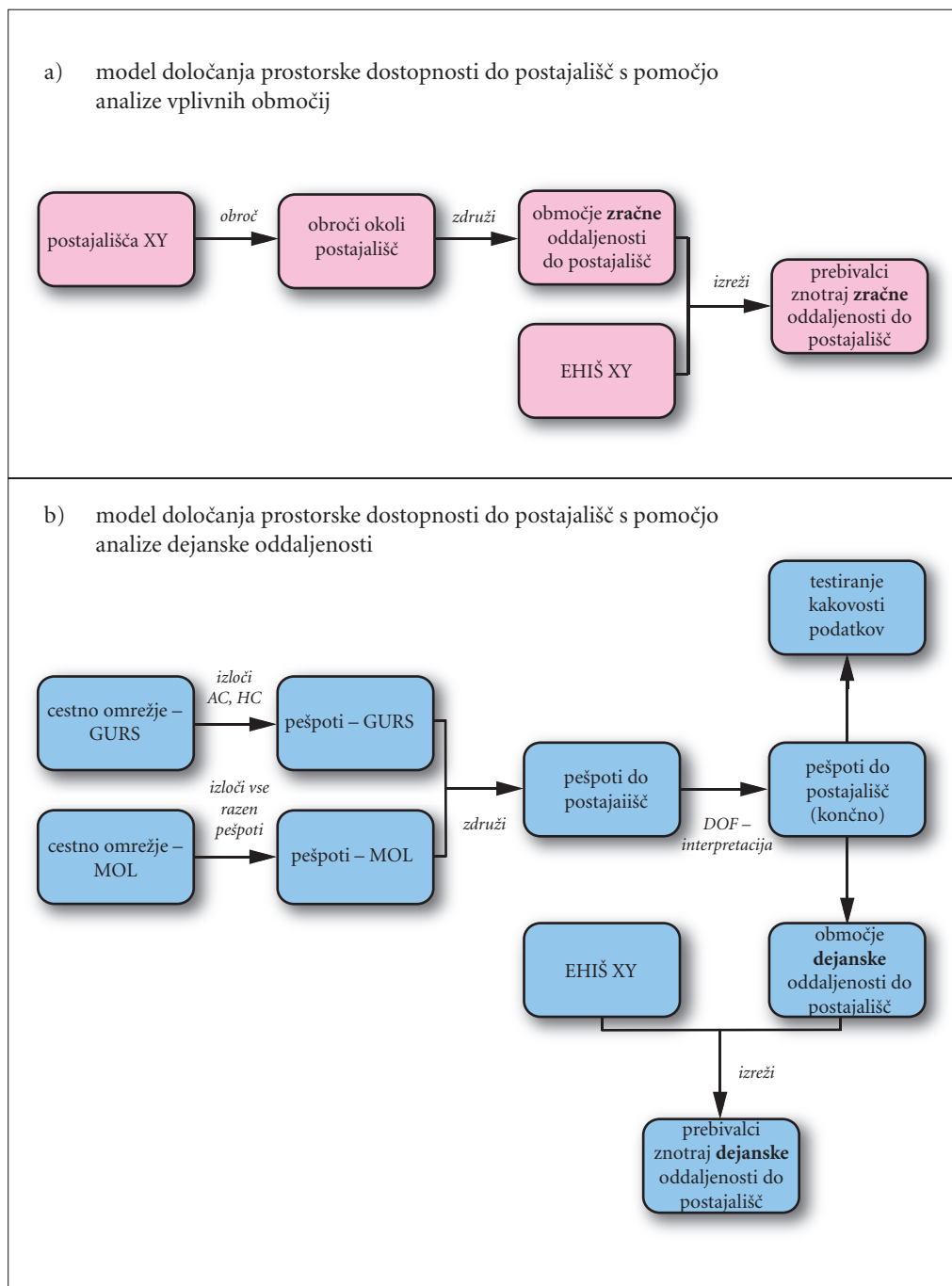
3.2 Model določanja prostorske dostopnosti postajališč z analizo dejanske oddaljenosti

Drugi model za določanje prostorske dostopnosti postajališč smo izdelali s pomočjo analize dejanske oddaljenosti (slika 1, b). Za izdelavo modela prostorske dostopnosti po tej metodi je poleg postajališč in centroidov EHIŠ potrebno imeti še natančno in dobro definirano omrežje pešpoti, ki pa za območje mestne občine Ljubljana v zadovoljivi kakovosti ne obstaja. Odsotnost slednjega je zato predstavljalo največjo težavo pri izgradnji modela. Podobno kot v številnih drugih aplikacijah in poizkusih izboljšave omenjene metode je bilo največ časa porabljenega za izdelavo tega podatkovnega sloja.

Zajema podatkov o pešpotih smo se lotili tako, da smo za osnovo najprej vzeli bazo Geodetske uprave Republike Slovenije o Cestnem omrežju Republike Slovenije (2005) in iz nje izločili kategorije cest, ob katerih hoja ni dovoljena. To so avtoceste in hitre ceste. Dobljeno omrežje smo nato dopolnili s podatki kategorije pešpoti, ki smo jo predhodno izločili iz baze Kategoriziranih cest MOL (2005). S tem smo dobili omrežje pešpoti do postajališč iz obeh razpoložljivih uradnih evidenc cestnega omrežja na državni in lokalni ravni. Ob podrobnejšem pregledu dobljenega podatkovnega sloja in primerjavi z drugimi referenčnimi sloji ter poznavanjem razmer na terenu pa je bilo moč ugotoviti, da podatki o pešpotih v modelu še zdaleč ne odražajo dejanskega stanja. Iz tega razloga je bilo treba za pravilno delovanje modela in natančne rezultate poskrbeti za dodaten zajem podatkov. To je možno narediti bodisi s pomočjo terenskega dela, ki je natančno, vendar zelo zamudno in drago, bodisi s pomočjo daljinskega zaznavanja, ki je sicer lahko manj natančno, vendar iz vidika vložene časa, energije in finančnih virov precej bolj racionalno. Odločili smo se za slednjo različico. Hkrati smo se tudi odločili, da bomo kakovost tako zbranih podatkov na koncu preverili na testnem območju na terenu in s tem ovrednotili ustreznost tovrstnega načina pridobivanja podatkov o stanju omrežja pešpoti.

Dodatne podatke o manjkajočih odsekih pešpoti smo zajemali s pomočjo interpretacije digitalnega ortofoto posnetka v merilu 1 : 1000 (DOF 2007). Kljub temu, da se za pridobivanje podatkov ni bilo treba odpraviti na teren, je bilo delo precej zamudno. Zgovoren je podatek, da je bilo omrežje pešpoti pred interpretacijo ortofota sestavljeno iz približno 9800 linijskih poligonov, po tem postopku pa jih je vsebovalo skoraj 13.500. Dodatno smo torej zajeli kar 38 % novih linijskih poligonov pešpoti.

Zaradi visoke ločljivosti ortofota je pridobivanje podatkov potekalo razmeroma enostavno. Težave so se zaradi večjega obsega javnih površin pojavljale predvsem na območjih večstanovanjskih kompleksov in storitvenih dejavnosti, medtem ko so bili dvomi o pravilnem poteku pešpoti na območjih enodružinskih stanovanjskih hiš in vil ter drugih privatnih zemljišč manjši. Težave so povzročali tudi različni skriti prehodi skozi stanovanjske bloke in podhodi pod železniško progo, ki jih je iz letal-



Slika 1: Shema modelov za določanje prostorske dostopnosti do postajališč s pomočjo analize vplivnih območij (a) in analize dejanske oddaljenosti (b).

skega posnetka zelo težko ali skoraj nemogoče razbrati. Ravno te izkušnje pa so predstavljale dodaten argument za testiranje kakovosti končnega sloja omrežja pešpoti.

Po končanem zbiranju vseh potrebnih podatkov smo po omrežju pešpoti s pomočjo razširitvenega modula Network Analyst izračunali območja 300, 400 in 500 m dejanske oddaljenosti od postajališč. S prekrivanjem dobljenih območij in podatkovnega sloja EHIŠ (2005) smo nato enako kot pri modeliranju z analizo vplivnih območij dobili število centroidov stavb ter število prebivalcev, ki ležijo znotraj določene oddaljenosti od postajališč. Prostorsko dostopnost postajališč po izboljšani metodi mrežnega razmerja smo na koncu izračunali kot razmerje med številom prebivalcev, ki ležijo znotraj posamezne dejanske oddaljenosti od postajališč, in številom vseh prebivalcev v občini.

3.3 Kakovost podatkov o omrežju pešpoti

Kot je zapisano že v prejšnjem poglavju, je bila največja težava pri izgradnji modela na podlagi analize dejanske oddaljenosti odsotnost kakovostnega omrežja pešpoti. Ker je šlo za povsem nov način pridobivanja tovrstnih podatkov, smo na koncu želeli oceniti kakovost dobljenega podatkovnega sloja ter posredno tudi zanesljivost izvedene metode, saj je testiranje modela sestavni, integralni del znanstvenega procesa (Černe 1991).

Tega smo se lotili tako, da smo najprej izbrali deset vzorčnih postajališč, kar v bazi vseh 498 postajališč znotraj mestne občine Ljubljana predstavlja 2 % delež. Lokacije postajališč se nahajajo ob mestni vpadnici na Tržaški cesti med Tobačno na severovzhodu in bližino trgovskega centra Interspar na jugozahodu testnega območja (slika 2). Postajališča smo izbrali na način, da njihova zaledja obsegajo čim bolj različne tipe rabe tal, kar daje vzorčnemu območju oziroma analizi kakovosti podatkov večjo reprezentativno moč. Že pri zajemanju podatkov smo namreč ugotovili, da obstajajo razlike v težavnosti zajema podatkov glede na vrsto rabe tal. Testno območje z lokacijami vzorčnih postajališč tako obsega dele enostanovanjskih družinskih hiš in vil na območjih Rožne doline, Viča in Trnovega, območja večstanovanjskih blokov na Viču, večje nakupovalno središče Interspar na Viču in ostala območja s storitvenimi



Slika 2: Vzorno območje testiranja kakovosti podatkov o omrežju pešpoti.

dejavnostmi ob Tržaški cesti, večja območja gospodarskih dejavnosti (na primer Ilirija) ter območja z opuščeno industrijsko dejavnostjo (Tobačna). Na testnem območju so tudi številne zelene in rekreacijske površine, skozenj pa teče železnica, glavna mestna vpadnica ter potoka Glinščica in Gradaščica, ki skupaj predstavljajo za prehod pešcev pomembne naravne in grajene linijske ovire.

Po izboru testnega območja smo s terenskim delom preverili natančnost zajema podatkov o pešpoteh. Bili smo pozorni tako na geometrijsko kot tudi tematsko natančnost podatkovnega sloja. Na osnovi popravljenega omrežja smo s pomočjo analize dejanske oddaljenosti ponovno izračunali število prebivalcev znotraj določene oddaljenosti od vzorčnih postajališč. Končno natančnost omrežja pešpoti smo nato izračunali na podlagi deleža ujemanja števila prebivalcev znotraj posameznega območja dejanske oddaljenosti pred in po testiranju pravilnosti poteka pešpoti.

4 Rezultati

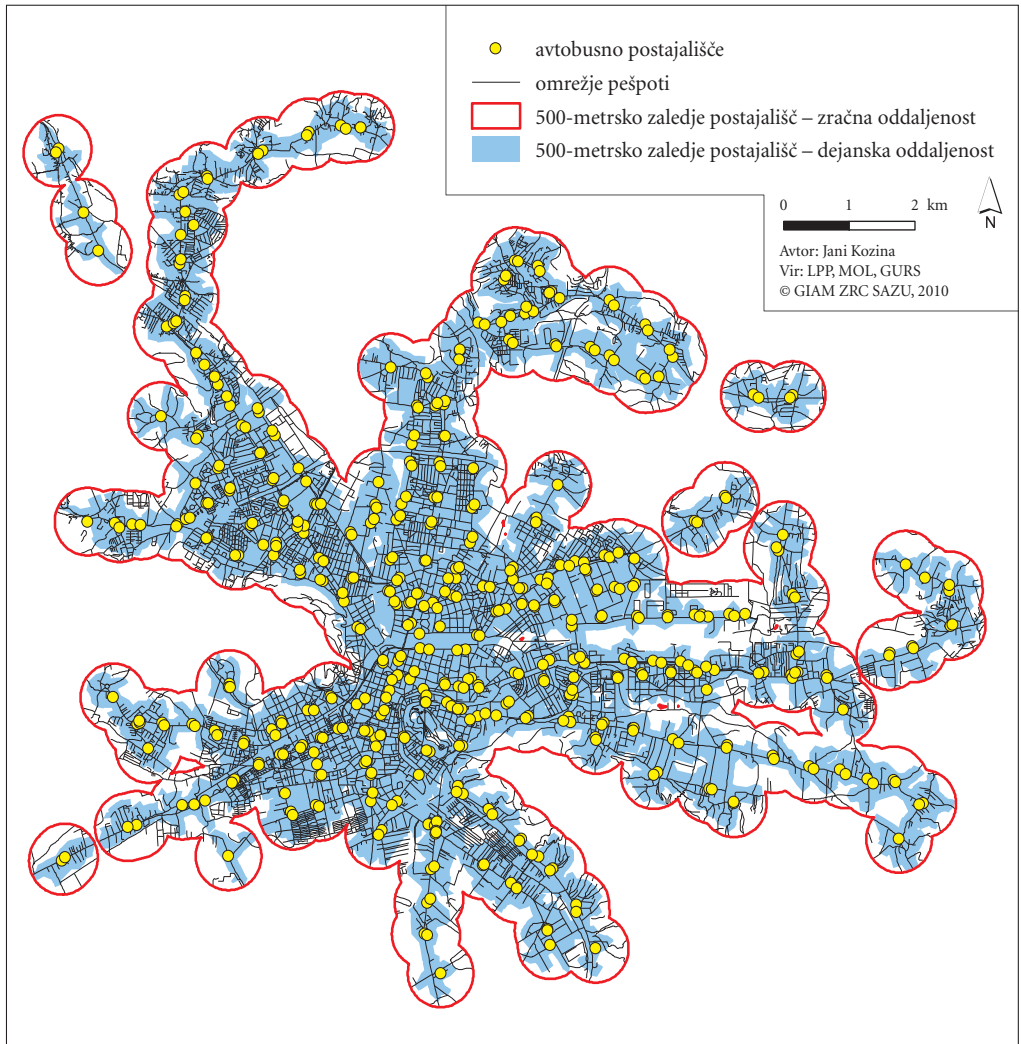
Analiza vplivnih območij je pokazala, da znotraj zračne oddaljenosti 300 m od postajališč mestnega javnega prometa prebivajo dobre tri četrtine prebivalstva občine (77,5 %). Ta delež se z razširitvijo polmera na 400 m in 500 m poveča na 87,7 % oziroma 92,1 %. Hkrati pa je ob izvedbi analize dejanske oddaljenosti razvidno, da znotraj dejanske razdalje od postajališč živi precej manjši delež prebivalstva. Tako znaša njihov delež na območju 300 m dejanske oddaljenosti 58,7 %, na območju 400 m dejanske oddaljenosti 74,5 %, na območju 500 m dejanske oddaljenosti pa 84,1 %. Rezultati modeliranja prostorske dostopnosti in primerjava uporabljenih metod so torej pokazali, da sta število in delež prebivalcev mestne občine Ljubljana znotraj posameznih območij zračne oddaljenosti večja kot znotraj območij dejanske oddaljenosti od postajališč (preglednica 1).

Analiza vplivnih območij v primerjavi z analizo dejanske oddaljenosti več kot očitno preceni prostorsko dostopnost do postajališč. Znotraj območja 300 m zračne oddaljenosti tako prebiva skoraj ena četrtina (24,2 %) prebivalcev, ki morajo do najbližjega postajališča prehoditi daljšo razdaljo od 300 m. Ta delež se znotraj območja 400 m zračne oddaljenosti zmanjša na 15 %, znotraj območja 500 m zračne oddaljenosti pa že na 8,8 %. S povečevanjem oddaljenosti od postajališč se torej precenitev prostorske dostopnosti zaradi uporabe različnih metod povečuje. Gutiérrez in García-Palomares (2008) menita, da se to zgodi zaradi manjše gostote prebivalstva na območju večje oddaljenosti od postajališč, ki vključuje tudi robne redkeje poseljene predele. Hkrati pa naj bi k temu pomembno pripomogla tudi uporaba same metode. Avtorja sta dokazala, da je stopnja prekrivanja zaledij postajališč izdelanih s pomočjo analize vplivnih območij pri večji oddaljenosti od postajališč večja v primerjavi z zaledji postajališč generiranih na podlagi dejanske oddaljenosti od postajališč. Oboje skupaj prispeva k temu, da se razlika v prekrivanju območij dobljenih po različnih metodah s podatki o prebivalstvu z večanjem oddaljenosti od postajališč zmanjšuje.

Med rezultati modeliranja velja na koncu še posebej omeniti primerjavo deleža prebivalcev znotraj 500 m zračne oddaljenosti (92,1 %) z rezultati študije Hočevarjeve s sodelavci (1998), v kateri je

Preglednica 1: Število in delež prebivalcev mestne občine Ljubljana znotraj posamezne zračne (analiza vplivnih območij) in dejanske (analiza dejanske oddaljenosti) oddaljenosti od postajališč.

oddaljenost od postajališč	analiza vplivnih območij		analiza dejanske oddaljenosti	
	število prebivalcev	delež prebivalstva (%)	število prebivalcev	delež prebivalstva (%)
300 m	204.928	77,5	155.396	58,7
400 m	232.088	87,7	197.172	74,5
500 m	243.765	92,1	222.423	84,1



Slika 3: Primerjava 500-metrskega zaledja postajališč glede na zračno in dejansko oddaljenost.

Preglednica 2: Rezultati testiranja kakovosti zajema podatkov o pešpoteh.

oddaljenost od postajališč	število prebivalcev pred testiranjem sloja pešpoti	število prebivalcev po testiranju sloja pešpoti	razlika	natančnost omrežja pešpoti (%)
300 m	4459	4654	-195	95,6
400 m	6681	6501	180	97,3
500 m	8400	8680	-280	96,7

bila ob uporabi povsem enake metode za ta kazalec izračunana vrednost 90 %. Primerjava kaže, da se je koncentracija prebivalcev mestne občine Ljubljana v 500 m okolici postajališč v obdobju 1995–2005 povečala za 2,1 %. To je vsekakor vzpodbuden podatek, ki v zadnjih letih v Ljubljani nakazuje rahlo pozitivno težnjo na področju integracije poselitve in poteka linij javnega potniškega prometa.

Po izračunani prostorski dostopnosti do postajališč z uporabo različnih metod je sledilo še testiranje kakovosti omrežja pešpoti in posredno zanesljivosti analize dejanske oddaljenosti. Rezultati testiranja na vzorčnem območju so pokazali veliko mero natančnosti izdelanega podatkovnega sloja pešpoti (preglednica 2). Posredno pa je moč ugotoviti, da se je uporaba analize dejanske oddaljenosti na primeru Ljubljane izkazala za zelo zanesljivo.

5 Sklep

Rezultati modeliranja prostorske dostopnosti so potrdili osnovno predpostavko dela, da lahko ob uporabi različnih metod raziskovanja nekega pojava pridemo do različnih zaključkov. Tako smo na primeru Ljubljane dokazali, da analiza vplivnih območij v primerjavi z analizo dejanske oddaljenosti več kot očitno preceni prostorsko dostopnost postajališč javnega potniškega prometa. Prednost analize dejanske oddaljenosti pred analizo vplivnih območij je nedvomno v večji stopnji natančnosti. Skupna prednost obeh metod oziroma modelov, ki sta po njih izdelana, pa je možnost povezovanja georeferenciranih podatkov z drugimi prostorskimi podatki. Med drugim lahko na primer s povezovanjem različnih prebivalstvenih podatkov preučujemo in analiziramo dostopnost do postajališč javnega prometa z vidika različnih starostnih, socialnih ali poklicnih skupin prebivalstva.

Kljub temu, da je test kakovosti podatkov pokazal zelo visoko stopnjo zanesljivosti uporabe analize dejanske oddaljenosti, pa bi se dalo njeno natančnost še izboljšati. To bi lahko naredili z izboljšavo vhodnih podatkov, ki denimo ne vključujejo podatkov o višinah stanovanjskih objektov. Prebivalci, ki stanujejo v višjih nadstropjih, morajo namreč do postajališč prehoditi daljšo razdaljo kot prebivalci v nižjih nadstropjih. Poleg omrežja pešpoti, ki bi ga morali zaradi »z« komponente dopolnjevati v 3D načinu in bi potrebovali podatke o višinah stavb oziroma posameznih nadstropij, bi bili potrebni tudi natančnejši podatki o lokaciji prebivalcev. Obe vrsti podatkov zaenkrat še nista na voljo in bi ju bilo treba zajemati ročno na terenu, kar pa je vsaj za tako veliko območje, kot je Ljubljana, v tem trenutku realno skoraj nemogoče izvesti. Nadalje bi lahko vhodne podatke izboljšali z natančnejšim zajemom pešpoti, ki ne vsebujejo podatkov o prehodih za pešce. Na ta način bi lahko poleg razdalje računali tudi potovalni čas, ki je morda še boljši pokazatelj prometne dostopnosti. Težava tu pa se pojavi, katere prehode za pešce upoštevati, saj se ljudje z izjemo na označenih prehodih vpadnic in bolj obremenjenih cest pravi v cestnem prometu velikokrat ne držijo.

6 Viri in literatura

- Bole, D. 2004: Geografija javnega potniškega prometa na primeru Ljubljane. Geografski vestnik 76-2. Ljubljana.
- Cestno omrežje Republike Slovenije. Geodetska uprava Republike Slovenije. Zbirka podatkov. Ljubljana. 2005
- Černe, A. 1991: Geografija prometa – metode in tehnike. Ljubljana.
- DOF. Mestna občina Ljubljana. Zbirka podatkov. Ljubljana. 2007.
- EHIŠ. Mestna občina Ljubljana. Zbirka podatkov. Ljubljana. 2005.
- Gabrovec, M., Bole, D. 2006: Dostopnost do avtobusnih postajališč. Geografski vestnik 78-2. Ljubljana.
- Gutiérrez, J., García-Palomares, J. C. 2008: Distance-measure impacts on the calculation of transport service areas using GIS. Environment and Planning B: Planning and Design 35. London.

- Hočevar, M., Lampič, B., Skobir, M., Smrekar, A., Špes, M. 1998: Dostopnost prebivalstva Ljubljane do postajališč potniškega prometa in zelenih površin (primer uporabe GIS-a v urbani geografiji). Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1997–1998. Ljubljana.
- Horner, W. M., Murray, A. T. 2004: Spatial representation and scale impacts in transit service assessment. *Environment and Planning B: Planning and Design* 31-5. London.
- Ho-Yin Lee, B. 2005: Parcel-level measure of public transit accessibility to destinations. Access to destinations. Amsterdam.
- Kategorizirane ceste MOL. Mestna občina Ljubljana. Zbirka podatkov. Ljubljana. 2005.
- Medmrežje: http://www.max-success.eu/downloads/WP_D_Analysis_common_report.pdf (7. 8. 2009).
- Murray, A. T. 2001: Strategic analysis of public transport coverage. *Socio-Economic Planning Sciences* 35-3. Oxford.
- O'Neill, W., Ramsey, R. D., Chou, J. 1992: Analysis of transit service areas using geographic information systems. *Transportation Research Record*. Washington, D. C.
- Paliska, D., Drobne, S., Fabjan, D. 2004: Uporaba GIS-a za proučevanje prostorske dostopnosti v analizi povpraševanja po storitvi JPP. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2003–2004. Ljubljana.
- Paliska, D., Fabjan, D., Drobne, S. 2006: Večstopenjski model določanja uniformnih storitvenih območij avtobusnih postajališč. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2005–2006. Ljubljana.
- Plevnik, A. 1997: Pomen integracije urbanističnega in prometnega načrtovanja. *Urbani izziv* 32/33. Ljubljana.
- Plut, D. 2006: Mesta in sonaravni razvoj. Ljubljana.
- Postajališča javnega potniškega prometa. Ljubljanski potniški promet. Ljubljana. 2009.
- Šašek Divjak, M. 2004: Prometni koridorji in poselitve v regiji, Navezovanje poselitve na javni promet. Urbani izziv 15-1. Ljubljana.
- Vodeb, V. 2006: Dostopnost urbanega okolja: San Francisco, London, Ljubljana. Ljubljana.
- Zhao, F., Chow, L.-F., Li, M.-T., Gan, A., Ubaka, I. 2003: Forecasting transit walk accessibility: Regression model alternative to buffer method. *Transportation Research Record*. Washington, D. C.

7 Summary: Modelling spatial accessibility to public transport stops in Ljubljana

(translated by the author)

Accessibility of public transport stations is the most important spatial factor affecting the use and development of public transport. Research projects have shown that people are less likely to use public transport as a mode of transport when their distance to the stations is increasing. Passengers generally have access to stations on foot. Knowledge of the accessibility of stations for pedestrians is therefore one of the important features of improving sustainable transport.

This paper presents the design of two models to determine the spatial accessibility to stations of public transport for residents of the city of Ljubljana, the comparison between them and the analysis results by means of geographical information systems technology. Models are made on the basis of two different methods – the buffer method and the actual distance method.

When using the buffer method buffer polygons to a specific distance around the bus stop must be created. Accessibility is then calculated as the ratio between the number of inhabitants within the buffer zone and the total number of inhabitants in selected spatial unit.

The actual distance method, as we have named it in this article, is derived from network-ratio method. Its use is based on network analysis, where the contours of equal spatial or time accessibility are determined by the actual distance on street or road network to bus stops instead of using air distance. When using this method, spatial accessibility is calculated as the ratio of the total length of streets, distant for a specific size, and the total length of streets in the spatial unit. Instead of using the ratio between the lengths of streets, the ratio between the number of centroids of buildings or the ratio between the number of inhabitants in the method can also be used.

The results of modeling spatial accessibility to public transport stations confirmed the basic assumption that different conclusions can be reached by using different methods. Thus we demonstrated in the case of Ljubljana that the buffer method in comparison with the actual distance method has more than obviously overestimated the spatial accessibility of public transport stops. An advantage of the actual distance method from the buffer method is clearly a higher degree of accuracy. The quality test of the actual distance method has also shown a very high degree of accuracy and reliability in our case. The overall advantage of both methods or models, which are designed after them, is the possibility of combining georeferenced data with other spatial data.

